

ISSN 0102 - 7549

Revista Paulista de Educação Física

VOL. 15

No. 2

JULHO/DEZEMBRO

2001



*Escola de Educação Física e Esporte
Universidade de São Paulo*

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

Reitor

Prof. Dr. Adolpho José Melfi

Diretor

Prof. Dr. Valdir José Barbanti

Vice-Reitor

Prof. Dr. Hélio Nogueira da Cruz

Vice-Diretor

Prof. Dr. José Geraldo Massucato

REVISTA PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Diretor Responsável

Prof. Dr. Marcos Duarte

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alberto Carlos Amadio
Profa. Dra. Andrea Michele Freudenheim
Prof. Dr. Antonio Herbert Lancha Junior
Prof. Dr. Go Tani
Profa. Dra. Suely dos Santos

Comissão de Publicação

Prof. Dr. Edison de Jesus Manoel
Prof. Dr. Júlio Cerca Serrão
Maria Lúcia Vieira Franco

Redação e distribuição

(assinatura, permuta, doação)
Revista Paulista de Educação Física
Escola de Educação Física e Esporte da
Universidade de São Paulo
Av. Prof. Mello Moraes, 65
05508-900 - São Paulo SP - Brasil
Web: www.usp.br/eef/rpef
e-mail: reveefe@edu.usp.br

Indexação

RPEF é indexada por LILACS - Literatura Latino Americana e do Caribe em Ciências da Saúde; Sports Documentation Monthly Bulletin (University of Birmingham); International Bulletin of Sports Information (IASI).

Tiragem: 1 000 exemplares

Periodicidade: semestral



CRENCIAMENTO E APOIO FINANCEIRO DO:
PROGRAMA DE APOIO ÀS PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS PERIÓDICAS DA USP
COMISSÃO DE CRENCIAMENTO

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

REVISTA PAULISTA
DE EDUCAÇÃO FÍSICA

**REVISTA PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, São
Paulo, Escola de Educação Física e Esporte da
Universidade de São Paulo, 1986.**

**Semestral.
ISSN 0102-7549**

**Educação física
Esporte**

**CDD. 20.ed. 613.7
796**

REVISTA PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
v.15 – julho/dezembro 2001- no.2

SUMÁRIO

- Análise da variabilidade na medição de posicionamento tático no futebol.....111
Analysis of variability in measurements on soccer tatic positions.
CUNHA, Sérgio Augusto; BINOTTO, Mônica Ribeiro;
BARROS, Ricardo Machado Leite de
- Exercício, comportamento alimentar e obesidade: revisão dos efeitos sobre a composição corporal e parâmetros metabólicos.....117
Exercise, food intake and obesity: review on body composition and metabolic effects.
FRANCISHI, Rachel Pamfilio; PEREIRA, Luciana Oquendo;
LANCHA JUNIOR, Antonio Herbert
- Respostas hormonais ao exercício.....141
Hormonal responses to exercise.
CANALI, Enrico Streliaev; KRUEL, Luiz Fernando Martins
- Deteção, seleção e promoção de talentos esportivos em ginástica rítmica desportiva: um estudo de revisão.....154
Detection, selection and promotion of sports talents in rhythmic gu,mastoc: a revision study.
LANARO FILHO, Pedro; BÖHME, Maria Tereza Silveira
- Andar para frente e andar para trás em indivíduos idosos.....169
Forward and backward walking in older people.
MORAES, Renato; MAUERBERG-deCASTRO, Eliane
- Concentrações sangüíneas de lactato (CSL) durante uma carga constante a uma intensidade correspondente ao limiar aeróbio-anaeróbio em jovens atletas.....186
Blood lactate concentrations during a constant load at an intensity corresponding to the aerobic-anaerobic threshold in young athletes.
ASCENSÃO, António Alexandre; SANTOS, Paulo; MAGALHÃES, José;
MAIA, José; SOARES, José
- Confiabilidade das amostras de sangue venoso arterializado.....195
Reliability of arterialized venous blood samples.
POMPEU, Fernando A.M.S.; ADERALDO JUNIOR, Aluysio S.;
GOMES, Paulo Sérgio Chagas
- Avaliação do estado de hidratação dos atletas, estresse térmico do ambiente e custo calórico do exercício durante sessões de treinamento em voleibol de alto nível.....201
Evaluation of hydration status, thermal stress and energy cost during volleyball training sessions.
VIMIEIRO-GOMES, Ana Carolina; RODRIGUES, Luiz Oswaldo Carneiro
- Auto-avaliação da maturação sexual masculina através da utilização de desenhos e fotos.....212
Males self-assessment of sexual maturation using drawings and photos.
MARTIN, Rosa Helena Cahali; UEZU, Rudney; PARRA, Sérgio Alencar; ARENA, Simone Sagres; BOJIKIAN, Luciana Perez; BÖHME, Maria Tereza Silveira

ANÁLISE DA VARIABILIDADE NA MEDIÇÃO DE POSICIONAMENTO TÁTICO NO FUTEBOL

Sergio Augusto CUNHA*
Mônica Ribeiro BINOTTO*
Ricardo Machado Leite de BARROS**

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade na medição de posicionamento tático de jogadores de futebol. Para isto foram feitas 20 análises do primeiro tempo do jogo entre Corinthians e Palmeiras, válido pela Taça Libertadores da América de 1999. Foram registrados os locais em que ocorreram as ações do jogador Vampeta, do Corinthians, através de um “software” que simula um campo de jogo onde são marcados os locais em que jogadores se encontram posicionados em cada uma de suas ações. Após marcadas todas as ações do jogador, foi feita a construção de dois eixos principais, que substituem os locais das ações, para cada vez que o jogo foi analisado. Os autovetores são ortogonais entre si e o ponto de intersecção entre os dois eixos foi centrado nas medianas de **X** e de **Y**. O comprimento dos eixos principais foi determinado pelos pontos mais distantes, depois de selecionada a porcentagem dos dados que seriam utilizados na sua construção. Neste caso, os dados foram restritos ao nonagésimo percentil. A variabilidade foi medida pelo intervalo interquartil do BOXPLOT, que é uma medida de dispersão resistente, ou seja, que é pouco afetada por mudanças nas posições dos dados. Os resultados obtidos indicaram uma variabilidade de 2,42 graus entre os ângulos, 0,50 metros entre as medianas de **X** e 1,25 metros entre as medianas de **Y**. Assim, pudemos concluir que não houve grande variabilidade entre as medições do jogador analisado, e a metodologia utilizada é um meio preciso para a análise tática no futebol.

UNITERMOS: Análise tática no futebol; Variabilidade de medidas; Eixos principais.

INTRODUÇÃO

Quando se fala em futebol, esporte que no decorrer dos anos atingiu grande evolução, um alto nível de performance é exigido das equipes e a necessidade e o interesse de estudos a respeito da modalidade são uma consequência natural.

Apesar de muitas pessoas ainda o considerarem um esporte onde a sorte ou o aproveitamento das chances são determinantes dos resultados dos jogos e de muitos treinadores continuarem a utilizar métodos conservadores em seus treinamentos, essa subjetividade, pouco a pouco, vem cedendo lugar a interpretações fundamentadas cientificamente.

A evolução do futebol caracteriza-se por uma alta exigência física, técnica e psicológica, além do aspecto tático que vem se constituindo num fator decisivo para a obtenção de sucesso de uma equipe (Fernandes, 1994).

O futebol moderno requer que os jogadores estejam em constantes deslocamentos, estando com ou sem a posse de bola, e esse aumento considerável de suas funções lhes rendeu inclusive a denominação de jogadores “universais” (Godik, 1996).

Isso transformou a preparação tática específica numa área de crescente interesse e a

* Departamento de Educação Física da Universidade Estadual Paulista – Rio Claro – SP.

** Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas – SP

prova disso são os inúmeros sistemas de jogo que surgiram com a evolução do esporte.

Com o objetivo de coletar o maior número de informações possíveis a respeito da movimentação de jogadores de futebol diversas metodologias foram sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas através dos tempos.

Godik (1996) atentou para a importância de se obter informações seguras do posicionamento dos atletas em campo e afirmou que estas, anteriormente, eram feitas utilizando-se registro manual e informação visual.

Ekblom citado por Ananias (1995) aplicou um método de análise onde o jogador estudado foi observado por um analista posicionado ao lado do campo. A cada dois minutos de partida o observador anotava a ação do jogador em uma planilha com representação do campo numa escala de 1:400. Nessa planilha foi anotado como o jogador se deslocava. Em outras palavras, a qual velocidade e quando o jogador realizava dribles e cabeceios. Após o final da partida, a distância total percorrida, a proporção da relação de distâncias em alta velocidade e o número de cabeceios e dribles foram determinados.

Posteriormente, foram desenvolvidos métodos de controle automático de deslocamento dos jogadores e, atualmente, a tecnologia computadorizada vem se constituindo no meio mais avançado para análise de performance no futebol.

Dufour (1991) relatou um equipamento composto de três máquinas conectadas (um painel gráfico digital, um teclado e um computador). O *scout*, método numérico que oferece dados das equipes nos jogos, como número de passes, chutes e demais ações dos jogadores, foi feito por duas pessoas treinadas, onde um observava o jogo, comentava as ações com bola e digitava seu lugar no painel que continha a representação de um campo de jogo, e o outro anotava simultaneamente as ações no teclado com 127 sensores, de acordo com um algoritmo desenvolvido (número do jogador, ação do jogo e seus valores táticos). Imediatamente após a entrada dos dados, todos os resultados foram tratados conforme desejado.

Partridge, Mosher e Franks (1991) utilizaram um programa de computador para fazer uma análise de todos os jogos da Copa de 90. A metodologia envolvia um analista e um observador independente retratando as incidências e posições de cada evento dos jogos. O programa era composto por um desenho de um campo de futebol

dividido em três áreas (defesa, meio e ataque) e pelas séries de eventos do jogo (passes, chutes, etc). A cada ação realizada, o analista registrava no campo do programa o local correspondente e o evento realizado. Uma condução também pôde ser registrada com o analista movendo o dedo e soltando quando o jogador soltava a bola. O programa registrava automaticamente o local onde cada ação ocorreu.

As informações do posicionamento do(s) jogador(es) em campo em cada uma de suas ações, obtidas com a utilização de programas de computador, podem posteriormente serem utilizadas em uma análise tática mais detalhada. Uma alternativa, que foi realizada neste trabalho, é a representação do posicionamento tático dos jogadores, através da determinação de duas retas ortogonais (eixos principais), que melhor reproduzem o conjunto de pontos marcados, descrevendo o local que os jogadores atuam com maior frequência durante a partida (Bergo, Anido, Barros, Cunha & Freire, 1998). Porém, o observador faz uma estimativa do local em que o jogador efetuou a ação. Se forem realizadas análises de um mesmo jogo várias vezes, nas mesmas condições, ocorrerá uma variação na marcação dos pontos e, conseqüentemente, uma variabilidade na determinação dos eixos principais, ou seja, uma diversificação no posicionamento desses eixos, que se ajustam de acordo com os pontos marcados.

Na literatura pesquisada encontramos alguns “softwares” que registram os locais em que ocorrem as ações dos jogadores, mas nenhum deles mostra algum sistema de representação desses dados (como os eixos principais) ou algum estudo que meça a variabilidade das medições, comprovando se o método é preciso.

Como a importância dedicada ao estudo dos sistemas táticos no futebol é crescente, levando os profissionais envolvidos nessa área a procurarem os métodos mais avançadas de obtenção de informações, nos interessamos em analisar a variabilidade desse sistema de medidas.

OBJETIVO

O objetivo desse trabalho foi analisar a variabilidade na medição do posicionamento tático de jogadores de futebol a partir de dados da posição do campo em que o atleta executou cada uma de suas ações durante uma partida.

METODOLOGIA

O “Skout” (Bergo et alii, 1998) é um “software” para análise de desempenho no futebol. Este programa simula um campo de jogo onde são marcados os pontos estimados onde o(s) jogador(es) se encontram posicionados quando estão de posse de bola executando qualquer fundamento.

Utilizando esse “software” uma única pessoa fez 20 análises do 1o. tempo do jogo entre Corinthians e Palmeiras (2o. jogo), válido pela Taça Libertadores da América de 1999, registrando apenas os locais em que ocorreram as ações do jogador Vampeta, do Corinthians.

A marcação dos pontos foi feita enquanto o observador acompanhava a partida pela televisão, de modo a se fazer uma estimativa aproximada do local onde cada ação ocorreu e, acionando o mouse sobre o campo simulado na tela do computador, registrar o local correspondente.

Ao lado do campo simulado existia uma barra de botões com o nome do jogador e dos fundamentos a serem analisados. Após registrar o local estimado da ação, o observador acionava o mouse sobre o fundamento realizado.

Cada ação analisada foi registrada em uma planilha, localizada abaixo do campo na seguinte ordem: número do jogador que efetuou a ação; fundamento realizado; valores numéricos das coordenadas de tela **X** e **Y** correspondentes ao local da ação; período do jogo (1o. ou 2o. tempos) e minutos e segundos da ação (neste trabalho o relógio não foi acionado).

Após marcados todos os pontos referentes às ações do jogador Vampeta, foi feita a determinação dos eixos principais.

Inicialmente, foi construída uma matriz selecionando, entre os dados obtidos (número do jogador, fundamento, valores das coordenadas **X** e **Y**, período do jogo, e tempo da ação), apenas os valores das coordenadas de tela **X** e **Y** correspondentes a cada ponto marcado (local da ação), pois é a partir desses dados que serão construídos os eixos principais. Como as dimensões do campo na tela do programa medem 330 pixels de comprimento (eixo **X**) por 210 pixels de largura (eixo **Y**) e as dimensões reais do campo de futebol são de 110 metros de comprimento (eixo **X**) por 75 metros de largura (eixo **Y**), foi necessário fazer uma conversão de escala, já que todos os pontos marcados tem como referência as medidas do programa (em *pixels*) e não as do campo (em metros). Para isto, foi preciso achar a

proporção entre as medidas da tela e do campo e dividir os valores de cada ponto obtido por esse valor. A proporção encontrada foi de 3 *pixels*/metro no eixo **X** e de 2.8 *pixels*/ metro no eixo **Y**. Todos os valores em *pixels* referentes ao eixo **X** foram divididos por três e os referentes ao eixo **Y** por 2.8.

Com todos os pontos referentes às ações do jogador distribuídos no campo, já convertidos para a escala real em metros, a etapa seguinte foi a determinação dos eixos principais para cada vez que o jogo foi analisado.

A partir da matriz contendo todos os valores de **X** e de **Y** correspondentes à localização dos pontos, foi necessário calcular as variâncias e covariâncias entre as coordenadas para poder aplicar o cálculo dos autovetores e autovalores. Os autovetores são ortogonais entre si e o ponto de intersecção entre os dois eixos foi centrado nas medianas dos eixos **X** (horizontal) e **Y** (vertical).

O comprimento dos eixos principais foi determinado pelos pontos mais distantes, depois de selecionada a porcentagem dos dados que seriam utilizados na sua construção. Neste caso, os dados foram restritos ao nonagésimo percentil (90% dos pontos marcados) para que se pudesse obter realmente o local que o jogador atua com maior freqüência, evitando que pontos extremos influenciassem a determinação do seu posicionamento.

Para a verificação da variabilidade ocorrida, foi feito o BOXPLOT dos ângulos (autovetores), das medianas de **X** e das medianas de **Y** dos eixos principais das 20 análises. A variabilidade foi medida pelo intervalo interquartil (diferença entre o primeiro e o terceiro quartis) do diagrama apresentado, que é uma medida de dispersão resistente, ou seja, que é pouco afetada por mudanças nas posições dos dados (Bussab & Morettin, 1987).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A FIGURA 1 mostra uma ilustração gráfica dos vinte eixos principais sobrepostos no campo de jogo, facilitando a visualização da variabilidade ocorrida entre as análises e a comparação e interpretação dos resultados.

Pelo gráfico, podemos observar que houve pouca variabilidade entre as medições, já que o ângulo de inclinação dos eixos e o posicionamento das medianas de **X** e de **Y** apresentam pouca alteração, resultando na proximidade do posicionamento dos eixos.

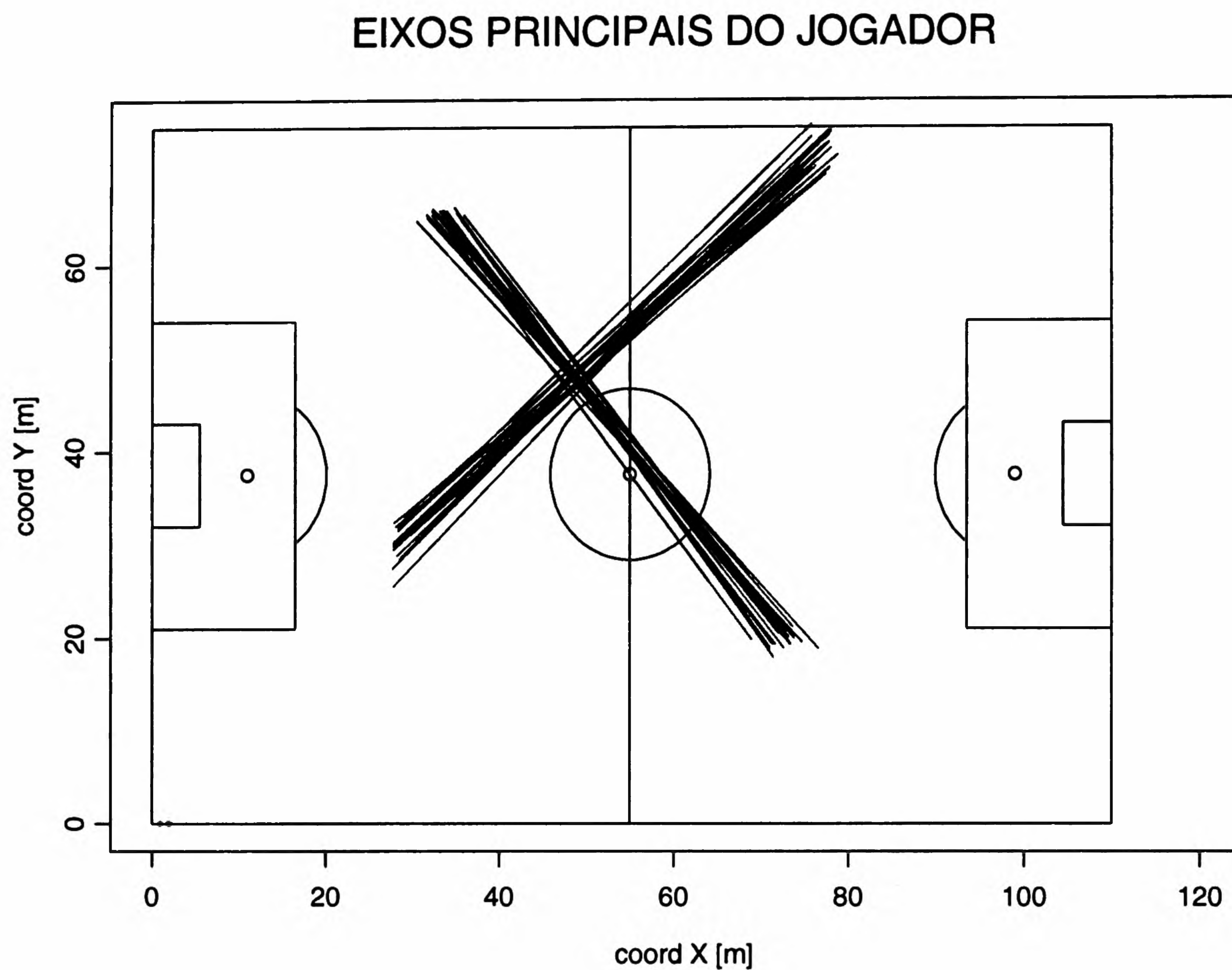


FIGURA 1 - Eixos principais do jogador.

A FIGURA 2 mostra, por meio do BOXPLOT, que os autovetores (ângulos) dos 20

eixos principais tiveram uma variabilidade de 2,42 graus.

VARIABILIDADES ENTRE AS POSIÇÕES DAS MEDIANAS

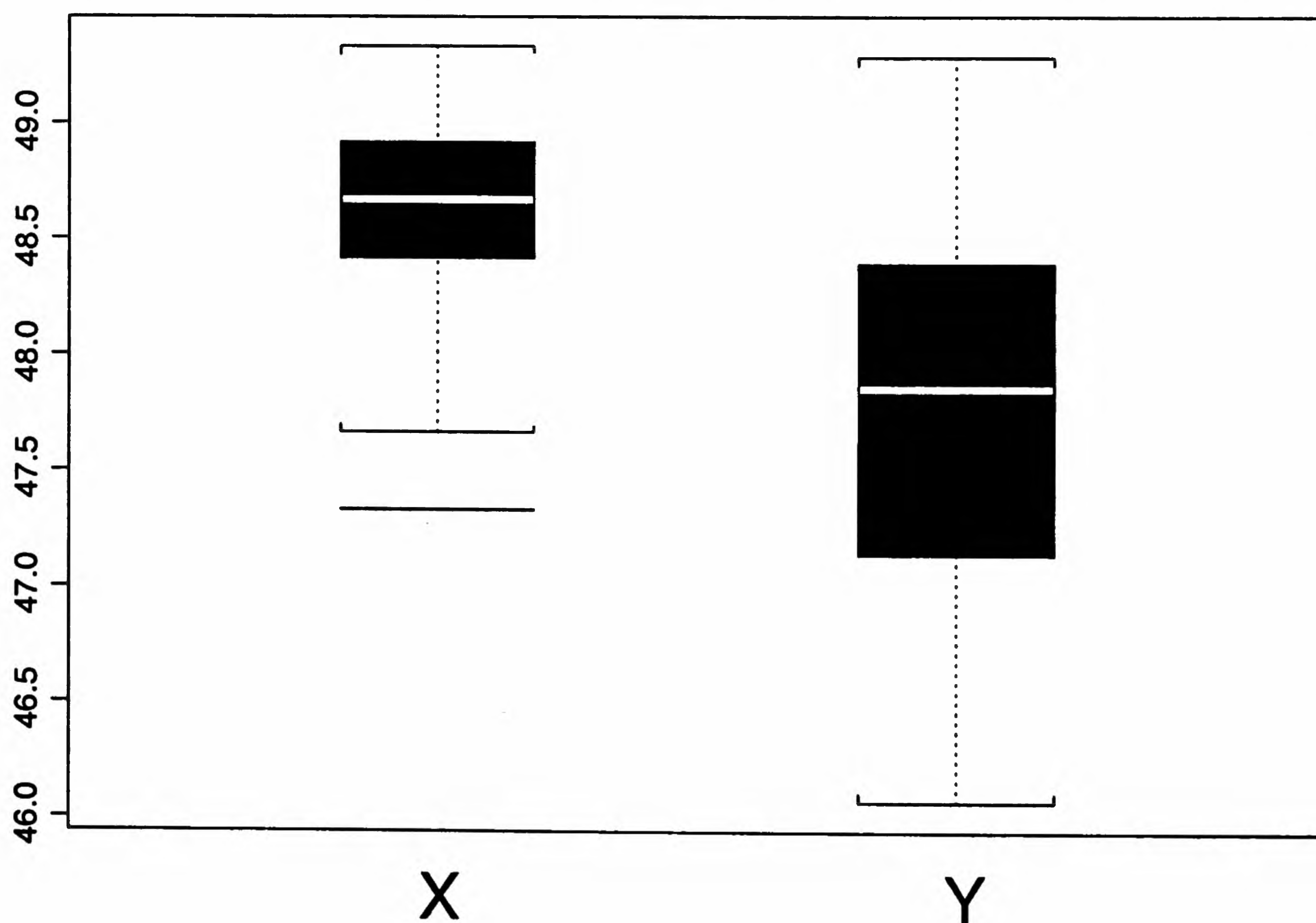


FIGURA 2 - Variabilidade entre os autovetores.

A FIGURA 3 mostra, também por meio do BOXPLOT, que as medianas de X dos vinte eixos principais tiveram uma variabilidade de

0,50 metros. Já entre as medianas de Y, a variabilidade foi de 1,25 metros.

VARIABILIDADES ENTRE AS POSIÇÕES DAS MEDIANAS

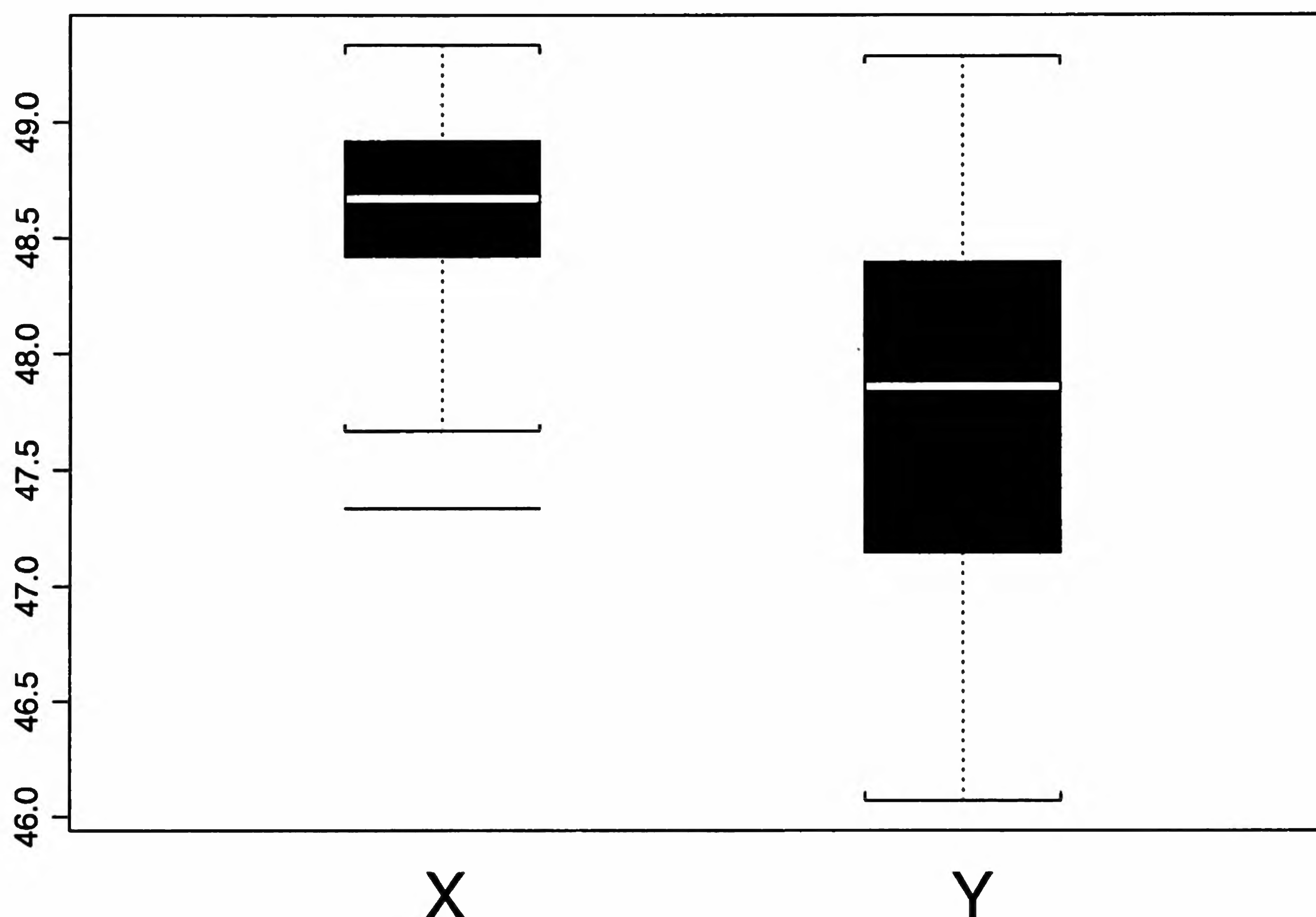


FIGURA 3 - Variabilidade entre as posições das medianas.

A pequena variabilidade entre as medições pode ser decorrente de alguns fatores:

O posicionamento dos eixos principais é centrado nas medianas de X e de Y. Sendo a mediana uma medida de tendência central resistente, que não recebe influência de valores extremos, uma pequena variabilidade na marcação dos pontos não implica numa alteração acentuada no posicionamento dos eixos.

A realização de vinte medições pode ter levado o operador a ficar “viciado” no jogo, sabendo por antecipação o posicionamento estimado do jogador. Para evitar que este fator influenciasse de maneira decisiva nos resultados, foram realizadas apenas cinco medições diárias.

Na literatura pesquisada encontramos alguns trabalhos que registram os locais em que ocorrem as ações dos jogadores através de outros “softwares”, como Dufour (1991) e Patridge, Mosher e Franks (1991), mas nenhum deles analisou a variabilidade das medições para que pudéssemos fazer a comparação dos resultados.

O crescente desenvolvimento e utilização dos avanços tecnológicos entre pesquisadores e profissionais do meio futebolístico exige uma análise criteriosa das metodologias empregadas, para que seus resultados não sejam duvidosos.

CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho, pudemos concluir que não houve grande variabilidade entre as medições do jogador analisado.

Os resultados obtidos indicaram que a metodologia utilizada é um meio preciso para a análise tática no futebol, tanto individual como coletivamente.

A representação do posicionamento dos jogadores através dos eixos principais contribui para uma melhor reprodução e visualização dos dados.

Finalmente, a análise de futebol através de programas de computador, oferece uma maior quantidade de informações para treinadores e jogadores que podem, a partir delas, montar melhores estratégias em treinos e jogos.

ABSTRACT

ANALYSIS OF VARIABILITY IN MEASUREMENTS ON SOCCER TACTIC POSITIONS

The main goal of this study was to analyze the variability in the measurement of soccer players' tactical positioning. Twenty analyses were made during the first half of the game between Corinthians and Palmeiras, valid for the Libertadores of America 1999's Cup. The action places of the Corinthians team player Vampeta were registered using a software that simulates a soccer pitch and marks the places on which the players are positioned during each action. After marking all the players actions, two principal axes, which substituted the action places, were built for every game analysed. The eigenvectors are ortogonal between themselves and the intersection point between the two axes was centered in the median of **X** and **Y**. The length of the principal axes was determined by the most distant points, after selecting the percentage of the data used for its construction. In this case, the data were restricted to the ninetieth percentil. The variability was measured by the BOXPLOT interquartil interval, which is a measure for the resisting dispersion, in other words, that is little affected by changes in the data positions. The results indicated a variability of 2.42 degrees between the angles, 0.50 meters between the **X** median, and 1.25 meters between the **Y** median. We could therefore conclude that there was no great variability between the measurements of the player analysed, and the methodology used is an accurate mean for soccer tactical analysis.

UNITERNS: Soccer tactical analysis; Variability measurement; Principal axes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANANIAS, G.E.O. *Relação entre o condicionamento físico, desempenho e solicitação metabólica dos atletas em partida de futebol de campo*. 1995. Monografia (Bacharel em Educação Física) - Instituto de Biociências, UNESP, Rio Claro.
- BERGO, F.P.G.; ANIDO, R.; BARROS, R.M.L.; CUNHA, S.A.; FREIRE, J.B. Software para análise topológica de ações no futebol. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 21., 1998, São Caetano do Sul. *Anais...São Caetano do Sul: CELAFISCS*, 1998. p.90.
- BUSSAB, W.O.; MORETTIN, P.A. *Estatística básica*. São Paulo: Atual, 1987.
- DUFOUR, W. Computer assisted scouting in soccer. In: WORLD CONGRESS OF SCIENCE AND FOOTBALL, 2., Eindhoven, 1991. *Anais... Eindhoven: E & FN Spon*, 1991. p.161-6.
- FERNANDES, J.L. A preparação tática. In: FUTEBOL: ciência, arte ou sorte: treinamento para profissionais. São Paulo: EPU, 1994. p.77-96.
- GODIK, M. A. Atividade competitiva dos futebolistas. In: FUTEBOL: preparação dos futebolistas de alto nível. Rio de Janeiro: Grupo Palestra Sport, 1996. p.13-46.
- PARTRIDGE, D.; MOSHER, R.E.; FRANKS, I.M. A computer assisted analysis of technical performance - a comparison of the 1990 World Cup and intercollegiate soccer. In: WORLD CONGRESS OF SCIENCE AND FOOTBALL, 2., Eindhoven, 1991. *Anais... Eindhoven: E. & FN Spon*, 1991. p.221-31.

Recebido para publicação em: 14 ago. 2000

Revisado em: 30 out. 2001

Aceito em: 18 dez. 2001

ENDEREÇO: Sergio Augusto Cunha
Av. 24 A, 1515 – Bela Vista
13506-900 Rio Claro – SP - BRASIL
e-mail: scunha@rc.unesp.br

**EXERCÍCIO, COMPORTAMENTO ALIMENTAR E OBESIDADE:
REVISÃO DOS EFEITOS SOBRE A COMPOSIÇÃO CORPORAL
E PARÂMETROS METABÓLICOS**

Rachel Pamfilio FRANCISCHI*
Luciana Oquendo PEREIRA*
Antonio Herbert LANCHÁ JUNIOR**

RESUMO

O objetivo principal desta revisão é avaliar as duas principais estratégias de tratamento não-farmacológico de sobrepeso e obesidade, o uso de restrições energéticas e de exercícios físicos. Dietas hipocalóricas são efetivas para a perda de peso e de gordura, porém podem causar perda de massa magra e consequentemente redução nas taxas metabólicas. O treinamento físico isolado, sem controle alimentar, causa modesta perda de peso. Em associação com dietas, facilita a adesão ao controle alimentar e garante maior sucesso na manutenção da massa magra e redução na massa adiposa. Muitos trabalhos apontam que o treinamento aeróbio regular intensifica a perda de gordura, porém não impede a perda de massa magra. O treinamento de contra-resistência parece minimizar esta perda, porém há dados indicando que este tipo de atividade não intensifica a perda de gordura. A combinação do trabalho aeróbio ao treinamento de força pode garantir uma concomitante perda de gordura e manutenção de massa magra, porém poucos estudos observaram estes efeitos. Os benefícios metabólicos do treinamento regular parecem ocorrer em resposta a ambos tipos de exercício. Apesar da melhora na qualidade de vida em resposta a prática regular de atividades físicas ser consenso na literatura, ainda não há conclusões quanto aos efeitos do exercício físico para obesos no tocante às alterações na composição corporal, devido ao baixo número de indivíduos estudados e diferentes protocolos de estudo.

UNITERMOS: Obesidade; Atividade física; Dieta; Composição corporal.

INTRODUÇÃO

Nos últimos 25 anos a obesidade emergiu como um epidemia nos países desenvolvidos e subdesenvolvidos (Popkin & Doak, 1998). Estima-se que a prevalência atual de excesso de peso nos Estados Unidos seja de 54% entre os adultos, e a de obesidade de 22% (WHO 1998). No caso do Brasil, a prevalência de obesidade foi estimada em 9,6% da população no final da década de 80, sendo que em 1974 era de 5,7% (Monteiro, Mondini, Souza & Popkin, 1995b). Acredita-se que esses valores sejam ainda maiores no final da década de 90. Os resultados

divulgados pela SBC (1999a) apontam que 32% dos brasileiros são obesos.

Estudos comprovam que a transição nos padrões nutricionais, relacionando-os com mudanças demográficas, sócio-econômicas e epidemiológicas ao longo do tempo, estão refletindo na diminuição progressiva da desnutrição e no aumento da obesidade (Monteiro et alii, 1995a, b). Não há dúvidas que as tendências em obesidade não são limitadas a uma determinada região ou grupo étnico ou racial. O incremento presente também em países como México, África

* Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas.

** Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

da Sul, Malásia e nações do pacífico indicam que a obesidade é um grande problema de saúde pública mundial (Popkin & Doak, 1998).

Ao analisar a evolução da obesidade ao longo dos anos, é certo admitir que o aumento no número de casos determina importantes implicações para a definição de prioridades e de estratégias de ação de Saúde Pública. Em especial quanto à prevenção e o controle das doenças não-transmissíveis, há de se reservar lugar de destaque para ações de educação em alimentação e em nutrição e para a prática de atividades físicas que alcancem de forma eficaz todas as camadas sociais da população (Monteiro et alii, 1995a). Não só como prevenção, mas estas duas estratégias também correspondem às principais formas de tratamento não-farmacológico da obesidade.

Para conseguir a diminuição da massa adiposa é necessária a existência de balanço energético negativo, condição na qual o gasto energético supera o consumo de energia (Hill, Drougas & Peters, 1993). Os estoques de energia do organismo são consumidos para sustentar os processos metabólicos, o que leva a perda de peso, frente ao déficit energético. O gasto energético é influenciado por três componentes demonstrado por Hill et alii (1993) como:

Gasto energético = TMB + $E_{\text{exercício físico}}$ + ETA, sendo que a TMB é a taxa metabólica basal, $E_{\text{exercício físico}}$ corresponde à energia gasta nas atividades físicas e ETA é o efeito térmico do alimento. A FIGURA 1 representa a quantidade que cada componente contribui para o gasto energético total.

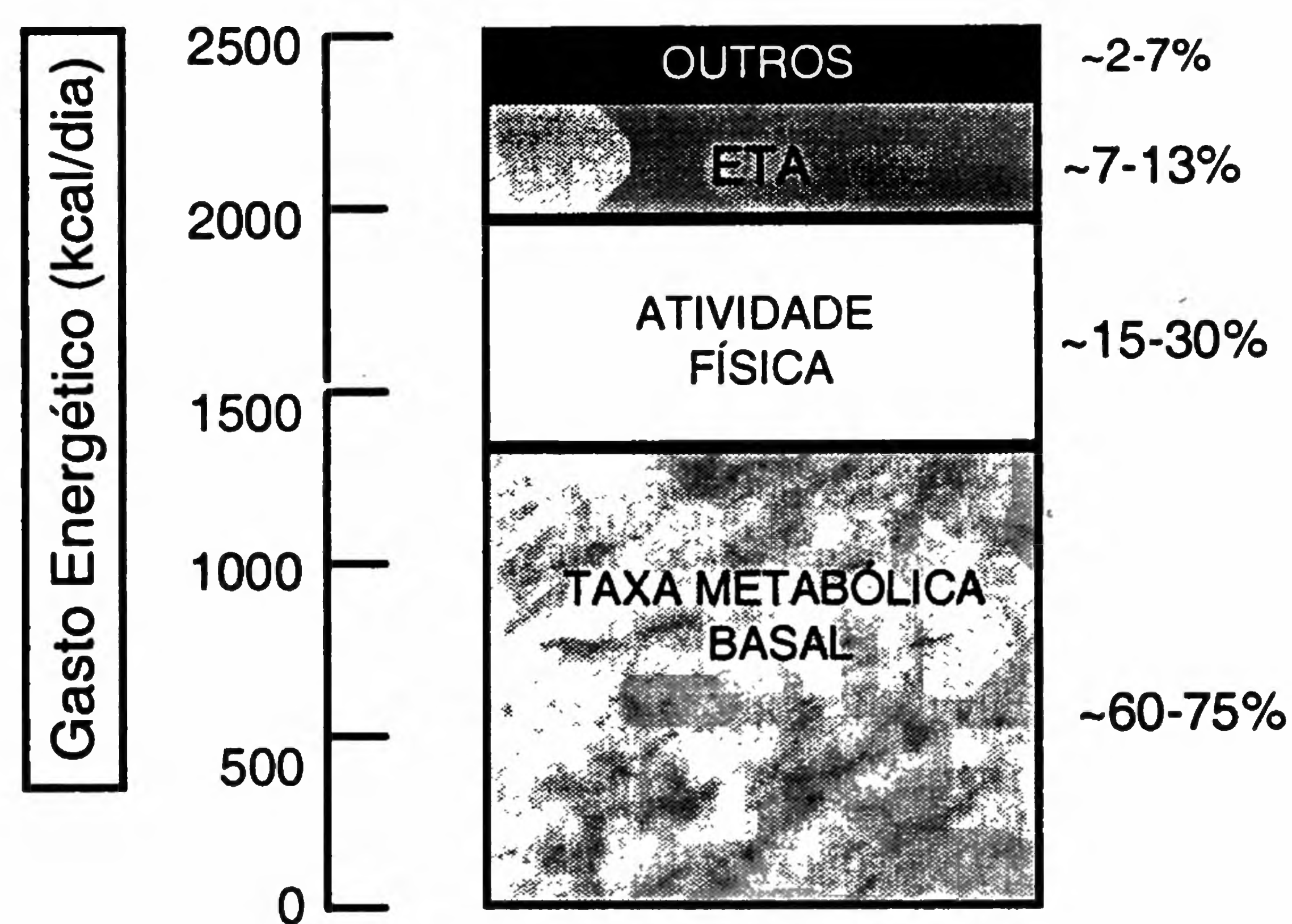


FIGURA 1 Distribuição aproximada dos principais contribuintes do gasto energético diário relativo a um adulto sedentário (adaptado de Ravussin & Swinburn, 1992).

A taxa metabólica basal depende da idade (Hill et alii, 1993; Karhunen, Franssila-Kallunki, Rissanen, Kervinen, Kesäniemi & Uusitupa, 1997), sexo, quantidade de massa corporal (Hill et alii, 1993), gordura corporal, frequência cardíaca, níveis plasmáticos de insulina (Karhunen et alii, 1997), sendo influenciada principalmente pela massa magra (Hill et alii, 1993; Karhunen et alii, 1997).

A energia gasta durante as atividades físicas depende da intensidade e da duração desta, correspondendo ao maior efeito sobre o gasto energético humano. Em indivíduos muito sedentários, a energia gasta pela atividade física pode ser menor que 100 kcal/dia enquanto em um atleta este valor pode exceder 3000 kcal/dia (Poehlman, 1992). Os dados do IBGE indicam que

19,2% dos adultos brasileiros são pouco ativos (realizam exercícios apenas uma vez por semana) e somente 7,9% tem atividade regular três vezes por semana (SBC, 1999b). Nos Estados Unidos, pesquisas recentes apontam que 29,2% da população é inativa, 43,1% participa de algum tipo de atividade física, mas não regularmente, e que 27,7% exercita-se de acordo com as recomendações (Pratt, Macera & Blanton, 1999).

O efeito térmico do alimento, também conhecido por termogênese de indução dietética, deve-se principalmente aos processos de digestão, absorção e assimilação dos nutrientes, e representa, para uma pessoa ativa, menos de 10% do gasto energético diário (McArdle, Katch & Katch, 1992).

Há diversas pesquisas na literatura

sobre diferentes tratamentos para a obesidade, porém ainda controversas da melhor forma de criação do balanço energético negativo (Cowburn, Hillsdon & Hankey, 1997). Milhões de indivíduos estão envolvidos em programas de perda de peso, dos quais muitos são ineficientes e com finalidades apenas comerciais. Diante desse quadro, algumas organizações científicas definiram alguns guias com recomendações para os profissionais envolvidos em programas de controle de peso. Segundo Weinsier, Wadden, Ritenbaugh, Harrison, Johnson e Wilmore (1984), a taxa de perda de peso não deve superar 1,5 kg/semana, evitando assim possíveis riscos à saúde, sendo que o ACSM American College of Sports Medicine (Colégio Americano de Medicina Esportiva) (1983) define esse valor máximo em 1 kg/semana. Porém é importante ressaltar que apenas a perda de peso simplesmente não é o mais indicado no tratamento da obesidade. Como se sabe, a perda de peso desejável é o resultado da máxima redução de gordura corporal e de mínima perda de massa magra, representando sucesso na manutenção do peso perdido, poucos riscos de desnutrição e de complicações médicas (ACSM, 1983).

Assim, esta revisão enfoca como as duas principais formas de tratamento da obesidade, controle alimentar e práticas de atividade física, operam as alterações metabólicas e de composição corporal durante o balanço energético negativo.

Comportamento alimentar

A alimentação é um importante fator tanto na prevenção como no tratamento da obesidade e de muitas doenças de alta prevalência nas sociedades atuais. As tendências de transição nutricional ocorridas neste século em diferentes regiões do mundo convergem para uma dieta mais rica em gorduras (particularmente as de origem animal), açúcares e alimentos refinados (Monteiro, et alii, 1995a). Ao mesmo tempo, essa dieta é reduzida em carboidratos complexos e fibras, sendo conhecida como “dieta ocidental” (Monteiro et alii, 1995a).

Há indícios que o padrão de alimentação hiperlipídica e hipoglicídica esteja se repetindo em nosso país. Estudos realizados com mulheres obesas brasileiras por nosso grupo reforçam esses dados (Francischi, Klopfer, Pereira, Campos, Sawada, Santos, Vieira & Lancha Junior, 1999a; Francischi, Oquendo, Campos, Futigami, Neto & Lancha Junior, 1997; Francischi, Santos, Vieira, Freitas, Klopfer, Pereira, Sawada, Campos

& Lancha Junior, 1999b; Francischi, Santos, Vieira, Klopfer, Freitas, Pereira, Sawada, Campos & Lancha Junior, 1999c; Klopfer, Francischi, Camargo, Vieira, Oquendo, Freitas, Sawada, Campos & Lancha Junior, 1999; Pereira, Francischi, Klopfer, Perroti, Campos, Sawada, Costa & Lancha Junior, 1998) e sugerem que essa pode ser potencialmente uma das causas do rápido incremento de obesidade em nosso país.

Como tratamento, pode-se considerar que o controle alimentar é a principal forma utilizada no combate à obesidade. As estratégias de manipulação dietética geralmente englobam modificações no total energético ingerido e/ou na composição dietética. Quanto ao total energético, duas estratégias comumente utilizadas são o uso das VLCD (“Very Low Calorie Diets” – Dietas de Muito Baixas Calorias), com um consumo energético menor de 800 kcal/dia, e as restrições energéticas moderadas, com um consumo de 1200 kcal/dia ou mais (Cowburn, Hillson & Hankey, 1997). No caso das VLCD, a perda de peso é muito mais rápida, em torno de 1,5-2,5 kg por semana, enquanto na restrição moderada a diminuição é de 0,5-0,6 kg/semana (Cowburn, Hillson & Hankey, 1997). Contudo, o maior problema de dietas muito hipocalóricas concentra-se na dificuldade em manutenção da peso perdido após o término da dieta, o que já tende a ocorrer muito mais facilmente nas restrições moderadas, uma vez que neste caso a perda de peso é gradativa (Cowburn, Hillson & Hankey, 1997). Segundo ACSM (1983), dietas que restringem severamente o consumo energético, bem como jejuns prolongados, são cientificamente indesejáveis e perigosos para a saúde, resultando em perdas de grandes quantidades de água, eletrólitos, minerais, glicogênio e outros tecidos isentos de gordura, com mínima redução de massa adiposa.

Um ponto de grande interesse refere-se não só ao total energético ingerido para redução de gordura corporal, englobando também a composição da dieta. O estudo das relações de equilíbrio energético e seu efeito na etiologia da obesidade, bem como na manutenção do excesso de peso, deve ser considerado. Sabe-se que não só os totais de energia ingerida e gasta regulam a quantidade dos estoques corporais, como proposto por Flatt (1987, 1995) e aceito por muitos autores (Melby, Commerford & Hill, 1998; Prentice, 1998; Swinburn & Ravussin, 1993; Tremblay & Alméras, 1995). O balanço de cada macronutriente parece possuir um rigoroso controle para ajustar seu consumo com sua oxidação (e vice-versa) e manter

um estado de equilíbrio: Flatt (1987) afirma que o balanço de nitrogênio e de carboidratos é facilitado pela capacidade do organismo em ajustar as taxas de oxidação de aminoácidos e de glicose, respectivamente, em relação aos seus consumos alimentares. No caso das gorduras, esse ajuste é bem menos preciso e o aumento no seu consumo não estimula a sua oxidação. Além disso a eficiência com que o lipídeo da dieta é estocado como gordura corporal é alta, cerca de 96% (WHO, 1998). Como o aumento no consumo de gorduras não aumenta sua oxidação, o organismo aumenta os estoques de gordura corporal, sendo que a variação nas quantidades desta está diretamente ligada à oxidação lipídica. Isto leva ao aumento na oxidação de ácidos graxos livres apesar dos mecanismos não estarem claros (WHO, 1998). Como exemplo, um aumento na ingestão lipídica induzirá ao balanço lipídico positivo e, conseqüentemente, ao acúmulo na massa adiposa corporal (Flatt 1987, 1995). Como a gordura corporal aumenta, a oxidação de lipídeos também aumenta. A massa de gordura corporal continuará em expansão até o ponto em que a oxidação desta se iguale a sua ingestão e, então, a quantidade de gordura corporal se estabilizará em um novo nível, mais alto que o anterior (Melby, Commerford & Hill, 1998; WHO, 1998).

Considerando todos esses pontos, a grande maioria dos autores defendem que dietas hipolípídicas são a chave para redução da gordura corporal. No entanto, várias dietas, prometendo rápida perda de peso, incluem baixo consumo de carboidratos. Os efeitos colaterais geralmente associados a tais dietas incluem náuseas, fadigas, hiperuricemia, cetose, aumento nas concentrações plasmáticas de LDL (Weinsier et alii, 1984) e perda de nitrogênio urinário como consequência da degradação de tecidos magros (ACSM, 1983).

Um fato relacionado a dietas hipocalóricas refere-se a mudanças adaptativas em resposta à limitação no consumo energético que objetivam permitir a sobrevivência do organismo frente à restrição alimentar (Shetty, 1990). A medida que o consumo energético é restrito, mudanças na composição corporal reduzem o gasto energético (Shetty, 1990). Essas modificações são muito úteis para períodos de fome intensa, mas correspondem a dificuldades para aqueles que estão em dieta tentando emagrecer (Geliebter, Maher, Gerace, Gutin, Heymsfield & Hashim, 1997), principalmente por serem traduzidas em: a) redução na taxa metabólica basal (TMB) (Ballor, Harvey-Berino, Ades, Cryan & Calles-Escandon,

1996), pela diminuição na massa magra (Ravussin, Burnand, Schutz & Jéquier, 1985); b) redução no custo energético da locomoção, pela queda nas dimensões corporais (Froidevaux, Schutz, Christin & Jéquier, 1993), o que diminui a oxidação de gorduras (Ballor et alii, 1996). A redução na TMB é um dos mais constantes resultados observados durante experimentos com déficit energético, e pode ser resumida em duas diferentes fases. Inicialmente (nas primeiras duas ou três semanas), a redução na TMB não pode ser atribuída a mudanças na composição corporal, e sim devido ao aumento na eficiência do metabolismo dos tecidos ativos; com o prosseguimento da restrição, a queda na TMB ocorre devido a perda destes tecidos ativos, em especial dos tecidos magros (Shetty, 1990).

O estudo realizado por Hill, Sparling, Shields e Heller em 1987 demonstrou que indivíduos sedentários consumindo 800 kcal/dia durante cinco semanas perderam $8,2 \pm 0,5\%$ de seu peso corporal inicial, sendo que $57 \pm 4\%$ desse total perdido foi de gordura e $43 \pm 4\%$ foi de massa magra.

Muitos mecanismos fisiológicos operam na diminuição da atividade metabólica, tais como: diminuição da atividade do sistema nervoso simpático; mudanças periféricas no metabolismo tireoidiano; redução na secreção de insulina; mudanças na secreção de glucagon, hormônio de crescimento (GH) e glucocorticóides (Shetty, 1990). Essas mudanças promovem a mobilização de substratos endógenos, conduzindo a maior circulação de ácidos graxos e corpos cetônicos, além de aumentar o catabolismo de proteínas, o que reflete na diminuição do gasto energético (Shetty, 1990).

Todas essas alterações fisiológicas em resposta ao déficit energético podem trazer conseqüências vitais para o organismo. A diminuição nas proporções de tecidos metabolicamente ativos inclui a redução de proteína muscular, como visto anteriormente, ou mesmo a diminuição de proteína hepática (Walberg, 1989). Além disso, alterações mais sérias podem ocorrer no conteúdo de proteínas das fibras musculares cardíacas: exames dos corações de 17 pacientes que morreram após se submeterem a grande redução de peso (mais de 30% do peso inicial) revelaram redução da massa cardíaca e atrofia das fibras musculares desse órgão (Van Ittalie & Yang, 1984). Essas pessoas se submeteram a VLCD, composta principalmente por hidrolizado de colágeno, durante dois a oito

mêses. Assim, não há dúvidas que restrições energéticas alteram a massa magra, sendo esses efeitos mais intensos quanto maior for o déficit energético (Sweeney, Hill, Heller, Baney & Digirolamo, 1993) e mais prolongado for o período de tempo de restrição pelo qual o indivíduo foi submetido.

Muitos autores admitem que a incorporação de um programa de atividades físicas podem minimizar e mesmo prevenir essas alterações, principalmente quanto às modificações na composição corporal induzidas pela dieta. As dúvidas surgem principalmente sobre as características (tipo, intensidade e duração) da atividade ideal para pessoas que precisem perder peso.

Exercícios físicos

Recentemente o ACSM publicou um suplemento dedicado inteiramente ao tema Atividade Física na Prevenção e Tratamento da Obesidade e suas Co-morbidades. Entre outras conclusões, o comitê afirmou que as prevalências de sedentarismo estão muito altas, representando um importante papel na etiologia da obesidade, e que os benefícios para a saúde induzidos pelo treinamento regular podem atenuar a morbidade e o risco de mortalidade dos indivíduos obesos (Grundy, Blackburn, Higgins, Lauer, Perri & Ryan, 1999). Como afirmado, o exercício físico regular é de grande relevância na prevenção e tratamento tanto da obesidade como de várias outras doenças, como o diabetes e as doenças cardiovasculares (Dengel, Hagberg, Pratley, Rogus & Goldberg, 1998). Os benefícios podem ser adquiridos geralmente como conseqüências de melhoras cardiorespiratórias (McMurray, Ainsworth, Harrell, Griggs & Williams, 1998), alterações na composição corporal (tais como diminuição de gordura corporal e/ou aumento de massa magra) ou de atividades enzimáticas (como da lipoproteína lipase e lipase hepática) (Després & Lamarche, 1994; Després, Pouliot, Moorjani, Nadeau, Tremblay, Lupien, Thériault & Bouchard, 1991).

Especificamente para a perda de peso, o exercício é importante medida terapêutica na obesidade através da criação de balanço energético negativo (Melby, Scholl, Edwards & Bullough, 1993). Contudo, atingir altos gastos energéticos durante a atividade física requer a capacidade do indivíduo em se exercitar por longos períodos em intensidades próximas ao limiar metabólico, o que somente é possível para pessoas

treinadas (Saris, 1995). O limiar metabólico pode ser entendido como a intensidade de exercício que ocorre predomínio das vias anaeróbias para manutenção da demanda energética. Assim sendo, a dieta isolada é mais eficiente em produzir déficit energético do que o exercício físico isolado (Björntorp, 1995; Saris, 1995).

Propondo um exemplo a partir dos cálculos citados por Björntorp (1995), esse raciocínio fica mais claro: um homem obeso de cerca de 40 anos necessita de aproximadamente de 2500 kcal/dia para manter equilibrado o seu balanço energético. Com um déficit de 1500 kcal/dia, sua ingestão será de 1000 kcal/dia. Durante uma semana, isso representará um déficit de 10500 kcal. Admitindo que 1 kg de gordura equivale a 9000 kcal, teremos que essa pessoa perderá um pouco mais de 1 kg de gordura durante uma semana. Se esse mesmo homem inicia um programa convencional de exercício como três sessões semanais de caminhada ou trote de cerca de 45 minutos cada, temos que o déficit energético será de cerca de 1000 kcal/semana. Isso porque, supondo que ele se exercite em cerca de 50% de seu consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_2$ máx) durante os 45 minutos, o que caracteriza uma atividade de baixa intensidade, e que seu $\dot{V}O_2$ máx seja aproximadamente 40 ml O_2 / kg/ min (apenas um valor médio sugerido para um homem sedentário), ele se exercitará ao redor de 20 ml O_2 / kg/ min. Supondo que ele pese cerca de 80 kg, durante 45 min ele terá um consumo de oxigênio de 72 l de O_2 . Admitindo que 1 l O_2 possui em média 5 kcal (McArdle, Katch & Katch, 1992), ele gastará 360 kcal por cada sessão de 45 minutos. Em três sessões semanais, isso representará cerca de 1000 kcal/semana. Ou seja, para ele perder a mesma quantidade de gordura que a dieta induz em uma semana ele precisa se exercitar por nove semanas, ou seja, dois meses. Por esse ângulo, a dieta é muito mais eficiente para induzir um balanço energético negativo do que o exercício físico.

Essa observação fez com que alguns autores desconsiderassem a importância do exercício físico na obesidade (Garrow, 1995). Garrow e Summerbell (1995) em sua meta-análise de 28 publicações com homens e mulheres sobrepesos e obesos, exercitados ou não, encontraram resultados interessantes. As características dos treinamentos físicos empregados variaram em cada estudo analisado, mas a síntese dos resultados indica que as mudanças na

composição corporal induzidas são poucas: homens exercitados aerobiamente por 30 semanas perderam 2,6 kg comparado com ganho de 0,4 kg ocorrido nos sedentários controle; mulheres exercitadas perderam 3 kg em 14 semanas e o grupo controle de sedentárias perdeu 0,7 kg em 11 semanas. Quanto a mudanças na massa magra, esses autores identificaram 21 estudos controlados com grupo dieta + exercício e grupo controle com a mesma dieta, pelo mesmo período de tempo, sem exercício. De fato, a perda de massa magra nos grupos exercitados é menor para uma determinada perda de peso, mas esse valor não é muito diferente: numa perda de 10 kg, a prática de exercícios físicos reduz a perda de massa magra de 2,9 kg para 1,7 kg em homens e de 2,2 kg para 1,7 kg em mulheres. Garrow (1995) afirma que os benefícios do exercício para problemas metabólicos como diabetes ou hiperlipidemia se confundem com os benefícios conseguidos pela concomitante perda de peso. Esse autor conclui que os benefícios do exercício são geralmente supervalorizados, e que provavelmente este tem importante participação apenas quanto à prevenção da obesidade.

Por outro lado, Melby, Commerford & Hill (1998) afirmam que é irreal esperar que um sedentário que inicie um programa de exercícios alcance o mesmo gasto energético induzido pela dieta hipocalórica, mas isto não significa que o exercício desempenhe apenas um impacto marginal na perda de peso a longo prazo. O aumento da prática de atividade física cronicamente significa uma perturbação no equilíbrio do balanço energético e de macronutrientes. O treinamento induz a mudanças adaptativas, como aumento na capacidade de se exercitar em altas intensidades por períodos maiores, além de aumentar a oxidação de gorduras, o que promove a perda gradual de gordura e mantém com sucesso o peso perdido inicialmente alcançado com a dieta hipocalórica (Melby, Commerford & Hill, 1998). De fato, o estudo recente de Nicklas, Rogus e Goldberg (1997) demonstra que o exercício aeróbio combinado à dieta previne o declínio na resposta lipolítica e na oxidação de gorduras que ocorrem com obesos submetidos apenas à dieta. Além disso, Miller, Koceja e Hamilton (1997) concluem em sua meta-análise que, após um ano do final do tratamento, a manutenção do peso perdido em grupos de obesos submetidos à dieta ou à dieta + exercício por 15 semanas é maior no grupo exercitado.

Outro ponto levantado quando se trata de exercícios físicos para redução da obesidade é a compensação energética (Melby, Commerford & Hill, 1998; Saris, 1995): o indivíduo pode compensar o déficit energético induzido pelo exercício aumentando o consumo de alimentos e/ou reduzindo a atividade física realizada diariamente fora dos horários de treinos. Isso pode anular os efeitos benéficos do exercício por interferir em duas partes da equação do balanço energético (Saris, 1995), ou seja, tanto no consumo de alimentos como na atividade física espontânea. Quanto à atividade física diária, dois estudos demonstram que o exercício regular não promoveu compensação energética: van Dale, Schoffelen, ten Hoor e Saris (1989) notaram que o treinamento aeróbio (4 h/semana a 55% $\dot{V}O_2$ máx por 12 semanas) em obesas em dieta hipocalórica estimulou a prática de atividade física durante as partes do dia em que não eram realizados exercícios; do mesmo modo, Racette, Schoeller, Kushner, Neil e Herling-Iaffaldano (1995) observaram manutenção do gasto energético total diário medido através de água marcada em obesas submetidas a dieta + exercício aeróbio (três sessões/semana, 45 min/sessão a 65% $\dot{V}O_2$ máx por 12 semanas), sendo que o grupo controle (apenas dieta) reduziu este gasto em 12,3%. Quanto aos efeitos do exercício sobre o consumo alimentar, sabe-se que há dificuldades metodológicas para medir precisamente a ingestão dos alimentos (Saris, 1995). Contudo, o cuidadoso estudo realizado por Woo, Garrow e Pi-Sunyer (1982) observou que mulheres obesas mantidas em uma “câmara metabólica” não aumentaram o consumo de alimentos em resposta a caminhada com um custo energético calculado para elevar o gasto em 25%.

Porém, a ênfase de muitos estudos não tem sido apenas sobre a ingestão energética em resposta ao exercício, e sim sobre a seleção e o balanço de macronutrientes. Segundo Tremblay e Alméras (1995) se o exercício afeta o metabolismo de proteínas, carboidratos e lipídeos deve interferir também na ingestão alimentar através desses efeitos metabólicos. Teoricamente, afirmam esses autores, as alterações no metabolismo periférico representa sinais integrados para o sistema nervoso central que em última análise controla a fome e a saciedade.

Exercício físico e adaptações metabólicas

Como afirmado anteriormente, o controle do balanço lipídico no organismo é bem menos preciso do que o de carboidratos e proteínas, fazendo com que qualquer impacto do exercício sobre o peso corporal possa ser completamente anulado se o alimento disponível for rico em gorduras. Isso reforça a idéia de que o importante é o balanço de gorduras, e não apenas a sua ingestão ou a sua oxidação separadamente (Melby, Commerford & Hill, 1998). Provavelmente, o alto conteúdo energético associado aos alimentos ricos em lipídeos contribuem para compensar o déficit energético induzido pelo exercício, e a perda de gorduras somente ocorre cronicamente com o exercício se este promover um balanço lipídico negativo (Tremblay & Alméras 1995).

Um efeito que pode facilitar a criação do balanço negativo de gorduras é que possivelmente o exercício por si atue aumentando a preferência pela ingestão de alimentos ricos em carboidratos, tendo em vista que a atividade promove maior captação de glicose circulante, deprimindo as reservas hepáticas. Contudo, esse efeito depende das proporções dos substratos oxidados durante o exercício físico (Tremblay & Alméras, 1995), o qual, bem como o gasto energético, varia de acordo com as características do exercício (intensidade, frequência e duração) e do indivíduo (peso corporal, capacidade aeróbia, etc.) (Melby, Commerford & Hill, 1998).

Principalmente a intensidade e a duração definem a prioridade de substrato a ser oxidado: em baixas intensidades (25% $\dot{V}O_2$ máx) a utilização é principalmente de Ácidos Graxos Livres (AGL); em intensidades moderadas e prolongadas (60-75% $\dot{V}O_2$ máx) o glicogênio muscular é a principal fonte de carboidratos (Romjin, Coyle, Sidossis, Zhang & Wolfe, 1995), sendo que com o prolongamento da atividade aumenta-se a utilização de glicose plasmática, a taxa de utilização das reservas de glicogênio está exponencialmente relacionada com a intensidade do esforço (Hargreaves, 1995). De fato, em altas intensidades (acima de 75% $\dot{V}O_2$ máx) a principal fonte de energia é o glicogênio muscular (Romjin et alii, 1995). A quantidade de carboidratos utilizados dependem também do estado de treinamento do indivíduo (Melby, Commerford & Hill, 1998). Isso porque o treinamento induz adaptações no músculo esquelético que aumentam

a utilização de gorduras e diminui a oxidação de carboidratos (Melby, Commerford & Hill, 1998), visando a economia nas reservas de glicogênio para prolongar o tempo de esforço.

Em sua revisão, Simoneau (1995) cita várias adaptações ao treinamento de resistência ou "endurance" que refletem numa redução do RER (razão de trocas respiratórias) e no conseqüente aumento na utilização de gorduras, tais como: aumento na proporção de fibras musculares tipo I (oxidativas); aumento no tamanho das fibras musculares; aumento nos diâmetros dos capilares; aumento na atividade de enzimas oxidativas; aumento na densidade e volume mitocondrial; aumento na atividade do complexo da carnitina palmitoil transferase; aumento na atividade da lipoproteína lipase. Segundo Henriksson (1992), as adaptações induzidas pelo estímulo crônico da atividade física que facilitam o controle metabólico e o fornecimento mais eficiente de energia são o resultado de uma pronunciada adaptação enzimática e histológica quanto ao tipo de fibra muscular e vascularização.

As altas taxas de oxidação de gorduras resultantes do treinamento promovem menor aumento nas concentrações de AMP (monofosfato de adenosina), ADP (difosfato de adenosina) e Pi (fosfato inorgânico) para um mesmo trabalho submáximo, levando a uma menor estimulação para glicogenólise e glicólise (Melby, Commerford & Hill, 1998). Além disso, Simsolo, Ong e Kern (1993), estudando a regulação pelo exercício da lipoproteína lipase no tecido adiposo e muscular, observaram que o "destreinamento" (a ausência de treinamento) em atletas causa menor atividade muscular dessa enzima e maior atividade no tecido adiposo. Isso sugere preferência pelo estoque de lipídeos dietéticos no tecido adiposo. Pode-se inferir, então, que o treinamento também pode favorecer que tais lipídeos dietéticos sejam transportados preferencialmente para o tecido muscular do que para o tecido adiposo.

De fato, durante o exercício, as duas fontes de gorduras para o tecido muscular são os AGL mobilizados do tecido adiposo e os ácidos graxos (AG) estocados no tecido muscular na forma de triacilgliceróis que devem ser hidrolizados (Melby, Commerford & Hill, 1998). Em condições de repouso ou basais, a maioria dos AG formados serão re-esterificados no mesmo adipócito, enquanto durante exercícios de baixa intensidade a maioria dos AG no plasma será transportada pela albumina até sua absorção

muscular esquelética, sofrendo beta-oxidação (Melby, Commerford & Hill, 1998). Segundo Martin (1997), em exercícios de baixa intensidade (25% $\dot{V}O_2$ máx) a energia é provida principalmente pelos AGL do plasma. Ao redor de 65% $\dot{V}O_2$ máx há utilização de glicogênio muscular e aumento na utilização dos triacilgliceróis intramusculares. Já a 85% $\dot{V}O_2$ máx o “combustível” a ser utilizado predominantemente é o glicogênio muscular. Coyle (1995) afirma que a redução no fluxo sanguíneo para o tecido adiposo durante altas intensidades de exercício pode promover inadequada concentração de albumina necessária para o transporte dos AGL. Apesar da maioria dos estudos sobre utilização e mobilização de substratos durante o exercício serem realizados com atletas, é presumível que para uma mesma intensidade relativa indivíduos não-treinados irão utilizar mais carboidratos e menos lipídeos que os treinados (Melby, Commerford & Hill, 1998).

Apesar dos principais substratos energéticos durante a atividade física serem os carboidratos e os lipídeos, sabe-se que a atividade física tem profundo efeito também sobre o metabolismo de proteínas. Por exemplo, se a musculatura é exercitada intermitentemente contra uma sobrecarga (referido como treinamento de força ou contra-resistência), o resultado após um certo período de treinamento é o efeito anabólico (síntese de massa muscular). Isto ocorre porque o estímulo para a síntese de proteína miofibrilar excede qualquer aumento na degradação de proteínas (Lemon, Tarnopolsky, MacDougall & Atkinson, 1992). Caso a musculatura seja exercitada continuamente numa intensidade mais moderada e por um período de tempo mais prolongado, a quantidade de aminoácidos oxidada para fornecimento energético também é significativa (Lemon et alii, 1992). É importante ressaltar que o aumento na oxidação de aminoácidos durante atividades de “endurance” é diretamente proporcional a intensidade e duração do esforço (Lemon et alii, 1992). No entanto, esse aumento na demanda de proteínas induzido pelo treinamento não ocorre com indivíduos sedentários que iniciam um programa de atividade física, porque o exercício, ao menos inicialmente, não será prolongado ou intenso (Melby, Commerford & Hill, 1998). No caso de treinamento de força, o aumento nessa ingestão acima das recomendações norte-americanas da RDA/NRC (National Research Council, 1989) para o consumo de

proteínas pode ser benéfico (Lemon et alii, 1992). Tendo em vista a cuidadosa regulação no balanço de proteínas apresentado anteriormente (Flatt, 1987), o aumento no consumo de proteínas não promoverá modificações na composição corporal devido ao aumento na massa magra, a não ser que haja estímulo apropriado para a hipertrofia muscular (Melby, Commerford & Hill, 1998). Contudo, é bem possível que o alto consumo de proteínas possa contribuir para o acúmulo de gordura corporal, mas não porque os esqueletos de carbono dos aminoácidos irão favorecer a lipogênese, e sim principalmente porque a oxidação desses aminoácidos pode substituir a porção de gordura normalmente oxidada (Melby, Commerford & Hill, 1998).

Além das adaptações metabólicas durante o treinamento, o exercício também interfere na homeostase durante a fase de sua recuperação, interferindo também sobre o gasto energético pós-exercício. Quanto mais intenso o exercício e por períodos mais prolongados maior será esse gasto (Bahr & Sejersted, 1991; Melby, Commerford & Hill, 1998). Além disso, estudos indicam que o macronutriente a ser oxidado preferencialmente nesta fase é definido também pela intensidade e duração da atividade. Bahr e Sejersted (1991) relataram que o RER pós-exercício é diminuído durante a recuperação, o que provoca maior oxidação de ácidos graxos livres. Phelain, Reinke, Harris e Melby (1997) examinaram os efeitos de exercícios de baixa (50% $\dot{V}O_2$ máx) e alta intensidade (75% $\dot{V}O_2$ máx), com similares gastos energéticos (500 kcal), sobre a oxidação de substratos e o gasto calórico na recuperação. Utilizando calorimetria indireta durante toda a sessão de exercício e em três horas de recuperação, eles notaram que o consumo de oxigênio pós-exercício foi menor após o exercício de alta intensidade. A oxidação de carboidratos total (exercício mais recuperação) foi maior para a atividade mais intensa ($116 \pm 8,6$ g para 50% e $85 \pm 5,2$ g para 75% $\dot{V}O_2$ máx) e o total de oxidação de ácidos graxos livres tendeu a ser menor no exercício de maior intensidade ($36,9 \pm 3,0$ g para 50% e $27,7 \pm 3,3$ g para 75% $\dot{V}O_2$ máx, $p = 0,07$). Contudo, ao final das três horas de recuperação a taxa de oxidação de gorduras foi maior após a sessão mais intensa. Os autores concluem que o período de recuperação deve também ser considerado ao se determinar o efeito de diferentes intensidades de exercício no gasto energético total e na utilização de carboidratos e gorduras como

fonte de energia. De forma oposta, o estudo de Thompson, Townsend, Boughey, Patterson e Bassett Junior (1998) não observou diferenças no uso de substratos após duas diferentes intensidades de exercício (90 minutos a 33% $\dot{V}O_2$ máx ou 45 minutos a 66% $\dot{V}O_2$ máx), sendo que durante a sessão de mais baixa intensidade a utilização de lipídeos foi maior e de carboidratos foi menor, levando os autores a concluir que atividades de baixa intensidade e longa duração resultam em maior oxidação de ácidos graxos do que exercícios de intensidade moderada com mesmo gasto energético.

De fato, ao se tratar do tipo e da intensidade de exercício físico ideal para perda de peso, é bastante duvidoso acreditar que um indivíduo não-treinado seja capaz de sustentar um exercício de alta intensidade pelo período de tempo necessário para produzir uma elevação prolongada no gasto energético pós-exercício, bem como aumento na oxidação de ácidos graxos livres (Melby, Commerford & Hill, 1998). Provavelmente esse é um dos motivos que justifica as recomendações de ACSM (1983, 1998) e Weinsier et alii (1984) apenas de exercícios aeróbios de moderada intensidade (no mínimo a 60% da frequência cardíaca máxima) para perda de peso. Porém, deve-se lembrar dos exercícios de força ou de resistência muscular, os quais são pouco estudados e não se sabe ao certo os efeitos desse tipo de exercício sobre o balanço lipídico. Esse treinamento utiliza como maiores combustíveis para síntese de ATP a fosfocreatina e o glicogênio muscular (Melby, Commerford & Hill, 1998). Contudo, é possível que, durante os períodos de repouso durante as séries de exercício e nos períodos de recuperação pós-exercício, a oxidação de gorduras possa contribuir para atender a demanda energética, indicada por baixos RER após sessões extenuantes desse tipo de atividade (Melby et alii, 1993). Deve-se salientar que um dos aspectos que mais contribui para o baixo RER principalmente na recuperação de atividades intensas é o reabastecimento das reservas de bicarbonato: sua produção metabólica necessita da incorporação de CO_2 (dióxido de carbono) em sua estrutura molecular, resultando em menor VCO_2 (produção de CO_2) e conseqüentemente num menor RER ($RER = \dot{V}O_2 / VCO_2$) (Melby, Commerford & Hill, 1998), sugerindo uma falsa idéia de aumento na oxidação de gorduras. Com isso, torna-se difícil quantificar a oxidação lipídica na fase de recuperação do exercício (Melby,

Commerford & Hill, 1998). No entanto, mesmo após 15 horas de extenuante sessão de treinamento de força, o RER mensurado foi inferior ao observado no período controle (sem sessão de atividade física prévia) (Melby et alii, 1993), o que representa maiores taxas de oxidação de ácidos graxos livres no repouso pós-exercício de contra-resistência do que a observada num período de repouso habitual. Dessa forma, os autores concluíram que esta é uma manobra bastante útil do organismo para permitir que o carboidrato disponível seja utilizado para a síntese das novas reservas de glicogênio.

Pode-se perceber que o exercício físico interfere diretamente sobre a oxidação de diferentes macronutrientes dependendo das suas características. Dessa forma, é esperado que exercícios com características distintas tenham efeitos diferentes quanto às alterações na composição corporal. O estudo realizado por Ballor et alii (1996) examinou 18 indivíduos obesos após se submeterem à redução de peso, divididos em grupo de exercício aeróbio (A) e grupo com treinamento de força (WT), medindo composição corporal por pesagem hidrostática e TMR (taxa metabólica de repouso) por espirometria. Após 12 semanas de exercícios físicos, sem dietas, apenas o grupo A apresentou perda de peso, de gordura e aumento no $\dot{V}O_2$ pico. Porém, apenas o grupo WT apresentou tendências em aumento de massa magra e na TMR. Com esses resultados, pode-se perceber que os tecidos magros e gordos respondem de maneira diferente à distintos tipos de treinamento. Então quais devem ser as características de um programa de exercícios físicos para promover as alterações na composição corporal mais desejáveis para aqueles que querem perder peso, isto é, como deve ser a atividade física ideal para intensificar a perda de gordura e minimizar a perda de tecido magro? Além disso, quais são os efeitos combinados da manipulação dietética quanto o total energético ingerido e a composição de macronutrientes sobre as respostas induzidas pelo treinamento na composição corporal?

Exercício físico, comportamento alimentar e alterações na composição corporal

Treinamento de contra-resistência

Há poucos estudos que relacionam os efeitos do treinamento de contra-resistência em

peças obesas. De fato, esse tipo de treinamento não é comumente utilizado em programas de redução de peso, já que o custo energético para os tradicionais períodos de atividade é elevado, porém o tempo necessário para a recuperação e execução de nova série de exercícios é bastante alto. Com isso, o consumo energético médio se torna inferior ao observado nas atividades aeróbias. Ballor, Katch, Becque e Marks (1988) mediram o custo energético do treinamento de força em cinco indivíduos obesos por 42 minutos utilizando a calorimetria indireta. De fato, o gasto calórico encontrado para esse período de atividade foi de apenas 139,2 kcal.

Esse tipo de treinamento é geralmente empregado com a finalidade de aumento de força e hipertrofia muscular, sendo que o aumento de massa muscular passa por etapas onde não tem como consequência predominante o aumento da força (Wilmore, 1974). Esse incremento do tecido muscular pode ser importante no aumento da taxa metabólica basal, facilitando a oxidação de gorduras. Porém, foram identificados cinco estudos que analisaram os efeitos do treinamento de força ou contra resistência, sendo que os resultados são bastante díspares:

Ballor et alii (1988) estudaram 40 mulheres obesas por oito semanas, divididas em quatro grupos: controle (C), dieta apenas (déficit de 1000 kcal/dia) (D), treinamento de força apenas (E) e treinamento de força + dieta (ED). As diferenças na composição corporal, determinada por hidrodensitometria, revelaram aumento na massa magra em E (1,07 kg) e manutenção deste tecido em ED. O tecido adiposo sofreu redução apenas em D e ED (de forma semelhante), bem como o peso total. Pode-se concluir que nesse estudo o treinamento de força não intensifica a perda de gordura. Porém, o efeito benéfico ressaltado pelos autores é que esse tipo de exercício aumentou a massa magra na ausência de restrição energética, sendo que na presença da dieta ele preveniu a perda deste tecido. Provavelmente, poderia haver manutenção da TMB no grupo ED, mas se deve ressaltar que não houve medição da TMB nesse estudo.

Donnelly, Pronk, Jacobsen, Pronk e Jakicic (1991) examinaram 69 mulheres obesas por 90 dias em diferentes tipos de exercício: grupo controle realizando apenas a dieta (C), grupo dieta + exercícios de resistência ou "endurance" (EE), grupo dieta + exercícios de força ou sobrecarga (WT), grupo dieta + exercícios de resistência + exercícios de força (EEWT). A dieta aplicada foi

do tipo VLCD, provendo 522 kcal/dia. Houve medição da Taxa Metabólica de Repouso (TMR) por calorimetria indireta e a composição corporal foi determinada também por hidrodensitometria. Os autores perceberam diminuição no tecido magro e na TMR igualmente entre todos os quatro grupos, bem como a perda de massa adiposa e de peso total. Os autores concluíram que a VLCD isolada ou combinada a qualquer um dos tipos de exercícios aplicados por 90 dias promoveu os mesmos efeitos na composição corporal e na TMR. Por esses dados, o treinamento de força sozinho ou combinado com exercícios de resistência não impede a queda na TMR e na massa magra. Provavelmente a alta restrição energética pela qual as voluntárias foram submetidas anulou qualquer efeito que o exercício pudesse apresentar. Os resultados de Sweeney et alii (1993) indicam exatamente isso: restrições energéticas moderadas apresentaram melhores resultados em termos de preservação de massa magra do que a severa por três meses.

Ross, Pedwell e Rissanen (1995) analisaram os efeitos do treinamento de força aliado à restrição energética moderada (déficit de 1000 kcal/dia) em 14 mulheres obesas por 14 semanas. As alterações na composição corporal foram medidas através de imagens por ressonância magnética e revelaram perda de tecido adiposo e nenhuma modificação no tecido magro. A musculatura esquelética dos membros inferiores e superiores foram preservadas. Também houve perda de peso total. Por esses dados, o treinamento de força em combinação com restrição energética moderada preserva a massa magra, em particular a musculatura esquelética, e a adiposidade é substancialmente reduzida.

Geliebter et alii (1997) verificaram em 65 mulheres e homens 20% acima do peso ideal (referido pelos autores a partir dos dados norte-americanos da cia. metropolitana de seguros de vida) os efeitos de dois tipos de treinamentos aliados a dieta por oito semanas. Para isso, os voluntários foram distribuídos em três grupos: dieta apenas (fornecendo o total de energia suficiente para atingir 70% da TMB, valor em média de 1286 ± 281 kcal/dia) (D), dieta + treinamento de força (DF) e dieta + treinamento aeróbio (DA). Também foi utilizada a densitometria por pesagem hidrostática para determinar a composição corporal e a TMR foi medida por calorimetria indireta. Os resultados indicaram que a redução no tecido adiposo e no peso total foi a mesma para todos os grupos, porém

DF perdeu menos massa magra que os outros: do peso total perdido, apenas 8% foi de tecido magro em DF, enquanto em DA 20% do peso perdido era constituído de massa magra e em D esse valor foi 28%. Os autores concluíram que o treinamento de força significativamente diminui a perda de massa magra durante a restrição energética moderada, mas não impede a queda na TMR. O exercício aeróbio aliado a dieta aumenta o $\dot{V}O_2$ máx, mas não intensifica a perda de gordura.

Rice, Janssen, Hudson e Ross (1999) estudaram os efeitos de dieta hipocalórica isolada – deficitária em 1000 kcal/dia (DO) ou aliada a exercício aeróbio (DA) ou de resistência muscular (DR) por 16 semanas em 29 homens obesos. Com metodologias acuradas para determinação de gordura visceral (ressonância magnética) e sensibilidade à insulina (curvas glicêmicas e insulinêmicas), os autores observaram que as reduções no peso, na gordura visceral e subcutânea

foram semelhantes entre os grupos. Porém, a musculatura esquelética não sofreu reduções nos grupos exercitados, o que ocorreu nos obesos que realizaram apenas dieta. As glicemias de jejum e durante o teste de tolerância oral à glicose não se alteraram em nenhum tratamento, porém as insulinemias de jejum e durante o teste diminuíram em todos os grupos após as 16 semanas. A área sob a curva insulinêmica (índice utilizado para determinar a sensibilidade a ação da insulina) apresentou reduções significativamente maiores nos grupos exercitados. Esses dados reforçam a importância durante um programa de redução de peso e gordura corporal da associação entre dieta e exercícios para o metabolismo de carboidratos, porém não apresentam vantagens ou desvantagens de um tipo de exercício específico.

A TABELA 1 resume os cinco trabalhos identificados na literatura com pessoas obesas submetidas ao treinamento de força.

TABELA 1 Descrição dos principais trabalhos realizados com pessoas obesas submetidas ao treinamento de força.

Estudo	População ¹	Duração ²	Protocolo experimental ³	Resultados			
				PESO	MASSA ADIPOSITIVA	MASSA MAGRA	OUTROS PARÂMETROS
Ballor et alii, 1988	40 obesas (média 32a) ^{**}	8 semanas	4 grupos: <u>Dieta- D</u> (déficit 1000 kcal/d); <u>Trein. Força- F</u> (3 d/sem) <u>Dieta + Trein. Força- D+F</u> ; <u>Controle- C</u>	Redução semelhante em <u>D</u> e <u>D+F</u> . Manutenção em <u>F</u> e <u>C</u> .	Redução semelhante em <u>D</u> e <u>D+F</u> . Manutenção em <u>F</u> e <u>C</u> .	Aumento em <u>Ex</u> e <u>DF</u> . Redução em <u>D</u>	
Donnelly et alii, 1991	69 obesas ^{**}	90 dias	4 grupos: <u>Dieta- D</u> (~522 kcal/d); <u>Dieta + Ex Aeróbio- DA</u> (4 d/sem; ~45 min/sessão; 70%FCreserva); <u>Dieta + Trein. Força- DF</u> (4 d/sem); <u>Dieta + Ex Aeróbio + Trein. Força- DAF</u>	Redução semelhante em todos os grupos	Redução semelhante em todos os grupos	Redução semelhante em todos os grupos	Redução na TMR semelhante em todos os grupos
Ross, et alii, 1995	14 obesas [@]	16 semanas	Treinamento de força (3 d/sem) + Dieta (déficit de 1000kcal/d)	Redução	Redução	Manutenção (principalmente tecido muscular esquelético)	
Geliebter et alii, 1997	65 sobrepesos (19-48a) ^{**}	8 semanas	3 grupos: <u>Dieta- D</u> (1200 kcal/d); <u>Dieta + Ex Aeróbio- DA</u> (3 d/sem; 30 min/sessão; 55% $\dot{V}O_2$ máx); <u>Dieta + Trein. Força- DF</u> (3 d/sem; 60 min/sessão);	Redução semelhante em todos os grupos	Redução semelhante em todos os grupos	Menor redução em <u>DF</u> (8% do peso perdido foi de massa magra em <u>DF</u> , 20% em <u>DA</u> e 28% em <u>D</u>)	Redução na TMR semelhante em todos os grupos. <u>DA</u> aumentou $\dot{V}O_2$ pico
Rice et alii, 1999	29 obesos (homens) [@]	16 semanas	3 grupos: <u>Dieta- D</u> (déficit 1000 kcal/d); <u>Dieta + Ex Aeróbio- DA</u> (3 d/sem; 30 min/sessão; 55% $\dot{V}O_2$ máx); <u>Dieta + Trein. Força- DF</u> (3 d/sem; 60 min/sessão);	Redução semelhante entre os grupos	Tanto o tecido adiposo visceral como subcutâneo reduziram semelhantemente entre os grupos	Musculatura esquelética: Manutenção em <u>DA</u> e <u>DF</u> ; Redução em <u>DO</u>	Glicemias de jejum e durante OGTT ^{&} mantiverem-se inalteradas. Maiores reduções na insulinemia de jejum e durante OGTT ^{&} nos grupos exercitados

¹: a = anos; ²: exatamente como os autores descrevem; ³: kcal/d = kcal/dia; min/sessão = minutos/sessão; d/sem = dias/semana; FC = frequência cardíaca; ⁴: TMR = taxa metabólica de repouso; ^{**}: composição corporal determinada por hidrodensitometria; [@]: composição corporal determinada por ressonância magnética; [&]: OGTT: teste de tolerância oral à glicose.

Pode-se observar alguns pontos a partir dos estudos apresentados. Quanto à massa magra e a TMR, três estudos revelaram que o treinamento de força preserva o tecido magro em combinação com a restrição moderada em calorias (Ballor et alii, 1988; Rice et alii, 1999; Ross et alii, 1995), um trabalho revelou que esse treinamento combinado a este mesmo tipo de dieta diminui, mas não impede totalmente, a perda de massa magra (Geliebter et alii, 1997) e apenas um trabalho revelou que esse treinamento (isolado ou combinado ao exercício aeróbio) não preserva e nem minimiza a perda de tecido magro em presença de restrição energética severa (Donnelly et alii, 1991). O treinamento de resistência muscular localizada ou de força causa hipertrofia muscular, mesmo durante restrição energética, desde que haja aporte de proteínas dietéticas suficiente para a síntese orgânica de proteínas (Walberg, 1989). A dúvida que permanece é que se há manutenção de massa magra, espera-se que haja manutenção nas taxas metabólicas, o que não ocorreu no trabalho de Geliebter et alii (1997). Contudo, a grande perda de peso e de adiposidade diminuiu o volume e a superfície corporal, o que possivelmente pode atuar na redução da TMR. Provavelmente se o exercício falhasse em preservar o tecido magro essa queda na TMB poderia ser maior ainda. A longo prazo, talvez, essa manutenção na massa magra possa refletir em maior gasto energético, levando a maior facilidade para a redução da obesidade e/ou manutenção do peso perdido.

Quanto às modificações no tecido adiposo, quatro estudos indicaram que esse exercício associado à dieta não intensificou a perda de adiposidade observada com a dieta isolada. Somente Ross et alii (1995) não observaram o mesmo, já que nesse estudo não foi utilizado um grupo controle realizando apenas a dieta. Segundo Ballor et alii (1988) os dois tratamentos (dieta e exercício físico) parecem agir independentemente: o treinamento preserva a massa magra e a restrição energética intensifica a perda de gordura.

Mas será que diferentes tipos e intensidades de exercício não poderiam acelerar a redução da massa adiposa em relação a perda desta induzida apenas pela dieta? E será que esse outro tipo de exercício é capaz também de prevenir o declínio ou mesmo aumentar o tecido magro?

Treinamento aeróbio

Gwinup (1975) foi um dos primeiros a estudar os efeitos do treinamento aeróbio no peso corporal em obesas submetidas a dieta *ad libitum*. Acompanhadas por cerca de um ano e realizando caminhadas, o autor observou perda de peso resultante principalmente da perda de gordura corporal, desde que o tempo de exercício diário não fosse inferior a 30 minutos. Leon, Conrad, Hunninghake e Serfass (1979) também analisaram os efeitos após 16 semanas de um programa vigoroso de caminhada (5 dias/semana, 90 minutos/sessão, a 3,2 mph e 10% inclinação) representando um déficit de 1100 kcal/dia. Os resultados indicaram perda de peso (5,7 kg) e de gordura (5,9 kg), além de melhoras em parâmetros plasmáticos como colesterol, HDL, glicose e insulina.

Pensando em diferentes intensidades de esforço, Ballor, McCarthy e Wilterdink (1990) realizaram um dos trabalhos pioneiros nesse tipo de investigação: acrescentaram à restrição calórica (1200 kcal/dia) duas intensidades diferentes de exercício: baixa (40-50% do $\dot{V}O_2$ máx) e alta (80-90% $\dot{V}O_2$ máx) por 50 e 25 minutos respectivamente, três vezes por semana, por 12 semanas, em 27 mulheres obesas. Os resultados indicaram que ambos grupos perderam peso total, massa adiposa e massa magra (medidas por hidrodensitometria) nas mesmas proporções, sugerindo que a intensidade do exercício não influencia em mudanças na composição corporal.

Parece consenso que o treinamento aeróbio promove perda de tecido adiposo, em presença de restrição energética (Hagan, Upton, Wong & Whittam, 1986; Hill, Schulundt, Sbrocco, Sharp, Pope-Cordle, Stetson, Kaler & Heim, 1989; Hill et alii, 1987; Kempen, Saris & Westerterp, 1995; Molé, Stern, Schultz, Bernauer & Holcomb, 1989; Racette et alii, 1995; Utter, Nieman, Shannonhouse, Butterworth & Nieman, 1998) ou não (Gwinup, 1975; Leon et alii, 1979; Mertens, Kavanagh, Campbell & Shephard, 1998; Pritchard, Newsom & Wark, 1997; Wood, Stefanick, Dreon, Frey-Hewitt, Garay, Williams, Superko, Fortmann, Albers, Vranizan, Ellsworth, Terrey & Haskell, 1988). Todos esses estudos são compostos de exercícios aeróbios estruturados e programados, conforme detalhes na TABELA 2.

TABELA 2 - Descrição dos principais trabalhos realizados com pessoas obesas submetidas ao treinamento aeróbio.

Estudo	População ¹	Duração ²	Protocolo experimental ³	Resultados			
				PESO	MASSA ADIPOSA	MASSA MAGRA	OUTROS PARÂMETROS ⁴
Gwinup, 1975	11 obesas (19-41a) *	1 ano	Caminhada por no mínimo 30 min/d	Redução	Redução	Não mensurada	
Leon et alii, 1975	6 obesos (19-31a)**	16 semanas	Caminhada vigorosa 90 min/d, 5 d/sem	Redução	Redução	Aumento	Aumento de HDL, redução na glicemia e na insulinemia
Hagan et alii, 1986	96 sobrepesos (33-41a)**	12 semanas	4 grupos: <u>Dieta-D</u> (1200 kcal/d); <u>Exercício-Ex</u> (5 d/sem; 30 min/sessão) <u>Dieta + Exercício-D+Ex</u> ; <u>Controle-C</u>	Maior redução em <u>D+Ex</u>	Maior redução em <u>D+Ex</u>	Redução semelhante entre <u>D</u> e <u>D+Ex</u>	Aumento no $\dot{V}O_2$ máx em <u>Ex</u> e <u>D+Ex</u>
Hill et alii, 1987	8 obesas (24-46a)**	5 semanas	2 grupos: <u>Dieta-D</u> (800 kcal/d); <u>Dieta+Exercício-D+Ex</u> (caminhada, 5 d/sem)	Redução semelhante entre <u>D</u> e <u>D+Ex</u>	Maior redução em <u>D+Ex</u>	Maior redução em <u>D</u>	Redução semelhante entre os grupos na TMR
Wood et alii, 1988	155 sobrepesos (120-160% de peso ideal) (30-59a)**	1 ano	3 grupos: <u>Dieta-D</u> ; <u>Exercício-Ex</u> (3-5 d/sem; 40-50 min/sessão; 60-80% FCmax); <u>Controle-C</u>	Maior redução em <u>D</u> que <u>Ex</u> .	Redução semelhante entre <u>D</u> e <u>Ex</u>	Redução em <u>D</u> e manutenção em <u>Ex</u>	Aumento de HDL (HDL ₂ e HDL ₃) e redução de triacilgliceróis plasmáticos em <u>Ex</u> e <u>D</u>
Molé et alii, 1989	5 obesos (22-52a)**	4 semanas	<u>Dieta</u> (500 kcal/d). Primeiras duas semanas sedentários. Duas semanas seguintes com treinamento (7 d/sem; 30 min/sessão; 60% $\dot{V}O_2$ máx)	Maior redução antes da introdução do exercício	Maior redução após introdução do exercício	Redução enquanto sedentários. Aumento após introdução do treinamento	Enquanto sedentários, redução na TMR. Após introdução do exercício, a diminuição na TMR foi revertida
Hill et alii, 1989	40 obesas (130-160% peso ideal) (33-40a)**	12 semanas	2 grupos: <u>Dieta - D</u> (1220 kcal/d); <u>Dieta+Exercício - D+Ex</u> (5 d/sem; 50 min/sessão; 60-70%FCmáx)	Maior redução em <u>D+Ex</u>	Maior redução em <u>D+Ex</u>	Maior redução em <u>D</u>	Redução semelhante entre os grupos na TMR
van Dale et alii, 1989	12 obesas (20-45a)**	12 semanas	2 grupos: <u>Dieta-D</u> (800 kcal/d); <u>Dieta+Exercício - D+Ex</u> (4 d/sem; 60 min/sessão; 55% $\dot{V}O_2$ máx)	Redução semelhante entre <u>D</u> e <u>D+Ex</u>	Redução semelhante entre <u>D</u> e <u>D+Ex</u>	Redução semelhante entre <u>D</u> e <u>D+Ex</u>	Aumento da atividade física diária em <u>D+Ex</u>
Wood et alii, 1991	264 homens e mulheres sobrepesos (120-150% de peso ideal) (25-49a)**	1 ano	3 grupos: <u>Dieta - D</u> (hipocalórica e reduzida em lipídeos); <u>Dieta + Exercício - D+Ex</u> (3 d/sem; 45 min/sessão; 60-80% FCmax); <u>Controle-C</u>	Maior redução em <u>D+Ex</u> (homens). Redução semelhante entre <u>D</u> e <u>Ex+D</u> (mulheres)	Maior redução em <u>D+Ex</u> (homens). Redução semelhante entre <u>D</u> e <u>Ex</u> (mulheres)	Não apresentada	Maior aumento de HDL plasmático em homens exercitados que sedentários. Sem alterações em mulheres
Després et alii, 1991	13 obesas pré-menopausa (33-50a)**	14 meses	Exercícios aeróbios, 4-5 d/sem; 90 min/sessão; 55% $\dot{V}O_2$ máx. <u>Dieta ad libitum</u>	Redução	Redução principalmente subcutânea abdominal	Manutenção	Aumento de $\dot{V}O_2$ máx. Redução em insulina, colesterol, LDL e apoB plasmáticos. Aumento de HDL

continua

TABELA 2 - Descrição dos principais trabalhos realizados com pessoas obesas submetidas ao treinamento aeróbio (continuação).

Estudo	População ¹	Duração ²	Protocolo experimental ³	Resultados			
				PESO	MASSA ADIPOSA	MASSA MAGRA	OUTROS PARÂMETROS ⁴
Lamarche et alii, 1992	31 obesas pré-menopausa (25-48 ^a)**	6 meses	Exercícios aeróbios, 4-5 d/sem; 90 min/sessão; 55% $\dot{V}O_2$ máx. Dieta ad libitum	Sem alteração	Sem alteração 20 mulheres reduziram e 11 aumentaram	Não apresentada	Aumento no $\dot{V}O_2$ máx, diminuição na insulinemia, colesterol e LDL plasmáticos
Kempen et alii, 1995	20 obesas (25-50a)**#	8 semanas	2 grupos: <u>Dieta-D</u> (480-840 kcal/d); <u>Dieta+Exercício - D+Ex</u> (3 d/sem; 90 min/sessão; 50-60% $\dot{V}O_2$ máx)	Redução semelhante entre <u>D</u> e <u>D+Ex</u>	Maior redução em <u>D+Ex</u>	Redução semelhante entre <u>D</u> e <u>D+Ex</u>	Redução semelhante entre os grupos na TMR
Racette et alii, 1995a	23 obesas (21-47a)#	12 semanas	2 grupos: <u>Dieta-D</u> (1200 kcal/d); <u>Dieta+Exercício - D+Ex</u> (3 d/sem; 45 min/sessão; 65% $\dot{V}O_2$ máx)	Tendência de maior redução em <u>D+Ex</u>	Maior redução em <u>D+Ex</u>	Não apresentada	Redução semelhante entre os grupos na TMR
Pritchard et alii, 1997	58 sobrepesos de cerca de 40 ^a ###	12 meses	3 grupos: <u>Exercício - Ex</u> (3 d/sem; 30 min/sessão; 65-75%FCmáx); <u>Dieta - D</u> (hipocalórica e reduzida em lipídeos); <u>Controle</u>	Maior redução em <u>D</u> que <u>Ex</u> .	Maior redução em <u>D</u> que <u>Ex</u> . Em <u>Ex</u> representou 80% do peso perdido	Manutenção em <u>Ex</u> . Redução em <u>D</u> (40% do peso perdido)	Tanto <u>Ex</u> como <u>D</u> perderam gordura abdominal
Mertens et alii, 1998	12 pacientes cardíacos sobrepesos e obesos** (menos de 60a)	12 meses	1 grupo: caminhada diariamente no limiar ventilatório	Redução (4,5 ± 5,7 kg; p < 0,05)	Redução (-2,2 ± 2,5%, p < 0,02)	Tendência de aumento	Aumento de $\dot{V}O_2$ pico e $\dot{V}O_2$ no repouso. Sem alteração no RER (0,83). Tendência de redução em colesterolemia, LDL, triglicérides. Manutenção de HDL
Utter et alii, 1998	91 obesas e sobrepesos** (25-75a)	12 semanas	4 grupos: <u>Dieta-D</u> (1200 kcal/d); <u>Exercício-Ex</u> (5 d/sem; 45 min/sessão; 60-80% FC máx) <u>Dieta + Exercício- D+Ex</u> ; <u>Controle-C</u> . Os grupos <u>D</u> e <u>C</u> realizaram exercícios de alongamento e calistênicos leves a fim de receberem a mesma atenção de <u>E</u> e <u>D+Ex</u>	Redução semelhante em <u>D</u> e <u>Ex+D</u> . Manutenção em <u>C</u> e <u>Ex</u>	Redução semelhante em <u>D</u> e <u>Ex+D</u> . Manutenção em <u>C</u> e <u>Ex</u>	Manutenção em todos os grupos	Redução na relação cintura-quadril semelhante em <u>D</u> e <u>Ex+D</u> . Aumento no $\dot{V}O_2$ max nos grupos exercitados
Halle et alii, 1999	34 obesas diabéticas tipo 2 (cerca de 45a)	4 semanas	1 grupo: dieta (1000 kcal/d) e exercício (2200 kcal/ semana)	Redução	Não apresentada	Não apresentada	Redução na glicemia e insulinemia, AGL, colesterolemia, apo B, VLDL, IDL e LDL.

¹: a = anos; ²: exatamente como os autores descrevem; ³: kcal/d = kcal/dia; min/sessão = minutos/sessão; d/sem = dias/semana; FCmáx = frequência cardíaca máxima; ⁴: TMR = taxa metabólica de repouso; * : composição corporal determinada por dobras cutâneas; ** : composição corporal determinada por hidrodensitometria; # : composição corporal determinada por água corporal marcada (doubly labeled water method); ## : composição corporal determinada por DEXA (dual energy X-ray absorptiometry).

Dentre os estudos apresentados, destaca-se um trabalho recente e original (Andersen, Wadden, Barlett, Zemel, Verde & Franckowiak, 1999) que comparou os efeitos desse tipo de programa de condicionamento com um estilo de vida moderadamente ativo, ambos associados a restrição energética moderada e hipolipídica, em 40 mulheres obesas por 16 semanas, além de realizar um acompanhamento da evolução dessas pessoas ao longo de um ano. Para as modificações no estilo de vida, os voluntários foram orientados para elevar em cerca de 30 minutos as atividades diárias, como caminhar e subir escadas, sendo que esta atividade foi monitorada com acelerômetros tridimensionais que detectavam alterações no custo energético. Os autores observaram semelhantes reduções de peso, porém o grupo exercitado aerobiamente perdeu significativamente menos massa magra. No acompanhamento evolutivo, a recuperação de peso foi menor no grupo com estilo de vida ativo. As reduções nos parâmetros plasmáticos indicativos de risco cardiovascular foram semelhantes entre os grupos. Assim, parece que as melhoras metabólicas e de perda de peso são semelhantes para ambos tipos de atividade física, porém a questão da massa magra mostra uma vantagem do exercício estruturado.

Contudo, muitos estudos ainda apresentam resultados conflitantes quanto aos efeitos do treinamento aeróbio sobre a massa magra. Os estudos de Hill et alii (1989) com mulheres obesas consumindo 1200 kcal/dia por 12 semanas divididas em grupo exercício + dieta e só dieta encontraram menor perda de massa no grupo exercitado. Hill et alii (1987) também observaram esse efeito, como já apresentado anteriormente. No entanto, os dois trabalhos observaram que a TMR (medida por calorimetria indireta) diminuiu igualmente entre os grupos, sugerindo que o exercício não foi eficiente em preservar as taxas metabólicas anteriores à perda de peso. Isso provavelmente ocorreu porque as perdas de peso representam perdas de superfície corporal, mesmo com manutenção de tecido magro, o que leva a diminuição no metabolismo. Assim como nos casos de treinamento de força já discutidos, se houvesse perda de tecido magro provavelmente o declínio na TMR seria ainda maior. Ou ainda a restrição calórica mesmo aliada à atividade intensa favoreceria a ação de hormônios catabólicos determinantes da proteólise e conseqüente redução da massa magra.

Os trabalhos de van Dale et alii (1989), estudando mulheres obesas por 12 semanas submetidas a VLCD, de Hagan et alii (1986), analisando 96 indivíduos obesos consumindo 1200 kcal/dia por 12 semanas e Kempen, Saris e Westerterp (1995) estudando mulheres obesas em VLCD por oito semanas encontraram os mesmos resultados: a perda de massa magra (por pesagem hidrostática) é a mesma para grupos exercitados aerobiamente e sedentários. Quanto às mudanças na TMR os resultados são consensuais tanto por calorimetria indireta (van Dale et alii, 1989) ou por diluição de água marcada (Kempen, Saris & Westerterp, 1995): o declínio na TMR é o mesmo na presença ou não do exercício.

O estudo de Molé et alii (1989) é um dos poucos que sugerem o inverso. Estudando cinco indivíduos obesos consumindo 500 kcal/dia, os autores relataram que o exercício aeróbio é capaz de reverter a queda na TMB (medida por espirometria) induzida pela dieta. Após duas semanas permanecendo sedentários e realizando apenas a dieta, os indivíduos iniciaram um programa de exercícios aeróbios diários pelas duas semanas subseqüentes. Nas primeiras duas semanas houve redução na TMB para 87% do seu valor inicial. No entanto, ao final da quarta semana de estudo, essa queda ocorrida inicialmente foi revertida. Porém, o curto período de tempo de estudo e o número limitado na amostra comprometem os resultados. Os próprios autores questionam qual o período de tempo que a dieta e/ou o exercício podem ser seguramente aplicados, por quanto tempo esses efeitos no metabolismo são mantidos e quais os mecanismos responsáveis por essas alterações induzidas pelo exercício sobre o metabolismo.

A TABELA 2 apresenta a descrição dos principais trabalhos realizados com pessoas obesas submetidas ao treinamento aeróbio, bem como seus resultados. De fato, o treinamento aeróbio não possui efeito de hipertrofia muscular. O estudo realizado por Wilmore, Stanforth, Hudspeth, Gagnon, Daw, Leon, Rao, Skinner e Bouchard (1998) observou que 20 semanas de treinamento aeróbio também não tem efeito sobre a TMR mesmo em presença de aumento no $\dot{V}O_2$ máx ou de pequenas alterações na composição corporal. No entanto, a função deste treinamento no aumento da utilização de gorduras parece ser consenso durante o esforço, sua recuperação ou período total. Já o treinamento de

força não representa aumento na oxidação de gorduras, não tendo efeito direto na redução do tecido adiposo, mas seu efeito em reduzir a perda ou mesmo incrementar o tecido magro é estabelecido. Por que então não combinar os dois tipos de treinamento para o mesmo indivíduo?

Treinamento misto (força e aeróbio)

Esse tipo de investigação foi muito pouco estudada até os dias de hoje. Foram identificados apenas três trabalhos que combinaram em um mesmo grupo o treinamento de força com o exercício aeróbio.

Pavlou, Steffee, Lerman e Burrows (1985) estudaram 72 homens obesos por oito semanas em grupos que combinaram vários tipos de dieta (todas com 800 kcal/dia) com ou sem exercício, o qual correspondia ao treinamento aeróbio com um programa de exercícios calistênicos, ou exercício ativo livre. A composição corporal foi determinada pelo total de potássio no organismo. Apesar da perda de peso total ter sido a mesma para todos os grupos, a presença de exercício intensificou a perda de gordura (as reduções médias \pm desvio-padrão para os dois grupos foram: exercitado: $11,2 \pm 1,5$ kg; sedentário: $5,2 \pm 1,6$ kg) e manteve a massa magra inicial. Também foi observado aumento no $\dot{V}O_2$ máx. e na força no grupo com exercícios. Contudo, não houve medição da TMR, dificultando a conclusão se a preservação da massa magra refletiu em manutenção das taxas metabólicas.

Analisando o tempo de exercício aeróbio combinado ao treinamento de força, Whatley, Gillespie, Honig, Walsh e Blackburn (1994) realizaram um estudo por 12 semanas em

23 mulheres obesas sobre o tempo total de exercícios (200 minutos/semana ou 400 min/semana) combinado a VLCD, comparando com o grupo controle que só realizou a dieta. Houve medição da TMB por calorimetria indireta e da composição corporal por hidrodensitometria. Apesar de todos os grupos perderem massa magra igualmente, a presença tanto de exercício aeróbio prolongado (P) ou por tempo moderado (M) diminuiu o componente de tecido magro da perda de peso total. No grupo controle, 29% do peso perdido foi de massa magra, enquanto em M foi de 18,4% e no P de 19,9%. Todos os grupos diminuíram a TMB nas mesmas proporções, sendo que o grupo controle e o grupo P apresentaram reduções estatisticamente significativas em relação à fase inicial do estudo. Quanto a perda de peso total e massa adiposa, apenas o grupo P apresentou reduções significativas em relação ao controle. Assim, é possível destacar que o tempo de exercício aeróbio aplicado influencia a magnitude da adiposidade a ser perdida, provavelmente por elevar o gasto energético.

O terceiro estudo comparando o treinamento misto foi o desenvolvido por Donnelly et alii (1991), já detalhado anteriormente. Nesse estudo, nenhum tipo de treinamento, nem mesmo o misto, é traduzido em maiores vantagens na composição corporal e na TMR do que a VLCD sozinha. Isso provavelmente devido a magnitude do déficit energético induzido.

A fim de elucidar melhor os resultados obtidos por estes estudos, a TABELA 3 resume as características dos trabalhos com treinamento misto em pessoas obesas.

TABELA 3 - Descrição dos principais trabalhos realizados com pessoas obesas submetidas ao treinamento misto.

Estudo	População ¹	Duração ²	Protocolo experimental ³	Resultados			
				PESO	MASSA ADIPOSITIVA	MASSA MAGRA	OUTROS PARÂMETROS ⁴
Pavlou et alii, 1985	72 obesos (26-52a) &	8 semanas	2 grupos: <u>Dieta-D</u> (800 kcal/d); <u>Dieta + Ex aeróbio + Trein. Força-D+A+F</u> (3 d/sem; 70-85%Fcmáx; ~40 min/sessão + exercícios calistênicos)	Redução semelhante entre os grupos	Maior redução em <u>D+A+F</u>	Manutenção em <u>D+A+F</u> Redução em <u>D</u>	Aumento no $\dot{V}O_2$ máx em <u>D+A+F</u>
Donnelly et alii, 1991	69 obesos ^{**}	90 dias	4 grupos: <u>Dieta-D</u> (522 kcal/d); <u>Dieta + Ex Aeróbio-DA</u> (4 d/sem; 45 min/sessão; 70%FCreserva); <u>Dieta + Trein. Força-DF</u> (4 d/sem); <u>Dieta + Ex Aeróbio + Trein. Força-DAF</u>	Redução semelhante em todos os grupos	Redução semelhante em todos os grupos	Redução semelhante em todos os grupos	Redução na TMR semelhante em todos os grupos
Whatley et alii, 1994	23 obesos (25-45a) ^{**}	12 semanas	3 grupos: <u>Dieta-D</u> (800 kcal/d); <u>Dieta + Trein. Força</u> (3 d/sem) + 400 min <u>Ex Aeróbio-D+F+400</u> (5 d/sem; 50-65% FC reserva; 400 min/sem); <u>Dieta + Trein. Força</u> (3 d/sem) + 200 min <u>Ex Aeróbio-D+F+200</u> (3 d/sem; 50-65% FC reserva; 200 min/sem)	Maior redução em <u>D+F+400</u> do que <u>D</u> . Redução semelhante entre <u>D+F+200</u> e <u>D</u>	Maior redução em <u>D+F+400</u> do que <u>D</u> . Redução semelhante entre <u>D+F+200</u> e <u>D</u>	Redução semelhante entre os grupos. Em porcentagem de massa magra do peso perdido: <u>D=29%</u> ; <u>D+F+200=18,4%</u> e <u>D+F+400=19,9%</u>	Sem diferença no $\dot{V}O_2$ pico. Redução na TMR em <u>D</u> e <u>D+F+400</u> em relação a fase inicial

1: a = anos; 2: exatamente como os autores descrevem; 3: kcal/d = kcal/dia; min/sessão = minutos/sessão; d/sem = dias/semana; FC = frequência cardíaca; 4: TMR = taxa metabólica de repouso ** : composição corporal determinada por hidrodensitometria; & : composição corporal determinada pelo total de potássio (⁴⁰K)

Como pode-se perceber este é um tema exaustivamente abordado na literatura, desde o final da década de 70 até os dias atuais. Apesar de haver ainda informações contraditórias quanto ao tipo de treinamento ideal, é consenso que os benefícios do treinamento físico regular sobre parâmetros metabólicos e a conseqüente redução na mortalidade são fundamentais na melhora de qualidade de vida das pessoas obesas. De fato, parece que o treinamento não representa alterações muito significativas sobre as taxas de perda de peso, mas possui relevante contribuição na manutenção do peso perdido (Votruba, Horvitz & Schoeller, 2000). Trabalhos recentes enfatizam que

o objetivo primordial de qualquer tratamento para obesidade deve estar centrado em melhoras de qualidade de vida, e não simplesmente na perda de peso (Gaesser, 1999; Lyons & Miller, 1999; Miller, 1999).

Assim, apesar desta melhora na qualidade de vida em resposta a prática regular de atividades físicas ser consenso na literatura, ainda não há conclusões quanto aos efeitos do exercício físico para obesos no tocante às alterações na composição corporal, devido ao baixo número de indivíduos estudados e diferentes protocolos de estudo.

ABSTRACT

EXERCISE, FOOD INTAKE AND OBESITY: REVIEW ON BODY COMPOSITION AND METABOLIC EFFECTS

This paper reviews the two main non-pharmacological strategies for overweight and obesity treatment: energy restriction and physical activity. Hypocaloric diets are effective for weight and fat reductions, however diets can lead to fat-free mass losses and consequently reductions in basal metabolic rates. Physical activity alone induces lower weight losses than diet by itself. In association with nutritional control, physical activities program facilitates diet compliance and weight maintenance. Many authors believe that regular aerobic training maximizes fat losses, but it does not avoid fat free mass decreases. Weight training seems to minimize this effect, but there are some results showing no intensification in fat weight reduction. Both types of training in association can induce to a concomitant fat weight reductions and fat free mass maintenance, although only a few studies have shown these results. Metabolic adaptations seem to occur in response to both types- of training and there is agreement in literature that regular physical training causes quality of life improvements. However no conclusions were made about physical exercise and body composition alterations in obese subjects, due to low number of subjects and different types of intervention protocol.

UNITERMS: Obesity; Physical activity; Diet; Body composition.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACSM). Position stand: proper and improper weight loss programs. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.15, p.9-13, 1983.

_____. Position stand: the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.30, p.975-91, 1998.

ANDERSEN, R.E.; WADDEN, T.A.; BARLETT, S.J.; ZEMEL, B.; VERDE, T.J.; FRANCKOWIAK, S.C. Effects of lifestyle activity vs structured aerobic exercise in obese women: a randomized trial. *Journal of American Medical Association*, Chicago, v.27, p.335-40, 1999.

BAHR, R.; SEJERSTED, O.M. Effect of exercise on excess postexercise O₂ consumption. *Metabolism*, Philadelphia, v.40, p.836-41, 1991.

- BALLOR, D.L.; HARVEY-BERINO, J.R.; ADES, P.A.; CRYAN, J.; CALLES-ESCANDON, J. Contrasting effects of resistance and aerobic training on body composition and metabolism after diet-induced weight loss. *Metabolism*, Philadelphia, v.45, p.179-83, 1996.
- BALLOR, D.L.; KATCH, V.L.; BECQUE, M.D.; MARKS, C.R. Resistance weight training during caloric restriction enhances lean body weight maintenance. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v.47, p.19-25, 1988.
- BALLOR, D.L.; McCARTHY, J.P.; WILTERDINK, E.J. Exercise intensity does not affect the composition of diet-and exercise-induced body mass loss. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v.51, p.142-6, 1990.
- BJÖRNTORP, P. Evolution of the understanding of the role of exercise in obesity and its complications. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, London, v.19, p.S1-S4, 1995.
- COYLE, E.F. Substrate utilization during exercise in active people. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v.61, p.968S-79S, 1995.
- COWBURN, G.; HILLSDON, M.; HANKEY, C.R. Obesity management by life-style strategies. *British Medical Bulletin*, Oxford, v.53, p.389-408, 1997.
- DENGEL, D.R.; HAGBERG, J.M.; PRATLEY, R.E.; ROGUS, E.M.; GOLDBERG, A.P. Improvements in blood pressure, glucose metabolism, and lipoprotein lipids after aerobic exercise plus weight loss in obese, hypertensive middle-aged men. *Metabolism*, Philadelphia, v.47, p.1075-82, 1998.
- DESPRÉS, J.P.; LAMARCHE, B. Low intensity endurance exercise training, plasma lipoprotein and the risk of coronary heart disease. *Journal of Internal Medicine*, Oxford, v.236, p.7-22, 1994.
- DESPRÉS, J.P.; POULIOT, M.C.; MOORJANI, S.; NADEAU, A.; TREMBLAY, A.; LUPIEN, P.J.; THÉRIAULT, G.; BOUCHARD, C. Loss of abdominal fat and metabolic response to exercise training in obese women. *American Journal of Physiology*, Bethesda, v.261, p.E159-E167, 1991.
- DONNELLY, J.E.; PRONK, N.P.; JACOBSEN, D.J.; PRONK, S.J.; JAKICIC, J.M. Effects of a very-low-calorie diet and physical-training regimens on body composition and resting metabolic rate in obese females. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v.54, p.56-61, 1991.
- FLATT, J.P. Dietary fat, carbohydrate balance, and weight maintenance: effects of exercise. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v.45, p.296-306, 1987.
- _____. Use and storage of carbohydrate and fat. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v.61, p.952S-9S, 1995.
- FRANCISCHI, R.P.; KLOPFER, M.; PEREIRA, L.O.; CAMPOS, P.L.; SAWADA, L.A.; SANTOS, R.; VIEIRA, P.; LANCHÁ JUNIOR, A.H. Efeito da intensidade da atividade física e da dieta hipocalórica sobre consumo alimentar, a composição corporal e a colesterolemia em mulheres obesas. *Revista Brasileira de Nutrição Clínica*, São Paulo, v.14, p.1-8, 1999a.
- FRANCISCHI, R.P.; OUENDO, L.; CAMPOS, P.L.; FUTIGAMI, S.; NETO, S.R.C.; LANCHÁ JUNIOR, A.H. Physical activity and nutritional control features an treatment of obesity in Brazilian women. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF BIOCHEMISTRY OF EXERCISE, 10., 1997, Sydney. *Poster Abstracts...* Sydney, 1997. p.40.
- FRANCISCHI, R.P.; SANTOS, R.C.; VIEIRA, P.; FREITAS, C.S.; KLOPFER, M.; PEREIRA, L.O.; SAWADA, L.A.; CAMPOS, P.L.; LANCHÁ JUNIOR, A.H. Effects of exercise on dietary composition, metabolism and body composition of Brazilian obese women. *Scandinavian Journal of Nutrition*, v.43 p.40S, 1999b. Supplement 34.
- FRANCISCHI, R.P.; SANTOS, R.C.; VIEIRA, P.; KLOPFER, M.; FREITAS, C.; PEREIRA, L.; SAWADA, L.; CAMPOS, L.; LANCHÁ JUNIOR, A.H. Composição corporal, distribuição de gordura e glicemia basal em obesas: efeitos da dieta e/ou exercício moderado. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL CORPUS LIGHT DE OBESIDADE E ATIVIDADE FÍSICA, 1., 1998, São Paulo. *Revista Nutrivitae*, v.2, p.7-8, 1999c. Suplemento 1.
- FROIDEVAUX, F.; SCHUTZ, Y.; CHRISTIN, L.; JÉQUIER, E. Energy expenditure in obese women before and during weight loss, after refeeding, and in the weight-relapse period. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v.57, p.35-42, 1993.
- GAESSER, G.A. Thinness and weight loss: beneficial or detrimental to longevity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.31, p.1118-28, 1999.
- GARROW, J.S. Exercise in the treatment of obesity: a marginal contribution. *International Journal of Obesity*, London, v.19, p.S126-S129, 1995.
- GARROW, J.S.; SUMMERBELL, C.D. Meta-analysis: effect of exercise, with or without dieting, on the body composition of overweight subjects. *European Journal of Clinical Nutrition*, London, v.49, p.1-10, 1995.
- GELIEBTER, A.; MAHER, M.M.; GERACE, L.; GUTIN, B.; HEYMSFIELD, S.B.; HASHIM, S.A. Effects of strength or aerobic training on body composition, resting metabolic rate, and peak oxygen consumption in obese dieting subjects. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v.66, p.557-63, 1997.

- GRUNDY, S.M.; BLACKBURN, G.; HIGGINS, M.; LAUER, R.; PERRI, M.G.; RYAN, D. Physical activity in the prevention and treatment of obesity and its comorbidities: evidence report of independent panel to assess the role of physical activity in the treatment of obesity and its comorbidities. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.31, p.S502-S508, 1999. Supplement.
- GWINUP, G. Effect of exercise alone on the weight of obese women. **Archives of Internal Medicine**, Chicago, v.135, p.676-80, 1975.
- HAGAN, R.D.; UPTON, S.J.; WONG, L.; WHITTAM, J. The effects of aerobic conditioning and/or caloric restriction in overweight men and women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.80, p.87-94, 1986.
- HALLE, M.; BERG, A.; GARWERS, U.; BAUMSTARK, M.W.; KNISEL, W.; GRATHWOHL, D.; KÖNIG, D.; KEUL, J. Influence of 4 weeks' intervention by exercise and diet on low-density lipoprotein subfractions in obese men with type 2 diabetes. **Metabolism**, Philadelphia, v.48, p.641-4, 1999.
- HARGREAVES, M. Skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise. In: HARGREAVES, M. (Ed.). **Exercise metabolism**. Champaign: Human Kinetics, 1995. p.41-72.
- HENRIKSSON, J. Effects of physical training on the metabolism of skeletal muscle. **Diabetes Care**, New York, v.15, p.1701-11, 1992.
- HILL, J.O.; DROUGAS, H.; PETERS, J.C. Obesity treatment: can diet composition play a role? **Annals of Internal Medicine**, Philadelphia, v.119, n.7, Pt.2, p.694-7, 1993.
- HILL, J.O.; SCHULUNDT, D.G.; SBROCCO, T.; SHARP, T.; POPE-CORDLE, J.; STETSON, B.; KALER, M.; HEIM, C. Evaluation of an alternating-calorie diet with or without exercise in the treatment of obesity. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.50, p.248-54, 1989.
- HILL, J.O.; SPARLING, P.B.; SHIELDS, T.W.; HELLER, P.A. Effects of exercise and food restriction on body composition and metabolic rate in obese women. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.46, p.622-30, 1987.
- KARHUNEN, L.; FRANSILA-KALLUNKI, A.; RISSANEN, A.; KERVINEN, K.; KESÄNIEMI, Y. A.; UUSITUPA, M. Determinants of resting energy expenditure in obese non-diabetic caucasian women. **International Journal of Obesity**, London, v.21, p.197-202, 1997.
- KEMPEN, K.P.G.; SARIS, W.H.M.; WESTERTERP, K.R. Energy balance during an-8wk energy-restricted diet with and without exercise in obese women. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.62, p.722-9, 1995.
- KLOPPER, M.; FRANCISCHI, R.; CAMARGO, R.; VIEIRA, P.; OQUENDO, L.; FREITAS, C.S.; SAWADA, L.; CAMPOS, P.; LANCHÁ JUNIOR, A.H. Moderate energy restriction with or without aerobic exercise: a comparison of three methods. In: **DIET AND THE METABOLIC SYNDROME – INTERNATIONAL SYMPOSIUM**, 1999, Ystad. **Annals...** Ystad: Swedish Nutrition Foundation; 1999. p.65.
- LAMARCHE, B.; DESPRÉS, J.P.; POULIOT, M.C.; MOORJANI, S.; LUPIEN, P.J.; THÉRIAULT, G.; TREMBLAY, A.; NADEAU, A.; BOUCHARD, C. Is body fat loss a determinant factor in the improvement of carbohydrate and lipid metabolism following aerobic exercise training in obese women? **Metabolism**, Philadelphia, v.41, p.1249-56, 1992.
- LEMON, P.W.R.; TARNOPOLSKY, M.A.; MacDOUGALL, J.D.; ATKINSON, S.A. Protein requirements and muscle mass / strength changes during intensive training in novice bodybuilders. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.73, p.767-75, 1992.
- LEON, A.S.; CONRAD, J.; HUNNINGHAKE, D.B.; SERFASS, R. Effects of a vigorous walking program on body composition, and carbohydrate and lipid metabolism of obese young men. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.33, p.1776-87, 1979.
- LYONS, P.; MILLER, W.C. Effective health promotion and clinical care for large people. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.31, p.1141-6, 1999.
- McARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. Trad. de G. Taranto. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.
- McMURRAY, R. G.; AINSWORTH, B. A.; HARRELL, J. S.; GRIGGS, T. R.; WILLIAMS, O. D. Is physical activity or aerobic power more influential on reducing cardiovascular disease risk factors? **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.30, p.1521-9, 1998.
- MARTIN, W.H. Effect of endurance training on fatty acid metabolism during whole body exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.29, p.635-9, 1997.
- MELBY, C.L.; COMMERTFORD, S.R.; HILL, J.O. Exercise, macronutrient balance, and weight control. In: LAMB, D.R.; MURRAY, R. **Perspectives in exercise science and sports medicine: exercise, nutrition, and weight control**. Carmel: Cooper Publ. Group, 1998. v.11, p.1-60.
- MELBY, C.L.; SCHOLL, C.; EDWARDS, G.; BULLOUGH, R. Effect of acute resistance exercise on post exercise energy expenditure and resting metabolic rate. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.75, p.1847-53, 1993.

- MERTENS, D.J.; KAVANAGH, T.; CAMPBELL, R.B.; SHEPHARD, R.J. Exercise without dietary restriction as a means to long-term fat loss in the obese cardiac patient. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Turin, v.38, p.310-6, 1998.
- MILLER, W.C. How effective are traditional dietary and exercise intervention for weight loss? **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.31, p.1129-34, 1999.
- MILLER, W.C.; KOCEJA, D.M.; HAMILTON, E.J. A meta-analysis of the past 25 years of weight loss research using diet, exercise or diet plus exercise intervention. **International Journal of Obesity**, London, v.21, p.941-7, 1997.
- MOLÉ, P.A.; STERN, J.S.; SCHULTZ, C.L.; BERNAUER, E.M.; HOLCOMB, B.J. Exercise reverses depressed metabolic rate produced by severe caloric restriction. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.21, p.29-33, 1989.
- MONTEIRO, C.A.; MONDINI, L.; SOUZA, A.L.M.; POPKIN, B.M. Da desnutrição para a obesidade: a transição nutricional no Brasil. In: MONTEIRO, C.A. **Velhos e novos males da saúde no Brasil: a evolução do país e de suas doenças**. São Paulo: Hucitec-NUPENS/USP, 1995a. p.247-55.
- _____. The nutrition transition in Brazil. **European Journal of Clinical Nutrition**, Basingstoke, v.49, p.105-13, 1995b.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (U.S.) Subcommittee on the Tenth Edition of the RDA's. **Recommended Dietary Allowances**, 10th. ed. Washington: National Academy, 1989.
- NICKLAS, B.J.; ROGUS, E.M.; GOLDBERG, A.P. exercise blunts declines in lipolysis and fat oxidation after dietary-induced weight loss in obese older women. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v.273, p. E149-55, 1997.
- PAVLOU, K.N.; STEFFEE, W.P.; LERMAN, R.H.; BURROWS, B.A. Effects of dieting and exercise on lean body mass, oxygen uptake, and strength. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.17, p.466-71, 1985.
- PEREIRA, L.O.; FRANCISCHI, R.P.; KLOPFER, M.; PERROTI, A.C.; CAMPOS, P.L.; SAWADA, L.A.; COSTA, S.R.; LANCHÁ JUNIOR, A.H. Different intensities of physical activities with or without hypocaloric diet: effects on body composition, food consumption and plasmatic profile in obese women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.30, p.S238, 1998.
- PHELAIN, J.F.; REINKE, E.; HARRIS, M.A.; MELBY, C.L. Post exercise energy expenditure and substrate oxidation in young women resulting from exercise bouts of different intensity. **Journal of American College of Nutrition**, Brooklyn, v.16, p.140-6, 1997.
- POEHLMAN, E.T. Energy expenditure and requirement in aging humans. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.122, p.2057-65, 1992.
- POPKIN, B.M.; DOAK, C.M. The obesity epidemic is a worldwide phenomenon. **Nutrition Reviews**, Washington, v.56, p.106-14, 1998.
- PRATT, M.; MACERA, C.A.; BLANTON, C. Levels of physical activity and inactivity in children and adults in the United States: current evidence and research issues. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.31, p.S526-33, 1999. Supplement.
- PRENTICE, A.M. Manipulation of dietary fat and energy density and subsequent effects on substrate flux and food intake. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.67, p.535S-41S, 1998. Supplement.
- PRITCHARD, J.E.; NOWSON, C.A.; WARK, J.D. A worksite program for overweight middle-aged men achieves lesser weight loss with exercise than with diet change. **Journal of American Dietetic Association**, Chicago, v.97, p.37-42, 1997.
- RACETTE, S.B.; SCHOELLER, D.A.; KUSHNER, R.F.; NEIL, K.M.; HERLING-IAFFALDANO, K. Effects of aerobic exercise and dietary carbohydrate on energy expenditure and body composition during weight reduction in obese women. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.61, p.486-94, 1995.
- RAVUSSIN, E.; BURNAND, B.; SCHUTZ, Y.; JÉQUIER, E. Energy expenditure before and during energy restriction in obese patients. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.41, p.753-9, 1985.
- RAVUSSIN, E.; SWINBURN, B.A. Pathophysiology of obesity. **Lancet**, London, v.340, p.404-8, 1992.
- RICE, B.; JANSSEN, I.; HUDSON, R.; ROSS, R. Effects of aerobic or resistance exercise and/or diet on glucose tolerance and plasma insulin levels in obese men. **Diabetes Care**, Alexandria, v.22, p.684-91, 1999.
- ROMJIN, J.A.; COYLE, E.F.; SIDOSSIS, L.S.; ZHANG, X.J.; WOLFE, R.R. Relationship between fatty acid delivery and fatty acid oxidation during strenuous exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.79, p.1939-45, 1995.
- ROSS, R.; PEDWELL, H.; RISSANEN, J. Response of total and regional lean tissue and skeletal muscle to a program of energy restriction and resistance exercise. **International Journal of Obesity**, London, v.19, p.781-7, 1995.
- SARIS, W.H.M. Exercise with or without dietary restriction and obesity treatment. **International Journal of Obesity**, London, v.19, p.S113-S116, 1995.
- SHETTY, P.S. Physiological mechanisms in the adaptive response of metabolic rates to energy restriction. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v.3, p.49-74, 1990.

SIMONEAU, J.A. Adaptation of human skeletal muscle to exercise-training. **International Journal of Obesity**, London, v.19, p.S9-S13, 1995.

SIMSOLO, R.B.; ONG, J.M.; KERN, P.A. The regulation of adipose tissue and muscle lipoprotein lipase in runners by detraining. **Journal of Clinical Investigation**, Ann Arbor, v.92, p.2124-30, 1993.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA (SBC). Programa nacional de prevenção e epidemiologia. Disponível em: <www.cardiol.br/epidemio.htm>. Acesso em: 14 abr. 1999a.

_____. Exercício anti-sedentarismo/obesidade. Disponível em: <www.cardiol.br/exerc.htm>. Acesso em: 14.abr.1999b.

SWEENEY, M.E.; HILL, J.O.; HELLER, P.A.; BANEY, R.; DIGIROLAMO, M. Severe vs moderate energy restriction with and without exercise in the treatment of obesity: efficiency of weight loss. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.57, p.127-34, 1993.

SWINBURN, B.; RAVUSSIN, E. Energy balance or fat balance? **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.57, p.766S-71S, 1993. Supplement.

THOMPSON, D.L.; TOWNSEND, K.M.; BOUGHEY, R.; PATTERSON, K.; BASSETT JUNIOR, D.R. Substrate use during and following moderate-and low-intensity exercise: implications for weight control. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.78, p.43-9, 1998.

TREMBLAY, A.; ALMÉRAS, N. Exercise, macronutrient preferences and food intake. **International Journal of Obesity**, London, v.19, p.S97-S101, 1995.

UTTER, A.C.; NIEMAN, D.C.; SHANNONHOUSE, E.M.; BUTTERWORTH, D.E.; NIEMAN, C.N. Influence of diet and/or exercise on body composition and cardiorespiratory fitness in obese women. **International Journal of Sports Nutrition**, Schorndorf, v.8, p.213-22, 1998.

Van DALE, D.; SCHOFFELEN, P.F.M.; ten HOOR, F.; SARIS, W.H.M. Effects of addition of exercise to energy restriction on 24-hour energy expenditure, sleeping metabolic rate and daily physical activity. **European Journal of Clinical Nutrition**, Basingstoke, v.43, p.441-51, 1989.

Van ITALLIE, T.B.; YANG, M. Cardiac dysfunction in obese dieters: a potentially lethal complication of rapid, massive weight loss. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.39, p.695-702, 1984.

VOTRUBA, S.B.; HORVITZ, M.A.; SCHOELLER, D.A. The role of exercise in the treatment of obesity. **Nutrition**, New York, v. 16, p.179-88, 2000.

WALBERG, J.L. Aerobic exercise and resistance weight training during weight reduction. Implications for obese persons and athletes. **Sports Medicine**, Auckland, v.7, p.343-56, 1989.

WEINSIER, R.L.; WADDEN, T.A.; RITENBAUGH, C.; HARRISON, G.G.; JOHNSON, F.S.; WILMORE J.H. Recommended therapeutic guidelines for professional weight control programs. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.40, p.865-872, 1984.

WHATLEY, J.E.; GILLESPIE, W.J.; HONIG, J.; WALSH, M.L.; BLACKBURN, A.L. Does the amount of endurance exercise in combination with weight training and a very-low-energy diet affect resting metabolic rate and body composition? **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.59, p.1088-92, 1994.

WILMORE, J.H. Alterations in strength, body composition and anthropometric measurements consequent to a 10-week weight training program. **Medicine and Science in Sports**, Madison, v.6, p.133-8, 1974.

WILMORE, J.H.; STANFORTH, P.R.; HUDSPETH, L.A.; GAGNON, J.; DAW, E.W.; LEON, A.S.; RAO, D.C.; SKINNER, J.S.; BNOUCHARD, C. Alterations in resting metabolic rate as a consequence of 20 wk of endurance training: the HERITAGE family study. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.68, p.66-71, 1998.

WOO, R.; GARROW, J.S.; PI-SUNIER, F.X. Voluntary food intake during prolonged exercise in obese women. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.36, p.478-84, 1982.

WOOD, P.D.; STEFANICK, M.L.; DREON, D.M.; FREY-HEWITT, B.; GARAY, S.C.; WILLIAMS, P.T.; SUPERKO, H.R.; FORTMANN, S.P.; ALBERS, J.J.; VRANIZAN, K.M.; ELLSWORTH, N.M.; TERRY, R.B.; HASKELL, W.L. Changes in plasma lipids and lipoproteins in overweight men during weight loss through dieting as compared with exercise. **New England Journal of Medicine**, Waltham, v.319, p.1173-9, 1988.

WOOD, P.D.; STEFANICK, M.L.; WILLIAMS, P.T.; HASKELL, W.L. The effects on plasma lipoproteins of a prudent weight-reducing diet, with or without exercise, in overweight men and women. **New England Journal of Medicine**, Waltham, v.325, p.461-6, 1991.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Obesity: preventing and managing the global epidemic**. Geneva: 1998. (Report of a WHO Consultation on Obesity).

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro e viabilizando este estudo; e a todos da equipe do Laboratório de Nutrição e Metabolismo Aplicado à Atividade Motora que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Recebido para publicação em: 20 set. 2000
Revisado em: 13 ago. 2001
Aceito em: 13 mar. 2002

ENDEREÇO: Rachel P. Francischi
EEFEUSP
Lab. Nutrição e Metabolismo Aplicado a Ativ. Motora
Av. Prof. Mello Moraes, 65
05508-900 São Paulo - SP - BRASIL
e-mail: racnutri@hotmail.com

RESPOSTAS HORMONAIAS AO EXERCÍCIO

Enrico Streliaev CANALI*
Luiz Fernando Martins KRUEL*

RESUMO

O objetivo deste trabalho é reunir resultados de pesquisas a respeito das respostas hormonais que o exercício provoca no corpo humano, aprofundando o conhecimento já registrado em livros-texto sobre fisiologia do exercício. A metodologia usada foi de pesquisa bibliográfica. Os hormônios estudados foram: GH (hormônio do crescimento humano), TSH (hormônio tireo-estimulante), adrenocorticotropina, gonadotropinas, prolactina, vasopressina, oxitocina, hormônio tireóideo, calcitonina, hormônio paratireóideo, catecolaminas, mineralocorticóides, glicocorticóides, eritropoietina, glucagon, insulina, testosterona e estrogênios. O estudo conclui que quase todos esses hormônios têm seus ritmos ou níveis de produção e secreção alterados quando o indivíduo pratica uma atividade física.

UNITERMOS: Hormônios; Endocrinologia; Exercício.

INTRODUÇÃO

Todas as funções do corpo humano e dos vertebrados de uma maneira geral são permanentemente controladas em estado fisiológico por dois grandes sistemas que atuam de forma integrada: o sistema nervoso e o sistema hormonal (Guyton & Hall, 1997).

O sistema nervoso é responsável basicamente pela obtenção de informações a partir do meio externo e pelo controle das atividades corporais, além de realizar a integração entre essas funções e o armazenamento de informações (memória). A resposta aos estímulos (ou informações provenientes do meio externo ou mesmo do meio interno) é controlada de três maneiras, a saber: 1) contração dos músculos esqueléticos de todo o corpo; 2) contração da musculatura lisa dos órgãos internos e 3) secreção de hormônios pelas glândulas exócrinas e endócrinas em todo o corpo (Berne & Levy, 1996; Guyton & Hall, 1997).

Diferentemente dos músculos, que

são os efetores finais de cada ação determinada pelo sistema nervoso, os hormônios funcionam como intermediários entre a elaboração da resposta pelo sistema nervoso e a efetuação desta resposta pelo órgão-alvo. Por isso, considera-se o sistema hormonal o outro controlador das funções corporais (Guyton & Hall, 1997; Wilson & Foster, 1988).

Para entendermos melhor o funcionamento desse sistema e o conceito de órgão-alvo, torna-se importante o conhecimento do que é um hormônio. Um hormônio é uma substância química secretada por células especializadas ou glândulas endócrinas para o sangue, para o próprio órgão ou para a linfa em quantidades normalmente pequenas e que provocam uma resposta fisiológica típica em outras células específicas. Os hormônios são *reguladores fisiológicos* - eles aceleram ou diminuem a velocidade de reações e funções biológicas que acontecem mesmo na sua ausência, mas em ritmos

diferentes, e essas mudanças de velocidades são fundamentais no funcionamento do corpo humano (Schottelius & Schottelius, 1978).

Os hormônios não formam um grupo específico de compostos químicos. Alguns são aminoácidos modificados, outros são pequenos peptídeos, alguns são polipeptídeos e outros são proteínas simples ou conjugadas. Existem, ainda, hormônios não-protéicos, como os esteróides, que são derivados do colesterol. Há também hormônios menos conhecidos e que pertencem a outras classes de compostos químicos (Schottelius & Schottelius, 1978).

Somente as glândulas endócrinas secretam hormônios. As exócrinas, como as sudoríparas e as lacrimais secretam substâncias que não podem ser consideradas hormônios, por não atuarem em células específicas (Guyton & Hall, 1997).

O modo de atuação dos hormônios em todo o corpo consiste numa conjugação intimamente interrelacionada, podendo essa relação entre mais de um hormônio ser cooperativa ou antagônica. Como todos os hormônios são transportados pelo sangue, virtualmente todas as células estão expostas a todos os hormônios. No entanto, apenas certos tecidos têm a capacidade de responder a determinados hormônios. São os receptores hormonais, moléculas com conformações específicas, localizados dentro de cada célula ou nas membranas citoplasmáticas, que lhes dão a capacidade de “reconhecer” cada hormônio e, a partir daí, iniciar uma resposta. A nível celular, essa resposta pode ser: a) a alteração da velocidade da síntese protéica intracelular; b) a mudança do ritmo da atividade enzimática; c) a modificação do transporte através da membrana citoplasmática e d) a indução da atividade secretória (atividade essa que pode ser inclusive a secreção de outro hormônio) (McArdle, Katch & Katch, 1988).

Os hormônios são divididos em *esteróides* e *não-esteróides*. Os esteróides são lipossolúveis e, com isso, passam facilmente através da membrana citoplasmática, sendo que seus receptores encontram-se dentro da célula. O complexo hormônio-receptor entra na célula e liga-se a uma determinada parte do DNA, ativando determinados genes. A esse processo dá-se o nome de *ativação genética direta*. Os não-esteróides não ultrapassam a membrana, e é nela que encontram-se seus receptores. Uma vez ativados, esses receptores sofrem uma mudança conformacional que ativa a formação intracelular de um *segundo*

mensageiro (o mais estudado deles é o *monofosfato de adenosina cíclico*, ou AMPc), e é esse segundo mensageiro que intermedeia a resposta da célula (por exemplo, síntese protéica) (Guyton & Hall, 1997; Wilmore & Costill, 1994).

A regulação na liberação dos hormônios se dá, na maioria das vezes, pelo mecanismo de “feedback” negativo, ou retroalimentação negativa. Segundo esse princípio, a secreção do hormônio A, que estimula a secreção do hormônio B, será inibida quando a concentração de B estiver alta (Berne & Levy, 1996).

Um pouco menos comum é a regulação por “feedback” positivo, que age para amplificar o efeito biológico inicial do hormônio e funciona da seguinte maneira: o hormônio A, que estimula a secreção do hormônio B, pode ser inicialmente estimulado a maiores quantidades de secreção pelo hormônio B, mas só numa faixa limitada de resposta de dose. Uma vez obtido o impulso biológico suficiente para a secreção do hormônio B, outras influências, inclusive o próprio “feedback” negativo, reduzirão a resposta do hormônio A até os níveis adequados para o propósito final (Berne & Levy, 1996).

A secreção hormonal também pode ser regulada pelo controle neural, que age para evocá-la ou suprimi-la em resposta a estímulos internos ou externos, que podem ser de origem sensorial e podem ser percebidas consciente ou inconscientemente. Alguns hormônios, ainda, são secretados por pulsos, ou padrões ditados por ritmos geneticamente definidos (Berne & Levy, 1996; Guyton & Hall, 1997).

O exercício serve de estímulo para a secreção de determinados hormônios e de fator inibitório para outros. Não se sabe o motivo das alterações nos ritmos de secreção hormonal em todas as glândulas nem nos seus níveis plasmáticos. No entanto, é muito mais sensato acreditar que de fato *existam* motivos para essas alterações embora ainda desconhecidos pela ciência - do que considerar que elas simplesmente acontecem a esmo (Gould, 1989).

Analisaremos agora as influências do exercício em alterações na secreção hormonal de cada uma das principais glândulas do corpo humano, bem como, quando for o caso, o efeito inverso, ou seja, a influência destas secreções no exercício.

HIPÓFISE

A *hipófise*, ou *pituitária*, é, no homem, uma glândula dividida em duas partes, a *hipófise anterior*, ou *adeno-hipófise*, e a *hipófise posterior*, ou *neuro-hipófise*, fica localizada na *sela túrsica*, na base do cérebro, e tem cerca de 1 cm de diâmetro (Guyton & Hall, 1997). Em vários outros mamíferos, há uma terceira parte, a *hipófise intermédia*, bastante desenvolvida e importante, mas no homem esta parte é insignificante (Gould, 1989). Além disso, a hipófise trabalha em íntima relação com o hipotálamo, sendo controlada por ele, que secreta hormônios especificamente para estimular a produção de hormônios pela hipófise (Berne & Levy, 1996; Guyton & Hall, 1997).

A hipófise anterior é responsável pela secreção de seis hormônios importantes, que são o hormônio do crescimento humano, o hormônio tireo-estimulante, a adrenocorticotropina, o hormônio folículo-estimulante, o hormônio luteinizante e a prolactina, além de vários outros menos importantes. Esses hormônios têm importantes funções metabólicas por todo o corpo (Berne & Levy, 1996; Guyton & Hall, 1997). Além desses seis hormônios liberados pela hipófise anterior, existem outros dois importantes, que são armazenados e liberados pela hipófise posterior, embora sejam, na realidade, produzidos pelos neurônios do hipotálamo e transportados para lá através de seus axônios. Esses hormônios são a vasopressina e a oxitocina (Berne & Levy, 1996; Guyton & Hall, 1997; Schottelius & Schottelius, 1978; Wilson & Foster, 1988). A seguir estudaremos a função de cada um deles.

Hormônio do crescimento humano

O hormônio do crescimento humano, ou GH (de “human Growth Hormone”), ou ainda *somatotropina*, leva o nome de ‘humano’ por ser um dos únicos que tem a estrutura molecular diferente daqueles sintetizados por outros animais. Sua liberação é controlada por um hormônio hipotalâmico, o GHRH (“growth hormone release hormone”). Segundo alguns autores, Berne e Levy, (1996), Guyton e Hall (1997), Schottelius e Schottelius (1978), suas funções são: a) aumento de captação de aminoácidos e da síntese protéica pelas células e redução da quebra das proteínas; b) acentuação da utilização de lipídios e diminuição da utilização de glicose para obtenção de energia; c) estimulação da reprodução celular (crescimento tecidual); e d) estimulação do crescimento da

cartilagem e do osso.

O GH estimula o fígado a secretar pequenas proteínas chamadas de *somatomedinas*, ou fatores de crescimento semelhantes à insulina (também IGF-I e IGF-II, de “Insulin-like Growth Factor”). As somatomedinas e o GH atuam em conjunto, acentuando mutuamente seus efeitos (Guyton & Hall, 1997).

É sabido que, com o exercício, a liberação de GH é estimulada (Deuchle, Blum, Frystyk, Orskov, Schweiger, Weber, Korner, Gotthardt, Schmider, Standhardt & Heuser, 1998; Fernández-Pastor, Alvero, Pérez, Ruiz, Fernández-Pastor & Diego, 1992; Fox & Matthews, 1983; Tsuji, Curi & Burini, 1993; Wilmore & Costill, 1994). Além disso, a quantidade deste hormônio liberada é tanto maior quanto mais intenso for o exercício. O mecanismo pelo qual isso ocorre é que o exercício estimula a produção de opiáceos endógenos, que inibem a produção de somatostatina pelo fígado, um hormônio que reduz a liberação de GH (McArdle et alii, 1988). Por exemplo, numa sessão de treinamento de um corredor velocista (basicamente anaeróbia), os níveis de GH normalmente atingem valores mais altos do que numa sessão de um fundista (essencialmente aeróbica). Especula-se que isso ocorra porque as adaptações necessárias ao primeiro envolvam mais síntese tecidual (i.e. formação de massa muscular) do que as necessárias para o segundo. É comprovado, também, que indivíduos destreinados apresentam uma liberação maior de somatotropina do que indivíduos treinados, e que esse aumento na liberação acontece antes mesmo do início da sessão de treinamento (para os treinados, o aumento só começa a ocorrer de cinco a dez minutos depois do início) e é provável que seja pelo mesmo motivo citado acima, ou seja, os indivíduos já treinados necessitam de uma menor síntese tecidual do que os destreinados, em termos de massa muscular, principalmente (Fernández-Pastor et alii, 1992; Tsuji, Curi & Burini, 1993). Em idosos, não se sabe o motivo, mas mesmo quando treinados, os níveis diminuem com a idade, durante o exercício. A diminuição da secreção de GH é associada com o envelhecimento, só não se sabe se como causa ou como consequência (Deuchle et alii, 1998). Durante o sono, a secreção de GH também é aumentada, porém, o nível de treinamento não tem relação com a intensidade desse aumento (McArdle, Katch & Katch, 1988). É importante ressaltar que esse hormônio só pode cumprir a sua função adequadamente quando acompanhada de

uma dieta rica em proteínas (Berne & Levy, 1996). Foi mostrado recentemente que o exercício provoca uma liberação ainda maior de GH se for efetuado num ambiente quente (Brenner, Shek, Zamecnik & Shephard, 1998).

Em crianças, uma hipersecreção de GH pode provocar gigantismo, enquanto a hipossecreção pode causar nanismo. Uma criança ativa, portanto, tem mais tendência a atingir uma altura maior do que outra sedentária, desde que essa vida ativa seja acompanhada de uma dieta adequada. É, inclusive, aconselhável a crianças que apresentem nanismo que se estimule-as a dormirem e a exercitarem-se (McDermott, 1997).

O GH é utilizado freqüentemente como agente ergogênico exógeno, principalmente entre atletas de modalidades que requerem mais força, como lutadores e os próprios velocistas. Problemas referentes à sua utilização como tal incluem a *acromegalia*, que acontece em adultos com hipersecreção (ou administração exagerada do exógeno), e que é caracterizada por um crescimento demasiado dos ossos em espessura - já que na idade adulta as epífises já fundiram-se com as diáfises ósseas e os ossos não podem mais crescer em comprimento. Também é atribuída ao uso exagerado do GH a causa de casos de morte súbita por parada cardíaca em atletas (Berne & Levy, 1996; Fernández-Pastor et alii, 1992; Fox & Matthews, 1983; Guyton & Hall, 1997), podendo ainda ter um efeito diabetogênico por estimular as células- β das ilhotas de Langerhans a secretar insulina extra (Guyton & Hall, 1997).

Hormônio tireo-estimulante

Outro hormônio liberado pela hipófise anterior é a *tireotropina*, hormônio tireo-estimulante, ou TSH (“Thyreo-Stimulating Hormone”). O TSH controla o grau de absorção de iodo pela glândula tireóide e, com isso, a secreção de seus hormônios, a *tiroxina* (T_4) e a *triiodotironina* (T_3), cujos efeitos serão estudados mais adiante. De uma maneira geral, o TSH faz aumentar o metabolismo do indivíduo (Guyton & Hall, 1997), e é observado, por exemplo, que em climas frios, a taxa de metabolismo basal, estimulada por níveis aumentados de TSH, aumenta de 15 a 20% acima da normal. O efeito do exercício sobre a sua liberação é de aumentá-la, embora não se saiba como esse mecanismo funciona (Guyton & Hall, 1997; McArdle, Katch & Katch, 1988; Wilmore & Costill, 1994). Apesar de a temperatura corporal aumentar com o exercício -

e sabemos que o *frio* estimula o aumento do metabolismo corporal através da secreção de TSH - os níveis deste hormônio sobem também com o exercício, talvez como meio de o corpo aumentar o seu metabolismo, adaptação necessária para as maiores necessidades quando o corpo está em atividade (McArdle, Katch & Katch, 1988).

Adrenocorticotropina

O ACTH (“adrenocorticotrophic hormone”) tem a função de regular o crescimento e a secreção do córtex adrenal, do qual a principal secreção é o *cortisol*, do qual falaremos mais tarde. O exercício estimula a liberação de ACTH de acordo com Wilmore e Costill, 1994. Entretanto, outros autores (Fox & Matthews, 1983; McArdle, Katch & Katch, 1988) dizem que não ocorre mudança ou que não há evidências científicas que comprovem uma coisa ou outra. O que é de fato aceito é que a regulação da liberação deste hormônio se dá com o ritmo circadiano: um dos maiores estímulos é a transição entre os estados sono-vigília. A sua liberação é determinada pelo CRH, também conhecido como *hormônio de liberação do ACTH* ou *fator hipotalâmico de liberação da corticotropina*. Os maiores picos de secreção de todo o dia acontecem cerca de seis horas depois de a pessoa adormecer. Além disso, vários outros fatores estimulam sua produção, como aumentos cíclicos naturais, diminuição do cortisol (o “feedback” negativo deste hormônio), estresse físico, ansiedade, depressão e altos níveis de acetilcolina. Por outro lado, existem vários fatores inibitórios, como as encefalinas, os opióides e a somatostatina, por exemplo. Por todas essas razões, não é totalmente seguro afirmar que o exercício estimula a produção de ACTH, mesmo que existam alguns estudos que mostrem isso (Guyton & Hall, 1997; Wilmore & Costill, 1994).

Gonadotropinas

O hormônio folículo-estimulante (FSH, de “follicle-stimulating hormone”) tem como função provocar o crescimento dos folículos e a produção de estrogênio nos ovários, ao passo que, nos homens, ele estimula o desenvolvimento dos espermatozoides (espermatogênese) dentro dos testículos. Nas mulheres, baixas taxas de FSH estimulam a produção de estrogênio, enquanto altas taxas a inibem (Berne & Levy, 1996; Fox & Matthews, 1983; Guyton & Hall, 1997; McArdle, Katch & Katch, 1988; Schottelius & Schottelius,

1978; Wilmore & Costill, 1994; Wilson & Foster, 1988).

Além do FSH, existe outra gonadotropina - hormônio que atua sobre as gônadas, daí o nome -, que é o hormônio luteinizante, ou LH ("luteinizing hormone"), que tem como função promover a secreção de estrogênio e progesterona, além da ruptura do folículo, ocasionando a liberação do óvulo, na mulher. Com isso, fica evidente que esses hormônios têm uma relação clara com o ciclo menstrual. No homem, o LH causa a secreção de testosterona pelos testículos (Berne & Levy, 1996; Fox & Matthews, 1983; Guyton & Hall, 1997; McArdle, Katch & Katch, 1988; Schottelius & Schottelius, 1978; Wilmore & Costill, 1994; Wilson & Foster, 1988).

A regulação da secreção das gonadotropinas é bastante complexa, envolvendo elementos pulsáteis, periódicos, diurnos e cíclicos, além do estágio da vida. A sua secreção é controlada pelo hormônio de liberação das gonadotropinas (GnRH), secretado pelo hipotálamo e que age na adeno-hipófise. Os efeitos das alterações nos níveis de cada um destes hormônios é relativamente similar em ambos os sexos. No entanto, o sintoma resultante de uma alteração menstrual em uma mulher é mais claro do que um sintoma comparável de alterações microscópicas no sêmen de um homem (Shangold, 1984).

Em relação ao exercício, os estudos referentes a alterações em níveis de liberação de gonadotropinas são inconsistentes e são em várias ocasiões confundidos com a natureza pulsátil desses hormônios. Como o LH é liberado em intervalos de 90 a 110 minutos, fica difícil separar mudanças induzidas pelo exercício daquelas causadas por causa da pulsação endógena. Há também confusão na tentativa de separar a influência de ansiedade, que pode tanto baixar quanto aumentar os níveis LH. Por exemplo, a *norepinefrina* (estudada adiante), que é aumentada no estado de estresse, promove a liberação de GnRH - que induz à liberação de LH. Por outro lado, opióides endógenos (opióides são substâncias parecidas com os derivados do ópio, e que exercem efeitos analgésicos; os endógenos incluem as encefalinas, as endorfinas e a dinorfina, (Berne & Levy, 1996), que também são liberados durante o estresse, suprimem a liberação de GnRH e a subsequente liberação de gonadotropinas. Assim, o estresse e o exercício agudo podem tanto aumentar como diminuir os níveis de gonadotropina

(Shangold, 1984).

O exercício praticado regularmente, no entanto, pode levar a aberrações menstruais. Sabe-se que mulheres atletas têm uma propensão de 10 a 20% a esse tipo de problema, ao passo que, em não-atletas, esse número baixa para 5%. Embora seja muito difícil precisar os motivos para isso, um programa de exercício que dure algum tempo (de semanas, meses ou mais tempo) normalmente vem acompanhado de uma perda de gordura corporal, e um nível de gordura baixo pode causar amenorréia (ausência de menstruação) ou oligomenorréia (menstruação em intervalos maiores que o normal) (Shangold, 1984).

Prolactina

Responsável pela estimulação do desenvolvimento das mamas e produção de leite, a prolactina é produzida naturalmente e não necessita de estímulo para isso. Sua regulação funciona através da atuação do *fator hipotalâmico inibidor de prolactina*, que diminui a sua secreção. A prolactina (PRL) também inibe a testosterona e mobiliza os ácidos graxos, mas com os objetivos de, antes da gravidez, promover a proliferação e a ramificação dos ductos da mama feminina; durante a gravidez, causa o desenvolvimento dos lóbulos dos alvéolos produtores de leite e, após o parto, a prolactina estimula a síntese e a secreção de leite (Berne & Levy, 1996; Fox & Matthews, 1983; Guyton & Hall, 1997; McArdle, Katch & Katch, 1988).

Com o exercício, os níveis de PRL sobem (Fox & Matthews, 1983; McArdle, Katch & Katch, 1988; Shangold, 1984). Como sua meia-vida é bastante curta (aproximadamente 10 minutos), seus níveis costumam baixar aos níveis iniciais cerca de 45 minutos depois do final do exercício. Além disso, aumentos induzidos pelo exercício são amplificados em mulheres que correm sem sutiã do que com ele, e esses dois são maiores que aqueles em mulheres que exercitam-se em bicicletas ergonômicas (estacionárias). É sugerido que a movimentação das mamas propriamente ditas estimularia a produção de leite (Shangold, 1984).

Ainda, os níveis de PRL aumentam em corredoras com eumenorréia (menstruação normal), mas não em corredoras amenorréicas. Propõe-se que isso acontece porque não haveria sentido uma produção de leite se na mulher não existe a possibilidade da geração de um filho. Por último, o aumento na PRL induzido pelo exercício

é acentuado ainda mais quando em jejum ou acompanhado de uma dieta rica em gorduras (Shangold, 1984).

Vasopressina

Também conhecido como *hormônio antidiurético*, ADH e *arginina-vasopressina* (Berne & Levy, 1996), seu principal papel é conservar a água corporal e regular a tonicidade dos líquidos corporais. Sua atuação acontece nos túbulos coletores e dutos renais, que tornam-se muito permeáveis à água, estimulando sua reabsorção e evitando sua perda na urina (Guyton & Hall, 1997). Para essa ação de antidiurese, são necessárias quantidades minúsculas de até 2 ng - mas quando o ADH está presente em quantidades mais altas, ele provoca uma potente constrição das arteríolas de todo o corpo e, com isso, um aumento da pressão arterial. Daí é que vem o outro nome, de *vasopressina* (Berne & Levy, 1996; Guyton & Hall, 1997; McArdle, Katch & Katch, 1988).

O efeito do exercício sobre os níveis de ADH é intenso, no sentido em que os aumenta drasticamente. Isso acontece como maneira de aumentar a retenção de líquidos, extremamente em dias mais quentes, e a sua liberação seria feita pela sudorese. O mecanismo de atuação deste hormônio seria, basicamente, o seguinte: a) a atividade muscular provoca a transpiração; b) a perda de suor causa perda de plasma sanguíneo, resultando em hemoconcentração e osmolalidade aumentada; c) a alta osmolalidade estimula o hipotálamo; d) o hipotálamo estimula a neuro-hipófise; e) a neuro-hipófise libera ADH; f) o ADH atua nos rins, aumentando a permeabilidade à água dos túbulos coletores renais, levando a uma reabsorção aumentada de água e g) o volume plasmático aumenta, e a osmolalidade sanguínea diminui (Wilmore & Costill, 1994).

Oxitocina

A oxitocina atua sobre as células musculares do útero e das glândulas mamárias, tendo papel importante, embora não fundamental, durante o parto, já que provoca poderosas contrações no útero no final da gestação. Sua função poderia prolongar-se até a evacuação total da placenta (Berne & Levy, 1996). Além disso, ela faz com que o leite seja espremido dos alvéolos para dentro dos dutos, fazendo com que a criança possa alimentar-se por sucção. Não se tem conhecimento suficiente a respeito da influência do

exercício sobre a regulação da oxitocina, e nem de motivos para eventuais alterações (McArdle, Katch & Katch, 1988).

TIREÓIDE

A tireóide fica localizada na face anterior da região cervical, no seu terço médio, próxima à traquéia, e é dividida em dois lobos. Essa glândula pesa aproximadamente 20 g, e sua atuação é controlada pela ação do TSH, que já foi abordado anteriormente. Sua função depende, também, da absorção do iodo, elemento químico essencial na síntese de seus dois hormônios mais importantes: a tiroxina (também chamado de T_4) e a triiodotironina (T_3). Esses dois hormônios são responsáveis, respectivamente, por 90% e 10% do débito total da tireóide. Além desses dois, a tireóide produz a chamado T_3 reverso, ou rT_3 . Esses três funcionam de maneira conjugada. O T_4 funciona sobretudo como um pré-hormônio, sendo que a monodeiodinação do anel externo de sua estrutura molecular fornece 75% da produção diária de T_3 , que é o principal hormônio ativo. Alternativamente, a monodeiodinação do anel interno fornece rT_3 , que é biologicamente inativo. A proporção de T_4 entre T_3 e rT_3 regula a disponibilidade do hormônio tireóideo ativo. Por essas razões, trataremos dos três também de forma conjunta, referindo-nos a eles com o termo *hormônio tireóideo* (Berne & Levy, 1996; Wilson & Foster, 1988).

Além desses três hormônios, a tireóide fabrica a calcitonina, que tem efeito sobre a regulação do íon cálcio no corpo. A descoberta desse hormônio remonta à década de 1960 (Guyton & Hall, 1997) e falaremos a respeito dele separadamente. Portanto, não é dele que tratamos quando nos referimos ao hormônio tireóideo.

Hormônio tireóideo

Grosso modo, a função do hormônio tireóideo consiste em regular o metabolismo corporal. Ele atua em todos os tecidos do corpo e pode chegar a aumentar a taxa metabólica basal em até 100%. Esse hormônio também aumenta a síntese protéica e, com isso, a síntese de enzimas, aumenta o tamanho e o número de mitocôndrias na maioria das células, aumenta a atividade contrátil do coração, promove a absorção rápida de glicose pelas células e, por fim, incrementa a glicólise, a gliconeogênese e a mobilização de lipídios,

aumentando a disponibilidade de ácidos graxos livres para oxidação como forma de obtenção de energia. O hormônio tireóideo tem papel importante na maturação, estimulando a ossificação endocondral, o crescimento linear do osso e a maturação dos centros ósseos epifisários. Além disso, o T₃, especificamente, pode acelerar o crescimento facilitando a síntese e secreção do GH (Berne & Levy, 1996; Guyton & Hall, 1997).

Em exercício, a liberação de TSH, que estimula a liberação de hormônio tireóideo, aumenta. No entanto, esse aumento na liberação de hormônio tireóideo não acontece imediatamente depois do aumento da liberação de TSH, pois acontece um atraso. Além disso, durante sessões de exercício submáximas prolongadas, os níveis de T₄ permanecem relativamente constantes em aproximadamente 35% a mais do que os níveis de repouso, depois de um pico inicial no começo do exercício, e os níveis de T₃ tendem a aumentar (Fox & Matthews, 1983; McArdle, Katch & Katch, 1988).

Calcitonina

Esse hormônio, de maneira geral, tem como função diminuir a concentração plasmática de cálcio, função oposta à do hormônio paratireóideo, que veremos a seguir. Ele atua principalmente nos ossos e nos rins. Nos ossos, inibindo a atividade absorptiva dos osteoclastos, favorecendo a deposição de cálcio nos sais de cálcio permutáveis no osso. Ademais, a calcitonina diminui a formação de novos osteoclastos. Nos rins, a calcitonina aumenta a excreção de cálcio pela urina, devido à sua ação de diminuir a reabsorção desse íon pelos túbulos renais (Berne & Levy, 1996; Fox & Matthews, 1983; Guyton & Hall, 1997; McArdle, Katch & Katch, 1988; McDermott et alii, 1997).

Em relação a alterações na liberação desse hormônio durante o exercício, não existem, atualmente, estudos suficientes para comprovar nenhuma teoria proposta, ao menos na literatura pesquisada.

PARATIREÓIDES

As glândulas paratireóides existem normalmente em número de quatro no homem e situam-se atrás da glândula tireóide. Cada uma delas mede aproximadamente 6 mm de comprimento, 2 mm de espessura e 3 mm de

largura. Elas secretam o PTH (“parathyroid hormone”), hormônio *paratireóideo* ou ainda *paratormônio* (Guyton & Hall, 1997).

Hormônio paratireóideo

Esse hormônio regula a concentração plasmática de cálcio e de fosfato. Sua liberação é desencadeada por uma baixa nos níveis plasmáticos de cálcio. Seus efeitos são exercidos em três órgãos-alvo: os ossos, os rins e o intestino (Berne & Levy, 1996; Guyton & Hall, 1997).

Nos ossos, o PTH estimula a atividade dos osteoclastos, causando reabsorção óssea, o que causa a liberação de cálcio e fosfato para o sangue. Nos rins, o PTH aumenta a reabsorção de cálcio e diminui a de fosfato, o que promove a excreção urinária deste último. Já no trato gastrointestinal, ele aumenta a absorção de cálcio indiretamente, estimulando uma enzima que é necessária nesse processo (Berne & Levy, 1996; Guyton & Hall, 1997).

A longo prazo, o exercício causa a formação óssea. Isso resulta primariamente da absorção intestinal aumentada de cálcio, junto com uma diminuição de sua excreção pela urina e com níveis aumentados de PTH. Ao contrário, imobilização ou repouso completo na cama promove diminuição óssea, já que seus níveis diminuem nesses casos. Este é todo o conhecimento que se tem, mesmo que obtido indiretamente, a respeito da relação do exercício com o PTH, ou seja: a longo prazo, sua produção é aumentada, como forma de adaptação do corpo ao exercício. Neste caso, essa adaptação seria em relação ao fortalecimento ósseo (Wilmore & Costill, 1994).

SUPRA-RENAIS

As glândulas adrenais, ou supra-renais, situam-se sobre os rins e são compostas internamente pela medula adrenal e externamente pelo córtex adrenal. Por terem funções bem diferenciadas, merecem um estudo em separado (Berne & Levy, 1996; Guyton & Hall, 1997).

A medula adrenal produz dois hormônios, a *epinefrina* e a *norepinefrina* (também conhecidos como *adrenalina* e *noradrenalina*), que são chamados, em conjunto, de *catecolaminas*. Já o córtex adrenal secreta mais de 30 hormônios esteróides diferentes, chamados de *corticosteróides* e essa secreção é estimulada pelo ACTH, abordado

anteriormente. Esses hormônios são separados em três grandes grupos: os *glicocorticóides*, os *mineralocorticóides* e os *androgênios* (Berne & Levy, 1996; Guyton & Hall, 1997; McArdle, Katch & Katch, 1988; Wilson & Foster, 1988).

Catecolaminas

Da secreção total da medula suprarrenal, cerca de 80% é de epinefrina e 20% de norepinefrina, embora essas quantidades possam variar em diferentes condições fisiológicas. As catecolaminas têm efeito similar entre si, e esse efeito é quase o mesmo de estímulos provenientes do sistema nervoso simpático, embora, pela natureza dos hormônios, de serem removidos do sangue de maneira mais lenta, tenham um efeito mais duradouro. Inclusive, a secreção desses hormônios é regulada pelo próprio sistema nervoso simpático. A norepinefrina é até considerada um neurotransmissor, quando liberada pelas terminações de determinados neurônios do sistema nervoso simpático. A atuação das catecolaminas se dá de maneira conjunta, e seus efeitos incluem: a) aumento da taxa de metabolismo; b) aumento da glicogenólise tanto no fígado quanto no músculo que está em exercício; c) aumento da força de contração do coração; d) aumento da liberação de glicose e ácidos graxos livres para a corrente sanguínea; e) vasodilatação em vasos nos músculos em exercício e vasoconstrição em vísceras e na pele (especificamente a norepinefrina); f) aumento de pressão arterial (idem) e, por fim, g) aumento da respiração (Berne & Levy, 1996; Guyton & Hall, 1997; McArdle, Katch & Katch, 1988).

Como poderíamos esperar, os níveis de catecolaminas sobem durante o exercício. A produção de epinefrina aumenta conforme aumenta também a intensidade e a magnitude (duração) do exercício, de forma quase exponencial. A norepinefrina também aumenta conforme a duração do exercício, mas em relação à sua intensidade, ela permanece em níveis muito próximos aos basais quando a intensidade é de até 75% do $\dot{V}O_2$ máx, para, a partir dessa intensidade em diante, aumentar linearmente. Ao final da sessão de exercício, a epinefrina volta a valores iniciais depois de alguns minutos, mas a norepinefrina pode continuar alta durante várias horas (Martin, 1996).

Os efeitos desses aumentos são evidentes, incluindo principalmente a adequada redistribuição do fluxo sanguíneo para suprir as

necessidades dos músculos em atividade, o aumento na força de contração cardíaca e a mobilização do substrato como fonte de energia (Fox & Matthews, 1983; Martin, 1996; McArdle, Katch & Katch, 1988).

Com o treinamento, os níveis de catecolaminas plasmáticas de indivíduos em exercício tende a diminuir, sendo que, após apenas três semanas, a epinefrina diminui de cerca de 6 ng/ml para aproximadamente 2 ng/ml em um programa de treinamento aeróbico, mantendo-se perto desse patamar daí em diante. Quanto à norepinefrina, seus níveis também diminuem, de cerca de 1,8 ng/ml para 1,0 ng/ml após três semanas, mas essa diminuição não é tão evidente (DP = 0,35). Depois das três semanas, esses níveis não se mantêm tão constantes quanto os da epinefrina, embora a diminuição de fato aconteça (Berne & Levy, 1996; Guyton & Hall, 1997; Martin, 1996; Wilmore & Costill, 1994).

Mineralocorticóides

Como sugere o nome, esses hormônios regulam os sais minerais, o sódio e o potássio nos líquidos extracelulares. O mais importante deles é a *aldosterona*, responsável por 95% do total de mineralocorticóides. O órgão-alvo dela são os rins, sua ação acontece regulando a reabsorção de sódio nos túbulos distais dos rins. Em presença de grandes quantidades de aldosterona, é diminuída a excreção de sódio e água pela urina, e aumentada a de potássio. Ela contribui também para o equilíbrio homeostático, regulando as concentrações de potássio sérico e o pH, bem como os níveis de K^+ e H^+ importantíssimos para a atividade neuromuscular (Berne & Levy, 1996; Guyton & Hall, 1997; McArdle, Katch & Katch, 1988; Wilmore & Costill, 1994).

Durante o exercício, os níveis plasmáticos de aldosterona aumentam progressivamente, chegando a seis vezes mais que os níveis de repouso, como forma de manter os níveis de líquidos corporais e a homeostasia (McArdle, Katch & Katch, 1988; Wilmore & Costill, 1994).

A secreção de aldosterona é provocada pela *angiotensina*, um hormônio renal que trabalha conjuntamente com a *renina*, também produzida pelos rins e que estimula a produção de angiotensina. O mecanismo renina-angiotensina é estimulado durante o exercício de maneira que ele entre em ação também como forma de manter os

níveis de líquidos corporais e de aumentar a pressão arterial (McArdle, Katch & Katch, 1988; Wilmore & Costill, 1994).

Glicocorticóides

O *cortisol* é o mais importante desses hormônios, tem sua liberação influenciada pelo ACTH. Suas ações compreendem: a) a adaptação ao estresse; b) a manutenção de níveis de glicose adequados mesmo em períodos de jejum; c) o estímulo à gliconeogênese (especialmente a partir de aminoácidos desaminados que vão, através da circulação, para o fígado); d) mobilização de ácidos graxos livres, fazendo deles uma fonte de energia mais disponível; e) diminuição da captação e oxidação de glicose pelos músculos para a obtenção de energia, reservando-a para o cérebro, num efeito antagônico ao da insulina; f) estímulo ao catabolismo protéico para a liberação de aminoácidos para serem usados em reparação de tecidos, síntese enzimática e produção de energia em todas as células do corpo, menos no fígado; g) atua como agente antiinflamatório; h) diminui as reações imunológicas, por provocar diminuição no número de leucócitos; i) aumenta a vasoconstrição causada pela epinefrina; j) facilita a ação de outros hormônios, especialmente o glucagon e a GH, no processo da gliconeogênese (Berne & Levy, 1996; Guyton & Hall, 1997).

A resposta do cortisol ao exercício é um pouco complicada de ser diagnosticada. Existe muita variabilidade em relação ao tipo e intensidade do exercício, nível de treinamento, estado nutricional e ritmo circadiano. Pode-se dizer, com mais certeza hoje em dia, que os níveis de cortisol aumentam durante o exercício físico intenso. Em exercícios moderados, no entanto, há ainda muita controvérsia (Brenner et alii, 1998; McArdle, Katch & Katch, 1988; Wilmore & Costill, 1994), não sendo possível, por isso, definirmos o papel e alterações nos níveis de cortisol.

RINS

Apesar de não serem considerados glândulas, os rins são responsáveis pela produção de um hormônio chamado de *eritropoietina*, ou EPO (além da aldosterona, cuja função foi comentada no item sobre mineralocorticóides) (Guyton & Hall, 1997).

Eritropoietina

A EPO atua sobre a medula óssea hematopoiética (vermelha), e como o próprio nome já diz, é responsável pelo estímulo para a produção de eritrócitos, ou glóbulos vermelhos. Sua secreção é estimulada através da hipoxia sanguínea (Berne & Levy, 1996). O conhecimento a respeito desse hormônio é relativamente novo, e o interesse a respeito dele e sua relação com o exercício aumentou drasticamente durante a década de 80, quando começou a ser usado como forma de "doping" para atletas de esportes de resistência (De Rose, Natali & Rassier, 1996).

Não foi comprovado o fato de que o exercício físico estimula ou inibe a liberação de EPO. No entanto, é fato que habitantes de lugares altos, como a Cidade do México (situada a 2.400 metros de altitude), têm um hematócrito médio mais alto do que os habitantes de cidades, por exemplo, ao nível do mar. O ar rarefeito de lugares em altitudes elevadas provoca hipoxia, que, por sua vez, causa a liberação de EPO para a produção de mais glóbulos vermelhos, para que se consiga um transporte mais eficiente de oxigênio. Também não é notada diferença significativa entre níveis de EPO entre fundistas e velocistas. Como um transporte eficiente de oxigênio é bastante interessante para atletas de fundo - modalidades em que a sua disponibilidade é um fator limitante -, ciclistas europeus e americanos iniciaram o uso desse hormônio de maneira exógena. Isso seria um doping praticamente perfeito, pois não seria detectável (já que a EPO é produzida pelo próprio corpo). Porém, começaram a ocorrer, em virtude disso, casos sérios de o hematócrito ficar tão alto que o sangue chega a tornar-se viscoso, provocando dezenas de casos de morte súbita por falha no coração (que teve que trabalhar em demasia). Chegou a ser proposto por médicos e cientistas um hematócrito-limite de 50% como forma de proteger a saúde dos atletas, mas muitas pessoas podem ter níveis maiores que esses naturalmente, o que dificulta ainda mais a resolução desse problema (Arrese & Valdivieso, 1998; De Rose, Natali & Rassier, 1996; McArdle, Katch & Katch, 1988; Pardos, Gallego, Del Rio Maior & Martin, 1998; Wilmore & Costill, 1994).

PÂNCREAS

Localizado posteriormente ao estômago, o pâncreas libera secreções exócrinas no trato gastrointestinal para contribuir na digestão dos alimentos e também endócrinas. Estas últimas são produtos das células α (alfa) e β (beta) situadas nas *ilhotas de Langerhans*. Os hormônios liberados por essa glândula são extremamente importantes no controle da glicose plasmática. São eles o *glucagon* e a *insulina*, produzidos pelas células α e β , respectivamente. Os dois têm efeitos mais ou menos antagônicos e trabalham em constante controle um em relação ao outro (Berne & Levy, 1996; Guyton & Hall, 1997).

Glucagon

Sua principal função consiste em aumentar a concentração de glicose no sangue, através da glicogenólise e gliconeogênese hepáticas, por causa disso, ele é denominado o “antagonista da insulina” (McArdle, Katch & Katch, 1988). A sua secreção é controlada principalmente pelo nível de glicose plasmática do sangue que flui pelo pâncreas. Em situações de jejum ou de exercício, as células α (alfa) são estimuladas, liberando glucagon e imediatamente depois, glicose pelo fígado na corrente sanguínea. Além dele, contribuem para a elevação da glicose até patamares adequados as catecolaminas e o cortisol (Guyton & Hall, 1997). No princípio do exercício, o glucagon é, dentre esses três, o que tem incremento mais rápido, até o 15o. minuto, e depois tende a estabilizar-se (Fernández-Pastor et alii, 1992). Ainda assim, o mesmo estudo mostrou que, quanto maior a duração do exercício, maior a liberação de glucagon, sendo que em exercícios moderados de curta duração, observa-se uma diminuição nos seus níveis plasmáticos. Apesar de ser claro que os níveis de glucagon aumentam durante o exercício, um estudo demonstrou que o treinamento aeróbico estimula uma liberação mais contínua e com menos oscilações do que aquela ocorrida em indivíduos não-treinados, mas não se descobriu se essa liberação é maior ou menor em um grupo ou em outro (Fernández-Pastor et alii, 1992), embora os autores (Fox & Matthews, 1983) demonstrem que, após o treinamento, a liberação de glucagon após o 10o. minuto de exercício é maior do que antes do treinamento.

Insulina

Com efeitos antagônicos aos do glucagon, as concentrações plasmáticas da insulina também são inversamente proporcionais às suas. Sempre que a insulinemia for alta, os níveis de glucagon serão baixos, e vice-versa. Sua principal função é, portanto, regular o metabolismo da glicose por todos os tecidos, com exceção do cérebro. Seus efeitos decorrem do aumento da velocidade de transporte da glicose para dentro das células musculares e do tecido adiposo. Com a captação dessa glicose, se ela não for imediatamente catabolizada como forma de obtenção de energia, gera-se glicogênio nos músculos e triglicerídios no tecido adiposo. Em resumo, o efeito da insulina é *hipoglicemiante*, ou seja, de baixar a glicemia sanguínea. A insulina normalmente é liberada em ocasiões nas quais existam altos índices de glicose plasmática, como acontece após as refeições. Ela funciona primeiramente reabastecendo as reservas de glicogênio nos músculos e no fígado. Depois disso, se os níveis de glicose sanguínea ainda forem altos, ela estimula sua captação pelas células adiposas e elas a transformam em triglicerídios como forma de armazenar a energia ocupando menos espaço (Berne & Levy, 1996; Guyton & Hall, 1997).

Como o exercício estimula a liberação de glucagon, e esse hormônio atua de forma antagônica à insulina, esta última tem sua liberação diminuída quando existe trabalho muscular, principalmente como forma de tornar a glicose mais disponível para a atividade. Além disso, as catecolaminas, cuja concentração é aumentada durante o exercício, têm a propriedade de baixar os níveis de insulina. A supressão de insulina é proporcional à intensidade do exercício, sendo que, em exercícios mais prolongados, existe um aumento progressivo na obtenção de energia a partir da mobilização de triglicerídios, decorrente da baixa observada nos níveis de glicose que foram sendo degradados - e da ação do glucagon, que aumenta (Deuschle et alii, 1998; Fernández-Pastor et alii, 1992; McArdle, Katch & Katch, 1988).

A secreção de insulina é também estimulada quando os níveis sanguíneos de aminoácidos são altos, tendo praticamente o mesmo efeito anterior, de glicogênese e lipogênese, só que a partir de aminoácidos desaminados (Fernández-Pastor et alii, 1992; McArdle, Katch & Katch, 1988).

Em relação ao funcionamento da

insulina, a doença *diabetes mellitus* constitui um problema com o qual devemos ter cuidado. A *diabetes mellitus* do tipo I, chamada também de *insulino-dependente*, é associada com uma deficiência na produção de insulina e ocorre, normalmente, em jovens, sendo responsável por 10 a 20% dos casos. A do tipo II, ou *não-insulino-dependente* (DMNID), tem início em idades mais avançadas e representa os 80 a 90% restantes dos casos. Ela constitui-se de uma deficiência nos receptores celulares de exercício, que induzem o pâncreas a secretar cada vez mais insulina, já que a glicose plasmática não diminui adequadamente, chegando a um ponto em que ele falha e não produz mais. Em relação ao exercício, ele pode trazer benefícios e malefícios ao paciente diabético (Fernández-Pastor et alii, 1992; Fox & Matthews, 1983; McArdle, Katch & Katch, 1988).

Entre os benefícios, o exercício agudo estimula uma queda substancial nos níveis de glicose, por estimular a sua utilização pelas células musculares. Já o exercício crônico (treinamento) diminui os fatores de risco para doenças cardiovasculares, às quais o paciente está mais propenso, provoca diminuição de peso (também um fator de risco), além de prevenir o início da ocorrência de resistência à insulina, fator causador da *diabetes mellitus* (Borrego, 1998; Fernández-Pastor et alii, 1992; Fox & Matthews, 1983; McArdle, Katch & Katch, 1988).

Também existe o risco de cetose ácida, quando se inicia uma sessão de exercício com índices glicêmicos muito altos, devido a um aumento nos níveis de corpos cetônicos causados pela lipólise acentuada (Berne & Levy, 1996; Borrego, 1998; Guyton & Hall, 1997; McArdle, Katch & Katch, 1988).

GÔNADAS

Os testículos, nos homens, e os ovários, nas mulheres, são os órgãos responsáveis pela produção de gametas. Entretanto, eles são também glândulas e liberam importantes hormônios relacionados ao desenvolvimento sexual e a função reprodutiva, que são a *testosterona*, o *estradiol* e a *progesterona* (Berne & Levy, 1996).

Testosterona

Hormônio presente em quantidades dez vezes superiores em homens do que em mulheres, é conhecido como o hormônio

masculino. Sua produção acontece, na maioria, nos testículos. Suas funções são a espermatogênese, o desenvolvimento de características sexuais secundárias, como a voz grave e os pêlos corporais. Seus efeitos são associados, em parte, com a retenção de proteínas pelos músculos e desenvolvimento da massa muscular, principalmente em atletas submetidos a treinamento de força. A testosterona é responsável ainda, pelo crescimento da próstata, pela libido e pelo desenvolvimento de glândulas cutâneas, responsáveis pela acne e pelo odor corporal (Guyton & Hall, 1997; McArdle, Katch & Katch, 1988; Wilmore & Costill, 1994).

Sabe-se que o exercício intenso, como o de velocistas, eleva os níveis de testosterona, como maneira de auxiliar o GH na síntese muscular. Em indivíduos destreinados, mesmo o exercício aeróbico moderado contribui para a sua elevação (pois a musculatura desses indivíduos muitas vezes não é adequada, e o exercício teria que acarretar hipertrofia mesmo em intensidades mais baixas). No entanto, há muita controvérsia a respeito do treinamento de resistência, como maratonistas. Sugere-se que o aumento seja pequeno ou inexistente, já que tais atletas necessitam muito menos de aumento de massa muscular, já que seu desempenho é limitado por outros fatores, na realidade. Assim como o GH, a testosterona exógena é amplamente utilizada como “doping” (*esteróides anabolizantes*), como forma de promover o desenvolvimento muscular e a diminuição da gordura tanto em mulheres quanto em homens atletas. Riscos relativos à sua utilização ilícita podem incluir danos e tumores no fígado, decorrentes de hepatite química, cardiomiopatia (músculo cardíaco doente) e drásticas alterações de personalidade (Berne & Levy, 1996; McArdle, Katch & Katch, 1988).

Estrogênios

Fazem parte do grupo dos estrogênios o estradiol, o estriol e a estrona e os prostagênios, progesterona e 17 hidroxiprogesterona, que são produzidos nos ovários e são considerados hormônio femininos. Eles são responsáveis pela regulação da menstruação e ajustes fisiológicos que ocorrem durante a gestação. Os estrogênios também estimulam a deposição de gordura corporal, como forma de preparar o corpo da mãe para a gravidez, e estimula o desenvolvimento de características sexuais femininas. Sua regulação é relacionada

com o FSH e o LH e depende também da época da vida, assim como a testosterona. A secreção deles aumenta com o exercício, mas não se sabe a função desse aumento e também não existem ainda dados suficientes a respeito das intensidades desses aumentos (Berne & Levy, 1996; Fox & Matthews, 1983; McArdle, Katch & Katch, 1988; Shangold, 1984).

CONSIDERAÇÕES CONCLUSIVAS

Trabalhos como esse, que tem o objetivo de esclarecer, através da técnica de revisão bibliográfica, um pouco sobre o funcionamento do sistema hormonal e suas adaptações ao exercício, podem ter uma importância bastante grande na área da educação física. Um de seus maiores propósitos

era demonstrar como o homem é um ser bastante adaptável a diversas das situações que possa enfrentar. Nesse nosso caso, essas situações são os exercícios físicos, que provocam adaptações tanto quando são praticados de maneira crônica quanto aguda, de modo que o que antes era um dano ao corpo possa ser transformado em estímulo. É o princípio da restituição ampliada. Esperamos que este trabalho possa auxiliar na formação do profissional da educação física e na sua inserção de forma adequada na sociedade, bem como da formação de profissionais de outras áreas ligadas à saúde. Finalmente, não podemos esquecer que a ciência é dinâmica e suas afirmações não são dogmas incontestáveis, e sim foram feitas para serem questionadas, desde que de modo criterioso e honesto.

ABSTRACT

HORMONAL RESPONSES TO EXERCISE

The purpose of this study is to gather the results of recent researches on the hormonal responses caused by physical activity on the human body, increasing the knowledge that is registered in exercise physiology textbooks. The method that was used to do it is bibliographic research. The following hormones were studied: human growth hormone, thyreo-stimulating hormone, adrenocorticotrophic hormone, gonadotropins, prolactin, anti-diuretic hormone, ocitocin, thyreoid hormones, calcitonin, parathyreoid hormone, catecolamins, mineralocorticoids, glycocorticoids, erythropoietin, glucagon, insulin, testosterone and estrogens. The study concludes that physical activity promotes changes in the rates of production and secretion in almost all of these hormones.

UNITERMS: Hormones; Endocrinology; Exercise.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRESE, A.L.; VALDIVIESO, F.N. Controversias sobre valor hematocrito 50% como control del dopaje y prevención de la salud del deportista. *Archivos de Medicina del Deporte*, Pamplona, v.15, n.63, p.9-16, 1998.
- BERNE, R.M.; LEVY, M.N. *Fisiologia*. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.
- BORREGO, F.C. Repercusiones del ejercicio en la diabetes melitus. *Archivos de Medicina del Deporte*, Pamplona, v.15, n.66, p.313-9, 1998.
- BRENNER, I.; SHEK, P.N.; ZAMECNIK, J.; SHEPHARD, R.J. Stress hormones and the immunological responses to heat and exercise. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.19, p.130-43, 1998.
- DE ROSE, E.H.; NATALI, A.J.; RASSIER, D.J.E. Eritropoietina e exercício físico. *Movimento*, Porto Alegre, v.3, n.4, p.18-25, 1996.
- DEUSCHLE, M.; BLUM, W.F.; FRYSTYK, J.; ORSKOV, H.; SCHWEIGER, U.; WEBER, B.; KORNER, A.; GOTTHARDT, U.; SCHMIDER, J.; STANDHARDT, H.; HEUSER, I. Endurance training and its effect upon the activity of the GH-IGFs system in the elderly. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.19, p.250-3, 1998.

- FERNÁNDEZ-PASTOR, V.J.; ALVERO, J.R.; PÉREZ, F.; RUIZ, M.; FERNÁNDEZ-PASTOR, J.M.; DIEGO, A.M. Niveles de glucosa, glucagón y hormona del crecimiento plasmáticos en sujetos sedentarios y entrenados en respuesta a ejercicio máximo. *Archivos de Medicina del Deporte*, Pamplona, v.9, n.36, p.355-60, 1992.
- FOX, E.L.; MATTHEWS, D.K. *Bases fisiológicas da educação física e desportos*. 3. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1983.
- GOULD, S.J. *O polegar do panda: reflexões sobre história natural*. São Paulo: Martins Fontes, 1989.
- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. *Tratado de fisiologia médica*. 9.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997.
- McARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho físico*. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.
- McDERMOTT, M.T. (Org.). *Segredos em endocrinologia*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- MARTIN, W.H.- III. Effects of acute and chronic exercise on fat metabolism. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, Baltimore, v.24, p.203-30, 1996.
- PARDOS, C.L.; GALLEGOS, V.P.; DEL RÍO MAIOR, M.J.; MARTIN, A.V. Dopaje sanguíneo y eritropoietina. *Archivos de Medicina del Deporte*, Pamplona, v.15, n.64, p.145-8, 1998.
- SHANGOLD, M.M. Exercise and the adult female: hormonal and endocrine effects. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, Baltimore, v.12, p.53-76, 1984.
- SCHOTTELIUS, B.A.; SCHOTTELIUS, D.D. *Textbook of physiology*. 18th.ed. Saint Louis: C.V Mosby, 1978.
- TSUJI, H.; CURI, P.R.; BURINI, R.C. Alterações metabólicas e hormonais em nadadores durante o treinamento físico. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, São Caetano do Sul, v.7, n.2, p.35-41, 1993.
- WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L. *Physiology of sport and exercise*. Champaign: Human Kinetics, 1994.
- WILSON, J.D.; FOSTER, D.W. *Tratado de endocrinologia*. 7.ed. São Paulo: Manole, 1988. v.1.

Recebido para publicação em: 09 out. 2000

Revisado em: 26 nov. 2001

Aceito em: 17 dez. 2001

ENDEREÇO: Enrico Streliaev Canali
Av. Ganzo, 677/907 - Menino Deus
90170-071 - Porto Alegre - RS - BRASIL

DETECÇÃO, SELEÇÃO E PROMOÇÃO DE TALENTOS ESPORTIVOS EM GINÁSTICA RÍTMICA DESPORTIVA: UM ESTUDO DE REVISÃO

Pedro LANARO FILHO*
Maria Tereza Silveira BÖHME**

RESUMO

Poucos são os estudos que abordam as questões relacionadas ao diagnóstico e prognóstico de talentos esportivos em nosso país. Na Ginástica Rítmica Desportiva (GRD), essas questões parecem não estar bem esclarecidas, possivelmente por tratar-se de uma modalidade esportiva bastante recente. Percebe-se que os critérios para se detectar, selecionar ou promover ginastas ao alto nível, quase sempre são estabelecidos subjetivamente pelas técnicas, sem a utilização de critérios científicos. Os estudos já realizados apontam para a necessidade de conhecimento do potencial genético das atletas, associado a um meio ambiente favorável ao seu desenvolvimento. Este estudo de revisão teve por objetivo tentar esclarecer a importância de se utilizar critérios científicos fundamentados em referenciais cineantropométricos de ginastas de alto nível de diferentes categorias, com a finalidade de identificar as possuidoras de talento e desenvolvê-las por meio de treinamento sistematizado, para que atinjam o mais alto desempenho possível, em razão do potencial existente.

Unitermos: Talento esportivo; Cineantropometria; Ginástica rítmica desportiva.

INTRODUÇÃO

O nível técnico da Ginástica Rítmica Desportiva (GRD) tem evoluído significativamente, graças à seriedade do trabalho realizado pelas técnicas brasileiras, e apoio que temos recebido de técnicos e coreógrafos provenientes de países onde a GRD é mais desenvolvida, principalmente da Europa.

Aos poucos a GRD vem se popularizando em nosso país, o número de praticantes cresce a cada ano, locais oferecidos para a sua prática têm aumentado e tem melhorado bastante o nível dos profissionais especializados, cujo número é ainda relativamente pequeno.

Porém mesmo com os bons resultados conquistados em competições internacionais, ainda são encontradas muitas dificuldades para um maior desenvolvimento da modalidade no Brasil.

A detecção e seleção de talentos esportivos parece ser um dos problemas à serem resolvidos para se desenvolver a Ginástica Rítmica Desportiva no Brasil.

Muitos têm sido os estudos realizados por diversos pesquisadores de diferentes países e continentes propondo modelos e metodologias para a identificação e desenvolvimento de talentos esportivos tais como os de: Gimbel (1976), Montpetit e Cazorla (1982), Harre (1982), Bompa (1985), Matsudo, Rivet e Pereira (1987), entre outros. No entanto ainda permanecem inúmeras dúvidas sobre a melhor forma de diagnosticar e prognosticar as possibilidades de alto desempenho das crianças e jovens atletas, significando isto, que esse campo de pesquisa permanece aberto aos interessados pelo assunto (Régnier, Salmela & Russel, 1993).

* Centro de Educação Física e Esporte da Universidade Estadual de Londrina.

** Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

O prognóstico de desempenho de um atleta iniciante realizado sem esses critérios científicos aumenta a possibilidade de erro, pois nem sempre aqueles que atingem um maior nível de desempenho esportivo nas categorias infantil e juvenil, serão aqueles que irão pertencer a uma seleção nacional adulta.

Oliveira, Campos e Ramos (1989) apresentam em seu estudo, uma preocupação relacionada ao tempo que muitas vezes é investido na iniciação e especialização de determinados atletas, para só mais tarde detectar-se suas reais potencialidades para a obtenção de elevadas performances, além das falsas expectativas criadas, que se não forem competentemente conduzidas, poderão gerar frustrações.

Acredita-se que haja muitas crianças e adolescentes desprovidos da herança genética que são submetidas a árduos treinamentos, esperando-se que atinjam um grande desempenho, e quando percebe-se que seu futuro esportivo não é tão promissor já se passaram alguns anos onde perdeu-se muito tempo e trabalho tentando realizar o impossível, além de possíveis prejuízos de ordem física e psicológica que o treinamento sistematizado e intensivo pode trazer àqueles que não possuem o menor potencial para se tornarem grandes atletas (Moskotova, 1998).

Neste trabalho, teve-se por objetivo, fazer um levantamento das questões relacionadas ao talento esportivo de uma forma geral e mais especificamente das questões relacionadas à detecção, seleção e promoção de talentos para a modalidade de Ginástica Rítmica Desportiva. Para tanto, utilizou-se de uma pesquisa de revisão bibliográfica, por meio da qual buscou-se dar uma maior amplitude de conhecimentos à respeito do fenômeno denominado de talento esportivo.

REVISÃO DE LITERATURA

Talento esportivo

Dado que, as questões relacionadas ao talento e mais especificamente ao talento esportivo parecem não estar ainda bem esclarecidas em nosso país, procurou-se, definir, conceituar e esclarecer o que é talento no sentido geral do termo. Posteriormente procurou-se abordar mais diretamente as questões relacionadas ao entendimento de talento esportivo, e as possibilidades de diagnóstico e prognóstico do talento, ou seja, a detecção, seleção e promoção ao

alto nível de desempenho.

O termo “talento esportivo” é empregado para caracterizar indivíduos que demonstram elevadas capacidades biológicas e psicológicas, que dependendo do meio social no qual vivem, poderão apresentar alto desempenho esportivo, dependendo para isso de condições ambientais adequadas.

O nível de desempenho de um talento esportivo, depende dos traços individuais e dos programas que objetivam identificar, estimular e recompensar a aprendizagem e o treinamento (Bompa, 1994). Desta forma, a possibilidade de sucesso de um indivíduo em qualquer esporte depende de seu potencial genético, da metodologia de aprendizagem e treinamento durante os diferentes estágios do seu desenvolvimento.

Para Moskotova (1998), o mais alto desempenho atingido por um atleta em uma determinada modalidade esportiva, depende de uma grande variedade de características genéticas de ordem morfológica e metabólica, além de aspectos psicológicos, cognitivos e sociais, sendo incontestável que o progresso dos records não é típico apenas aos atletas com genótipo fenomenal, mas também depende do aperfeiçoamento biomecânico dos movimentos, da metodologia de treinamento, bem como das altas capacidades de reserva do aparelho locomotor de cada indivíduo.

Sobral (1993) sintetiza que toda iniciativa científica é, hoje, uma convivência de múltiplos saberes e competências. Enunciar todas as disciplinas científicas que podem contribuir para a elucidação dos problemas que emergem do esporte em geral, e do rendimento esportivo em particular, parece constituir uma tarefa desnecessária, já que as necessidades e oportunidades se revelam caso a caso e são aparentemente inesgotáveis.

Em uma análise de muitas pesquisas já realizadas sobre talento esportivo, Maia (1996) reconhece que o prognóstico do desempenho motor e esportivo apresenta insuficiências conceituais e metodológicas jamais abordadas de forma esclarecedora em qualquer estudo preditivo, especialmente por parte dos metodólogos e peritos na seleção em desporto. No entanto, quer em termos gerais, quer em áreas específicas de aplicação, psicólogos e psicometristas têm tratado destas insuficiências. Apesar de referidos para contextos diferentes, os problemas são sempre os mesmos: detectar jovens com elevadas potencialidades, selecionar os mais aptos, submetê-los a um processo de treino adequado e prever o

seu sucesso futuro.

Segundo Matsudo (1996), as dificuldades encontradas nas questões do talento esportivo, quase sempre estão relacionadas à falta de conhecimento e aceitação pelos técnicos esportivos, das pesquisas e metodologias desenvolvidas pelos teóricos, com o intuito de auxiliar no diagnóstico e predição do desempenho de atletas.

De outro lado, muitos pesquisadores possuem um profundo conhecimento teórico das ciências do esporte, mas não possuem qualquer experiência no desenvolvimento e aplicação prática de programas de identificação e desenvolvimento de talentos. Torna-se importante a interação entre esses profissionais, para que o processo da teoria aplicada ao campo prático seja possível, mesmo porque os conhecimentos adquiridos tanto pelo técnico como pelo pesquisador são importantes e se complementam para que o objetivo seja alcançado.

Na literatura da educação física e esporte nota-se um domínio notório da idéia de uma interdependência de comportamentos somáticos e psíquicos. Se realmente esta interdependência existe, o fato sugere um paralelismo psicofísico, onde as modificações de desenvolvimento na área somática têm sua correspondência em modificações paralelas no psíquico e vice-versa (Barbanti, 1989).

Esta postulação do desenvolvimento físico e psíquico se estabelece principalmente durante a puberdade, marcada por constantes transformações anatômicas e fisiológicas. Nesta fase a motricidade em geral passaria, por analogia, pela mesma crise pubertária apresentada na psicologia do desenvolvimento, sendo que do ponto de vista psicológico a puberdade é caracterizada por intensos processos conflituosos e persistentes esforços de auto-afirmação (Papalia & Olds, 1979, citados por Barbanti, 1989).

Faz-se necessário inicialmente levar o maior número possível de crianças à prática desportiva, de forma a experimentarem atividades motoras generalizadas caracterizadas pelas diversas modalidades de esportes. Então, a partir das experiências vivenciadas, das habilidades adquiridas e de metodologias científicas adequadas, realizar um processo de detecção de talentos específicos para as modalidades e especialidades desportivas.

Sobre a complexidade das questões relacionadas ao talento esportivo, Campbell (1998) infere que os grandes atletas fazem com que as

tarefas mais complicadas pareçam simples; estes praticantes parecem ter mais tempo para decidir, existindo, para além disso, situações em que eles apenas se limitam a expressar a sua habilidade natural. Essa extrema facilidade na execução perfeita ou quase de tarefas complicadas, depende de uma inter-relação de aptidões somáticas e psíquicas.

No que se refere ao entendimento das questões relacionadas ao diagnóstico e prognóstico dos comportamentos somáticos e psíquicos, Bouchard e Lortie (1984) estabelece a seguinte pergunta: será que todas as atitudes psicofísicas do ser humano são aprendidas ou exclusivamente fruto de uma questão genética? Acredita-se que ter os pais certos é um aspecto que ajuda bastante nesta perspectiva. Algumas capacidades, tais como a flexibilidade, coordenação de movimentos no tempo e no espaço, velocidade de reação, resistência muscular local, são determinadas do ponto de vista genético. Contudo, o desenvolvimento do talento vai muito além dos componentes anatômicos e fisiológicos do indivíduo. Determinação, decisão e um inflexível desejo de vencer, são aspectos não menos importantes a considerar nesta definição (Bouchard e Lortie, 1984).

Entretanto, a obtenção de um alto nível desportivo não é dependente somente do tempo e condições de treinamento, mas também de metodologias que permitam a identificação, detecção, seleção e promoção dos atletas, permitindo determinar e desenvolver o seu verdadeiro potencial esportivo.

O diagnóstico e prognóstico de talentos esportivos é uma importante área de atuação dos profissionais do esporte, pois é através da mesma que as novas gerações de atletas de alto nível são e serão detectadas e treinadas a longo prazo, para que tenham condições nas idades adequadas, considerando a especificidade de cada modalidade, e de acordo com as suas condições pessoais e do meio social em que vivem, apresentarem o seu melhor desempenho esportivo (Böhme, 1994).

O talento não pode ser detectado com base na aptidão demonstrada em um único teste motor e ou mensuração, mas a identificação de talentos é parte de um processo de desenvolvimento, que se torna aparente durante as etapas de treinamento, testagem e mensuração sistemáticas, concomitantemente com uma participação real em competições esportivas

(Hebbelinck, 1989).

As possibilidades para se realizar altos desempenhos, são resultantes do potencial genético do indivíduo e manifestam-se e desenvolvem-se durante a prática da atividade, em condições sociais adequadas, em face das exigências e expectativas adequadas, em tarefas ou traz situações problemáticas. Neste contexto, revelam-se aptidões particulares para tarefas específicas, que estimulam altos rendimentos e disponibilizam, reforçam e melhoram os pressupostos para um melhor rendimento (Bento, 1989).

Em um estudo realizado por Bloom (1985), constatou-se que foi possível traçar um perfil geral de talento para as diferentes áreas, a partir de um estudo das características comuns essenciais. Isto é, todos os talentos possuíam, além dos pressupostos necessários para atingirem elevado desempenho, outras características essenciais, tais como: interesse e empenhamento no campo escolhido; vontade de realizar trabalho intenso para obter elevada expressão na atividade escolhida; elevada motivação e interesse; e capacidade e facilidade de aprendizagem.

Preconiza-se então, descobrir e avaliar o mais cedo possível, as forças e fraquezas, bem como os talentos de cada criança nos diferentes domínios da aprendizagem, em todos os aspectos possíveis, sendo para isso importante fundamentar-se numa intervenção metodológica sistemática, contínua e progressiva, que proporcione a cada indivíduo o desenvolvimento ótimo das suas potencialidades.

Detecção de talentos esportivos

Considerando, de uma forma simplificada, que talentosos são indivíduos com predisposição para executar uma ou mais tarefas motoras e ou intelectuais acima da média da população. Qual será o método mais adequado a ser empregado para determinar a existência de elevado potencial nesses indivíduos com o objetivo de oportunizá-los ao desenvolvimento à obtenção de alto nível de desempenho?

Observa-se que estudos realizados sobre detecção de jovens talentosos para a prática desportiva ainda são pouco prestigiados por dirigentes das entidades esportivas. Estes preferem dar maior atenção ao atleta em formação e ao já formado. Excetuando-se algumas raras exceções, a detecção e seleção de jovens para o esporte tem sido feita de modo empírico, através da abnegação

de uma minoria; entretanto, completamente despreparada para cumprir a finalidade a que se propõem.

Referindo-se a formas de se detectar crianças talentosas para o esporte, Marques (1991) reporta que se tradicionalmente a detecção dos talentos deve se efetuar sobretudo a partir da observação pelos treinadores da criança nas competições, isto é, a partir de procedimentos subjetivos e empíricos, o que freqüentemente dará origem a erros, deve-se depois comprovar o processo de detecção e seleção de talentos, selecionando estratégias científicas adequadas, sem no entanto subestimar o papel dos treinadores e da observação pedagógica.

Tanto no aspecto conceitual “teórico” como no metodológico, a questão relacionada à detecção, seleção e promoção de jovens talentos para o esporte, parece ser ainda um tema atual em todo o mundo.

Além dos métodos convencionais utilizados para a detecção de talento, a dermatoglia tem sido utilizada em alguns países do Leste Europeu, como tentativa de detectar talentos através da observação da impressão digital.

Abramova (1995) citado por Fernandes Filho e Abramova (1997), relata que nos últimos 20 anos no Laboratório da Antropologia, Morfologia e Genética Desportiva do Instituto de Investigações Científicas de Moscou, têm sido analisadas as características das impressões digitais para selecionar talentos desportivos da antiga URSS e atual Rússia. No entanto, até o momento, poucas pesquisas têm confirmado a objetividade e fidedignidade desses procedimentos.

Quanto aos fatores hereditários, Moskotova (1998) descreve que talvez a genética para a seleção esportiva não se constitua ainda num ramo de conhecimento comum, por ter nascido como uma disciplina sempre discutível e relacionada com os fatores e as causas que limitam a melhora do desempenho em desportos de alto nível. Por conseguinte, não se pode afirmar que alguém nasceu para ser corredor de velocidade ou de maratona, sem se conhecer as aptidões psíquicas e físicas do indivíduo, tomadas como propriedade da sua constituição genética e como resultado da sua reação aos fatores ambientais.

Quanto à avaliação do potencial atlético, nas suas diferentes fases da prática desportiva, Filin (1996) afirma que numa primeira etapa (detecção de talentos) é impossível revelar o tipo ideal das crianças detentoras das

características morfológicas, funcionais e psicológicas, indispensáveis para uma especialidade desportiva, visto que as diferenças individuais existentes no desenvolvimento biológico dos iniciantes dificultam este objetivo. Por isso, o autor recomenda utilizar como orientação, para o ingresso de crianças e adolescentes na primeira etapa de treinamento, apenas um exame médico completo, que ateste não apresentarem quaisquer problemas de saúde.

Reforçando as argumentações acima, Smolevskiy e Gaverdovskiy (1996) sugerem que a orientação dos jovens no treinamento regular deve estar relacionada com a avaliação de seu estado de saúde para descobrir possíveis contra-indicações. Há uma lista das enfermidades e dos estados patológicos, sob os quais não se deve praticar esportes tais como: atraso no desenvolvimento físico, desvio da coluna vertebral, doenças do sistema nervoso, doenças do aparelho locomotor, doenças do sistema cardiovascular, problemas no trato gastrointestinal, tuberculose e anomalias de visão.

Quanto à importância da utilização de aspectos morfológicos para a detecção de talentos, Filin (1996) acrescenta que o desenvolvimento físico das crianças é avaliado pelas características externas: estatura, peso, proporção do corpo, forma da coluna vertebral e caixa torácica, forma da pélvis e membros inferiores, e somente depois disso utilizam-se as capacidades motoras das crianças.

Seleção de talentos esportivos

Nas primeiras fases do treinamento esportivo se fala de “seleção” e esta se baseia na busca daquelas capacidades ou atributos que um atleta tem que ter para ser considerado talentoso e que se adaptam ao trabalho e às dimensões técnicas, motoras e psicológicas da especialidade ou modalidade desportiva.

Para Böhme (1995), seleção de talentos esportivos é a denominação dada aos meios utilizados para a determinação dos indivíduos que têm condições de serem admitidos no nível superior de treinamento sistematizado em uma especialidade esportiva, objetivando um alto nível de desempenho esportivo na modalidade para a qual possui predisposições motora e psíquica.

A seleção de talentos esportivos pode ser entendida como sendo o sistema de organização metodológica das medidas, e também dos métodos de observação pedagógica,

sociológica, psicológica, médico-biológica, no qual revelam-se as aptidões e capacidades das crianças e adolescentes para a especialização no determinado tipo de esporte. O objetivo principal é o estudo total e a revelação das capacidades, que devem corresponder em grande escala às exigências de um ou outro tipo de esporte. Alguns especialistas utilizam o termo “revelação das aptidões esportivas” entendido como sendo o sistema de determinação dos meios e métodos e a avaliação das aptidões e capacidades do indivíduo, o que é de grande significado para os êxitos numa determinada especialidade esportiva (Filin, 1996).

Um critério de seleção cada vez mais predominante é o desempenho em competições, no qual é possível verificar o nível de desenvolvimento esportivo físico, técnico e tático, em interação com a personalidade (aspectos psicológicos) do atleta, podendo dessa forma ser observado o resultado individual dentro do perfil de exigências requerido para a modalidade.

Para Sobral (1993) o termo “seleção” tem um significado muito preciso na biologia que difere substancialmente do significado que lhe podemos atribuir em desporto.

Na biologia, o conceito de seleção evoca um outro conceito, o de *adaptação*, isto é, a capacidade de um organismo ou de uma população responderem às pressões ambientais através de modificações permanentes que mantêm o equilíbrio entre o organismo e o meio. Em desporto, o conceito de seleção tem por correlato o conceito de *ajustamento*, ou seja, um conjunto de modificações temporárias. Na natureza, a pressão seletiva implica a *plasticidade genética*. No desporto, a pressão seletiva implica a *diversidade fenotípica* (Sobral, 1993).

Os critérios para seleção de futuros atletas de alto nível diferem de esporte para esporte, sendo cada um específico e necessitando de uma solução diferente.

A utilidade da elaboração de padrões referenciais, a partir de dados da população normal; de atletas talentosos pertencentes a equipes de alto nível; de atletas pertencentes a seleções nacionais, ou ainda da elaboração de perfis mais abrangentes dos melhores atletas mundiais, é indubitavelmente válida caso haja a pretensão de se conduzir a seleção de forma organizada e efetiva (Hebbelinck, 1989).

Quanto à idade adequada para a seleção de talentos, visando iniciar um treinamento sistematizado em uma especialidade ou modalidade esportiva, pode-se dizer que isto

deveria ocorrer por volta dos 11 aos 14 anos, considerando que essas crianças já passaram por um sistema de iniciação desportiva onde tiveram a oportunidade de vivenciar a aprendizagem dos mais diversificados movimentos em diferentes modalidades (Campbell, 1998). No entanto, algumas modalidades esportivas, em função de características muito específicas, tais como a ginástica artística, a ginástica rítmica desportiva e a natação, entre outras, necessitam que esta seleção seja realizada um tanto precocemente, em razão do aproveitamento das fases sensíveis para a obtenção de determinados domínios motores e ou melhoria de determinadas capacidades motoras, como por exemplo alto grau de flexibilidade nas articulações, o que só é possível por volta dos seis aos nove anos, salvo exceções em que o alto grau de flexibilidade é determinado geneticamente.

Os jovens destas idades, tanto no início como no final deste período, apresentam-se com diferentes estados de desenvolvimento, onde estão incluídas transformações fisiológicas. A identificação e ou seleção dos talentos é um processo bastante complicado, uma vez que há vários fatores que vão determinar o futuro sucesso: físico, atitude mental, controle motor, facilidade de aprendizagem, capacidade técnica, tática e estratégica e finalmente, também... o jeito, a habilidade natural revelada para a prática desportiva (Campbell, 1998).

No período compreendido após a realização do processo metodológico que permite detectar talentos e antes da efetiva seleção específica de talentos para as determinadas modalidades esportivas, é necessário e fundamental que se utilize fatores básicos de controle de dados de cada criança ou jovem, mediante a criação de registros que demonstrem as modificações nas características morfológicas, as alterações nas capacidades físicas condicionantes e a evolução relacionada às capacidades físicas coordenativas.

Filin (1996) infere que o problema da seleção deve ser resolvido com base na aplicação dos métodos de observação médico-biológica, pedagógica, psicológica e sociológica. Os métodos pedagógicos permitem avaliar o nível de desenvolvimento das qualidades físicas, capacidades coordenativas e habilidade técnica desportiva. Na base da aplicação dos métodos médico-biológicos aparecem as particularidades morfofuncionais, nível do desenvolvimento físico, estado do organismo e estado de saúde do atleta.

Tratando-se da possibilidade de encontrar crianças ou jovens talentosos para o

esporte, Gaisl (1977) citado por Oliveira, Campos e Ramos (1989), observa que na análise de apenas uma determinada característica numa distribuição demográfica normal, pode-se esperar que 6% desta população apresente valores excepcionalmente elevados. Passando-se para a combinação de várias características ou variáveis, vai decrescendo o percentual dos que apresentam valores elevados, caindo para um mínimo quando se buscam várias características reunidas num mesmo indivíduo, como acontece na maioria das modalidades esportivas.

A falta de estudos que estabeleçam com mais segurança padrões de referência das variáveis envolvidas em determinados desportos, em diferentes idades, somados à falta de oportunidade da prática da atividade esportiva, conduzem à necessidade de se buscar estratégias planejadas na seleção do talento, enquanto a democratização da prática esportiva for um sonho de poucos (Oliveira, Campos & Ramos, 1989).

Sobral (1993) acredita que os estudos genéticos da “performance” motora e, em particular, desportiva, estão geralmente associados à idéia e às necessidades de seleção dos atletas. Como sucede em quase todas as aproximações disciplinares, também aqui a “performance” pode ser abordada com diferentes intenções, a saber:

- a) *Diagnóstica*, orientada para a identificação dos pré-requisitos e avaliação da extensão de suas qualidades.
- b) *Prognóstica*, tendo como finalidade a determinação dos tetos genéticos máximos de rendimento do atleta;
- c) *Otimizadora*, influenciada pelo meio ambiente, é conduzida para a elaboração dos procedimentos de treino que maximizem o potencial genético do indivíduo.

Para a observação aprofundada dos contingentes de praticantes selecionados, o treinador deve estudar profundamente as possibilidades dos praticantes com base nas observações pedagógicas no processo do treinamento, testes de controle, competições e provas de controle. Filin (1996) entende que os principais critérios nesta etapa para o prognóstico constituem nos ritmos do desenvolvimento das qualidades físicas e formação dos hábitos motores, os quais possibilitam prever as perspectivas do aperfeiçoamento desportivo dos praticantes no futuro.

Para Capinussú (1985) as escolinhas de iniciação esportiva não devem preparar os

jovens diretamente para as competições oficiais. Uma das finalidades é a seleção de talentos visando integrá-los às categorias inferiores. Isto ocorre por meio do empenho de cada um em demonstrar suas qualidades, o que vem a ser uma competição consigo mesmo.

Entretanto, deve-se observar, que mesmo os menos talentosos, devem ser mantidos na iniciação esportiva, como forma de promoção e ou manutenção da sua qualidade de vida.

Por mais que se tenham boas intenções, supõe-se que a pesquisa laboratorial e de campo tem sido ineficiente para obter informações conclusivas e inequívocas em relação à estrutura das habilidades motoras, a inter-relação entre os vários elementos envolvidos para a seleção de talentos esportivos e sua susceptibilidade ao treinamento (Hebbelinck, 1989).

Esta afirmação não propõe uma completa carência de conhecimentos em áreas como a de aptidão motora, mas aponta algumas das muitas falhas em tal conhecimento, o que torna a seleção de crianças mais difícil do que possa aparentar. Conseqüentemente, enquanto procedimentos para seleção têm sido desenvolvidos e utilizados com variados níveis de sucesso, sua validade não é, de forma alguma, inquestionável.

Para exemplificarmos um correto processo de seleção, citamos o caso de Cristina Cretu, uma das estrelas da ginástica romena, que foi uma das 20 ginastas selecionadas, de um grupo de 5.000 inscritos. Ela conseguiu passar com sucesso por um processo de seleção, testes de velocidade, força abdominal, flexibilidade e endurance. A seleção de talentos desta forma passa a ser também um problema de estatística, onde os métodos de seleção com relevância e valor prognóstico deveriam apresentar uma porcentagem mais baixa possível de previsões falso-positivas ou negativas (Borrmann, 1980).

Promoção de talentos esportivos

Por “promoção de talentos esportivos”, pode-se entender como um processo de acompanhamento do desenvolvimento do atleta, no qual deve-se levar em consideração os índices morfológicos, nível de preparação física especial, nível de preparação técnica, nível de preparação tática, nível de preparação psicológica, possibilidades funcionais do organismo e os resultados obtidos em competições (Böhme, 1994).

A promoção de talentos está

diretamente relacionada ao desempenho dos atletas em cada uma das etapas da periodização do treinamento a longo prazo, desempenho este que serve como parâmetro auxiliar para a elevação dos atletas a categorias ou equipes de nível superior dentro da modalidade específica.

Dado o talento desportivo depende das condições de sua promoção, há quem sugira ser este um aspecto determinante e necessário para entender que a aptidão para a prática desportiva e a natureza da atividade desenvolvida surgirão associadas. Então, como sustenta Tschiene (1985) citado por Marques (1993), em cada etapa do processo de preparação a longo prazo só pode, com segurança, detectar-se a aptidão do jovem desportista para o estágio seguinte da preparação, “porque cada etapa ou estágio apenas desenvolve os pressupostos para o estágio seguinte”; de onde resulta que “o processo global de treino do jovem tem que ser ajustado à identificação da aptidão, também no seu sentido organizacional”

A preparação do talento esportivo para promoção à níveis mais elevados, deverá ser realizada por meio de treinamento sistematizado de longo prazo. Um estudo cuidadoso do atleta nas várias etapas do treinamento, determinará com segurança a possibilidade de alto desempenho esportivo na modalidade determinada.

De acordo com Filin (1996), durante as etapas do treinamento de Longo Prazo, devem ser realizadas as observações pedagógicas, médico-biológicas, psicológicas e testes de controle com objetivo de determinar os pontos fortes e fracos da preparação dos praticantes; é neste período da preparação do jovem esportista, que deve ser resolvido definitivamente a questão do verdadeiro potencial esportivo individual.

Para Smolevskiy e Gaverdovskiy (1996), entre os critérios e condições estabelecidos para a promoção de talentos, deve-se levar em conta as seguintes informações:

- a) *o resultado esportivo nas últimas competições;*
- b) *o estado psicológico na execução técnica e tática em condições de competição;*
- c) *o estado ótimo de saúde;*
- d) *o bom nível de preparo orgânico;*
- e) *qualidades pessoais que determinam as relações sociais na equipe.*

A promoção de um talento esportivo depende do seu desempenho em cada uma das etapas da preparação a longo prazo. Entende-se que as determinantes do desempenho motor e esportivo são inúmeras e referem-se aos comportamentos

observados num indivíduo, em uma dada situação e em um dado momento. Para Règnier, Salmela e Russel (1993) e Salmela (1997), em razão da necessidade de um entendimento conceitual e analítico, o desempenho esportivo pode ser assumido como um somatório de mini desempenhos, num vasto conjunto de tarefas motoras.

Os diferentes estágios de desenvolvimento do talento, que propiciam a promoção a etapas ou categorias subseqüentes, partem da confiança de cada um, da diferenciação do potencial genético individual e das condições ambientais e socialmente determinadas. Para Bento (1989), em tal processo, a solidez das qualidades da personalidade revela-se como pressuposto essencial; essas qualidades (vontade, atitudes morais, consciência de responsabilidade, auto-avaliação, autoconfiança, etc.) apoiam o nível de expressão esportiva do atleta e conseqüentemente a consolidação do talento.

Hebbelinck (1989) entende que capacidade de se comparar qualquer indivíduo com padrões e perfis de atletas de alto nível de desempenho esportivo é a chave da busca por procedimentos bem-sucedidos para identificar e desenvolver o talento no esporte.

Entretanto, a promoção prematura de atletas a níveis mais elevados de treinamento deve ser vista com cautela. As previsões de aptidão física são consideradas em geral válidas, por dois a quatro anos, devendo ser consideradas como um processo evolutivo sob constante avaliação, análise e revisão.

Filin (1996), propõe que no processo de promoção de talentos esportivos deve-se levar em consideração os seguintes componentes: índices morfológicos; nível de preparação física especial, nível da preparação técnica, tática, psicológica; possibilidades funcionais do organismo do atleta; capacidade de recuperação depois de grandes cargas físicas e psicológicas. A principal forma de promoção são as competições. Por isso deve-se levar em conta não só os resultados e o seu desempenho em competições durante os últimos 2-3 anos, mas também o nível de desenvolvimento no decorrer das sessões regulares de cada estágio de treinamento, em correspondência com os principais componentes da preparação física, técnica, tática e psicológica no tipo de desporto em questão.

Considerando-se que, o processo de especialização na busca de um desempenho esportivo significativo custa tempo e

investimentos, Oliveira, Campos e Ramos (1989), enfatiza a necessidade de aproveitamento máximo das qualidades inatas dos jovens desportistas que, somadas a oportunidades ambientais que proporcionam aprendizagem de movimentos e participação em competições, além da dedicação e conhecimentos gerais e específicos do professor/técnico responsável, podem conduzir o jovem atleta a resultados elevados.

Após alguns anos da prática esportiva sistemática, dependendo da complexidade técnica, tática e psicológica da especialidade esportiva, deve-se fazer um resumo sobre a perspectiva de desenvolvimento de cada atleta, baseado em observações e testes realizados, com a finalidade de promovê-los a estágios superiores de acordo com o potencial verificado.

A trajetória de desenvolvimento do talento deve ocorrer num processo contínuo com trocas positivas desde a infância até a vida adulta; a ecologia do curso de vida indica que cada talento é um processo único e o produto final será o resultado da multiplicidade das variáveis pessoais e contextuais que influenciam no desenvolvimento.

Para melhor explicar a capacidade de adaptação do ser humano a diversas situações e estímulos do ambiente, Tani, Teixeira e Ferraz (1994), expõem que biologicamente essas adaptações representam mudanças na forma e função de sistemas, órgãos e tecidos, não havendo uma separação clara entre forma e função, devido a ocorrências de mudanças recíprocas. A prática de atividades motoras provoca adaptações de ordem morfológica (massa muscular) e funcional (metabolismo de energia).

A trajetória de desenvolvimento de um talento pode apresentar uma seqüência progressiva de objetivos, que inicialmente devem ser adequados aos níveis de desenvolvimento da criança e, posteriormente, do atleta. Os atributos psicológicos pessoais do atleta, como determinação, concentração, dedicação e motivação para prática esportiva possivelmente serão características evidenciadas desde a infância até a vida adulta.

Num relato de Marques (1993), há um entendimento da não existência de um único tipo ideal de desportista para cada desporto, mas vários tipos ideais. Exatamente porque nem sempre o que parece ser determinante na estrutura do rendimento esportivo vem se afirmar como tal. E aqui a razão para outra das grandes dificuldades surgidas. Quanto maior o número de fatores que integram a estrutura do rendimento esportivo,

maior o número de fatores necessários para formular o ideal de atleta; tanto mais difícil é também probabilisticamente a solução dos problemas relacionados à detecção, seleção e promoção dos talentos esportivos.

Modelo de detecção, seleção e promoção de talentos em GRD

A ciência do esporte ainda não dispõe de método racionalizado e eficaz para diagnosticar e prognosticar talentos para a Ginástica Rítmica Desportiva. Algumas metodologias fundamentadas em medidas e avaliações foram propostas para a identificação e desenvolvimento de ginastas talentosas, no entanto ainda se leva em conta principalmente a experiência e sensibilidade do treinador (Róbeva & Rankélova, 1991).

As autoras do livro intitulado "Escola de campeãs: ginástica rítmica desportiva" (Róbeva & Rankélova, 1991), fazem referência à Bulgária, país que deteve a hegemonia da GRD por muitos anos em razão da grande capacidade das suas técnicas. Estas, consideram três estágios distintos para o período compreendido da iniciação das ginastas até a obtenção do alto nível de desempenho, que pode ser considerado como sendo a detecção, a seleção e a promoção dos talentos para a GRD:

O primeiro estágio ou detecção de talentos para a GRD deve ser realizado fundamentado em testes nos quais é importante observar o desenvolvimento muscular, pernas longas, a expressão e a flexibilidade. Depois de alguns meses deve-se fazer uma avaliação tácita, observando aquelas que não possuem as qualidades necessárias e não progridem. As meninas devem ser separadas em grupos pelo grau de assimilação e aprendizagem dos exercícios propostos. Não se deve excluir as menos aptas precocemente, pois algumas somente manifestam as suas aptidões tardiamente.

O segundo estágio ou seleção deve ser realizado após um ano aproximadamente do primeiro estágio ou detecção. A seleção deve ser realizada em razão da conduta nas primeiras competições, da plasticidade, da concepção estética, da assimilação dos conteúdos propostos e de testes que permitam verificar graus de

flexibilidade e força. Esta verificação deve ser repetida após o segundo ano de treinamento para certificar-se que todas as selecionadas realmente possuem potencial para a GRD.

O terceiro e último estágio, ou fase de promoção de talentos à especialização esportiva, deve ser realizado no fim do terceiro ano. Avalia-se neste estágio os fatores qualitativos a partir da capacidade de enfrentar novas situações. Analisam-se as características de ordem médica, biológica e psicológica. Acrescenta-se aos testes realizados no primeiro e segundo estágio o controle do sistema nervoso, a vontade e determinação e os testes físicos que possam mensurar a flexibilidade em várias articulações, velocidade e potência de membros inferiores (Róbeva & Rankélova, 1991, p.37-41).

São consideradas crianças capazes de alto nível de desempenho, aquelas com aquisição comprovada e/ou habilidade potencial em quaisquer das seguintes áreas, ou em combinação de duas ou mais: habilidade intelectual geral; aptidão acadêmica específica; pensamento criativo ou produtivo; liderança; artes visuais e de performance; habilidade psicomotora. Pode-se também considerar talentosas aquelas crianças que demonstram um nível superior de desenvolvimento, e que tenham sido razoavelmente consistentes no desempenho de determinadas tarefas por alguns anos, ou ainda aquelas das quais tenham sido feitas predições com razoável grau de confiança devido a evolução rápida e contínua em direção a um desempenho de destaque, tanto nas áreas acadêmicas quanto na música, esporte, dança ou arte; e aquelas cujas habilidades não são primariamente atribuíveis a um desenvolvimento puramente físico (Hebbelinck, 1989).

APTIDÃO FÍSICA NO DESEMPENHO ESPORTIVO

Considera-se a aptidão física como um componente da aptidão total e conseqüentemente do desempenho esportivo, a qual deve ser utilizada como indicador para a predição de talentos para o esporte.

A obtenção de indicadores referenciais relacionados à aptidão física, possibilita o acompanhamento e a evolução no

treinamento de crianças e adolescentes praticantes de Ginástica Rítmica Desportiva, observando-se a possibilidade de evolução das crianças e jovens ao alto desempenho esportivo, de forma a estimar quais serão aqueles com maiores chances de atingir um alto nível de desenvolvimento na GRD.

Segundo Barbanti (1996), atletas de alto nível possuem aptidão física para tarefas específicas. Cada modalidade esportiva ou atividade física solicita exigências distintas de trabalho físico em termos de qualidade e quantidade. A adaptação do organismo nunca é observada fora destas solicitações, e se faz sempre em função da característica do estímulo a que ele é submetido.

A inconsistência da estabilidade do desempenho esportivo para o futuro, obriga a uma abordagem, onde o estudo e análise das aptidões e capacidades que cada sujeito evidencia são suscetíveis de determinar o seu nível de desempenho. É a partir destes fatores, independentemente de habilidades técnico-táticas e do nível de treino, que se deve articular a possibilidade de detectar e selecionar os jovens atletas e de predizer o seu desempenho esportivo (Maia, 1996; Régnier, Salmela & Russel, 1993; Salmela, 1997).

Para solucionar o problema da identificação das aptidões associadas ao desempenho esportivo, os investigadores têm recorrido, fundamentalmente, em trabalhos que se apoiam numa perspectiva taxionômica. A perspectiva taxionômica refere-se a um sistema elaborado de classificação da estrutura das aptidões envolvidas em diferentes tarefas motoras. A noção básica explícita na classificação das tarefas deve ser proveniente do estudo dos padrões de aptidões subjacentes. Por exemplo, o desempenho no cavalo com alças exige força, coordenação multi-segmentar, equilíbrio, controle estático e dinâmico, em que cada uma destas aptidões contribui com uma dada proporção para o desempenho do atleta (Maia, 1996; Schmidt, 1982).

Com a intenção de predizer o desempenho esportivo na Ginástica Rítmica Desportiva, Hume, Hopkins, Robinson, Robinson e Hollings (1993), realizaram um estudo transversal com 106 ginastas de sete a 27 anos de idade, no qual verificou-se a aptidão física relacionada a aspectos antropométricos, flexibilidade, potência de pernas, VO_2 máximo, percepção viso-motora, e características psicológicas. A melhor correlação entre as variáveis analisadas foi verificada nos dados das ginastas com maior tempo de

treinamento.

Especificamente no caso da GRD, por tratar-se de uma modalidade esportiva relativamente jovem, ainda são poucos os estudos realizados que apresentam dados relativos às suas características, sejam elas morfológicas, metabólicas, motoras ou psicológicas.

É necessário a realização de estudos que acrescentem subsídios que possam auxiliar na detecção, seleção e promoção de talentos em GRD.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE ATLETAS DE GRD

Para Tittel (1987), é difícil estabelecer o nível de aptidão física para esportes individuais por meio de medidas antropométricas, como forma de seleção de pessoas pelo seu biótipo, que possam apresentar bom desempenho esportivo. O problema é mais complexo, visto que não só é determinado pelos aspectos morfológicos, mas também pelos funcionais-energéticos, funcionais-reguladores, assim como por fatores mentais

Corbella I Virós e Barbany I Cairó (1992), realizaram um estudo cineantropométrico em um grupo de atletas de Ginástica Rítmica Desportiva, onde constataram que as ginastas apresentam valores baixos de tecido adiposo subcutâneo, ou seja, inferior a 10%. Verificou-se também que as ginastas apresentam um retardo na sua maturação sexual em relação à população normal. Na amostra utilizada com média de 12,72 anos de idade, na qual havia ginastas de até 17 anos, nenhuma delas havia chegado a sua idade menárquica.

Utilizando-se de raios X para determinar a idade óssea em ginastas com média de idade de 12,9 e desvio padrão de 1,1 ano, Corbella I Virós e Barbany I Cairó (1992) observaram que a idade óssea das ginastas é inferior a suas idades cronológicas. Já no que se refere aos dados antropométricos observados a partir da idade óssea, verificou-se que a estatura real das ginastas é inferior a sua estatura determinada pela idade cronológica e superior a sua estatura determinada pela idade óssea. Estas diferenças parecem reduzir quando observadas ginastas de maior idade cronológica. Quanto ao peso corporal, as ginastas apresentaram um valor superior ao que deveriam ter em razão da sua idade e da sua estatura, considerando tabelas de normalidade.

Em um estudo realizado para verificar o comportamento de preditores de

desempenho na Ginástica Rítmica Desportiva, realizado por Hume et alii (1993), as ginastas pertencentes à amostra se submeteram a diversos testes no período de treinamento e posteriormente os dados obtidos foram comparados ao desempenho conseguido em quatro diferentes competições de alto nível. Verificou-se que a idade e a massa magra tiveram uma correlação significativa com o desempenho das ginastas nas competições.

Lapieza, Nuviala, Castillo e Giner (1993), realizaram um estudo sobre as características morfológicas de atletas de Ginástica Rítmica Desportiva, comparando-as às nadadoras adolescentes, no qual verificaram a composição corporal, o somatótipo e o índice de proporcionalidade. As jovens ginastas apresentaram uma morfologia muito diferente das nadadoras, no entanto muito parecida com a morfologia de ginastas de alto nível. No que se refere ao percentil de massa gorda, confirmou-se os dados obtidos no estudo citado anteriormente, onde verificou-se baixos índices de tecido adiposo subcutâneo nas ginastas, bastante inferior às nadadoras. A hipótese levantada para explicar esse resultado, foi atribuída em razão do maior número de horas semanais de treinamento realizado pelas ginastas. As ginastas apresentaram também menor peso de massa magra, refletindo assim num peso corporal total inferior às nadadoras.

Massa e proporcionalidade corporal

Em estudo realizado por Massa (1999) verificou-se aspectos cineantropométricos em atletas de voleibol, com o intuito de estabelecer referenciais para a seleção e promoção de talentos esportivos para o voleibol.

Num outro estudo bastante recente, denominado “Bases para a detecção e promoção de talentos na modalidade de judô” de autoria de Franchini (1999), o objetivo foi estabelecer referenciais para a esta modalidade. Em seu trabalho, o autor faz referência a estudos de somatotipia de judocas, na qual se emprega medidas de massa, proporcionalidade e composição corporal.

Em um dos poucos estudos em GRD, Corbella I Virós e Barbany I Cairó (1992), procuraram fazer um estudo exploratório, utilizando-se de ultra-som e raios X como métodos complementares na avaliação cineantropométrica de um grupo de atletas de Ginástica Rítmica Desportiva, com conclusões bastante interessantes,

como por exemplo: a altura real das ginastas foi inferior a sua altura cronológica e superior a sua altura determinada pela idade óssea.

Em estudo de Hume et alii (1993), com ginastas de elite da Nova Zelândia, verificou-se na estatura, média de 162,0 cm e desvio padrão de 5 cm.

Segundo Weineck (1991) atletas de alto nível de desempenho tendem a diferenciar-se da população normal, no que se refere a dados observados em variáveis antropométricas, neuromotoras, metabólicas, entre outras.

DESEMPENHO MOTOR NA GRD

Atletas de Ginástica Rítmica Desportiva necessitam, em razão das características próprias da modalidade, de elevados níveis motores condicionais, no que se refere às variáveis flexibilidade, potência de membros inferiores, força de tronco e de membros superiores, velocidade e agilidade (Róbeva & Rankélova, 1991).

Poucos foram os estudos já realizados com o objetivo de verificar a interferência das capacidades motoras na explicação do alto nível de desempenho em Ginástica Rítmica Desportiva.

Hume et alii (1993), em seu estudo com atletas de GRD (N=106 e idade de sete a 27 anos), cujo objetivo foi verificar variáveis que pudessem predizer o desempenho na Ginástica Rítmica Desportiva, concluiu que a flexibilidade e a potência de pernas foram significativamente correlacionadas com o desempenho de ginastas após a verificação da média dos resultados em quatro diferentes competições, considerando-se também o nível técnico que se encontravam as ginastas que fizeram parte da amostra.

Hutchinson, Tremain, Christiansen e Beitzel (1998), por meio de um estudo cujo propósito foi verificar o aperfeiçoamento da capacidade de salto em atletas de GRD de alto nível, para o qual utilizou-se de uma metodologia específica (método pilates e pliometria), verificou após um mês de treinamento um incremento na altura do salto de 16,2%, o tempo de reação no solo melhorou 50% e a força explosiva aumentou em 220%. Verificou-se ainda que com a manutenção do treinamento não diminuíram os efeitos observados; entretanto, nenhum aumento foi verificado depois do primeiro mês de treinamento. Após um ano, com a descontinuação da

metodologia utilizada, mas continuando a treinar GRD, os ganhos iniciais foram igualmente mantidos.

No Brasil, Rodrigues (1986) propôs em seu estudo construir uma bateria de testes com a intenção de prever a “performance” motora de atletas de Ginástica Rítmica Desportiva. A amostra foi composta por 38 ginastas de oito a 14 anos de idade. Concluiu-se que a bateria de testes de habilidade motora geral para prever a performance em GRD, deve ser constituída pelo teste de saltitar, teste modificado de equilíbrio dinâmico de Bass, teste das três faixas e o teste de equilibrar na barra.

Entretanto, não se deve estabelecer a idade cronológica como forma de prognóstico da futura estrutura morfológica ou desempenho motor das ginastas. É necessário providenciar radiografia de mãos e punho para a verificação da idade óssea (biológica), em que se encontra cada uma das meninas que iniciam a prática sistematizada da GRD. Este procedimento propiciará uma melhor observação e controle do crescimento e do desenvolvimento das ginastas (Borrmann, 1980).

Flexibilidade em atletas de GRD

Em um estudo realizado por Iashvili (1982) foi encontrado em atletas de ginástica artística os seguintes valores: flexão de ombros 206,4 graus; flexão de quadril 136,2 graus e extensão de quadril 60,1 graus. Já nas atletas da seleção brasileira de GRD, foram encontrados para flexão de ombros 213,63 graus; flexão de quadril 157,0 graus e extensão de quadril 70,0 graus. Tais resultados demonstram uma proximidade nos valores dos dois estudos, com níveis pouco mais elevados para as atletas de GRD, possivelmente pelas maiores exigências de flexibilidade nessa modalidade.

Os resultados apresentados para a flexibilidade de atletas brasileiras de alto nível em GRD apontam valores elevados nas medidas de todas as articulações em relação a valores encontrados para a normalidade (Gerhardt, 1992).

Os elevados níveis de flexibilidade apresentados para a Ginástica Rítmica Desportiva, deve-se ao fato das ginastas utilizarem angulações extremas em movimentos complexos, utilizados para satisfazer as exigências dessa modalidade esportiva (Achour Junior, 1999).

Em estudo realizado por Hume et alii (1993) no qual se mediu a flexibilidade de 17 movimentos articulares em ginastas de quatro

diferentes categorias; foram encontrados valores mais elevados, nas ginastas de melhor nível de desempenho. Acredita-se que essa tendência pode ter sido estabelecida por fatores genéticos, pelo tempo e intensidade do treinamento específico, ou por ambos os fatores.

IDADE PARA INICIAÇÃO ESPORTIVA

Considerando que para cada modalidade esportiva recomenda-se que a iniciação esportiva seja feita em uma determinada faixa etária, em função dos períodos sensíveis de desenvolvimento das capacidades físicas, Böhme (1994) sugere que o conjunto das condições pessoais deve ser levado em consideração na detecção, seleção e promoção de um talento esportivo. Se estas forem detectadas e desenvolvidas convenientemente no período adequado, o talento esportivo terá condições, na idade apropriada para o esporte considerado, de apresentar um melhor desempenho esportivo, alcançando conseqüentemente o sucesso esportivo.

Campbell (1998) faz a seguinte consideração sobre as dificuldades de se estabelecer uma idade adequada para se proceder a identificação de talentos para os esportes:

Em alguns países os jovens com talento são escolhidos muito cedo, em idades ainda muito baixas e transferidos para escolas especializadas. Trata-se de uma medida que não se adapta à cultura de países como a Inglaterra. O maior perigo reside porém quando, como na Inglaterra, fazemos essa escolha demasiado tarde ou mesmo não temos qualquer sistema de seleção orientada para essa finalidade, permitindo que alguns jovens talentos passem pelo sistema sem serem detectados. Trata-se de uma situação que acontece apesar do sistema e não por causa do sistema.

Admitindo o exposto acima, verifica-se as muitas aberrações que têm sido cometidas por responsáveis no desenvolvimento do esporte, os quais, quase sempre, não têm considerado essas fases sensíveis de desenvolvimento de cada uma das capacidades físicas, talvez pela falta de conhecimento, mas muitas vezes pelo imediatismo de resultados que observa-se imperar nos locais de prática desportiva.

Recomenda-se que a iniciação à

Ginástica Rítmica Desportiva deva ser realizada por volta dos seis a oito anos de idade, em razão da capacidade de compreensão para a aprendizagem dos movimentos específicos da modalidade, cuja complexidade é relativamente alta (Róbeva & Rankélova, 1991).

A idade para início de um treinamento sistematizado deve variar, considerando a idade adequada de desempenho máximo para cada modalidade esportiva, sendo que uma primeira escolha ocorre normalmente entre pessoas não treinadas, por esta razão o processo de detecção e posteriormente a seleção devem iniciar-se na escola, durante as aulas de educação física.

A estimativa das predisposições, somente é possível ao correlacionar-se com o nível de desenvolvimento físico alcançado na idade da verificação. É necessário levar-se em conta que cada faixa etária tem as suas particularidades de desenvolvimento físico e intelectual. O intervalo entre uma idade e outra, significa também uma etapa qualitativamente nova na formação do organismo, já que modificam-se as premissas internas do desenvolvimento e modifica-se o clima psicológico da formação das capacidades e interesses (Filin & Volkov, 1998).

Considerando a precocidade com que uma determinada criança possa apresentar aptidão especial para um determinado esporte, Hebbelinck (1989) acrescenta que, enquanto para alguns esportes a demonstração precoce de habilidade no desempenho tem sido útil para detecção de futuros campeões em potencial, não se pode afirmar da mesma forma que este seja um procedimento altamente efetivo para a seleção daqueles com maior possibilidade de sucesso nos mais altos níveis de desempenho.

Para Tani, Teixeira e Ferraz (1994) em geral, a partir de 12 anos o indivíduo está preparado para a aquisição de habilidades motoras culturalmente determinadas, no entanto pode-se observar crianças que adquirem essa condição bastante precocemente em razão de pré disposições genéticas e do favorecimento do meio ambiente.

Faz-se necessário ressaltar que o desenvolvimento motor na primeira infância, na qual se aprende as habilidades fundamentais e posteriormente na segunda infância na qual se

aprende a combinação de habilidades fundamentais são importantíssimos para que os indivíduos tenham condições de aprender as denominadas habilidades motoras culturalmente determinadas, e que sua participação no esporte deve ser uma escolha pessoal e consciente das características da competição esportiva (Franchini, 1998; Santos & Pereira, 1997).

No que se refere à faixa etária adequada para o procedimento da detecção de talentos, Marques (1993) expõe que independentemente das particularidades que são observadas em cada modalidade ou especialidade esportiva, pode considerar-se, que nas fases iniciais do diagnóstico não é possível detectar crianças com talento específico, detectando-se nessa fase inicial crianças com determinadas características que poderiam atender a uma diversidade de modalidades.

Detectar e desenvolver talentos precocemente, poderá levar mais tarde a uma diminuição do número de praticantes e à exclusão dos que têm um desenvolvimento tardio. Em cada uma das etapas deste processo, é importante fornecer uma orientação clara em termos dos níveis de treino e de competição (Campbell, 1998).

CONCLUSÃO E SUGESTÃO

Conclui-se que, em razão da pequena quantidade de estudos realizados no Brasil até o momento sobre o diagnóstico e prognóstico de talentos para o esporte, mais especificamente para a Ginástica Rítmica Desportiva, tornam-se amplas as possibilidades de realização de pesquisas tendo o talento esportivo como objeto de estudo, uma vez que recomenda-se realizar pesquisas dessa natureza observando as características específicas da população de cada região (aspectos étnicos).

Especificamente na Ginástica Rítmica Desportiva, sugere-se que sejam realizados estudos, com o propósito de caracterizar cineantropométricamente as ginastas de alto nível de desempenho em diferentes categorias (faixas etárias), com a finalidade de se obter indicadores, que possam servir de referenciais para se estimar quais as reais chances das ginastas iniciantes alcançarem o alto nível de desempenho esportivo.

ABSTRACT
**DETECTION, SELECTION AND PROMOTION OF SPORTS TALENTS IN RHYTHMIC GYMNASTIC:
A REVISION STUDY**

There still are few studies concerning sport talent identification in Brazil. In the Rhythmic Sports Gymnastics (RSG), this approach does not seem to be very well developed, since this is a new sport in this country. The criteria to detect, select and promote high level gymnasts is established by the coaches and most of the time without scientific criteria. The studies have shown that is necessary to know the genetic potential of the athletes which should be linked to an environment favorable to its development. This study, is a review of literature which objective is to show the importance of a scientific criteria based on kineanthropometry for high level gymnasts of different categories. Also, this study aims to show how to identify the talents as well as to develop them through a sistematic training and thus improve their performance as much as possible, considering the existing potential.

UNITERMS: Sport talent; Kineanthropometry; Rhythmic sports gymnastics.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHOUR JÚNIOR, A. **Bases para exercícios de alongamento relacionado com a saúde e no desempenho atlético**. 2.ed. Londrina: Phorte, 1999. p.121-48.
- BARBANTI, V.J. Desenvolvimento das capacidade físicas básicas na puberdade. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.3, n.5, p.31-7, 1989.
- _____. **Treinamento físico: bases científicas**. São Paulo: Manole, 1996.
- BENTO, J.O. Detecção e fomento de talentos. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, São Caetano do Sul, v.3, n.3, p.84-93, 1989.
- BLOOM, B.S. **Developing talent in young people**. New York: Ballantine 1985.
- BÖHME, M.T.S. Talento esportivo I: aspectos teóricos. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.8, n.2, p.90-100, 1994.
- _____. Talento esportivo II: determinação de talentos esportivos. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.9, n.2, p.138-46, 1995.
- BOMPA, T.O. **Talent identification**. Ottawa: Coaching Association of Canada, 1985.
- _____. **Theory and methodology of training: the key to athletic performance**. 3. ed. Dubuque: Kendal/Hunt, 1994.
- BORRMANN, G. **Ginástica de aparelhos**. Lisboa: Estampa, 1980. p.489-94.
- BOUCHARD, C.; LORTIE, G. Heredity and endurance performance. **Sports Medicine**, Auckland, v.1, n.1, p.38-64, 1984.
- CAMPBELL, S. A função do treinador no desenvolvimento do jovem atleta. **Revista Treino Desportivo**, Lisboa, n.3, p.31-9, 1998.
- CAPINUSSÚ, J.M. A necessidade da presença do professor de educação física no trabalho das escolinhas. **Sprint**, Rio de Janeiro, p.86-9, 1985.
- CORBELLA I VIRÓS, M.; BARBANY I CAIRÓ, J.R. Ultrasonidos y RX como métodos complementarios em la exploración cineantropométrica de um grupo de gimnastas de rítmica. **Medicina de l Esport**, v.29, n.114, p.301-8, 1992.
- FERNANDES FILHO, J.; ABRAMOVA, T.F. A utilização de índices dermatoglíficos na seleção de talentos. **Revista Treinamento Desportivo**, Lisboa, v.2, n.1, p.41-6, 1997.
- FILIN, V.P. **Desporto juvenil: teoria e metodologia**. Londrina: Centro de Informações Desportivas, 1996.
- FILIN, V.P.; VOLKOV, V.M. **Seleção de talentos nos desportos**. Londrina: Midiograf, 1998.
- FRANCHINI, E. Bases para a detecção e promoção de talentos na modalidade de judô. In: PRIMEIRO prêmio INDESP de literatura esportiva. Brasília: Instituto Nacional de Desenvolvimento do Desporto, 1999.
- GERHARDT, J.J. **Documentation of joint motion**. Oregon: ISOMED, 1992.
- GIMBEL, B. Possibilities and problems in sports talent detection research. **Leistungssport**, Frankfurt, n.6, p.159-67, 1976.
- HARRE, D. **Trainingslebre**. Berlim: Sportverlag, 1982.
- HEBBELINCK, M. Identificação e desenvolvimento de talentos no esporte: relatos cineantropométricos. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, São Caetano do Sul, v.4, n.1, p.46-62, 1989.

- HUME, P.A.; HOPKINS, W.G.; ROBINSON, D.M.; ROBINSON, S.M.; HOLLINGS, S.C. Predictors of attainment in rhythmic sportive gymnastics. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Turin, v.33, n.4, p.367-77, 1993.
- HUTCHINSON, M.R.; TREMAIN, L.; CHRISTIANSEN, J.; BEITZEL, J. Improving leaping ability in elite rhythmic gymnasts. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, Madison, v.30, n.10, p.1543-47, 1998.
- IASHIVILI, A.V. Active and passive flexibility in athletes specializing in different sports. **Teoriya i Praktika Fizicheskoi Kultury**, v.7, p.51-2, 1982.
- LAPIEZA, M.G.; NUVIALA, R.J.; CASTILLO, M.C.; GINER, A. Características morfológicas em ginastas de rítmica y nadadoras adolescentes. **Medicina de l Esport**, v.30, n.118, p.255-63, 1993.
- MAIA, J.A.R. O prognóstico de desempenho do talento esportivo: uma análise crítica. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.10, n.2, p.179-93, 1996.
- MARQUES, A. Da importância das fases iniciais de escolaridade na detecção e selecção de talentos desportivos em Portugal. In: BENTO, J.; MARQUES, A. **As ciências do desporto e a prática desportiva: desporto de rendimento, desporto de recreação e tempos livres**. Porto: Faculdade de Ciências do Desporto e da Educação Física/Universidade do Porto, 1991. v.2, p.15-21.
- _____. Bases para estruturação de um modelo de detecção e selecção de talentos desportivos em Portugal. **Espaço**, Porto, v.1, n.1, p.47-58, 1993.
- MASSA, M. **Seleção e promoção de talentos esportivos em voleibol masculino: análise de aspectos cineantropométricos**. 1999. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MATSUDO, V.K.R. Prediction of future athletic excellence. In: BAR-OR, O. **The child and adolescent athlete**. Oxford: Blackwell Science, 1996. p.92-109. (The Encyclopaedia of Sports Science).
- MATSUDO, V.K.R.; RIVET, R.E.; PEREIRA, M.H.N. Standard score assessment of physique and performance of Brazilian athletes in a sixtiered competitive sports model. **Journal of Sports Science**, London, v.5, p.49-53, 1987.
- MONTPETIT, R.; CAZORLA, G. La detection du talent en natation. **La Revue de l'Entraîneur**, n.5, p.23-37, 1982.
- MOSKOTOVA, A.K. **Aspectos genéticos e fisiológicos no esporte: seleção de talentos na infância e adolescência**. Rio de Janeiro: Grupo Palestra Sport, 1998.
- OLIVEIRA, P.R.; CAMPOS, J.A.; RAMOS, A. Contribuição ao estudo de padrões de referência para a seleção de talentos esportivos. **Revista da Fundação de Esporte e Turismo**, Londrina, v.1, n.3, p.19-30, 1989.
- RÉGNIER, G.; SALMELA, J.; RUSSEL, S.J. Talent detection and development in sport. In: SINGER, R.N.; MURPHEY, M.; TENNAUE, K.L. (Eds.). **Handbook of research in sport psychology**. New York: MacMillan, 1993. p.290-313.
- RÓBEVA, N.; RANKÉLOVA, M. **Escola de campeões: ginástica rítmica desportiva**. Tradução Geraldo Moura. São Paulo: Ícone, 1991.
- RODRIGUES, M.I.K. **Construção de uma bateria de testes para predizer a performance de ginastas em ginástica rítmica desportiva**. Santa Maria, UFSM, 1986. (Produção Científica em Educação Física e Esportes – Dissertações e Teses).
- SALMELA, J.H. Détection des talents. **Education Physique et Sport**, Paris, n.267, p.27-9, 1997.
- SANTOS, S.G.; PEREIRA, S.A. Perfil do nível de ansiedade-traço pré competitiva de atletas de esportes coletivos e individuais do Estado do Paraná. **Movimento**, Porto Alegre, v.4, n.6, p. 3-13, 1997.
- SCHMIDT, R.A. **Motor control and learning: a behavioral emphasis**. Champaign: Human Kinetics, 1982.
- SMOLEVSKIY, V.; GAVERDOVSKIY, I. **Tratado general de gminasia artística deportiva**. Barcelona: Paidotribo, 1996. p.239-47.
- SOBRAL, F. População, seleção e performance: uma estratégia de investigação em ciências do desporto. **Espaço**, Porto, v.1, n.1, p.23-30, 1993.
- TANI, G.; TEIXEIRA, L.; FERRAZ, O.L. Competição no esporte e educação física escolar. In: CONCEIÇÃO, J.A.N. (Coord.). **Saúde escolar: a criança a vida e a escola**. São Paulo: Sarvier, 1994. p.73-86.
- TITTEL, K. Tasks and tendencies of sports-anthropometry and its contribution for the selection of talents in sports. In: CONGRESSO NACIONAL DE LA MEDICINA DEPORTIVA, Palma de Mallorca, 1987. **Actas...** Palma de Mallorca, Eurograf, 1987, p.81-91.
- WEINECK, J. **Biologia do esporte**. São Paulo: Manole, 1991.

Recebido para publicação em: 05 fev. 2001

Revisado em: 18 dez. 2001

Aceito em: 04 fev. 2002

ENDEREÇO: Pedro Lanaro Filho
R. Osaka, 53 – Jd. Cláudia
86050-330 - Londrina - PR BRASIL
e-mail: lanaro@sercomtel.com.br

ANDAR PARA FRENTE E ANDAR PARA TRÁS EM INDIVÍDUOS IDOSOS

Renato MORAES*
Eliane MAUERBERG-deCASTRO*

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar cinematicamente possíveis alterações que possam ocorrer na topologia do movimento de andar para frente (AF) e andar para trás (AT). Nove participantes idosos (GI) e nove jovens (GJ) foram convidados a participar deste estudo. Os participantes foram filmados no plano sagital nas tarefas de AF e AT. A análise dos resultados permitiu observar que o comprimento relativo da passada foi maior para o GJ e maior no AF, enquanto a duração da passada não variou em função da idade nem da tarefa. A velocidade da passada (VP) foi maior no AF e maior para o GJ. O GI diminuiu a VP no AT em relação ao GJ. A análise dos retratos de fase (RF) do joelho e ângulos de fase da coxa e perna permitiu identificar que no AT há uma preferência pelo sistema coxa-perna de oscilar na mesma direção ao longo de toda a passada. Concluímos que indivíduos idosos têm um comprometimento maior para realizar atividades motoras não habituais, como AT. Além disso, no AT ocorre uma alteração na estratégia de amortecimento observada no RF do joelho e os idosos restringiram a ação do tronco na direção ântero-posterior quando andando.

UNITERMOS: Idosos; Andar para frente; Andar para trás; Retratos de fase; Ângulos de fase.

INTRODUÇÃO

A locomoção humana tem sido um dos principais temas de pesquisa na área de comportamento motor destes dois últimos séculos (Adrian & Cooper, 1989). O ato locomotor é um movimento muito complexo enquanto um sistema subordinado a estruturas do organismo de alta e baixa ordem. Entretanto, a simplicidade de sua representação parte da premissa de que poucos parâmetros coordenativos e de controle (ou regulação) descrevem a totalidade de sua estrutura comportamental. A locomoção está de tal forma incorporada no nosso dia-a-dia que a executamos sem despender maiores demandas atencionais. Utilizando uma linguagem de sistemas dinâmicos podemos afirmar que o atrator para a locomoção é tão estável que mesmo sob o efeito de alguma perturbação o padrão de andar tende a retornar a seu estado inicial (Thelen & Smith, 1994).

Esta estabilidade da locomoção humana é um dos aspectos importante no estudo sobre a “arquitetura” de relações entre sistemas e subsistemas envolvidos no comportamento em questão e suas fontes de restrição (e.g., do organismo, do ambiente e da tarefa). Grillner (1985), por exemplo, tem buscado argumentos a favor da existência de um gerador central de padrão (GCP) para explicar os mecanismos básicos que produzem o movimento de andar coordenado. A premissa dos GCPs vem sendo testada na locomoção para trás com o objetivo de identificar quais estruturas corticais e conexões respondem pela sua regulação (Thorstensson, 1986; Van Deursen, Flynn, McCrory & Morag, 1998; Vilensky, Gankiewicz & Gehlsen, 1987; Winter, Pluck & Yang, 1989). Winter, Pluck e Yang (1989), por exemplo, encontraram que o andar para

Departamento de Educação Física da Universidade Estadual Paulista – Rio Claro.

trás (AT) é uma reversão do andar para frente (AF), de tal forma que é possível admitir que os mesmos neurônios que controlam o AF seriam responsáveis pelo AT.

O AT não é uma tarefa usual no dia-a-dia e poucas situações do nosso cotidiano estimulam a execução deste tipo de locomoção. Assim, exceto durante pequenas mudanças de direções, passamos boa parte da nossa vida sem realizar o AT. Embora sua característica coordenativa provavelmente seja uma derivação direcional do AF, ela depende de experiências ao longo do período de desenvolvimento das habilidades fundamentais (DePaula, 2001). Segundo esta autora, a evolução coordenativa e de controle segue aparentemente um caminho parecido com o da locomoção para frente, embora não simultâneo. A demanda para a sua emergência nasce das necessidades de orientação e de incorporação - como componente - dentro de outros comportamentos (e.g., sentar e mudanças de direção em rotas complexas). Em termos de análise do desenvolvimento estas habilidades auxiliam na detecção do "status" de funcionamento do indivíduo, seja no período das aquisições, seja no período do declínio. Por exemplo, o avanço da idade influencia, em maior ou menor grau, a qualidade destas habilidades fundamentais e, mais dramaticamente, as habilidades não habituais.

A série de alterações orgânicas no indivíduo idoso (diminuição de força e menor velocidade de condução neuronal, por exemplo) somadas as alterações comportamentais justificam como estratégias diferenciadas de controle (e.g., arrastar os pés, ampliar a base de sustentação do corpo, entre outras) acabam dominando e limitando a diversidade das ações (e.g., recusa pelos idosos em se abaixar, girar, ou deslocar-se para trás). Pesquisadores interessados no impacto do envelhecimento no sistema locomotor observaram várias alterações cinemáticas, tais como: diminuição do comprimento da passada, diminuição da duração da passada, diminuição da fase de oscilação e aumento da fase de suporte, menor amplitude de movimento e menor velocidade da passada (Ferrandez, Pailhous & Durup, 1990; Finley, Cody & Finizie, 1969; Gabell & Nayak, 1984; Hageman & Blanke, 1986; Imms & Edholm, 1981; Prince, Corriveau, Hébert & Winter, 1997; Williams & Bird, 1992; Winter, 1991).

Entretanto, estes estudos refletem uma tendência das pesquisas que valorizam o produto final, ou seja, a quantificação das

diferentes variáveis como comprimento, duração e velocidade da passada. Não há dúvida da importância de sabermos quais mudanças ocorrem com o envelhecimento, mas tão importante quanto entender o que ocorre, é entender como ocorre.

Esta nova maneira de analisar o comportamento motor baseia-se na busca pelas alterações no processo de aquisição, adaptação e mesmo perdas. No caso da organização do andar, o processo pode ser visualizado através de uma análise descritiva do movimento o qual pode ser capturado por técnicas biomecânicas adotadas para explicar a dinâmica não-linear. Entre as várias técnicas, temos os retratos de fase e os ângulos de fase. Segundo Abraham e Shaw (1992), o retrato de fase é o aspecto fundamental dentro da teoria dos sistemas dinâmicos. Rosen (1970) sugeriu que o comportamento de um sistema dinâmico pode ser capturado por uma variável (e.g., posição angular) e sua primeira derivada com relação ao tempo (e.g., velocidade angular).

A utilização da técnica de retratos de fase conduz a uma análise topológica do movimento. Na análise topológica, o interesse principal é examinar o processo de mudança no estado do sistema e obter uma descrição da forma do movimento. O estado de um sistema em movimento, ou a trajetória do seu atrator, capturada via retratos de fase, é uma evidência de que um sistema comportamental de alta ordem pode ser uma representação de baixa ordem (Mauerberg-DeCastro & Angulo-Kinzler, 2000). Um atrator pode ser caracterizado como a convergência de órbitas de um sistema para uma região específica dentro do espaço de fase (Thelen & Smith, 1994). Segundo Mauerberg-deCastro e Angulo-Kinzler (2000), a representação de um atrator através da técnica de retratos de fase implica numa característica de preferência de organização pelo sistema que não é rompida facilmente no caso da locomoção.

Além dos retratos de fase, outra ferramenta de análise utilizada em sistemas dinâmicos é o ângulo de fase (Barela, Whittall, Black & Clark, 2000; Mauerberg-deCastro & Angulo-Kinzler, 2000). Os ângulos de fase são derivados de parâmetros angulares (posição e velocidade) plotados em um sistema de coordenadas polares e permitem descrever a relação coordenativa entre sistemas acoplados (e.g., segmentos coxa e perna). Além disso, o uso de ângulos de fase permite restaurar o fator temporal (Mauerberg-deCastro & Angulo-Kinzler, 2000).

Embora existam problemas na interpretação de tais técnicas, elas podem ser corroboradas entre si durante a representação dos elementos (i.e., segmentos e articulação) do comportamento do mesmo sistema de ação e no mesmo instante. Por exemplo, o mesmo resultado da coordenação entre os segmentos coxa e perna visualizado nos ângulos de fase -, também pode ser visualizada no resultado da coordenação do joelho visualizada no retrato de fase. A articulação do joelho converge a atividade pendular acoplada e cria um atrator tipo torus, enquanto o atrator dos segmentos é tipicamente ciclo limite (Forrester, Phillips & Clark, 1993). Estes diferentes tipos de atratores são a assinatura do sistema em sua expressão coordenativa.

A expressão coordenativa, observável nestas duas técnicas, é um importante requisito na avaliação funcional dos sistemas. O indivíduo idoso que tem sua expressão comportamental motora alterada e em constante declínio por conta da inevitável comparação com jovens depende de diagnósticos para prevenir situações de acidentes ou de desinteresse na mobilidade em geral.

Pretende-se neste estudo aplicar estas informações e observar a regularidade do AF e AT em participantes idosos e jovens. Assim, apoiado nos pressupostos da abordagem dos sistemas dinâmicos, o presente trabalho tem como objetivo avaliar cinematicamente possíveis alterações que possam ocorrer na topologia do movimento de AF e AT em indivíduos idosos. Por outro lado, entender como o sistema supostamente em “declínio” se comporta frente às demandas impostas por fontes de restrição pode acrescentar uma nova visão sobre formas adaptativas e sobre os conceitos de funcionalidade.

MÉTODOS

Participantes

Dezoito participantes adultos jovens e idosos foram convidados a participar deste

estudo. Eles foram informados previamente sobre a tarefa e assinaram um termo de consentimento. Eles foram subdivididos em dois grupos com nove participantes no grupo jovem (GJ) e nove participantes no grupo idoso (GI). Os participantes que fizeram parte deste estudo foram considerados ativos, pois faziam atividade física ao menos três vezes por semana. No GJ, a média de idade foi de 21,8 anos ($\pm 1,5$), massa corporal média de 70,1 kg ($\pm 11,3$) e altura média de 1,73 m ($\pm 0,13$). No GI, a média de idade foi de 64,6 anos ($\pm 3,7$), massa corporal média de 64,3 kg ($\pm 9,7$) e altura média de 1,60 m ($\pm 0,07$).

Procedimento experimental

Marcas de esparadrapo medindo 9,0 x 6,0 cm com um círculo preto pintado no centro foram afixadas na pele dos participantes na região das articulações do tornozelo, joelho, quadril e ombro. Os participantes foram solicitados a andar para frente (AF) e andar para trás (AT) em linha reta num caminho de 8 m. Duas passadas realizadas na região central desse caminho foram analisadas. Com o objetivo de obter os parâmetros cinemáticos de posição e velocidade angular, os participantes foram filmados no plano sagital utilizando uma filmadora Panasonic (AG-2900). Esta filmadora foi mantida fixa após a filmagem do sistema de referência no formato de uma cruz medindo 1 x 1 metro. A filmadora foi posicionada perpendicularmente ao caminho utilizado pelos participantes a uma distância de três metros. Os participantes realizaram os deslocamentos na sua velocidade preferida, completando seis tentativas em cada tarefa (AF e AT). Três tentativas foram filmadas no plano sagital direito e outras três no plano sagital esquerdo para cada tarefa.

Análise dos registros videográficos

Para facilitar o reconhecimento das abreviaturas utilizadas no presente estudo, organizamos uma lista com todas as abreviações. Essa lista está apresentada na TABELA 1.

TABELA 1 - Descrição das abreviaturas utilizadas no presente estudo com suas respectivas unidades de medida.

Termos (unidades de medida)	Abreviatura
Amplitude angular do movimento (graus)	AM
Amplitude angular do movimento da coxa (graus)	AMC
Amplitude angular do movimento da perna (graus)	AMP
Amplitude angular do movimento do tronco (graus)	AMT
Cadência (passadas/min.)	CAD
Comprimento da passada (m)	CP
Comprimento relativo da passada	CRP
Duração da fase de duplo suporte (s)	DFDS
Duração da fase de oscilação (s)	DFO
Duração da fase de suporte (s)	DFS
Duração da passada (s)	DP
Pico de velocidade (graus/s)	PV
Pico de velocidade da coxa (graus/s)	PVC
Pico de velocidade da perna (graus/s)	PVP
Pico de velocidade do tronco (graus/s)	PVT
Velocidade da passada (m/s)	VP

Parâmetros quantitativos do AF e AT

As imagens capturadas foram analisadas utilizando-se o programa *2-D Biomechanical Analysis*. Este programa funciona com o vídeo cassete (Panasonic AG-7300) acoplado ao computador. Uma placa de vídeo capturava as imagens e as enviava para o monitor onde a pontuação das marcas nas articulações era feita manualmente. Este programa permitiu a obtenção das coordenadas x e y de cada marca durante a realização da tarefa. Entre as seis tentativas filmadas para cada tarefa (AF e AT), uma foi sorteada e analisada. Nas duas tarefas foram calculados: o comprimento da passada (CP) e a duração da passada (DP). A passada, no AF, iniciou com o contato do calcanhar de um segmento com o chão e terminou com o contato do calcanhar do mesmo segmento com o chão e, no AT, a passada iniciou no contato dos dedos do pé de um segmento com o chão e terminou com o contato dos dedos do mesmo segmento com o chão. O CP foi calculado utilizando-se a diferença entre a coordenada x no instante do contato inicial do pé no chão e da coordenada x no instante do contato final do pé no chão. O número de quadros entre o início e o final da passada foi multiplicado por 0,033 s (i.e., duração de cada quadro) para se obter a DP. A cadência (CAD) e a duração das

fases de suporte (DFS), duplo suporte (DFDS) e oscilação (DFO) do AF e AT também foram medidas. A CAD foi calculada a partir de uma regra de três, que resultou na seguinte relação: $CAD = 60 \text{ s} / DP$. A DFS, DFDS e a DFO foram calculadas utilizando-se o mesmo procedimento do cálculo da DP (i.e., contou-se o número de quadros de cada uma das fases e multiplicou-se por 0,033 s). A velocidade da passada (VP) também foi calculada dividindo-se o CP pela DP. Para todos os parâmetros medidos foram calculados as médias e os desvios-padrão de cada grupo. Análise de variância para dois fatores (2 grupos X 2 tarefas) foi realizada para cada variável dependente mencionada acima ($\alpha \leq 0,05$).

Análise topológica do AF e AT

A análise topológica foi realizada para os segmentos perna, coxa e tronco e para a articulação joelho. Para esta análise foram calculados os parâmetros cinemáticos de posição e velocidade angular (para detalhes ver Winter, 1990). As coordenadas x e y foram filtradas a 5 Hz utilizando filtro digital de Butterworth (Winter, 1990). Os ângulos calculados foram os representados na FIGURA 1.

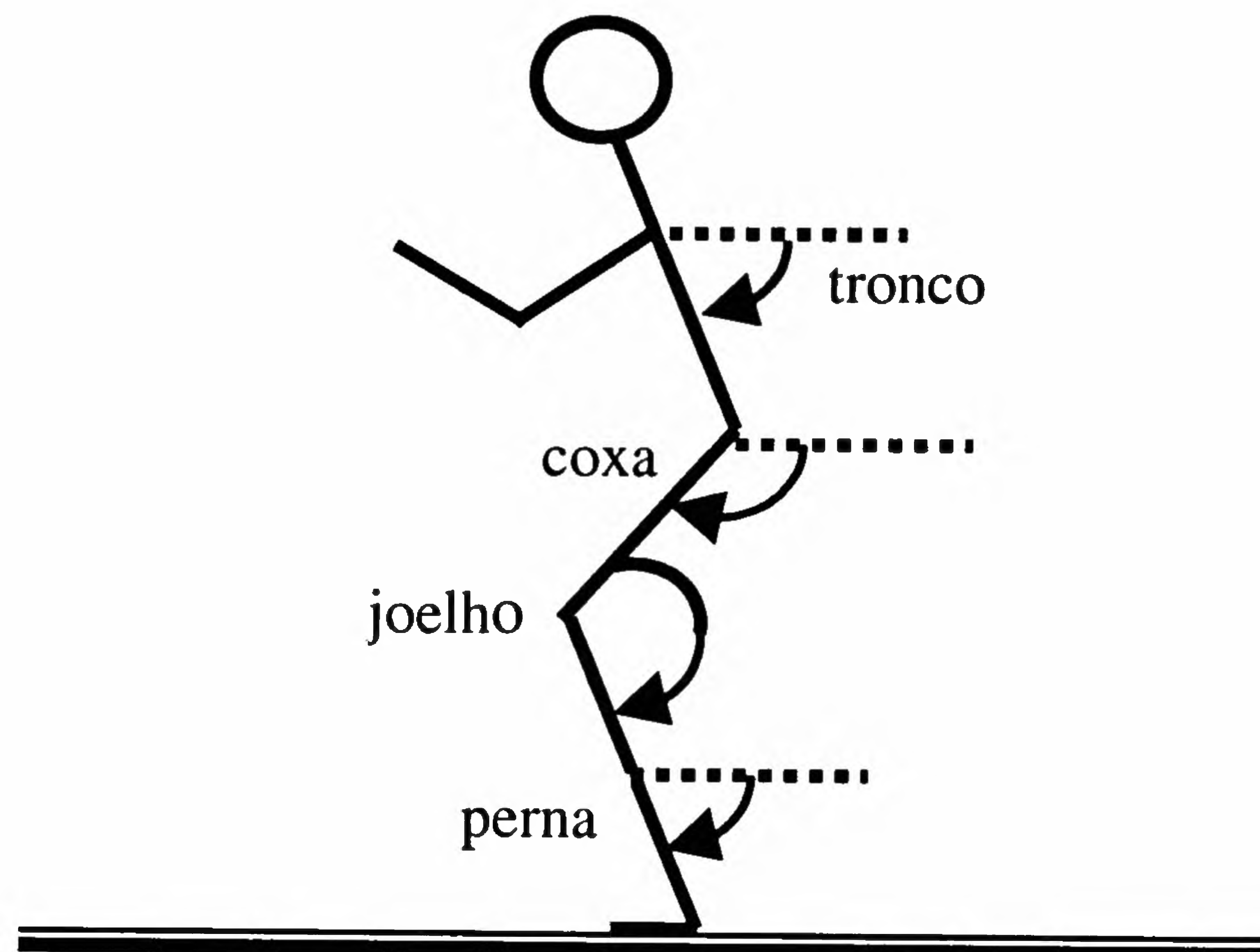


FIGURA 1 – Descrição dos ângulos absolutos (perna, coxa e tronco) e relativo (joelho) utilizados no presente estudo.

Os retratos de fase dos segmentos perna, coxa e tronco e articulação joelho foram construídos a partir dos parâmetros de velocidade angular versus posição angular. Para facilitar a análise dos retratos de fase, alguns pontos de referência foram marcados na órbita do atrator. Estes pontos de referência demarcaram os eventos dentro das fases do AF e AT. AF: 1. contato do calcanhar com o chão; 2. perda de contato dos dedos do pé com o chão; 3. meio da oscilação. AT: 1. contato dos dedos do pé com o chão; 2. perda de contato do calcanhar com o chão; 3. meio da oscilação.

Análises de variância para dois fatores (2 grupos X 2 tarefas) foram realizadas para as variáveis: amplitude angular do movimento (AM) e pico de velocidade (PV) do movimento dos segmentos perna, coxa e tronco no AF e AT ($\alpha \leq 0,05$). Esta análise foi conduzida para auxiliar a análise do tamanho do atrator no AF e AT.

Análise dos ângulos de fase no AF e AT

Os ângulos de fase foram obtidos a partir da normalização (entre -1,0 e 1,0) da posição e velocidade angular para cada participante. Após a normalização, estas variáveis (coordenadas cartesianas) foram transformadas em coordenadas polares. Sendo que o ângulo de fase é o ângulo corrigido para cada ponto no sistema de coordenadas polares (ver detalhes em Mauerberg-deCastro & Angulo-Kinzler, 2000; Barela et alii, 2000; Clark & Phillips, 1993).

RESULTADOS

O teste “t-student” ($t_{16} = -2,498$, $p \leq 0,024$) mostrou que os participantes jovens eram mais altos (1,73 m; $\pm 0,13$) do que os idosos (1,60 m; $\pm 0,07$). Porém, para a variável massa corporal não houve diferença significativa entre jovens (70,1 kg; $\pm 11,3$) e idosos (64,3 kg; $\pm 9,66$).

Análise quantitativa do AF e AT

Para o CP, a análise de variância (ANOVA) para dois fatores indicou efeito principal de grupo ($F_{1,35} = 14,148$; $p \leq 0,001$) e tarefa ($F_{1,35} = 41,113$; $p \leq 0,0001$), mas não houve interação entre grupo e tarefa. Os participantes do GJ exibiram um maior CP em relação aos idosos. Além disso, o CP foi maior no AF em relação ao AT.

Considerando-se as diferenças estatísticas entre os grupos em relação à estatura, o CP foi normalizado pela estatura. Assim foi possível obter o comprimento relativo da passada (CRP) que, sendo uma medida relativa, não têm unidade de medida (i.e, trata-se de uma razão). A análise de variância para o CRP indicou efeito principal da tarefa ($F_{1,35} = 48,136$; $p \leq 0,0001$). Para a variável grupo, o efeito foi marginalmente significativo ($F_{1,35} = 3,898$; $p \leq 0,057$), o que indica uma tendência de diferença entre os grupos testados. A interação grupo com direção, que não havia alcançado significância estatística no CP, exibiu uma significância estatística marginal ($F_{1,34}$

= 3,23; $p \leq 0,082$). O CRP foi maior durante o AF em comparação ao AT. Além disso, o GJ exibiu um CRP levemente superior aos participantes do GI. Houve uma tendência dos participantes idosos exibirem um CRP menor no AT do que os jovens (FIGURA 2a).

A análise de variância para DP indicou que não houve diferença significativa para grupo e tarefa, mas a interação grupo e direção do andar foi marginalmente significativa ($F_{1,34} = 3,264$; $p \leq 0,080$). Houve uma tendência de inversão da DP entre AF e AT para os participantes dos dois grupos. Enquanto os jovens exibiram uma DP maior no AF, os participantes do GI exibiram uma DP maior no AT (FIGURA 2b).

A VP exibiu efeito principal de grupo ($F_{1,35} = 7,66$; $p \leq 0,009$), tarefa ($F_{1,35} = 19,79$; $p \leq 0,0001$) e interação grupo com tarefa ($F_{1,34} = 4,348$; $p \leq 0,045$). O GJ teve uma VP maior do que os participantes do GI. Com relação à direção do andar, no AF a VP foi maior do que no AT.

Através da interação entre grupo e tarefa encontrada na análise de variância é possível constatar que os participantes idosos diminuíram a VP no AT em relação aos jovens (FIGURA 2c).

A variável CAD não revelou efeito principal para grupo ou para tarefa. Porém, a interação grupo com tarefa exibiu uma significância estatística marginal ($F_{1,34} = 3,357$; $p \leq 0,076$). Houve uma tendência da CAD aumentar para os participantes jovens no AT e uma CAD aumentada para os participantes idosos no AF. Estes resultados foram opostos aos resultados obtidos com a variável DP (FIGURA 2d).

Para as variáveis de duração das fases do andar (DFS, DFO e DFDS), as análises de variância conduzidas para cada uma delas não mostraram efeitos para grupo ou para tarefa. A interação grupo e tarefa também não foi significativa para nenhuma das fases do andar.

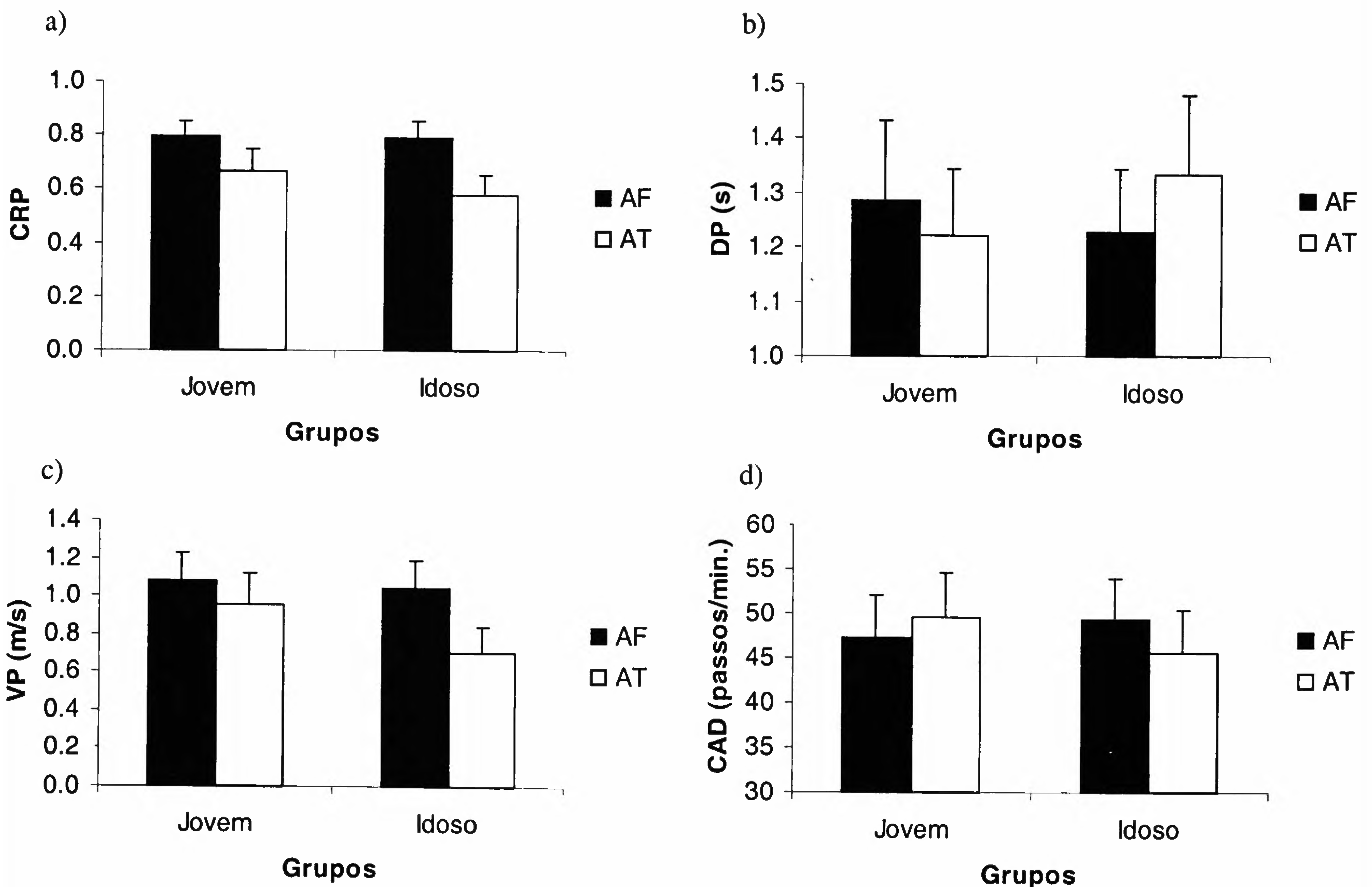


FIGURA 2 - Médias e os desvios-padrão das variáveis (a) CRP (comprimento relativo da passada), (b) DP (duração da passada), (c) VP (velocidade da passada) e (d) CAD (cadência) para os grupos jovem e idoso nas tarefas de AF (andar para frente) e AT (andar para trás).

Análise dos retratos de fase do AF e AT

Como a análise de retratos de fase baseia-se numa comparação entre indivíduos, as figuras com os retratos de fases apresentadas neste estudo foram escolhidas para exemplificar as considerações colocadas e ilustrar o comportamento geral dos participantes. Portanto, esta seção do trabalho caracteriza uma análise descritiva.

Em ambas as tarefas, AF e AT, quando comparamos os segmentos perna, coxa e tronco verificamos que os atratores aumentam de tamanho. O tronco apresenta a menor dimensão, seguido dos atratores da coxa e da perna (FIGURA 3). Este aumento nas dimensões dos atratores dos segmentos em questão é esperado em função da liberdade na amplitude de oscilação. Por exemplo, no andar, a perna é o segmento que tem maior liberdade de movimento na direção ântero-

posterior e, assim, oscila numa amplitude maior. O tronco, por sua vez, é limitado em sua oscilação por causa necessidade de mantê-lo ereto na locomoção bípede. Em termos gerais, os participantes do GJ e os participantes do GI apresentaram comportamentos similares para o AF. Além disso, os participantes dos dois grupos exibiram estabilidade entre os ciclos e, para cada segmento, a órbita do atrator foi similar entre eles. Isto é evidenciado pelo fato de que os atratores de cada segmento ocupam praticamente a mesma região do espaço de fase.

A análise dos retratos de fase no AT também não evidenciou nenhuma diferença quanto ao padrão de movimento entre os participantes e os grupos, como já observado no AF. Por convenção, no AT a direção da órbita do atrator está no sentido anti-horário enquanto que no AF a direção é no sentido horário (FIGURA 3).

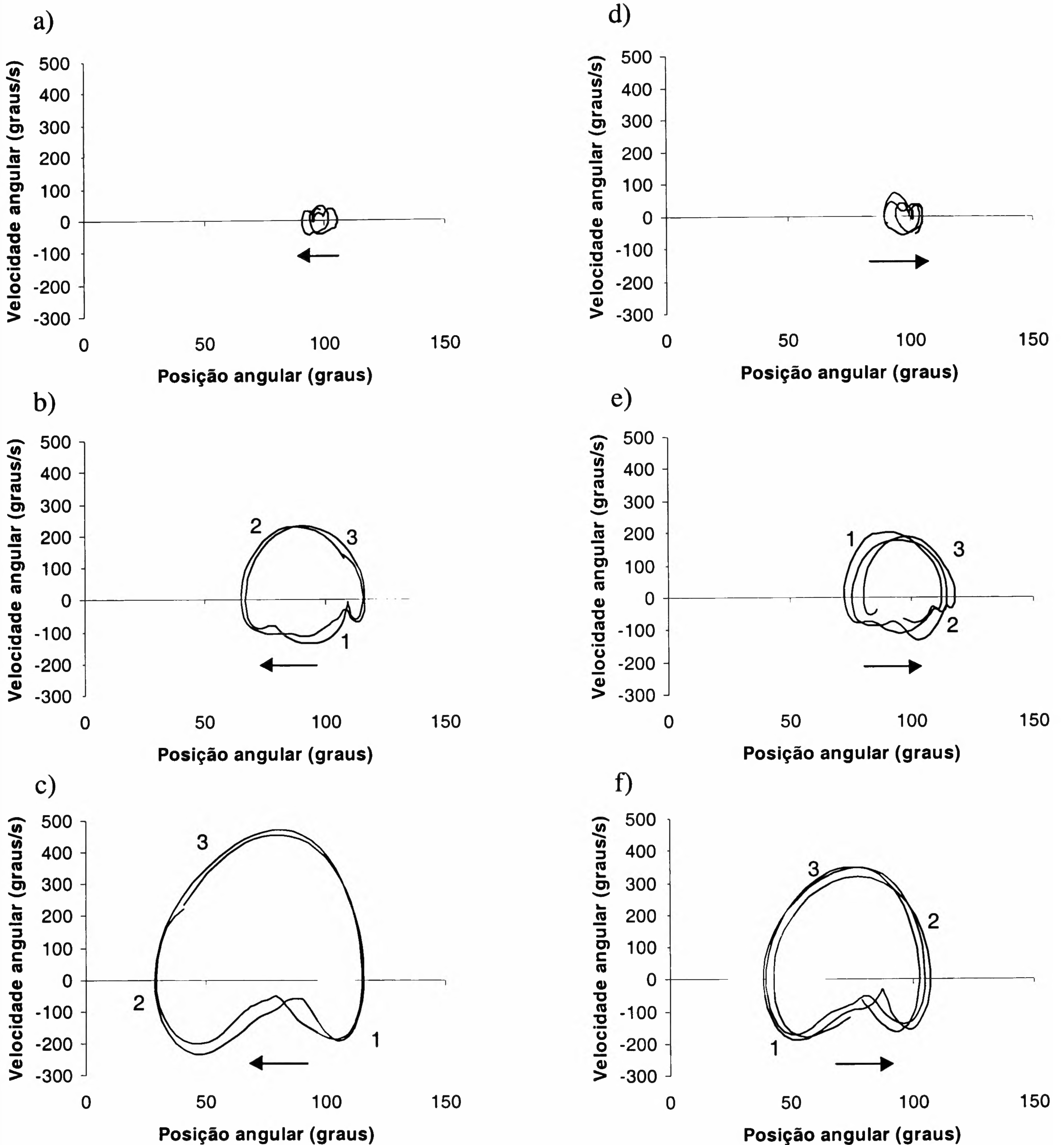


FIGURA 3 Descrições típicas dos retratos de fase do tronco (superior), coxa (meio) e perna (inferior) para as tarefas de AF (lado esquerdo) e AT (lado direito) para o participante #8 do GJ. A seta indica a direção do movimento. Os números 1, 2 e 3 do lado esquerdo representam respectivamente as fases de contato do calcanhar com o chão, perda de contato dos dedos do pé com o chão e meio da oscilação. Os números 1, 2 e 3 do lado direito representam respectivamente as fases de contato dos dedos do pé com o chão, perda de contato do calcanhar com o chão e meio da oscilação.

Uma análise estatística foi conduzida para a amplitude angular do movimento da perna (AMP). A AMP pode ser visualizada no retrato de fase como a diferença entre a maior (máxima extensão) e a menor (máxima flexão) posição angular plotada no eixo das abscissas. A análise de variância indicou que, com relação a AMP, não houve efeito principal de grupo. Porém, houve efeito principal para a tarefa ($F_{1,34} = 88,626$; $p \leq 0,0001$). A interação grupo com tarefa não foi significativa. A AMP foi maior no AF do que no AT (FIGURA 4a).

Além da variável posição angular podemos observar a velocidade angular no eixo das ordenadas. Desta última variável selecionamos o pico de velocidade da perna (PVP) maior velocidade angular positiva - entre grupo e tarefa. A análise de variância indicou efeito principal apenas para a tarefa ($F_{1,34} = 68,79$; $p \leq 0,0001$). O PVP foi maior no AF em comparação ao AT (FIGURA 4b).

Tanto para a amplitude angular do movimento da coxa (AMC) quanto para o pico de velocidade da coxa (PVC), houve efeito principal

somente para a tarefa (respectivamente, $F_{1,34} = 11,56$; $p \leq 0,002$ e $F_{1,34} = 44,483$; $p \leq 0,0001$). A maior AMC foi observada no AF em relação ao AT e, da mesma forma, o maior PVC foi observado no AF em relação ao AT (FIGURAS 4c e 4d).

A amplitude de movimento do tronco (AMT) foi maior para os jovens em comparação aos idosos. A análise de variância indicou efeito principal para grupo na AMT ($F_{1,34} = 12,771$; $p \leq 0,001$). Não houve efeito principal para tarefa na AMT. Para o pico de velocidade do tronco (PVT), houve um efeito marginalmente significativo para grupo ($F_{1,34} = 2,884$; $p \leq 0,099$) e para tarefa ($F_{1,34} = 3,598$; $p \leq 0,067$). Houve uma tendência do PVT ser maior para os jovens em relação aos idosos e, da mesma forma, uma tendência de ser maior no AT em relação ao AF (FIGURAS 4e e 4f).

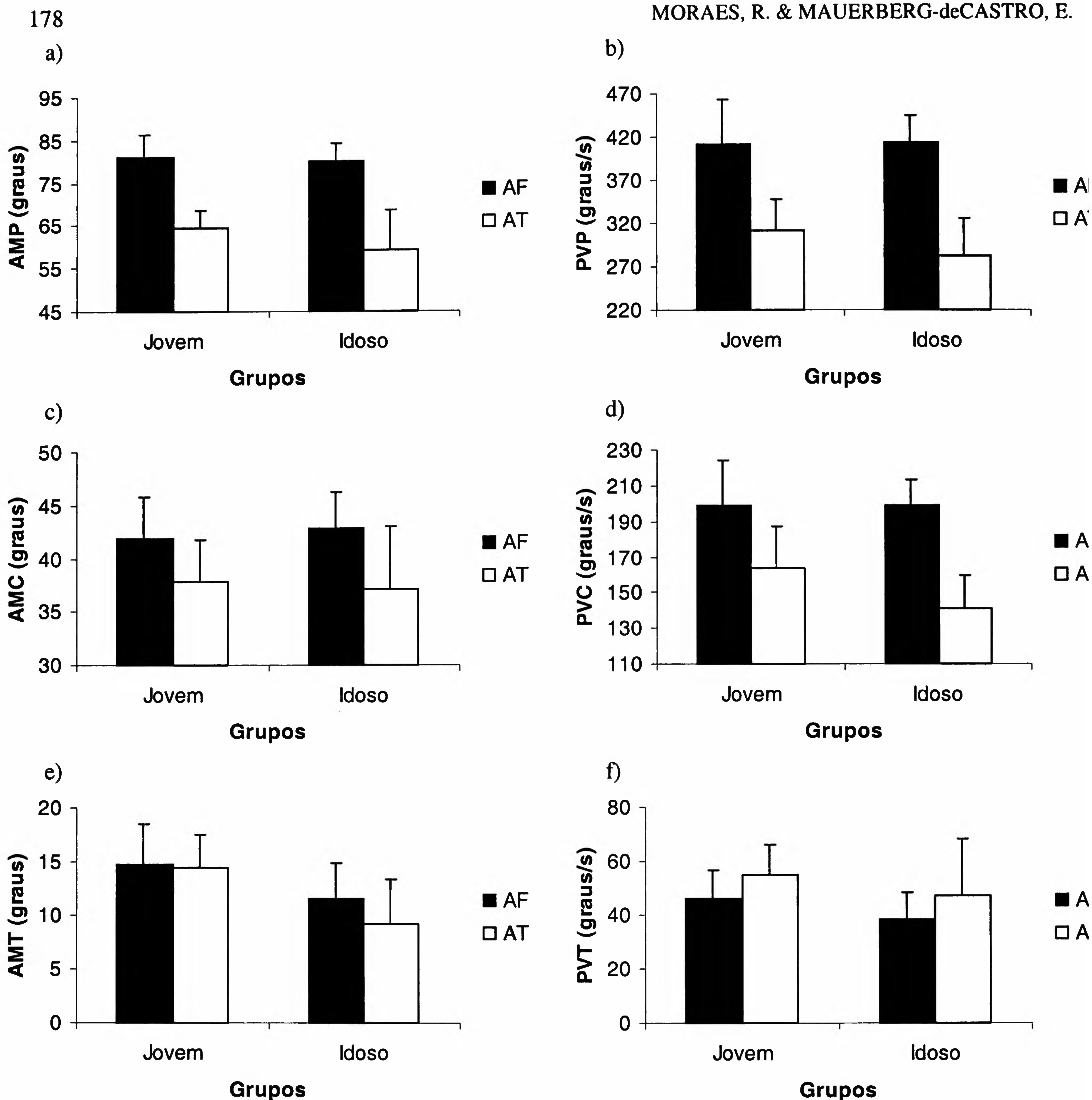


FIGURA 4 - Médias e os desvios-padrão das variáveis (a) AMP (amplitude angular do movimento da perna), (b) PVP (pico de velocidade da perna), (c) AMC (amplitude angular do movimento da coxa), (d) PVC (pico de velocidade da coxa), (e) AMT (amplitude angular do movimento do tronco), (f) PVT (pico de velocidade do tronco) para os grupos jovem e idoso nas tarefas de AF (andar para frente) e AT (andar para trás).

A análise dos retratos de fase do andar foi estendida para a articulação do joelho. O retrato de fase do joelho revelou algumas diferenças entre AF e AT para os participantes dos dois grupos. Quando analisamos o AF, verificamos que todos os participantes exibiram um “loop” interno característico (FIGURA 5) na parte inferior

(i.e., durante a fase de suporte) do retrato de fase. Porém, quando analisamos o AT, constatamos que para a grande maioria dos participantes este “loop” interno é inexistente e em alguns casos ocorre uma ligeira inflexão na trajetória logo após o contato do pé com o chão (FIGURA 6).

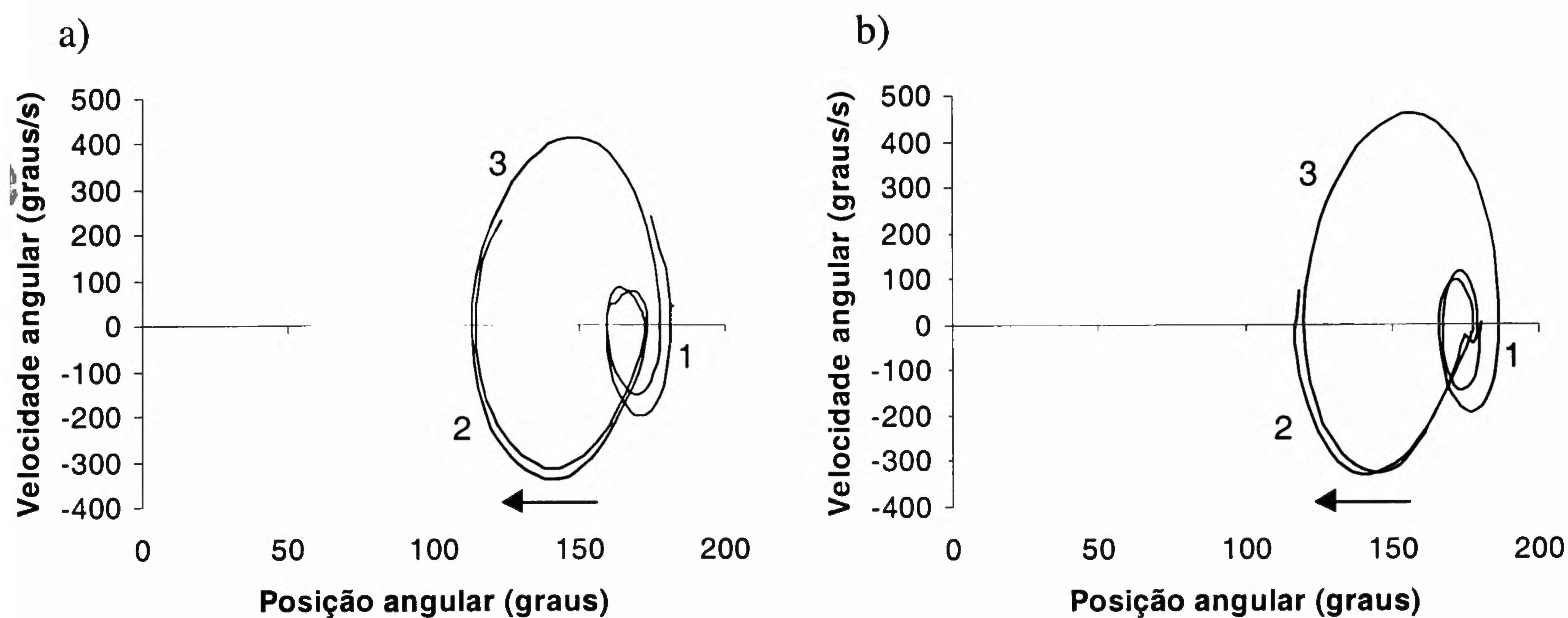


FIGURA 5 Retratos de fase do joelho dos participantes (a) #7 do GI e (b) #1 do GJ na tarefa de AF. A seta indica a direção do movimento. Os números 1, 2 e 3 representam respectivamente as fases de contato do calcanhar com o chão, perda de contato dos dedos do pé com o chão e meio da oscilação.

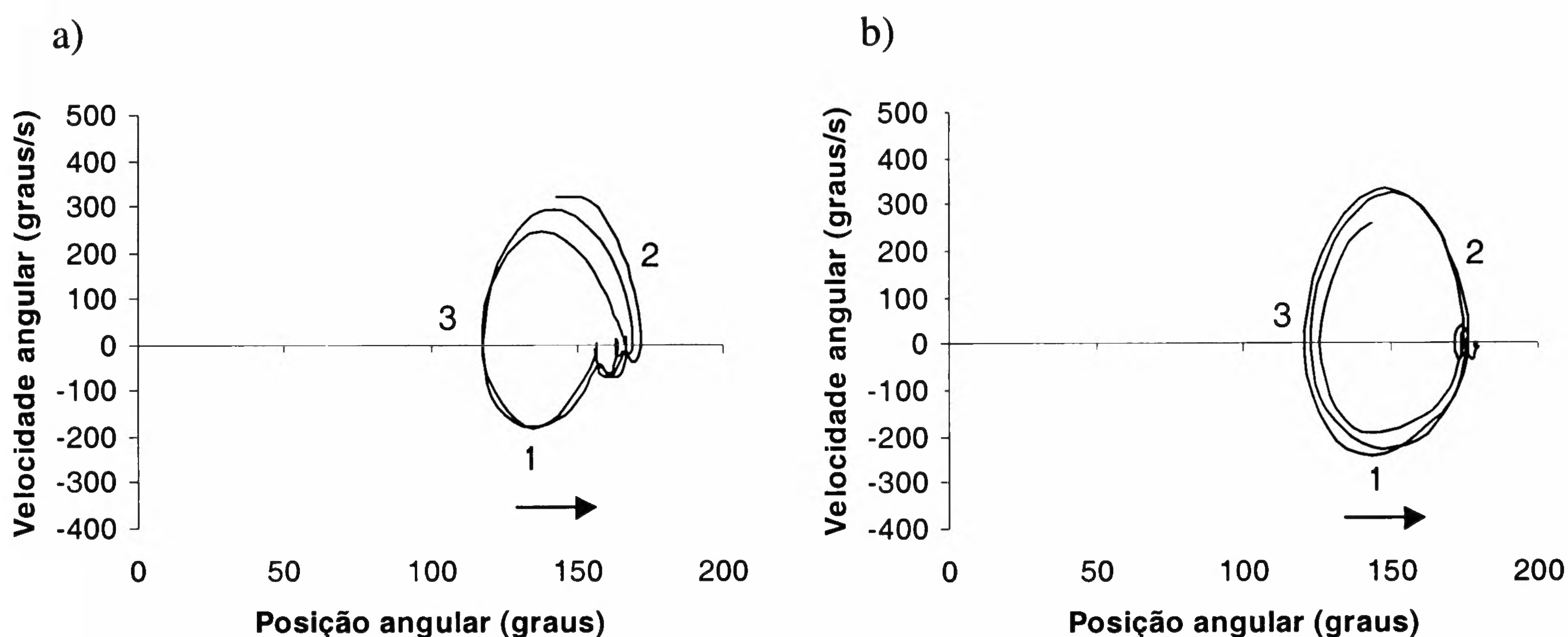


FIGURA 6 Retratos de fase do joelho dos participantes (a) #3 do GI e (b) #9 do GJ na tarefa de AT. A seta indica a direção do movimento. Os números 1, 2 e 3 representam respectivamente as fases de contato dos dedos do pé com o chão, perda de contato do calcanhar com o chão e meio da oscilação.

Análise dos ângulos de fase do AF e AT

A análise do ângulo de fase permite observar a relação de coordenação entre segmentos adjacentes. No presente estudo, a análise do ângulo da fase incluiu os segmentos perna e coxa. Para a análise do ângulo de fase, a passada iniciou e terminou com a perda de contato do pé com o chão. Na FIGURA 7, podemos observar uma

representação típica do ângulo de fase no AF. O ponto de retirada do pé do chão (ponto 2) dá início a um desenvolvimento paralelo das linhas representando a coxa e a perna. Este desenvolvimento linear e “em fase” continua até pouco antes do contato do calcanhar com o chão (ponto 1). Isto indica que a perna e a coxa estão oscilando na mesma direção. Deste momento até aproximadamente metade do ciclo ocorre uma

mudança na direção da linha representando a coxa e, em consequência, estabelece-se uma relação “fora de fase” entre os segmentos. Isto significa que a coxa exibe uma reversão antecipada na direção do movimento - aproximadamente aos 30%

do ciclo - seguida da reversão da perna aproximadamente aos 40% do ciclo. Após 60% do desenvolvimento do ciclo novamente uma relação “em fase” torna-se predominante.

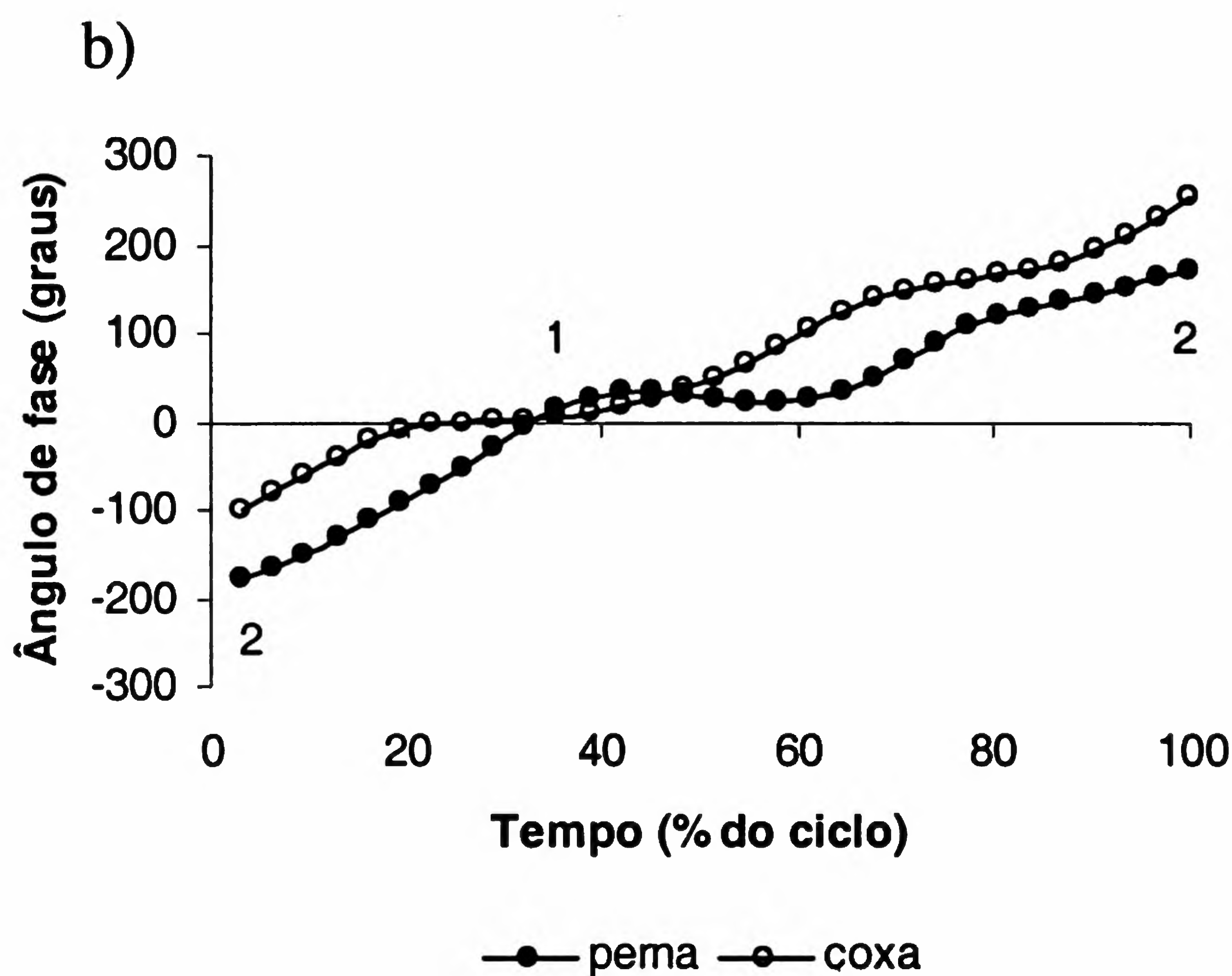
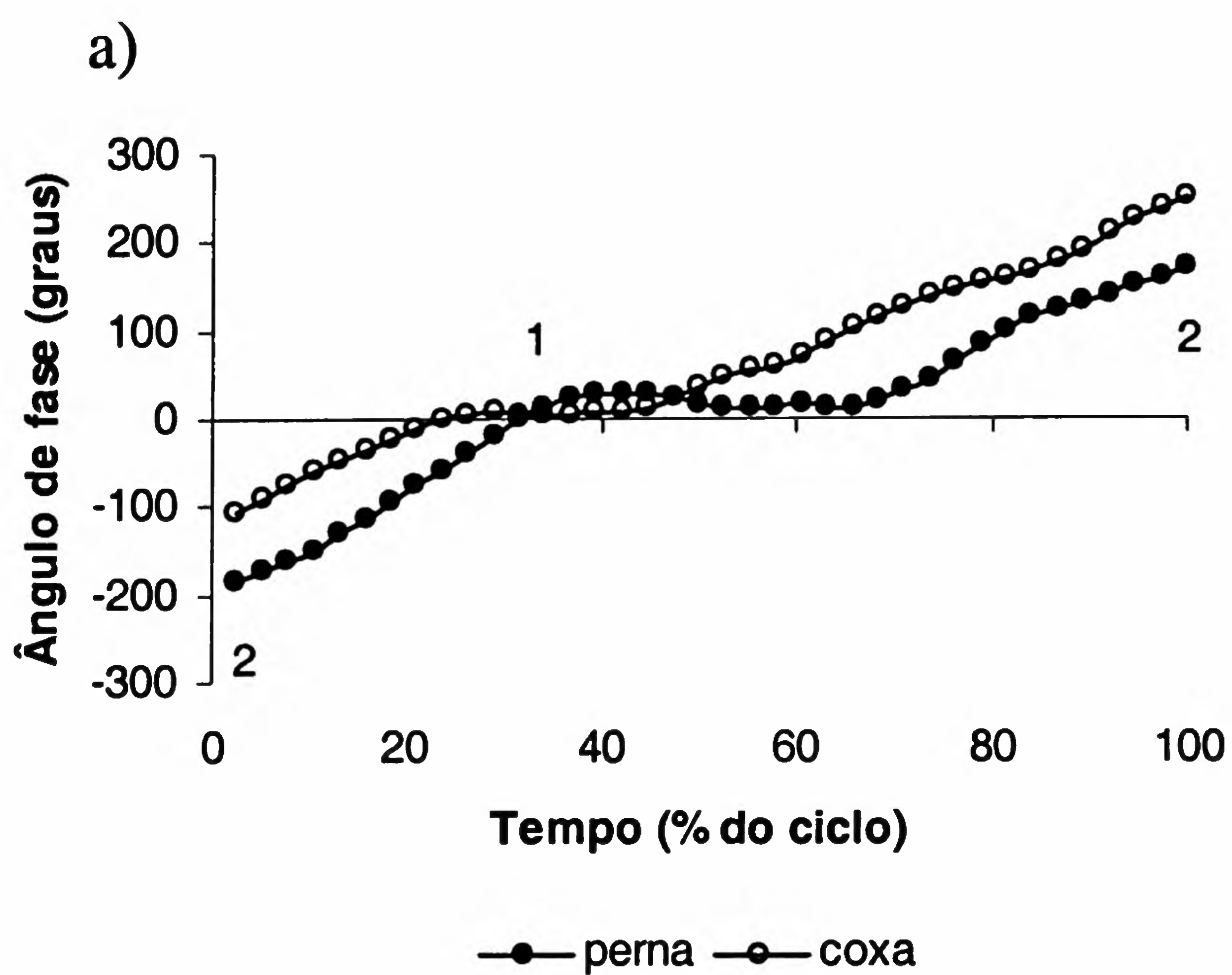


FIGURA 7 - Ângulos de fase dos participantes (a) #1 do GI e (b) #5 do GJ na tarefa de AF. Os números 1 e 2 representam respectivamente as fases de contato do calcanhar com o chão e perda de contato dos dedos do pé com o chão.

Quando analisamos o ângulo de fase do AT, podemos observar que o entrelaçamento observado no AF deixou de existir (FIGURA 8). De fato, do início da passada até por volta de 80% da passada há uma relação predominantemente “em fase” entre perna e coxa. Esta relação “em

fase” justifica a ausência do loop interno no retrato de fase do joelho (FIGURA 6). Somente no final da passada (por volta de 90%) ocorre uma relação “fora de fase”, em função da flexão do quadril e do joelho para retirar o pé do chão.

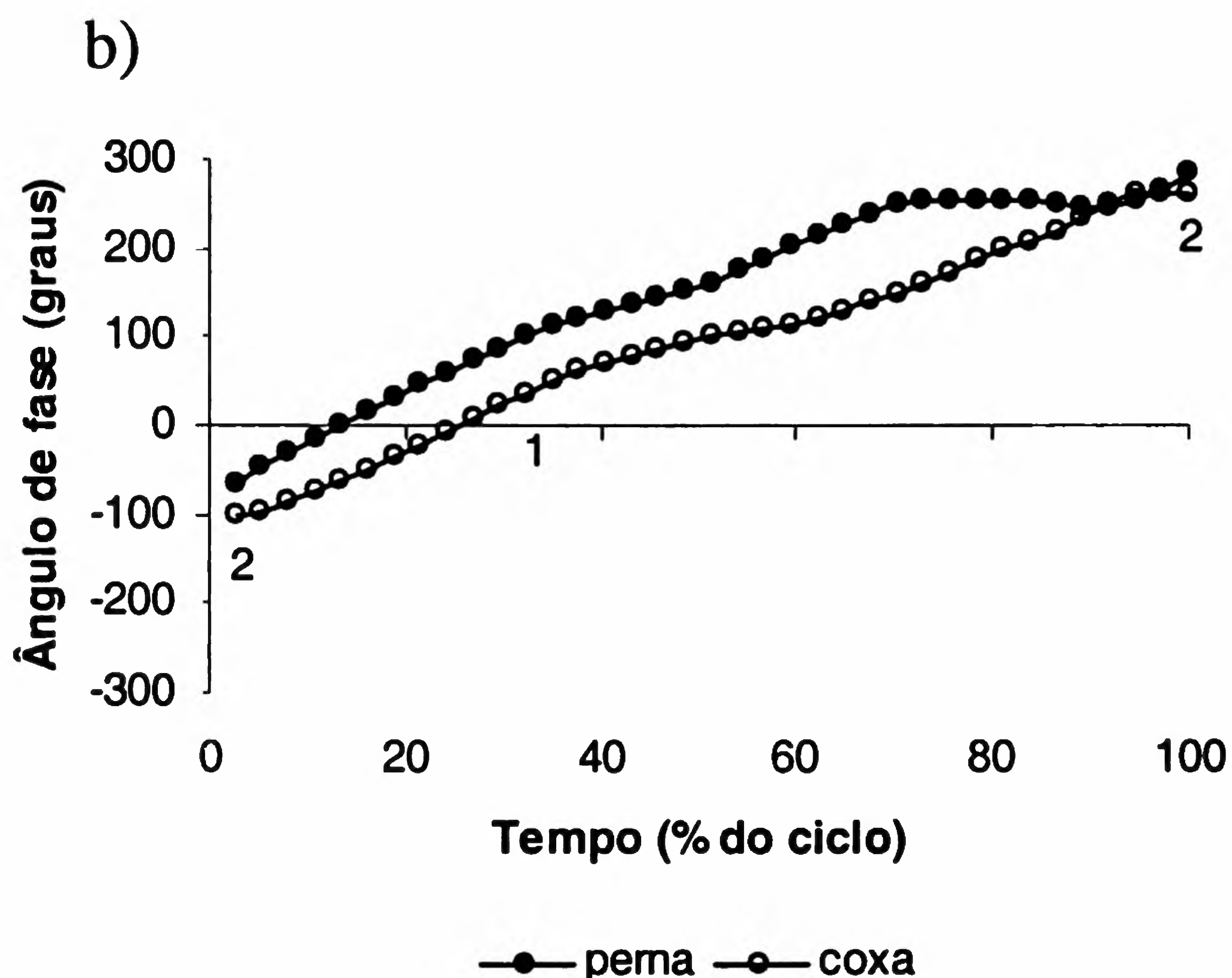
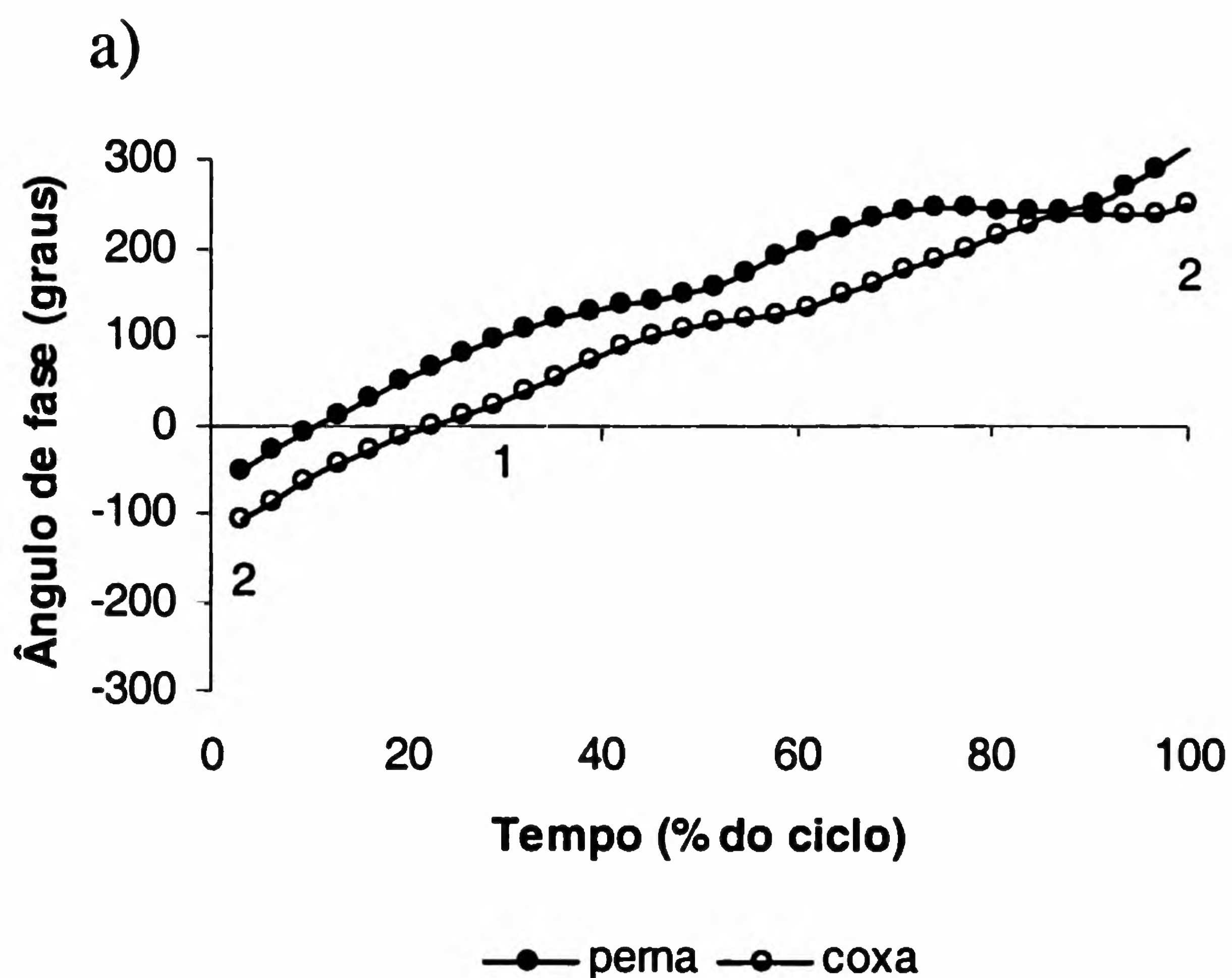


FIGURA 8 Ângulos de fase dos participantes (a) #9 do GI e (b) #6 do GJ na tarefa de AT. Os números 1 e 2 representam respectivamente as fases de contato dos dedos do pé com o chão e perda de contato do calcanhar com o chão.

DISCUSSÃO

A comparação das variáveis CP, CRP e VP entre jovens e idosos evidenciou diferenças, sendo que, para o grupo idoso, todas as dimensões quantitativas foram inferiores. Esta diminuição do CP, CRP e VP para os indivíduos idosos é corroborada pela literatura (Adrian & Cooper, 1989; Ferrandez, Pailhous & Durup, 1990; Larish, Martin & Mungiole, 1988; entre outros). No AT, os idosos exibiram uma tendência de diminuição mais acentuada dos valores das variáveis VP e CRP do que os jovens. Os resultados das interações permitem considerar que a diminuição da VP e do CRP em idosos foi influenciada principalmente pela diminuição observada no AT. Assim, podemos afirmar que as diferenças entre jovens e idosos estão no AT e não no AF.

A similaridade entre jovens e idosos no AF pode ser explicada por dois fatores principais. Primeiro, o condicionamento físico geralmente serve de fator de proteção contra patologias e, considerando que nosso grupo era ativo (engajado em atividades orientadas três vezes por semana a pelo menos um ano), os resultados similares entre eles foi justificado. Gabell e Nayak (1984) mostraram que a ausência de patologia torna os comportamentos de andar entre jovens e idosos muito parecidos; pois a presença de uma patologia afeta a força muscular e conseqüentemente a VP.

Segundo, a atividade habitual melhora a velocidade do andar (Hunter, Treuth, Weinsier, Kekes-Szabo, Kell, Roth & Nicholson, 1995). Os indivíduos idosos participantes deste estudo realizam caminhadas regulares durante a semana. Assim, uma outra fonte na limitação motora parece ser decorrente da omissão da prática habitual de caminhada. Imms e Edholm (1981), Cunningham, Rechnitzer, Pearce e Donner (1982) e Ferrandez, Pailhous e Durup (1990) asseveram que o aumento da distância percorrida em caminhadas melhora a qualidade da locomoção de pessoas idosas. Desta forma, a associação entre atividades físicas gerais, ausência de doenças e caminhadas regulares pelos idosos pode garantir uma performance no AF similar aos jovens. A independência locomotora garante uma possibilidade de melhor qualidade de vida para estas pessoas.

Entretanto, os estudos acima têm apontado para um aumento da DFDS e diminuição

da DFO em indivíduos idosos. Estas adaptações locomotoras permitem que pessoas idosas demonstrem um melhor equilíbrio durante a tarefa de andar. Similarmente, os idosos também diminuem o CP, possivelmente para não ameaçar o equilíbrio durante as fases de duplo suporte mais prolongadas. Os resultados do presente estudo não compartilham totalmente estas constatações. Os idosos do atual estudo controlaram o equilíbrio diminuindo principalmente o CP, sem alterar as durações das fases do andar. Assim, a diminuição da VP está associada com a diminuição do CP (Ferrandez, Pailhous & Durup, 1990; Imms & Edholm, 1981).

No AT, a diminuição mais acentuada dos valores das variáveis CRP e VP para os idosos pode ser um indicativo de que estes são mais sensíveis às demandas de tarefas não usuais (i.e., andar para trás) do que os jovens. Como alguns estudos (Cunningham et alii, 1982; Ferrandez, Pailhous & Durup, 1990; Imms & Edholm, 1981) apontam a menor atividade habitual como a mais provável causa da alteração de alguns parâmetros no AF de idosos, podemos inferir que este mesmo motivo justifica os valores reduzidos de CRP e VP no AT obtidos pelos idosos em nosso estudo. Assim, somente o fato de indivíduos idosos realizarem atividade física não garante a manutenção na diversidade locomotora. A especificidade das tarefas deve ser considerada em programas de atividade física, especialmente favorecendo variadas formas de deslocamento em todas as direções. A oferta rica de tarefas locomotoras promove a oportunidade de adaptação do indivíduo idoso a atividades menos habituais.

Apesar de não haver efeito principal de grupo e tarefa na análise de variância para DP e CAD, a interação grupo e tarefa foi marginalmente significativa. Assim, há uma tendência dos idosos exibirem maior DP no AT e os jovens menor DP no AT em comparação ao AF. O comportamento exibido pelos jovens era o esperado, ou seja, a diminuição do CP no AT faz com que o membro inferior percorra uma distância menor, assim o tempo para percorrer esta distância passa a ser menor também. Thorstensson (1986) encontrou que no AT há uma diminuição da DP. A tendência de aumento da DP para os idosos no AT deve-se provavelmente a um receio na realização da tarefa. O fato de andar sem poder avaliar visualmente o que está atrás e planejar a posição de apoio dos pés na superfície gerou um movimento mais lento, justamente para manter uma margem de segurança.

Entretanto, por que quando os idosos diminuíram o CP, eles aumentaram a DP? Uma possível insegurança em AT pode fazer com que os idosos mantenham o pé em contato com o solo por mais tempo antes de iniciar a oscilação do membro. Esta insegurança pode estar associada à expansão do arranjo ótico que ocorre no AT, principalmente porque os participantes foram testados numa sala e iniciaram o movimento de AT olhando para uma parede. Assim, à medida que ele se distanciava da parede havia uma expansão do arranjo ótico (Goldfield, 1995). Costumeiramente, no AF estamos habituados com uma compressão do arranjo ótico, já que caminhamos em direção a alguma coisa. As impressões sensoriais desta situação podem ser um fator de segurança na locomoção. O aumento no nível de segurança diminui o medo de cair. No AT, as conseqüências de uma possível queda podem ser maiores considerando-se que os braços pouco auxiliariam para amortecer o impacto nesta situação.

Tradicionalmente, CP e VP não são relacionados com os resultados utilizando técnicas de retrato de fase (Forrester, Phillips & Clarck, 1993; Mauerberg-deCastro & Angulo-Kinzler, 2000). Quando analisamos a amplitude angular de movimento (AM) e o pico de velocidade (PV) é possível estabelecer uma relação entre o tamanho da órbita do atrator e as variáveis cinemáticas mencionadas acima. Esta relação, porém, é restrita ao tamanho do atrator. Ao relacionarmos as variáveis CP e VP com os resultados dos retratos de fase encontramos que o tamanho do atrator não varia entre jovens e idosos para os segmentos perna e coxa no AF. O CP está relacionado com a amplitude angular de movimento da perna (AMP) e coxa (AMC), enquanto a VP está relacionada com o PVP e o PVC. Maior AM pode gerar um maior CP, enquanto um maior PV pode gerar uma maior VP. Assim, o tamanho do atrator informa sobre a quantidade de infusão de energia no sistema (maior o atrator, maior a infusão de energia e vice-versa) e também sobre variáveis cinemáticas como CP e VP.

No AT, as órbitas dos atratores foram menores para os segmentos perna e coxa do que no AF. Isto significa que a infusão de energia foi menor no AT. Esta redução na órbita dos atratores no AT confirma-se por CP, CRP e VP menores no AT. Com relação ao tronco, os resultados foram um pouco diferentes dos obtidos para os segmentos perna e coxa. Os jovens oscilam mais o tronco em comparação aos idosos, como observado pela maior AMT. Além disso, há uma

tendência do PVT ser maior também para os jovens em relação aos idosos, o que reflete um maior atrator para os jovens para o segmento tronco.

O fato dos idosos oscilarem menos o tronco na direção ântero-posterior representa uma estratégia de estabilização do tronco como forma de garantir um maior equilíbrio. Entretanto, esta estabilização do tronco também pode decorrer de uma rigidez postural que, por sua vez, restringe ou limita as estratégias de controle disponíveis em função de alterações ambientais (Brown, Frank & Cockell, 1995; Maki, Holliday & Topper, 1991). Ao escorregarmos, por exemplo, utilizamos o tronco (aliado aos membros superiores e cabeça, assim como os membros inferiores envolvidos diretamente na ação) de um modo compensatório para restaurar a estabilidade, normalmente restringindo os graus de liberdade articulares. Porém, a rigidez postural deste segmento compromete esta estratégia de busca de estabilidade. Esta opção de rigidez é válida para situações onde as condições ambientais são favoráveis (pisos antiderrapantes ou com maior atrito, sapatos que não são escorregadios, entre outros), mas para condições desfavoráveis esta estratégia, por ser falha, pode ser uma das explicações para o aumento da ocorrência de quedas em idosos (Cummings & Nevitt, 1989; Fernandez & Teasdale, 1996; Haga, Shibata, Shichita, Matsuzaki & Hatano, 1986).

De modo geral, o padrão de movimento do AF, representado através de retratos de fase, é similar àqueles obtidos em outros estudos (Forrester, Phillips & Clarck, 1993; Mauerberg & Adrian, 1995). Quando analisamos os resultados dos retratos de fase no AF, evidenciamos que o padrão de coordenação dos segmentos perna e coxa e articulação joelho é muito parecido entre jovens e idosos, o que reforça a idéia anterior de similaridade nas estratégias durante o comportamento do AF entre jovens e idosos. A análise via retratos de fase não exibiu alterações em decorrência da idade, mas exibiu uma variação interessante em função da direção do andar. A ausência de "loop" interno na articulação do joelho no AT é um indicativo da ausência de amortecimento ao nível do joelho durante o contato do pé com o chão no início da fase de suporte. Estudos como os de Bates e McCaw (1986) e Thorstensson (1986), envolvendo locomoção para trás, têm apontado para uma diminuição da atividade do joelho imediatamente após o contato com o chão (ausência de flexão excêntrica). Esta diminuição da atividade do joelho pode explicar a

ausência de “loop” interno no retrato de fase do joelho. Forrester, Phillips e Clarck (1993) colocam que quanto maior o “loop” interno maior a força de amortecimento. Desta forma, é possível que durante o AT, os indivíduos (jovens ou idosos) utilizem uma outra estratégia de amortecimento. Este amortecimento pode estar sendo feito por outra articulação como o quadril ou mesmo o tornozelo que está em flexão plantar pouco antes do contato do pé com o solo (Winter, Pluck & Yang, 1989), diferente do AF quando o tornozelo toca o chão em dorsiflexão. O fato de tocar o pé no solo com o tornozelo em flexão plantar indica que a parte do pé que primeiro toca o solo são os dedos. Assim, é possível pensar também que o amortecimento ou parte dele pode estar sendo feito pelas articulações dos dedos. Além disso, quando andamos para frente tocamos o solo com o calcanhar, o que o torna um ponto de apoio cuja função é limitar a ação articular, de modo a calibrar a “precisão” da aterrissagem. Assim, quando tocamos o solo no AF não necessitamos realizar grandes ajustes para tocar a parte medial e final do pé. Porém, quando andamos para trás os dedos do pé tocam o solo inicialmente e esta parte anterior é

menos rígida em comparação ao calcanhar. Isso indica que no momento do contato inicial e das porções medial e final do pé temos que realizar ajustes para manter a “precisão” e evitar um desequilíbrio no processo final de contato com o solo. Neste mesmo sentido, no contato inicial pelo calcanhar no AF, o joelho está estendido e todo o membro inferior absorve o impacto. No AT, o joelho apresenta-se com algum grau de flexão, dificultando a absorção por parte do membro inferior. A geração de energia também é diferente no AT, de forma que sugerimos a realização de estudos cinéticos que permitam elucidar este aspecto.

Com base nos resultados e na discussão foi possível concluir que:

1. Indivíduos idosos têm um comprometimento maior para realizar atividades motoras não habituais, como AT;
2. Indivíduos idosos restringem a ação do tronco na direção ântero-posterior quando andando;
3. No AT, ocorre uma alteração na estratégia de amortecimento observada no retrato de fase do joelho.

ABSTRACT

FORWARD AND BACKWARD WALKING IN OLDER PEOPLE

The purpose of this study was to use kinematic analysis to evaluate changes that take place in the movement topology of older individuals while walking forward (FW) and backward (BW). Nine older participants (OG) and nine young adults (YG) participated in this study. Subjects were filmed from the sagittal plane while FW and BW. Analysis of results permitted us to observe that relative stride length (RSL) for the YG was longer than for the OG. When we compared both tasks, we observed that RSL was longer for FW than BW. Stride duration was the same for both groups in both tasks. For the YG, stride velocity (SV) during the FW task was higher than for the BW task. The OG exhibited diminished SV in the BW task. The analysis of knee phase portraits (PPs) and phase angles permitted us to identify that, in the BW task, the thigh-shank systems oscillated in the same rotational direction during strides. Additionally, both groups modified their damping strategies, as observed in the knee PPs. The analysis of the results permitted us to conclude that the older individuals experienced a higher degree of difficulty when performing unusual motor tasks such as walking backward than did their younger counterparts.

UNITERMS: Older people; Backward walking; Forward walking; Phase portrait; Phase angle.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAM, R.H.; SHAW, C.D. **Dynamics: the geometry of behavior**. Redwood City: Addison-Wesley, 1992.
- ADRIAN, M.J.; COOPER, J.M. **Biomechanics of human movement**. Indianapolis: Benchmark, 1989.
- BARELA, J.A.; WHITALL, J.; BLACK, P.; CLARK, J.E. An examination of constraints affecting the intralimb coordination of hemiparetic gait. **Human Movement Science**, Amsterdam, v.19, p.251-73, 2000.
- BATES, B.T.; McCAW, S.T. A comparison between forward and backward walking. **Proceedings of the North American Congress on Biomechanics: Human Locomotion**, v.2, p.307-8, 1986.
- BROWN, L.A.; FRANK, J.S.; COCKELL, D. The effects of an imposed risk of falling on postural control. **Journal of Sport & Exercise Psychology**, Champaign, v.17, p.33, 1995. Supplement.
- CLARK, J.E.; PHILLIPS, S.J. A longitudinal study of intralimb coordination in the first year of independent walking: a dynamical systems analysis. **Child Development**, Lafayette, v.64, p.1143-57, 1993.
- CUMMINGS, S.R.; NEVITT, M.C. A hypothesis: the causes of hip fractures. **Journal of Gerontology**, Washington, v.44, n.4, p.107-11, 1989.
- CUNNINGHAM, D.A.; RECHNITZER, P.A.; PEARCE, M.A.; DONNER, A.P. Determinants of self-selected walking pace across ages 19 to 66. **Journal of Gerontology**, Washington, v.37, n.5, p.560-4, 1982.
- DePAULA, A.I. **Evolução do organização temporal do andar para frente e para trás: impacto da restrição ambiental**. 2001. 128f. Dissertação (Mestrado) Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- FERRANDEZ, A.M.; PAILHOUS, J.; DURUP, M. Slowness in elderly gait. **Experimental Aging Research**, Harbor, v.16, n.2, p.79-89, 1990.
- FERRANDEZ, A.M.; TEASDALE, N. **Changes in sensory motor behavior in aging**. Amsterdam: Elsevier Science, 1996.
- FINLEY, F.R.; CODY, K.A.; FINIZIE, R.V. Locomotion patterns in elderly women. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, Chicago, v.50, p.140-6, 1969.
- FORRESTER, L.W.; PHILLIPS, S.J.; CLARK, J.E. Locomotion coordination in infancy: the transition from walking to running. In: SAVELSBERGH, G. (Ed.). **The development of coordination in infancy**. Amsterdam: Elsevier, 1993.
- GABELL, A.; NAYAK, U.S.L. The effect of age on variability in gait. **Journal of Gerontology**, Washington, v.39, n.6, p.662-6, 1984.
- GOLDFIELD, E.C. **Emergent forms: origins and early development of human action and perception**. New York: Oxford University Press, 1995.
- GRILLNER, S. Neurobiological bases of rhythmic motor acts in vertebrates. **Science**, New York, v.228, p.143-9, 1985.
- HAGA, H.; SHIBATA, H.; SHICHITA, K.; MATSUZAKI, T.; HATANO, S. Falls in the institutionalized elderly in Japan. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, Limerick, v.1, n.5, p.1-9, 1986.
- HAGEMAN, P.A.; BLANKE, D.J. Comparison of gait of young women and elderly women. **Physical Therapy**, Chicago, v.66, n.9, p.1382-7, 1986.
- HUNTER, G.R.; TREUTH, M.S.; WEINSIER, R.L.; KEKES-SZABO, T.; KELL, S.H.; ROTH, D.L.; NICHOLSON, C. The effects of strength conditioning on older women's ability to perform daily tasks. **Journal of the American Geriatrics Society**, Baltimore, v.43, n.7, p.756-60, 1995.
- IMMS, F.J.; EDHOLM, O.G. Studies of gait and mobility in the elderly. **Age and Ageing**, Oxford, v.10, p.147-56, 1981.
- LARISH, D.; MARTIN, P.E.; MUNGIOLE, M. Characteristic patterns of gait in the healthy old. In: JOSEPH, J.A. (Ed.). **Central determinants of age-related declines in motor function**. New York: Annals of the New York Academy of Sciences, 1988. p.18-32.
- MAKI, B.E.; HOLLIDAY, P.J.; TOPPER, A.K. Fear of falling and postural performance in the elderly. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, Washington, v.46, n.4, p.M123-31, 1991.
- MAUERBERG, E.; ADRIAN, M. Temporal coupling between external auditory information and the phases of walking. **Perceptual and Motor Skills**, Louisville, v.80, p.851-61, 1995.
- MAUERBERG-deCASTRO, E.; ANGULO-KINZLER, R.M. Locomotor patterns of individuals with Down syndrome: effects of environmental and task constraints. In: WEEKS, D.J.; CHUA, R.; ELLIOT, D. (Eds.). **Perceptual-motor behavior in Down syndrome**. Champaign: Human Kinetics, 2000. p.71-98.
- PRINCE, F.; CORRIVEAU, H.; HÉBERT, R.; WINTER, D.A. Gait in the elderly. **Gait and Posture**, Oxford, v.5, p.128-35, 1997.
- ROSEN, R. **Dynamical system theory in biology: stability theory and its application**. New York: Wiley, 1970. v.1.
- THELEN, E.; SMITH, L.B. **A dynamic systems approach to the development of cognition and action**. Cambridge: The MIT Press, 1994.

THORSTENSSON, A. How is the normal locomotion program modified to produce backward walking? **Experimental Brain Research**, Berlin, v.61, p.664-8, 1986.

VAN DEURSEN, R.W.M.; FLYNN, T.W.; McCRORY, J.L.; MORAG, E. Does a single control mechanism exist for both forward and backward walking? **Gait and Posture**, Oxford, v.7, n.3, p.214-24, 1998.

VILENSKY, J.A.; GANKIEWICZ, E.; GEHLSSEN, G. A kinematic comparison of backward and forward walking in humans. **Journal of Human Movement Studies**, London, v.13, p.29-50, 1987.

WILLIAMS, K.; BIRD, M. The aging mover: a preliminary report on constraints to action. **International Journal of Aging and Human Development**, Westport, v.34, n.3, p.241-55, 1992.

WINTER, D.A. **Biomechanics and motor control of human movement**. New York: John Wiley & Sons, 1990.

_____. **The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological**. Waterloo: University of Waterloo Press, 1991.

WINTER, D.A.; PLUCK, N.; YANG, J.F. Backward walking: a simple reversal of forward walking? **Journal of Motor Behavior**, Washington, v.21, n.3, p.291-305, 1989.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer as sugestões e críticas da Profa. Dra. Lilian Teresa Bucken Gobbi a este trabalho, bem como o auxílio financeiro fornecido pela FAPESP.

Recebido para publicação em: 10 abr. 2001

Revisado em: 11 out. 2001

Aceito em: 23 jan. 2002

ENDEREÇO: Eliane Mauerberg-deCastro
Departamento de Educação Física
Universidade Estadual Paulista
Av. 24-A, 1515 Bela Vista
13506-900 Rio Claro - SP BRASIL
e-mail: mauerber@rc.unesp.br

**CONCENTRAÇÕES SANGÜÍNEAS DE LACTATO (CSL)
DURANTE UMA CARGA CONSTANTE A UMA INTENSIDADE CORRESPONDENTE
AO LIMIAR AERÓBIO-ANAERÓBIO EM JOVENS ATLETAS**

António Alexandre ASCENSÃO*

Paulo SANTOS*

José MAGALHÃES*

José OLIVEIRA*

José MAIA*

José SOARES*

RESUMO

Tem sido assumido que a carga correspondente a uma concentração sanguínea de lactato (CSL) de 4 mmol/l, determinada a partir do limiar aeróbio-anaeróbio, pode ser mantida em adultos durante o teste constante de 30 min (“steady-state” CSL). A escassez de estudos que confirmem se tal fenómeno ocorre em jovens atletas, poderá justificar a possibilidade de considerar CSL diferentes para avaliação e desenvolvimento da capacidade aeróbia nesta população. Os objetivos do presente estudo foram: a) investigar a existência de um “steady-state” das CSL durante uma carga constante de 30 min (realizada a uma intensidade correspondente a 4 mmol/l) em jovens atletas; e b) verificar a existência de possíveis diferenças intra-individuais nas CSL durante o teste. Treze jovens atletas (idade: $16,07 \pm 1,38$ anos; massa: $61,0 \pm 6,69$ kg; $171,0 \pm 5,6$ cm) realizaram um teste incremental e um teste de carga constante. O teste incremental foi utilizado para determinar a carga correspondente a uma CSL de 4 mmol/l (V_4). Três dias depois os sujeitos realizaram um teste de carga constante de 30 min a uma intensidade correspondente à V_4 previamente determinada. No decorrer de ambos os testes foram recolhidas amostras de sangue capilar do lóbulo da orelha e imediatamente analisadas num analisador sanguíneo enzimático (YSI 1500 L – Sport) para determinação das CSL. Durante o teste constante, as amostras sanguíneas foram recolhidas aos 5o., 10o., 15o., 20o., 25o. e 30o. min. Como procedimentos estatísticos foram utilizados, para além das medidas descritivas, (média e desvio padrão), a análise de variância de medidas repetidas. O valor médio da V_4 foi $3,9 \pm 0,28$ m/s. Dois dos 13 sujeitos foram incapazes de terminar o teste de 30 min (CSL finais de 9,82 e 7,25 mmol/l, respectivamente). De acordo com o critério de Heck et alii (1985c) os restantes sujeitos completaram o teste com CSL médias de $4,15 \pm 1,11$ mmol/l. As CSL médias nos diferentes momentos (5o., 10o., 15o., 20o., 25o. e 30o. min) do teste constante foram, respectivamente: 4,21; 4,50; 4,67; 4,57; 4,87 e 4,25 mmol/l. Não foram observadas diferenças significativas nas observações repetidas ($F(5, 6) = 1,035$; $p = 0,474$), indicando a inexistência de diferenças intra-individuais nas CSL durante o teste de 30 min. Deste modo, concluímos que a carga correspondente a uma CSL de 4 mmol/l pode ser suportada, por jovens atletas, em condições de “steady-state”. Os resultados sugerem que o referencial láctico a adotar na avaliação e treino da capacidade aeróbia em jovens não parece diferir do utilizado em adultos.

UNITERMOS: Capacidade oxidativa; “steady-state” do lactato; Limiar aeróbio anaeróbio; Jovens atletas.

INTRODUÇÃO

O limiar anaeróbio tem sido considerado como um indicador fisiológico associado à transição entre o metabolismo aeróbio e o anaeróbio (Heck, Mader, Hess, Muller & Hollman, 1985c; Mader, 1991; Mader & Heck,

1986; Mader, Liesen, Heck, Philippi, Rost, Schürch & Hollmann, 1976). Isto é, uma carga correspondente ao referido limiar pode ser assumida como a mais elevada suportada pelo metabolismo oxidativo. De acordo com Heck et alii

* Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto – Portugal.

(1985c) e Mader et alii (1976), a concentração sanguínea de lactato (CSL) correspondente a 4 mmol/l tem sido referida como a mais precisa e criteriosa na determinação do limiar anaeróbio. Assim, esta CSL apresenta-se como a mais elevada que pode ser suportada durante um exercício prolongado em condições de “steady-state” i.e. corresponde a uma intensidade acima da qual a taxa de produção de lactato excede a sua eliminação (Beneke, Heck, Schwarz & Leithäuser, 1996; Hartmann & Mader, 1994; Heck et alii, 1985c). Qualquer aumento na intensidade de exercício que promova um incremento das CSL acima de referido limiar, conduz a uma taxa de produção de energia via metabolismo glicolítico mais elevada, comparativamente com a taxa de oxidação do piruvato (Brooks, 1986). De acordo com esta assunção, será de esperar que cargas correspondentes a uma CSL de 4 mmol/l possam ser suportadas durante um teste prolongado de carga constante, constituindo-se esta concentração como um referencial importante na avaliação e controle do treino aeróbio.

Foram encontradas correlações elevadas entre os diferentes métodos de determinação do limiar anaeróbio, com recurso a testes incrementais, e o estado de equilíbrio máximo de lactato (*MaxLass*) (Heck, Hess & Mader, 1985a,b). Contudo, alguns estudos (Föhrenbach, Mader & Hollmann 1987; Foxdal, Sjödin & Sjödin, 1996) evidenciaram que a velocidade de corrida correspondente a uma CSL de 4 mmol/l (V_4) nem sempre é suportada em condições de “steady-state” de lactato durante uma carga prolongada. De fato, fatores extrínsecos e intrínsecos tais como a capacidade aeróbia, as adaptações induzidas pelos diferentes programas de treino, a maturação e a idade podem influenciar o *MaxLass* (Beneke et alii, 1996; Beneke & von Duvillard, 1996; Foxdal, Sjödin & Sjödin, 1996; Krüger, Schnetter, Heck & Hollmann, 1990; Williams, Armstrong & Kirby, 1990). Relativamente à idade, alguns estudos (Pfitsinger & Freedson, 1997a,b; Pianosi, Seargeant & Haworth, 1995; Williams, Armstrong & Kirby, 1990) referiram alterações no perfil aeróbio e anaeróbio durante o crescimento, tais como a atividade das enzimas oxidativas e glicolíticas, que podem influenciar as CSL durante intensidades sub-maximais de exercício. Os estudos mencionados referem atividades relativamente superiores das enzimas oxidativas (como a fumarase e uma relação piruvato quinase/fumarase mais elevada) em sujeitos de estatutos

maturacionais mais baixos (idades pré-pubertárias) comparativamente com sujeitos pertencentes a um estágio maturacional mais avançado. Por outro lado, é sugerida uma atividade menos elevada de algumas enzimas da glicólise, como a piruvato quinase e a lactato desidrogenase em crianças, quando comparadas com as de jovens pós-púberes. Para além destas diferenças, é ainda referido um volume mitocondrial relativo (em percentagem) mais elevado em crianças, comparativamente com adultos não treinados (para refs. ver Rowland, 1996). Estas diferenças poderão sugerir uma maior capacidade oxidativa das crianças relativamente aos adultos, bem como um aumento, com a idade, da capacidade de produzir energia anaeróbia através de uma taxa glicolítica elevada.

Adicionalmente, a taxa de acumulação de lactato no sangue, a qual resulta da relação entre os processos de produção e de remoção do referido metabolito, é determinada pela combinação de vários fatores, entre os quais o tipo de fibras, a capacidade respiratória muscular, a mobilização de substratos energéticos bem como as características bioquímicas das células musculares esqueléticas (Donovan & Pagliassotti, 2000; Holloszy, 1996; Ivy, Withers, Van Handel, Elger & Costill, 1980), fatores que, entre outros, parecem apresentar magnitudes de manifestação diferentes em função da idade.

O desenvolvimento da capacidade aeróbia, quer em jovens quer em adultos, deverá ser baseado num referencial o mais rigoroso e preciso possível que possibilite prescrever, no treino, intensidades de exercício ajustadas às características dos sujeitos (Hartman & Mader, 1994). De fato, existe alguma escassez de estudos em jovens que confirmem o valor de 4 mmol/l como a CSL a partir da qual, qualquer incremento da intensidade de exercício promova um aumento súbito dessas concentrações. Paralelamente, importa estudar se o treino da capacidade aeróbia em jovens, deverá ser baseado em cargas de lactato semelhantes às utilizadas em adultos, a fim de otimizar as intensidades e, conseqüentemente, os volumes de treino dos sujeitos.

Deste modo, os objetivos do presente estudo foram: a) investigar a existência de um “steady-state” das CSL durante um período de exercício de 30 min (a uma intensidade correspondente ao limiar anaeróbio) em jovens atletas; e b) determinar, possíveis diferenças intra-individuais nas CSL, no sentido de verificar uma eventual estabilidade da cinética deste metabolito durante o teste e se a CSL de 4 mmol/l se poderá

constituir como um referencial aeróbio ajustado para esta população.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostra

Participaram no nosso estudo 13 (n = 13) jovens atletas do sexo masculino (idade = $16,07 \pm 1,38$ anos; peso = $61,0 \pm 6,69$ kg; altura = $175,0 \pm 4,21$ cm). Antes da participação neste estudo foi requerido consentimento escrito dos pais dos sujeitos. De acordo com um questionário prévio, todos os sujeitos eram praticantes de atletismo ainda sem especialização definida, seguindo um programa de treino de três sessões semanais. Nos três dias que antecederam a avaliação, bem como durante a realização da mesma, todos os sujeitos suspenderam qualquer tipo de treino.

Procedimentos de avaliação

Os sujeitos realizaram um teste incremental e um teste prolongado de carga constante. Os testes foram realizados com três dias de intervalo.

Teste incremental

Foi utilizado um teste incremental de corrida por patamares (Mader et alii, 1976) para determinação da carga (m/s) correspondente a uma CSL de 4 mmol/l (FIGURA 1). O teste decorreu numa pista de piso sintético de 400 m de perímetro, tendo sido utilizadas quatro velocidades de corrida (3,0 – 4,6 m/s) com incrementos de 0,4 m/s e uma duração mínima de 5 min 30 s. Nos 30 s subsequentes ao final de cada patamar de corrida, foram recolhidas amostras de sangue capilar do lóbulo da orelha. Após este procedimento, os sujeitos reiniciaram um novo e mais rápido patamar de corrida. O controle rigoroso da velocidade de corrida em cada patamar foi assegurado pela emissão de sinais sonoros em cada 200 m.

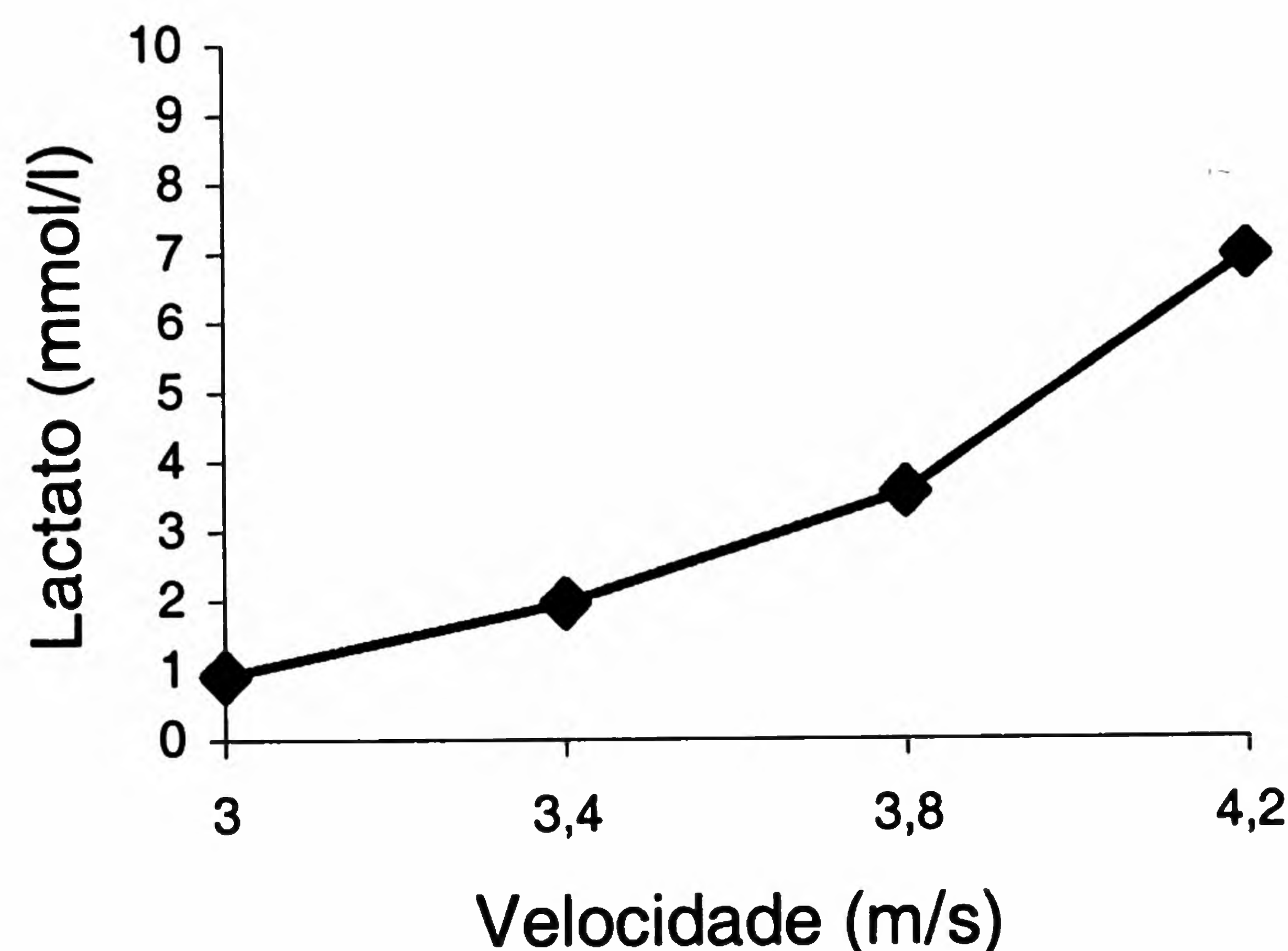


FIGURA 1 – A título meramente ilustrativo, são apresentadas as CSL durante um teste incremental para determinação do limiar aeróbio anaeróbio; o teste iniciou-se a uma velocidade de 3,6 m/s sendo a carga incrementada em 0,4 m/s em cada 5 min e 30 s de corrida até se verificar uma CSL superior a 4 mmol/l

Teste prolongado de carga constante

O teste foi igualmente conduzido numa pista de piso sintético de 400 m. Os probantes efetuaram 30 min de corrida a uma intensidade correspondente à V_4 previamente determinada a partir do teste incremental. Durante o teste, a

velocidade constante foi assegurada por um atleta de alto nível e experimentado, bem como pela emissão de sinais sonoros em cada 100 m. O teste foi interrompido de 5 em 5 min para coleta de sangue capilar do lóbulo da orelha a fim de determinar a CSL (FIGURA 2).

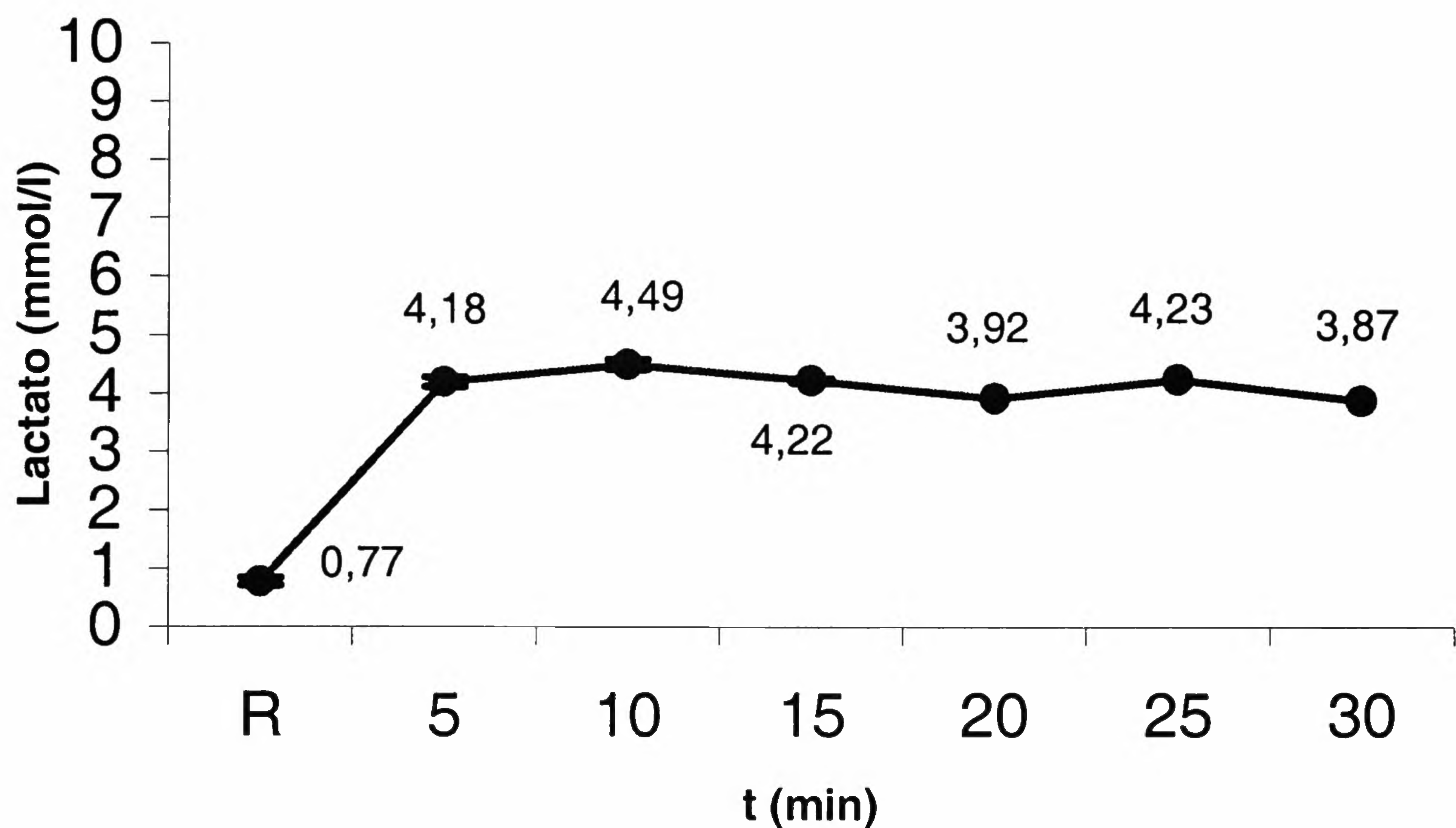


FIGURA 2 – A título meramente ilustrativo, apresenta-se o comportamento das CSL semelhante durante um teste de carga constante de 30 min (os valores têm um caráter fictício); o teste é realizado a uma velocidade correspondente ao limiar aeróbio-anaeróbio, previamente determinado a partir de um teste incremental idêntico ao descrito na FIGURA 1.

De acordo com Heck et alii (1985c) uma diferença inferior a 1mmol/l entre o 10o. e o 30o. min do teste, apresenta-se como critério para a verificação de um “steady-state” das CSL durante o teste. Para a determinação da CSL correspondente ao “steady-state” recorreremos à média das CSL das últimas quatro coletas.

Lactato

Para determinação da CSL foram recolhidas amostras de sangue capilar (25 µl) do lóbulo da orelha previamente hiperemizada (Finalgon, Thomae, Biberach, Germany), as quais foram imediatamente analisadas com recurso a um método enzimático, utilizando um instrumento de análise de lactato da marca *Yellow Springs Instruments 1500L-Sport analyser*.

Estatística

Para estudar a cinética do lactato durante os vários momentos de análise do teste de 30 min, foram utilizadas as médias, desvio padrão, bem como a análise de variância de medidas repetidas. Este procedimento estatístico testou a hipótese nula da ausência de diferenças nas médias

ao longo do tempo. Na eventualidade desta hipótese ser rejeitada, serão consideradas as possibilidades de tendências lineares e/ou quadráticas para os resultados. Os cálculos foram realizados no pacote estatístico *Systat 9.0*.

RESULTADOS

A velocidade média correspondente à V_4 , obtida a partir do teste incremental foi de $3,9 \pm 0,28$ m/s. Apenas dois dos 13 sujeitos foram incapazes de manter condições de “steady-state” das CSL durante o teste prolongado de 30 min (ambos terminaram o teste aos 25 min com CSL de 9,82 e 7,25 mmol/l, respectivamente). Os restantes sujeitos suportaram o teste, tendo apresentado uma CSL média de $4,15 \pm 1,11$ mmol/l nos últimos 20 min.

Os valores individuais e médios da V_4 , das CSL dos últimos 20 min do teste prolongado de carga constante e das CSL dos sujeitos durante a totalidade do teste são apresentados na TABELA 1.

TABELA 1 – Valores individuais e médios da V_4 , das CSL dos últimos 20 min do teste prolongado de carga constante (de acordo com critério de Heck et alii 1985c) e das CSL dos sujeitos durante a totalidade do teste.

Sujeitos	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Média	dp
Tempo															
15 min	3,45	5,14	3,78	4,22	2,93	2,62	4,80	3,21	4,28	4,69	6,60	8,99	6,08	4,67	
20 min	3,40	5,02	4,00	3,92	2,72	2,30	4,88	3,20	3,76	4,45	6,59	8,72	6,55	4,57	
25 min	3,80	5,45	3,76	4,23	3,21	3,14	4,79	3,00	3,87	4,53	6,56	9,82	7,25	4,87	
30 min	4,40	5,12	3,73	3,87	3,15	3,03	5,05	3,06	3,97	4,65	6,74			4,25	
Média 15-30	3,76	5,18	3,82	4,06	3,00	2,77	4,88	3,12	3,97	4,58	6,62	9,18	6,63	4,74	1,81
dp	0,46	0,19	0,12	0,19	0,22	0,39	0,12	0,10	0,22	0,11	0,08	0,57	0,59	0,26	
V_4	3,9	4,10	4,4	3,90	3,50	3,50	4,10	4,10	4,10	3,60	3,60	4,40	3,90	3,93	0,31

TABELA 2 – Estatística descritiva dos valores das CSL (mmol/l) dos sujeitos durante o teste constante de 30 min.

Tempo (min)	5	10	15	20	25	30
n. de sujeitos	13	13	13	13	13	11
Mínimo	2,79	2,86	2,62	2,30	3,00	3,03
Máximo	6,25	7,74	8,99	8,72	9,82	6,74
Mediana	4,21	4,49	4,28	4,00	4,23	3,97
Média	4,20	4,50	4,67	4,57	4,87	4,25
Intervalo confiança (95%) Limite superior	4,83	5,31	5,73	5,66	6,06	5,00
Limite inferior	3,58	3,70	3,62	3,49	3,68	3,50

As médias das CSL nos diferentes momentos (5o., 10o., 15o., 20o., 25o. e 30o. min) do teste constante foram, respectivamente: 4,21; 4,50; 4,67; 4,57; 4,87 e 4,25 mmol/l (TABELA 2). Não se verificaram diferenças significativas nas observações repetidas [$F(5,6) = 1,035$; $p = 0,474$], evidenciando a inexistência de diferenças intra-individuais nas CSL durante o teste de 30 min.

DISCUSSÃO

O resultado mais relevante do presente estudo prende-se com o fato de 84,6% dos sujeitos terem sido capazes de suportar a carga correspondente à V_4 durante o teste prolongado, evidenciando um “steady-state” das CSL.

De fato, a capacidade aeróbia depende da disponibilidade dos sistemas energéticos em mobilizar oxidativamente os principais substratos como a glicose sanguínea, o glicogênio muscular e hepático, os ácidos gordos livres e os triglicerídeos musculares. Contudo, a energia anaeróbia suplementar fornecida pela via glicolítica conduz à formação de ácido láctico, o

qual, apresenta, tal como outros metabolitos, alguma relação com a fadiga muscular (Van Hall, 2000). Pela razão mencionada, durante um exercício contínuo, o “steady-state” das CSL apresenta-se como uma das condições para suportar uma carga correspondente à V_4 por um tempo prolongado.

A CSL reflete o equilíbrio entre a taxa de produção de lactato a nível muscular esquelético e os inúmeros mecanismos fisiológicos associados ao seu “clearance”. A composição dos diferentes tipos de fibras (Brooks & Mercier 1994; Ivy et alii, 1980), a capacidade respiratória muscular (Ivy et alii, 1980), a densidade capilar (Tesch, Sharp & Daniels, 1981), a mobilização preferencial de gorduras como substrato energético, relativamente aos hidratos de carbono, para a mesma intensidade relativa de exercício (Beneke, Hütler & Leithäuser, 2000; Holloszy, 1996), assim como o transporte facilitado do lactato através das membranas celulares quer para a circulação quer para a mitocôndria (através da ação dos transportadores proteicos de monocarboxilato *MCT*) (Bonen, 2000; Brooks, 2000; Gladen, 2000a,b), têm sido descritos como

alguns dos fatores que podem influenciar as CSL. De fato, o treino de resistência induz modificações nos fatores acima mencionados, os quais se apresentam relacionados com a capacidade de oxidação do piruvato e com o aumento da eficiência das vias metabólicas conducentes à oxidação, libertação e consumo do lactato (Brooks, 2000; Gladen, 2000a,b).

Os resultados do presente estudo evidenciaram que, com exceção de dois sujeitos, a V_4 é suportada em condições de equilíbrio das CSL. De fato, quando a intensidade de exercício se situa próxima do limiar anaeróbio, o “steady-state” das CSL durante a realização de cargas prolongadas encontra-se relacionado, em primeiro lugar, com o estado de equilíbrio máximo de lactato sanguíneo de cada sujeito (*Maximal Lactate Steady State MaxLass*). Esta observação parece ser confirmada por uma investigação conduzida por Foxdal, Sjödín e Sjödín (1996), a qual demonstrou que a carga correspondente ao $OBLA_{4\text{mmol/l}}$ não foi suportada por cinco dos seis maratonistas que compunham a amostra, no decorrer de um teste de 50 min em esteira (tempo de duração média da corrida: 30 ± 6 min; média das CSL: $7,9 \pm 0,8$ mmol/l). O sujeito que completou os 50 min de corrida registou uma CSL de 4,5 mmol/l. Por outro lado, no mesmo estudo, sete em oito bombeiros testados à mesma intensidade relativa ($OBLA_{4\text{mmol/l}}$), igualmente durante 50 min, completaram o tempo previsto para o teste evidenciando um “steady-state” médio das CSL de $5,3 \pm 0,6$ mmol/l, tendo o oitavo sujeito terminado o teste, embora com uma CSL final de 7 mmol/l. Estes resultados parecem sugerir que o *MaxLass* individual dos sujeitos se apresenta como um fator importante para sustentar uma intensidade de exercício correspondente ao limiar anaeróbio evidenciando equilíbrio das CSL.

No presente estudo, a média das CSL em condições de equilíbrio no teste de 30 min foi de, aproximadamente, 4 mmol/l, apesar da variação inter-individual evidenciada pelos sujeitos (TABELAS 1 e 2). Segundo o critério sugerido por Heck et alii (1985a), 11 dos 13 sujeitos do nosso estudo manifestaram um “steady-state” das CSL, o qual foi confirmado pela análise de variância de medidas repetidas, tendo sido demonstrada a inexistência de diferenças intra-individuais entre as CSL médias dos sujeitos durante o teste de 30 min. Relativamente aos dois sujeitos que não terminaram o teste, o valor da V_4 situou-se, provavelmente, acima da carga correspondente ao *MaxLass*, tendo terminado o teste ao 25o. min e

evidenciando CSL de 9,92 e 7,25 mmol/l, respectivamente. De fato, de acordo com um estudo recente efetuado em jovens atletas (Santos & Ascensão, 1999), a média das CSL correspondentes ao *MaxLass* situa-se em torno das 5 mmol/l, embora com uma amplitude de variação entre 2,78 até 7,12 mmol/l, confirmando a variabilidade do referido indicador fisiológico. No entanto, utilização de um teste de 30 minutos a uma intensidade correspondente ao limiar anaeróbio poderá ter subestimado o *MaxLass*, em alguns dos sujeitos, uma vez que o fato de ocorrer um equilíbrio das CSL no teste de carga constante, não significa uma correspondência entre a carga ao *MaxLass* e a carga constante de 30 minutos à V_4 .

Por outro lado, apesar de ser sugerido que em crianças, os mecanismos conducentes à produção e eliminação do lactato são diferentes dos adultos (para refs. ver Pfitsinger & Freedson, 1997a,b; Rowland, 1996), a amostra do nosso estudo apresenta uma idade média de cerca de 16,7 anos, encontrando-se os sujeitos num estágio maturacional pós-pubertário. Deste modo, os resultados do nosso estudo parecem ser mais influenciados por outros fatores do que pela idade cronológica.

O tempo médio de recolha de amostras de sangue capilar quer entre patamares, em testes de carga progressiva, quer durante testes de carga constante de longa duração, tem sido apresentado por alguns autores como um fator que pode influenciar os valores das CSL (Heck et alii, 1985c). Estes autores não encontraram diferenças estatisticamente significativas nas CSL determinadas após tempos de recolha de 30, 60 e 90 s. Tal como foi referido na descrição da metodologia, o tempo de recolha de sangue no nosso estudo não ultrapassou os 30 s, pelo que não nos parece que este fator tenha exercido qualquer influência nos nossos resultados.

Outros fatores que parecem estar associados à realização de esforços prolongados são, por um lado, a capacidade aeróbia dos sujeitos e, por outro lado, a consequente diferenciação na metabolização dos diferentes substratos energéticos. De fato, o desenvolvimento da capacidade aeróbia tem sido referido como um fator que promove o efeito de poupança do glicogénio (“glycogen sparing effect”) (Brooks & Mercier, 1994) influenciando, consequentemente, as CSL durante o exercício submáximo. A fraca capacidade aeróbia dos sujeitos da amostra do nosso estudo, (como é demonstrado pelo valor médio da V_4 de 3,93 m/s) e a sua amplitude de

variação (entre 3,5 e 4,4 m/s) conjugada com um intervalo de apenas três dias entre os testes, poderão justificar diferentes valores das CSL em “steady-state” no teste prolongado, devido, eventualmente, aos diferentes padrões de mobilização dos substratos energéticos, bem como às diferentes taxas de repleção glicogênica dos sujeitos durante o período de três dias de recuperação entre os dois testes (Beneke, Hütler & Leithäuser, 2000). Confirmando a importância do glicogênio como um substrato chave durante o exercício, nomeadamente, quando realizado a uma intensidade correspondente ao *MaxLass*, Giesen, Klee e Mader (1998) encontraram valores de quociente respiratório em torno de 1,0 para a referida carga.

Em síntese, de acordo com os nossos resultados, não foram encontradas diferenças intra-individuais significativas nas CSL durante o teste de 30 min e, deste modo, foi possível verificar um “steady-state” das CSL durante um exercício prolongado realizado a uma intensidade correspondente ao limiar aeróbio-anaeróbio, sugerindo que o referencial láctico a adotar para a avaliação e treino da capacidade aeróbia em jovens pós-púberes, não parece diferir do utilizado em adultos. Contudo, a realização de estudos complementares com amostras mais alargadas, com estatutos maturacionais e condições aeróbias bem diferenciadas, poderá assumir um contributo importante para uma melhor compreensão deste fenómeno.

ABSTRACT

BLOOD LACTATE CONCENTRATIONS DURING A CONSTANT LOAD AT AN INTENSITY CORRESPONDING TO THE AEROBIC-ANAEROBIC THRESHOLD IN YOUNG ATHLETES

It is believed that in adults the workload corresponding to a blood lactate concentration (BLC) of 4 mmol/l, determined through aerobic-anaerobic threshold, in adults could be sustained as long as 30 min at a constant workload (steady-state BLC). The lack of studies that confirm if such a phenomenon occurs in young athletes, might justify the possibility of considering a different BLC for aerobic capacity training and assessment. The purposes of this study were: a) to investigate if a steady-state of BLC occurs during 30 min of constant exercise (at an intensity corresponding to 4 mmol/l) in young athletes, and b) to assess possible intra-individual lactate differences during the test. Thirteen young athletes (age: 16.1 ± 1.4 yrs; weight: 61.0 ± 6.7 kg; height: 171.3 ± 5.6 cm) were evaluated both during an incremental and a constant workload test. The incremental step test was used for the determination of the workload corresponding to 4mmol/l of BLC (V_4). After three days, the subjects performed a 30 min constant load test at the previously determined V_4 . During both tests capillary blood was taken from the ear lobe and immediately analyzed using a enzymatic blood analyzer (YSI 1500L-Sport). During the constant test blood samples were taken at 5th, 10 th, 15 th, 20 th, 25th and 30th min. Statistical analysis included a repeated measure Anova. The mean V_4 value was 3.9 ± 0.28 m/s. Two of the thirteen subjects were not able to finish the 30 min test (final BLC was 9.82 and 7.25 mmol/l, respectively). According to Heck et alii (1985c) criteria the remaining subjects completed the test with a mean “steady-state” BLC of 4.15 ± 1.11 mmol/l. The mean BLC in the different moments (5th, 10 th, 15 th, 20 th, 25th and 30th) of the constant test were, respectively: 4.21; 4.50; 4.67; 4.57; 4.87 and 4.25 mmol/l. There were no significant differences in the repeated observations ($F(5,6) = 1.035$; $p = 0.474$), pointing out that no evidence of intra-individual BLC differences during the 30 min test exists. Therefore, it is concluded that a blood lactate steady-state may be achieved at intensities corresponding to 4 mmol/l in young athletes. Our data suggests that the lactate index used as a reference for aerobic capacity training and assessment should not be different among young and adult athletes.

UNITERMS: Oxidative capacity; Lactate steady state; Aerobic-anaerobic threshold; Young athletes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENEKE, R.; HECK, H.; SCHWARZ, V.; LEITHÄUSER, R. Maximal lactate steady state during the second decade of age. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.28, p.1474-8, 1996.
- BENEKE, R.; HÜTLER; LEITHÄUSER, R. Maximal lactate steady state independent of performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.32, p.1135-9, 2000.
- BENEKE, R.; Von DUVILLARD, S. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.28, p.241-6, 1996.
- BONEN, A. Lactate transporters (MCT proteins) in heart and skeletal muscles. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.32, p.778-89, 2000.
- BROOKS, G. Lactate production under fully aerobic conditions: the lactate shuttle during rest and exercise. **Federation Proceedings**, Bethesda, v.45, p.2924-9, 1986.
- _____. Intra- and extra cellular lactate shuttles. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.32, p.790-9, 2000.
- BROOKS, G.; MERCIER, J. Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the "crossover" concept. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.76, p.2253-61, 1994.
- DONOVAN, C.; PAGLIASSOTTI, M. Quantitative assessment of pathways for lactate disposal in skeletal muscle fiber types. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.32, p.772-7, 2000.
- FÖHRENBACH, R.; MADER, A.; HOLLMANN, W. Determination of endurance capacity and prediction of exercise intensities for training and competition in marathon runners. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.8, p.11-8, 1987.
- FOXDAL, P.; SJÖDIN, B.; SJÖDIN, A. Comparison of blood lactate concentrations obtained during incremental and constant intensity exercise. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.17, p.360-5, 1996.
- GIESEN, H.; KLEE, D.; MADER, A. Relation between steady state lactate concentration and respiratory quotient during prolonged exercise of high intensity. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.30, p.S245, 1998.
- GLADDEN, B. The role of skeletal muscle in lactate exchange during exercise: introduction. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.32, p.753-5, 2000a.
- _____. Muscle as a consumer of lactate. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.32, p.764-71, 2000b.
- HARTMANN, U.; MADER, A. Importance of lactate parameter for performance diagnosis and for the regulation in top competition and in recreational sports. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Turin, v.35, p.14-20, 1994.
- HECK, H.; HESS, G.; MADER, A. Vergleichende Untersuchung zu Verschiedenen Laktat Schwellenkonzepten comparative study of different lactate threshold concepts. **Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin**, Cologne, v.2, p.19-25, 1985a.
- _____. Vergleichende Untersuchung zu Verschiedenen Laktat Schwellenkonzepten - comparative study of different lactate threshold concepts. **Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin**, Cologne, v.2, p.40-52, 1985b.
- HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MULLER, R.; HOLLMAN, W. Justification of the 4mmol/l lactate threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.6, p.117-30, 1985c.
- HOLLOSZY, J. Regulation of carbohydrate metabolism during exercise: new insights and remaining puzzles. In: MAUGHAN, R.J.; SHIRREFFS, S.M. (Eds.). **Biochemistry of exercise IX**. Champaign: Human Kinetics, 1996. part 1, p.3-12.
- IVY, J.; WITHERS, R.; van HANDEL, P.; ELGER, D.; COSTILL, D. Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. **Journal of Applied Physiology: Respiratory Environmental Exercise Physiology**, Bethesda, v.48, p.523-7, 1980.
- KRÜGER, J.; SCHNETTER, S.; HECK, H.; HOLLMANN, W. Relationship between rectangular triangular increasing workload and maximal lactate steady-state on the crank ergometer. In: HERMANS, G.P.H.; MOSTERD, W.L. (Eds.). **Sports medicine and health**. Amsterdam: Elsevier Science, 1990. p.685-90.
- MADER, A. Evaluation of endurance performance of marathon runners and theoretical analysis of test results. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Turin, v.31, p.1-19, 1991.
- MADER, A.; HECK, H. A theory of metabolic origin of anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.7, p.45-65, 1986.
- MADER, A.; LIESEN, H.; HECK, H.; PHILIPPI, H.; ROST, R.; SCHÜRCH, P.; HOLLMANN, W. Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labot. **Sportarzt and Sportmedizin**, v.27, n.5, p.109-12, 1976.

PFITSINGER, P.; FREEDSON, P. Blood lactate responses to exercise in children: part 1, peak lactate concentration. **Pediatric Exercise Sciences**, Champaign, v.9, p.210-22, 1997a.

PFITSINGER, P.; FREEDSON, P. Blood lactate responses to exercise in children: part 2, peak lactate concentration. **Pediatric Exercise Sciences**, Champaign, v.9, p.299-307, 1997b.

PIANOSI, P.; SEARGEANT, L.; HAWORTH, J. Blood lactate and pyruvate concentrations, and their ratio during exercise in healthy children: developmental perspective. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.71, p.518-22, 1995.

ROWLAND, T. **Development exercise physiology**. Champaign: Human Kinetics, 1996.

SANTOS, P.; ASCENSÃO, A. Maximal lactate steady state in young male athletes. In: **YOUTH SPORT IN THE 21TH CENTURY CONGRESS**, 1999, East Lansing. **Proceedings...** East Lansing: Michigan State University/Institute for the Study of Youth Sports, 1999. p 67.

TESCH, P.; SHARP, D.; DANIELS, W.L. Influence of fiber type composition and capillary density on onset of blood lactate accumulation, **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.2, p.252-5, 1981.

Van HALL, G. Lactate as a fuel of mitochondrial respiration. **Acta Physiologica Scandinavica**, Oxford, v. 168, p. 643-56, 2000.

WILLIAMS, J.; ARMSTRONG, N.; KIRBY, B. The 4 mmol blood lactate level as an index of exercise performance in 11-13 year old children. **Journal of Sports Sciences**, London, v. 8, p. 139-147, 1990.

Recebido para publicação em: 25 abr. 2001

Revisado em: 14 set. 2001

Aceito em: 12 abr. 2002

ENDEREÇO: António Alexandre Ascensão
Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física
Universidade do Porto
R. Dr. Plácido Costa, 91
4200 Porto PORTUGAL
e-mail: aascensao@fcdef.up.pt

CONFIABILIDADE DAS AMOSTRAS DE SANGUE VENOSO ARTERIALIZADO

Fernando Augusto Monteiro Saboia POMPEU*
 Aluysio S. ADERALDO JUNIOR**
 Paulo Sérgio Chagas GOMES***

RESUMO

Amostras de sangue venoso coletadas do dorso da mão após o aquecimento vêm sendo empregadas como substitutas para as coletas arteriais. Objetivo: Determinar a eficiência e confiabilidade desta manobra durante o repouso e no esforço. Métodos: Coletou-se amostras venosas do dorso da mão e do lóbulo da orelha de 14 sujeitos (22 ± 3 anos; e $71,3 \pm 15,5$ kg) antes e após a imersão por 15 minutos em água a $41-43$ °C. Os dados foram tratados pela ANOVA com o teste *post hoc* de Tukey e análise de regressão para $P \leq 0,05$. O sangue arterializado apresentou redução significativa na $[Lac]$ ($-0,45 \pm 0,49$ mmol•l⁻¹), $[HCO_3]$ ($-1,04 \pm 2,76$ mmol•l⁻¹) e na P_{CO_2} ($-5,52 \pm 7,4$ mmHg) e elevação no pH ($0,040 \pm 0,044$), P_{O_2} ($30,3 \pm 26,2$ mmHg) e $\%S_{O_2}$ ($18,9 \pm 18,1$ %). Não houve diferença significativa para estas variáveis, exceto para a P_{O_2} , medidas em três diferentes momentos. As concentrações do lactato no sangue capilar do lóbulo da orelha e do sangue venoso arterializado não diferiram e apresentaram forte correlação ($r^2 = 0,95$) durante o esforço escalonado no ciclo ergômetro. Conclusão: O método do aquecimento da mão é útil e confiável para estudos do equilíbrio ácido-base, no repouso e no esforço.

UNITERMOS: Equilíbrio ácido-base; Lactato; Acidose; Bicarbonato padrão e esforço.

INTRODUÇÃO

Muitas vezes para a compreensão do desempenho humano, necessita-se complementar as informações oriundas dos testes ergoespirométricos, com dados sobre o equilíbrio ácido-base, concentrações hormonais e marcadores bioquímicos do metabolismo energético.

As coletas de amostras do sangue arterial são as melhores referências para tais estudos (Robergs, Moneta, Mitchell, Pascoe, Houmard & Costill, 1990; Schnabel, Kindermann, Schmitt, Biro & Stegmann, 1982; Yoshida, Takeuchi & Suda, 1982). Contudo a técnica da punção arterial envolve riscos e desconforto que tornam necessária a presença de um técnico experiente e de infra-estrutura para o atendimento

de urgências médicas.

Estudos de campo na área das ciências do esporte, vêm empregando técnicas menos cruentas em substituição as coletas arteriais, como as amostras de sangue capilar do lóbulo da orelha (Mader, 1991; Pompeu, Flegner, Santos & Gomes, 1997), e da polpa digital (McNaughton, Backx, Palmer & Strange, 1999), ou amostras venosas do dorso da mão após o aquecimento (Oyono-Enguelle, Garnier, Marbach, Heltz, Ott & Freund, 1989).

Este estudo portanto, teve como objetivo determinar a confiabilidade e eficiência do aquecimento da mão para arterialização de amostras venosas durante o repouso e esforço.

*Escola de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

** Hospital dos Servidores do Estado do Rio de Janeiro.

*** Programa de pós-graduação em Educação Física da Universidade Gama Filho.

MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos adotados neste estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética para Pesquisa com Humanos do Hospital dos Servidores do Estado – RJ. Após os esclarecimentos das dúvidas e assinatura do termo de consentimento, um técnico experiente canulou uma veia do dorso da mão de 14 voluntários hígidos (nove homens e cinco mulheres). Neste procedimento, empregou-se cateteres Jelco® (Johnson-Johnson, USA) de calibre 20 ou 22, ligado a um tubo *polifix*, por onde realizou-se coletas de 1 ml de sangue. Antes e após as coletas, lavou-se o cateter e o *polifix* com uma solução contendo 0,7 ml de heparina diluída em 500 ml de soro fisiológico. As seringas com as amostras foram estocadas na temperatura aproximada de 5 °C por até duas horas.

A mão foi aquecida por 15 minutos em imersão em água a 41-43 °C. Um aparato com resistência elétrica e um termômetro de mercúrio foram empregados para controlar o aquecimento da água.

Também foram coletadas amostras de sangue por punção do lóbulo da orelha, segundo a técnica descrita por Shephard (1992). O lóbulo da orelha foi hiperemiado por meio de massagem com gaze umedecida com álcool iodado conforme Rodrigues, Banguells, Pons, Brobnic e Galilea (1992).

A concentração do lactato ($[Lac]$) foi analisada pelo método eletroenzimático (*YSI 1500 SPORT*® - USA). A pressão parcial do oxigênio (P_{O_2}), a pressão parcial do gás carbônico (P_{CO_2}), o pH e a inferência da concentração de bicarbonato padrão ($[HCO_3]$) e da saturação da hemoglobina ($\%S_{O_2}$) foram medidas por meio da gasometria por eletródios (*AVL – Compact III*® - USA).

Selecionou-se dois indivíduos do sexo masculino e dois do feminino para o teste no ciclo ergômetro de frenagem mecânica (*Monarch*® *Ind. Brasileira*), que foram submetidos ao protocolo escalonado de 50 Watts a cada cinco minutos até a exaustão. Nos últimos 30 segundos

de cada estágio realizou-se simultaneamente as coletas de sangue venoso arterializado e de sangue capilar. Com a finalidade de manter a arterialização do sangue venoso, a mão foi mantida imersa em água a 41-43 °C durante o esforço. O volume da amostra sangüínea foi de 1 ml, conforme o anteriormente descrito.

As medidas realizadas nas amostras de sangue coletadas antes e após o aquecimento foram confrontadas por meio da ANOVA e teste *post hoc* de Tukey. Este tratamento também foi empregado para a análise dos dados coletados em três momentos entremeados por uma semana. Utilizou-se a análise de regressão para estudar a relação entre a lactacidemia do sangue capilar e a do sangue venoso arterializado durante o esforço. O nível de significância aceito neste estudo foi de $P \leq 0,05$. Para análise dos dados empregou-se o *software SPSS for Windows*® versão 8.0 (SPSS Inc., USA).

RESULTADOS

Na TABELA 1 observa-se as características antropométricas do grupo e na TABELA 2, a redução significativa na $[Lac]$, $[HCO_3]$ e P_{CO_2} e elevação no pH , P_{O_2} e $\%S_{O_2}$ com o aquecimento da mão.

Não observou-se diferenças significativas entre as amostras de sangue arterializado coletadas durante o repouso em momentos distintos para o pH , P_{CO_2} , $\%S_{O_2}$, $[Lac]$, e $[HCO_3]$, havendo diferença significativa apenas para a P_{O_2} (TABELA 3).

Não houve diferença significativa entre as concentrações do lactato no sangue capilar ($2,19 \pm 1,55 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) e no sangue venoso arterializado ($2,26 \pm 1,42 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) durante o esforço. Observou-se forte correlação ($r = 0,97$) entre estas variáveis, estando os valores distribuídos próximo à linha de identidade ($b = 0,89$). O diagrama de dispersão é apresentado na FIGURA 1.

TABELA 1 Características antropométricas do grupo (n = 14).

Variáveis	Média (± DP)
Idade (anos)	22 ± 3
Massa corporal (kg)	71,3 ± 15,5
Estatura (cm)	172,0 ± 11,5
Gordura relativa (%)	17,7 ± 9,0
$\dot{V}O_2$ máx (l•min ⁻¹)	2,73 ± 0,92

Sendo: DP = Desvio Padrão.

TABELA 2 - Comparação entre variáveis medidas no sangue venoso e no sangue venoso arterializado em repouso (n = 14).

Variáveis	Venoso	Arterializado	diferença	r ²	EPE	a	b
[Lac] (mmol•l ⁻¹)	1,25 ± 0,49	0,82 ± 0,22	-0,45 ± 0,49**	0,70**	0,25	-0,002	0,796**
P _{CO2} (mmHg)	46,2 ± 6,8	40,7 ± 3,8	-5,52 ± 7,44**	0,07	7,25	33,528**	0,15
[HCO ₃] (mmol•l ⁻¹)	25,9 ± 2,6	24,0 ± 2,3	-1,04 ± 2,76**	0,37*	3,61	11,317	0,509*
pH	7,35 ± 0,06	7,39 ± 0,05	0,040 ± 0,044**	0,02	0,03	6,284**	0,150
P _{O2} (mmHg)	54,0 ± 17,1	84,3 ± 23,1	30,3 ± 26,2**	0,14	16,17	40,270*	0,524
%S _{O2} (%)	74,5 ± 19,1	93,5 ± 7,8	18,9 ± 18,1**	0,00	9,10	87,834**	0,008

Sendo: Diferença significativa para * P ≤ 0,05 e ** P ≤ 0,01; r² = Coeficiente de determinação; EPE = Erro Padrão da Estimativa; a = Intercepto e b = Coeficiente angular.

TABELA 3 Confiabilidade da arterialização do sangue venoso durante o repouso em três momentos (n = 10).

Variáveis	1º momento	2º momento	3º momento	ICC
[Lac] (mmol•l ⁻¹)	0,91 ± 0,21	0,84 ± 0,26	0,73 ± 0,22	0,89
P _{CO2} (mmHg)	41,6 ± 4,2	40,3 ± 4,6	39,8 ± 4,0	0,96
[HCO ₃] (mmol•l ⁻¹)	23,8 ± 2,4	23,7 ± 2,4	25,2 ± 2,7	0,91
pH	7,37 ± 0,06	7,38 ± 0,04	7,43 ± 0,02	0,62
P _{O2} (mmHg)*	69,6 ± 24,1	81,6 ± 12,3	102,2 ± 24,7	0,51
%S _{O2} (%)	88,0 ± 12,3	95,0 ± 2,7	97,6 ± 1,1	0,63

Sendo: Diferença significativa para P ≤ *0,05 e ** 0,01 e ICC = Coeficiente de correlação intraclassa.

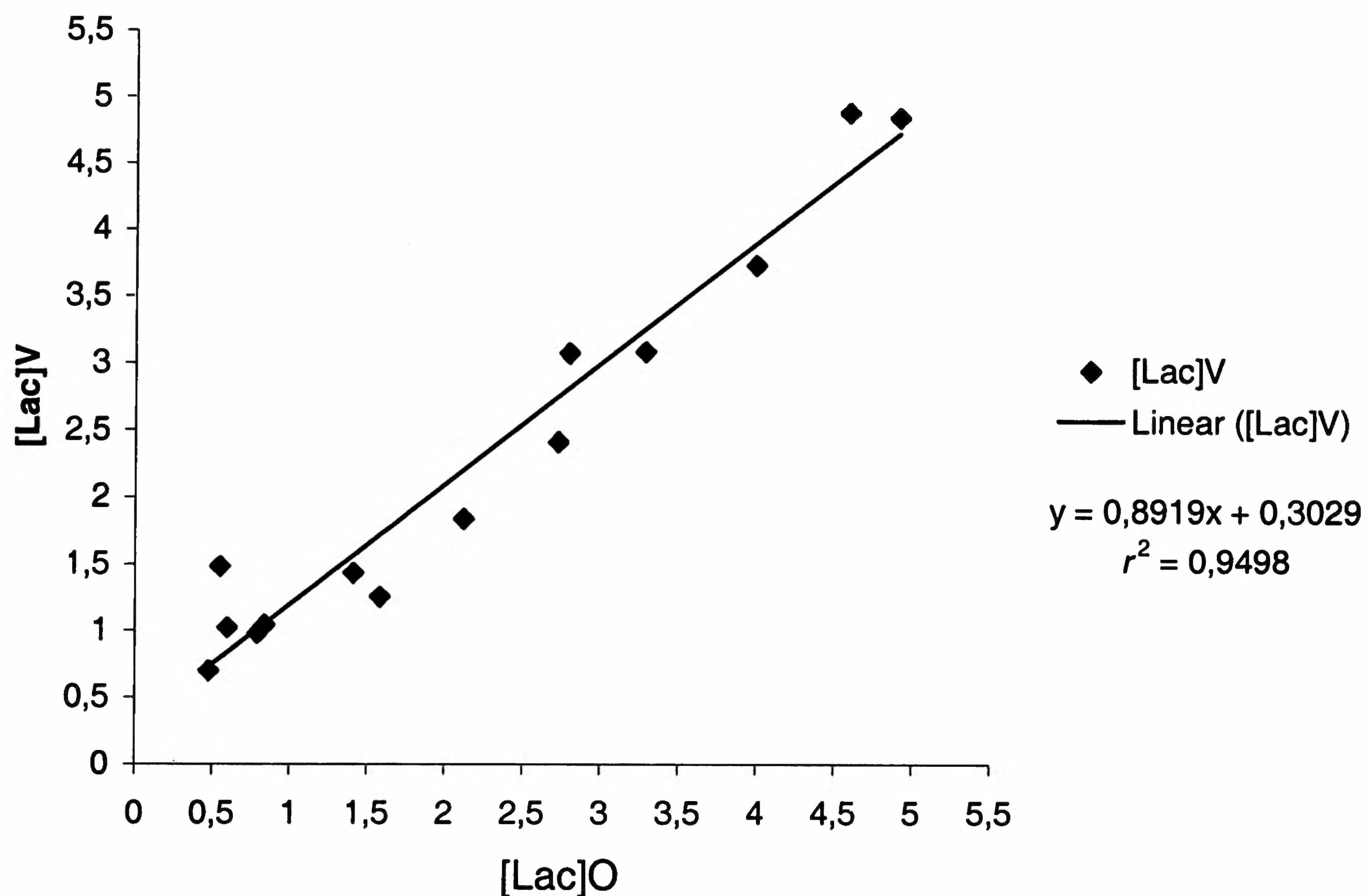


FIGURA 1 - Relação entre a concentração do lactato em $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ obtida de amostras do lóbulo da orelha [Lac]O e do sangue venoso arterializado [Lac]V.

DISCUSSÃO

Havison e Galloon (1985) sugeriram que as veias dos dorsos das mãos podem ser o melhor sítio para coleta de sangue arterializado, pois estas drenam um território de baixo metabolismo e são facilmente dilatadas pelo calor. Os autores observaram 13 indivíduos, submetidos a coletas venosas e arteriais. A mão foi aquecida por meio de uma almofada elétrica e as amostras foram coletadas em repouso ou durante a anestesia para uma cirurgia. Na primeira situação, coletou-se amostras com e sem obstrução venosa e na segunda, com a mão fria, com obstrução venosa e sem obstrução venosa. As seringas com as amostras foram colocadas em uma mistura de água com gelo e analisadas 3,5 horas após as coletas. As medidas repetidas apresentaram coeficiente de variação de 1,5 %. Observou-se que os 48 pontos no diagrama de dispersão, para a relação entre as amostras arteriais e arterializadas, acumulavam-se próximos à linha de identidade. Não foi observada diferença maior que 2 mmHg para P_{CO_2} . Os autores concluíram que a P_{CO_2} pode ser idêntica, ou muito próxima a do sangue arterial quando: a) coleta-se sangue do dorso da mão; b) a mão é aquecida à temperatura igual o superior a central; c) não há estase ou obstrução venosa, e d) a P_{CO_2} não é inferior a 20 mmHg.

Collis e Maverson (1967) também estudaram a possibilidade de substituir o sangue arterial pelo sangue venoso do dorso mão. Estes autores aqueceram a mão por imersão até o punho em água à 45 °C por cinco minutos. Posteriormente, a punção venosa foi feita sem compressão ou oclusão. Simultaneamente realizou-se coletas de 5 ml a cada dois minutos da artéria radial e da veia do dorso da mão. Os parâmetros de pH , P_{CO_2} , e P_{O_2} foram medidos por meio do eletródio de Clark, calibrado antes de cada leitura. Os resultados obtidos foram para o pH a diferença de $0,0052 \pm 0,0075$ ($n = 23$, $EPE = 0,015$) e para a P_{CO_2} a diferença de $0,76 \pm 0,81$ mmHg ($n = 23$, $EPE = 2,53$). Estes autores recomendaram o método para P_{CO_2} e pH esperando-se a margem de erro de 2 mmHg e 0,015 respectivamente. Porém, estes condenaram o método para estimar a P_{O_2} , uma vez que não observaram correlação significativa e igualdade entre as médias dos valores medidos diretamente e indiretamente. No estudo atual observou-se uma fraca confiabilidade para este parâmetro (P_{O_2}), o que ratifica as conclusões do estudo de Collis e Maverson (1967).

Foster, Dempsey, Thonson, Vidruk e Dopico (1972) estudaram a precisão da estimativa de parâmetros arteriais através do sangue venoso arterializado em condições normais de repouso, no

esforço submáximo, esforço máximo e, inalando-se gás carbônico sob variado nível de hipoxia. Para tal, os autores canularam a artéria braquial e uma veia do dorso da mão de 13 adultos jovens masculinos, sendo cinco hígidos e sete portadores de dispnéia de esforço. A mão foi aquecida a 41-43 °C por 10 minutos. A gasometria foi realizada pela técnica de eletródios, sendo as amostras coletadas do repouso ao esforço máximo em diferentes situações de inalação de misturas gasosas. As diferenças observadas foram para a P_{CO_2} de 1,07 mmHg ($n = 84$, $r = 0,95$, $EPE = 1,42$, $y = 1,27 + 1,01x$); pH de 0,005 ($n = 82$, $r = 0,98$; $EPE = 0,008$, $y = 0,86 + 1,041x$) e $[Lac]$ de 1,01 mg% ($n = 42$, $r = 0,92$, $EPE = 3,27$, $y = 0,01 + 0,95x$). Os autores concluíram que estudos do equilíbrio ácido-base podem ser adequadamente caracterizados pelo sangue arterializado.

McLoughlin, Popham, Linton, Bruce e Brand (1992) repetiram o estudo acima empregando oito sujeitos que foram submetidos ao esforço no ciclo ergômetro com incrementos de 20 Watts por minuto. Canulou-se a artéria braquial do lado não dominante e distalmente outra cânula foi inserida em uma veia do dorso da mão. A mão foi aquecida por imersão em água a 44 °C por no mínimo 10 minutos. Os autores realizaram a coleta de sangue simultaneamente nos dois sítios a cada 20 segundos de esforço. As amostras de 7 ml foram estocadas anaerobiamente no gelo por duas horas antes da análise. As concentrações de lactato e piruvato foram medidas pelo método fluorimétrico. A concentração do potássio foi medida pelo método do fotômetro de chama. O pH , P_{CO_2} e P_{O_2} foram quantificados pela técnica de eletródios e a

epinefrina foi quantificada por cromatografia líquida de alta performance. As diferenças observadas foram para o pH de $0,001 \pm 0,016$ ($n = 114$, $r = 0,99$, $EPE = 0,017$, $y = 0,205 + 0,972x$); para o P_{CO_2} de $-0,4 \pm 2,9$ mmHg ($n = 114$, $r = 0,97$, $EPE = 3,00$, $y = 0,80 + 0,99x$) e observou-se também uma forte correlação para a concentração de potássio ($n = 114$, $r = 0,99$, $EPE = 0,20$, $y = 0,24 + 0,93x$); de $[Lac]$ ($n = 114$, $r = 0,99$, $EPE = 0,90$, $y = -0,11 + 1,01x$); de piruvato ($n = 112$, $r = 0,99$, $EPE = 0,037$, $y = 0,002 + 1,02x$) e de epinefrina ($n = 90$, $r = 0,98$, $EPE = 0,65$, $y = 0,01 + 1,01x$). Os autores observaram que 94 a 98% da variação no sangue arterializado é explicada pelo sangue arterial e que a P_{O_2} não pode ser predita por este método. Também concluíram que o sangue arterializado pode ser usado para obter-se acuradas predições do pH , P_{CO_2} , concentração de potássio, lactato, piruvato e de epinefrina durante condições sem "steady state" em testes escalonados. Para muitos propósitos pode ser assumido o valor do sangue arterializado como o mesmo do arterial.

Apesar das evidências favoráveis à técnica do aquecimento da mão para arterilização das amostras, Linderman, Fahey, Lauten, Booker, Bird, Delmar, Musselman, Lewis e Kirk (1990) não conseguiram reproduzir os resultados dos estudos relatados acima.

No entanto, o estudo atual pode concluir que o método de aquecimento da mão para se arterializar o sangue venoso é útil e confiável para análise do equilíbrio ácido-base, no repouso e no esforço

ABSTRACT

RELIABILITY OF ARTERIALIZED VENOUS BLOOD SAMPLES

The venous blood samples collected from the hand and from the ear lobule after heating have been used as a substitute of the arterial blood samples. Objective: The aim of this study was to determine the efficiency and reliability of this method during rest and exercise. Methods: The venous blood samples were collected ($n = 14$, 22 ± 3 yr., 71.3 ± 15.5 kg) on the back of the hand before and after immersion in warm water (41-43° C). ANOVA and Tukey *post hoc* test ($P \leq 0.05$) were used for statistical analysis. Results: The arterialized blood samples were significantly lower on the $[Lac]$ (-0.45 ± 0.49 mmol•l⁻¹); $[HCO_3]$ ($-1.04 \pm 2,76$ mmol•l⁻¹) and PCO_2 (-5.51 ± 7.4 mmHg) in contrast an increment on the pH (0.040 ± 0.044), PO_2 (30.3 ± 26.2 mmHg) and $\%SO_2$ ($18.9 \pm 18.1\%$) was perceived. No differences were found among the variables, except for PO_2 , when measured in three different moments. The lactate concentration in ear lobule capillary blood samples did not differ of the arterialized blood samples, and showed strong correlation ($r^2 = 0.95$)

during progressive exercise on cycle ergometer. Conclusion: The heating hand technique for arterialized blood samples was useful and reliable to study acid-base balance during rest and effort.

UNITERMS: Acid-base balance; Lactate; Acidosis; Bicarbonate standard and effort.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COLLIS, J.M.; MAVERSON, M.A. Arterialized venous blood: a comparison of pH, PCO₂ and oxygen saturation with that of arterial blood. *British Journal of Anaesthesia*, Oxford, v.39, p.883-6, 1967.

FOSTER, H.V.; DEMPSEY, J.A.; THONSON, J.; VIDRUK, E.; DOPICO, G.A. Estimation of arterial PO₂, PCO₂, pH and lactate from arterialized venous blood. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.32, p.134-7, 1972.

HAVISON, E.M.; GALLOON, S. Venous blood as an alternative to arterial blood for the measurement of carbon dioxide tensions. *British Journal of Anaesthesia*, Oxford, v.37, p.13-8, 1985.

LINDERMAN, J.; FAHEY, T.D.; LAUTEN, G.; BOOKER, A.S.; BIRD, D.; DELMAR, B.; MUSSELMAN, J.; LEWIS, S.; KIRK, L.A. A comparison of blood gases and acid-base measurements in arterial, arterialized venous, and venous blood during short-term maximal exercise. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v.61, p.294-301, 1990.

McLOUGHLIN, P.; POPHAM, P.; LINTON, R.A.F.; BRUCE, R.C.H.; BRAND, D.M. Use of arterialized venous blood sampling during incremental exercise test. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.73, p.937-40, 1992.

McNAUGHTON, L.; BACKX, K.; PALMER, G.; STRANGE, N. Effects of chronic bicarbonate ingestion on the performance of high-intensity work. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v.80, p.333-6, 1999.

MADER, A. Evaluation of endurance performance of marathon runners and the critical analysis. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, Turin, v.31, p.1-19, 1991.

OYONO-ENGUELLE, S.; GARNIER, M.; MARBACH, J.; HELTZ, A.; OTT, C.; FREUND, H. Comparison of arterial and venous blood lactate kinetics after short exercise. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.10, p.16-24, 1989.

POMPEU, F.A.M.S.; FLEGNER, A.J.; SANTOS, M.N.; GOMES, P.S.C. Predição do desempenho na corrida de 5.000 m por meio de testes no laboratório e no campo, para corredores de fundo. *Revista Paulista de Educação Física*, São Paulo, v.11, p.78-89, 1997.

ROBERGS, R. A.; MONETA, J. C.; MITCHELL, J. B.; PASCOE, D. D.; HOUMARD, J.; COSTILL, D.L. Blood lactate threshold differences between arterialized and venous blood. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.11, p.446-51, 1990.

RODRIGUES, F.A.; BANGUELLS, M.; PONS, V.; BROBNIC, F.; GALILEA, P.A. A comparative study of blood lactate analytic methods. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.13, p.462-6, 1992.

SCHNABEL, A.; KINDERMANN, W.; SCHMITT, W.M.; BIRO, A.; STEGMANN, H. Hormonal and metabolic consequences of prolonged running at the individual anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.3, p.163-8, 1982.

SHEPHARD, R.J. Muscular endurance and blood lactate. In: SHEPHARD, R.J.; ASTRAND, P.O. (Eds.). *Endurance in sport*. Oxford: Blackwell Scientific, 1992. p.215-25.

YOSHIDA, T.; TAKEUCHI, T.; SUDA, Y. Arterial versus venous blood lactate increase in the forearm during exercise. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v.50, p.87-93, 1982.

NOTA

Apoio da Fundação Universitária José Bonifácio (FUJB/UFRJ).

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Marcos Henrique Manzoni e sua equipe da Clínica da Dor Hospital dos Servidores do Estado/RJ, pela colaboração nos procedimentos aqui adotados, e à Associação dos Amigos do Centro de Estudos e Aperfeiçoamento do HSE (AACEA-HSE) pelo apoio recebido.

Recebido para publicação em: 30 maio 2001

Revisado em: 01 abr. 2002

Aceito em: 26 abr. 2002

ENDEREÇO: Fernando A.M.S. Pompeu

Depto. de Biociências da Atividade Física – EEFD/UFRJ

Av. Brigadeiro Trompowsk, s/n Ilha do Fundão

29141-590 Rio de Janeiro RJ BRASIL

e-mail: pompeu_fernando@hotmail.com

AVALIAÇÃO DO ESTADO DE HIDRATAÇÃO DOS ATLETAS, ESTRESSE TÉRMICO DO AMBIENTE E CUSTO CALÓRICO DO EXERCÍCIO DURANTE SESSÕES DE TREINAMENTO EM VOLEIBOL DE ALTO NÍVEL

Ana Carolina VIMIEIRO-GOMES*
Luiz Oswaldo Carneiro RODRIGUES*

RESUMO

A sudorese (T_S) é o principal mecanismo dissipador de calor durante o exercício em ambientes quentes. Recomenda-se a ingestão de água (H_2O) suficiente para repor a perda hídrica pela sudorese e evitar os efeitos adversos da desidratação no rendimento esportivo. No entanto, as recomendações não quantificam o custo calórico (CAL) e os fatores ambientais (IBUTG) em situações esportivas reais. Este estudo mediu a capacidade aeróbica ($\dot{V}O_{2\text{ pico}}$), a H_2O , o CAL, a frequência cardíaca (FC), a T_S , o fluxo urinário (V_u), a coloração (U_{cor}) e a gravidade específica da urina (D_u) e o IBUTG durante sessões de treinamento (S_{treino}) de uma equipe juvenil (média de 18 anos) masculina de voleibol. O CAL de uma $S_{\text{treino}} = 650 \pm 99 \text{ kcal.h}^{-1}$ (55% do $\dot{V}O_{2\text{ pico}}$), a FC média = $133 \pm 9 \text{ bat.min}^{-1}$. A T_S média = $15 \pm 4 \text{ ml.min}^{-1}$ (1,5 litros, total), com uma ingestão de água = $8,9 \pm 3,7 \text{ ml.min}^{-1}$ (0,9 litros total). O $V_u = 0,8 \pm 0,4 \text{ ml.min}^{-1}$ (0,08 litros total), e a $U_{\text{cor}} = "2"$ no início e "3" no final. A D_u inicial = 1024 ± 4 e a final = 1026 ± 6 . O IBUTG variou entre termoneutro e moderadamente quente (20,1 a 24,6 °C). Concluiu-se que, as S_{treino} foram de intensidade moderada e o ambiente classificado como risco moderado para hipertermia. Os atletas terminaram as sessões com -0,9% da massa corporal e eu-hidratados de acordo com a gravidade específica e coloração da urina.

UNITERMOS: Custo calórico; Sudorese; Hidratação; Voleibol; Estresse térmico.

INTRODUÇÃO

O voleibol é um esporte coletivo que, aparentemente, exige esforços próximos ao nível máximo de intensidade, alternados com esforços de baixa intensidade e momentos de repouso. O calor produzido nas atividades esportivas eleva a temperatura corporal o que aumenta a demanda dos mecanismos termorregulatórios para a transferência de calor do organismo para o ambiente, especialmente quando realizadas em ambientes quentes e úmidos. Em atividades de grande intensidade, a produção metabólica de calor pode ser 15 a 20 vezes maior que a taxa metabólica basal, o que levaria a um aumento de 1 °C a cada cinco minutos, caso os

mecanismos termorregulatórios não fossem ativados (Pandolf, Sawka & Gonzalez, 1986)

No entanto, até o presente, não foram estabelecidos o custo calórico médio ou a produção de calor de jogos ou sessões de treinamento em voleibol. Em outros esportes e atividades de média e alta intensidade, especialmente quando associadas a temperaturas ambientes estressantes, podem ocasionar perdas hídricas pela sudorese que, se não repostas adequadamente, podem levar a desidratação (Armstrong, 2000). Em 1944, o estudo pioneiro de Pitts, Johnson e Consolazio já demonstrava que a desidratação resulta em dificuldade na regulação da temperatura corporal, o

* Escola de Educação Física da Universidade Federal de Minas Gerais.

que pode causar redução no desempenho.

Além disso, a capacidade termorregulatória insuficiente diante de um exercício realizado num ambiente quente e úmido representa um risco para a hipertermia, que causa uma série de distúrbios relacionados com o calor, constituindo-se uma situação potencialmente fatal (Silami-Garcia & Rodrigues, 1998). A capacidade do organismo em perder calor para o ambiente depende da secreção e evaporação do suor. À medida que a temperatura corporal aumenta, a sudorese também aumenta para evitar o acúmulo excessivo de calor no organismo (Armstrong, 2000).

Para evitar os possíveis efeitos adversos da desidratação sobre o desempenho esportivo, a ingestão de água em quantidades suficientes para repor a perda hídrica pela sudorese tem sido recomendada em consensos internacionais, (ACSM, 1996; Casa, Armstrong, Hilman, Montain, Reiff, Rich, Roberts & Stone, 2000). A taxa de sudorese (T_s) depende de fatores como: o custo calórico, a duração e o tipo de atividade, assim como das condições térmicas ambientais. Quanto mais intensa a atividade, em termos de energia consumida na unidade de tempo (kcal.h^{-1}), e quanto mais quente o ambiente, maior será a sudorese produzida para a dissipação de calor. Além disso, a T_s pode ser influenciada por fatores fisiológicos individuais como: idade, sexo, hidratação, capacidade aeróbica, aclimatação e também pela presença de algumas doenças (Kenney, 1997).

No entanto, as recomendações do ACSM e NATA ainda não fornecem uma maneira de quantificar a taxa de sudorese que leve em consideração a produção de calor durante o exercício e as condições ambientais encontradas durante a prática esportiva. Na literatura não existem estudos que tenham quantificado seja a taxa de sudorese, a produção de calor, o estresse térmico ambiental ou mesmo o estado de hidratação durante sessões de treinamento de voleibol.

Uma vez que a produção e acumulação de calor dependem diretamente do custo calórico da atividade, a medida da energia consumida no esforço é fundamental para a avaliação do estresse térmico durante o treinamento. A quantificação do consumo de energia de uma determinada atividade habitualmente é realizada medindo-se o consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$). O $\dot{V}O_2$ pode ser convertido

em kcal.h^{-1} ou em múltiplos do metabolismo basal (MET) ou outras expressões de potência (Watt). Na prática, a medida do $\dot{V}O_2$ requer o uso de equipamentos relativamente sofisticados, fazendo com que o custo calórico das atividades esportivas seja estimado a partir de tabelas ou de indicadores fisiológicos, como a frequência cardíaca, relacionados com a intensidade relativa do esforço, $\% \dot{V}O_{2 \text{ pico}}$ (McArdle, Katch & Katch, 1998).

A frequência cardíaca tem uma forte correlação positiva com o $\dot{V}O_2$ e com o gasto energético em exercícios dinâmicos e durante várias atividades do dia a dia (Strath, Swartz, Basset Junior, O'Brien, King & Ainsworth, 2000). Em função disso, a frequência cardíaca tem sido largamente utilizada como parâmetro para a prescrição da sobrecarga de treinamento em atletas (Lucía, Hoyos, Pérez & Chicharro, 2000).

A avaliação do estresse térmico ambiental não deve considerar apenas as informações da temperatura ambiental pois as medidas da umidade relativa do ar, velocidade do vento e a radiação solar também são determinantes para avaliar o estresse térmico, indicando a necessidade de um índice que expresse o estresse térmico combinando todos esses fatores (DeVries & Housh, 1994). Internacionalmente, tem sido utilizado um índice que combina as temperaturas obtidas com o termômetro de bulbo seco (T_s), bulbo úmido (T_u) e bulbo negro (T_g), o IBUTG (Índice de Bulbo Úmido – Temperatura de Globo) (Roberts, Shuman & Smith, 1987).

O IBUTG define os limites de tolerância humana para o estresse térmico ambiental (McCann & Adams, 1997; Silami-Garcia & Rodrigues, 1998), pois leva em consideração vários fatores ambientais como a temperatura de bulbo seco, a temperatura de bulbo úmido e a radiação do ambiente pelo termômetro de globo. O IBUTG pode orientar a prevenção das complicações ocasionadas pelo estresse térmico (Powers & Howley, 2000)

A principal medida que deve ser adotada para se evitar o risco de hipertermia é a adequação dos limites de duração em função da intensidade absoluta (kcal.h^{-1}) da atividade física e esportiva realizada em relação à temperatura do ambiente. Esta relação permite evitar que as atividades intensas sejam realizadas de forma prolongada em ambientes quentes e úmidos, além de facilitar a programação dos períodos de descansos durante as sessões de treinamento (ACSM, 1995; Powers & Howley, 2000). Além da

observação dos limites de intensidade e duração em função do estresse ambiental, deve-se destacar também, a ingestão de água em quantidades suficientes para repor as perdas hídricas pelo suor, pois a desidratação seria um dos fatores de risco mais comuns na origem da hipertermia (Sawka, 1992).

A gravidade específica da urina ou densidade urinária (D_u), tem sido considerada como um interessante método não-invasivo para a avaliação do estado de hidratação dos atletas (Armstrong, Soto, Hacker, Casa, Kavouras & Maresh, 1998). A D_u , mede a massa relativa dos solutos e solventes em uma amostra de urina em relação à água pura. Qualquer fluido que seja mais denso do que a água, tem uma gravidade específica maior que 1000. Na desidratação e na hipoidratação, os valores da gravidade específica da urina podem ultrapassar 1030. Quando os indivíduos estão eu-hidratados ela pode variar entre 1013 a 1029 e na hiper-hidratação pode variar entre 1001 a 1012. A D_u , pode ser medida por um aparelho portátil, simples e preciso, o refratômetro, cuja escala varia de 1000 a 1040 (Armstrong, 2000).

Outro método prático para a estimativa da hidratação corporal é a análise da coloração da urina (U_{cor}) nos momentos seguintes ao exercício, utilizando-se a escala proposta por Armstrong, Maresh, Castellani, Bergeron, Kenefick, LaGasse e Riebe (1994). A escala apresenta uma boa correlação com a densidade e osmolalidade urinárias e com a osmolalidade plasmática (Armstrong et alii, 1998).

Um dos primeiros estudos a respeito das modificações do balanço hídrico em ambientes quentes foi realizado em 1938, o que demonstra, desde então, a preocupação em se observar o comportamento fisiológico do organismo em atividades realizadas em ambiente quente. Adolph e Dill (1938), analisaram as perdas hídricas pela urina e pela sudorese, a ingestão de líquidos e a concentração da urina (gravidade específica), no exercício no deserto (ambiente quente e seco), encontrando um aumento da sudorese, com conseqüente aumento na ingestão de líquidos, uma estabilização ou diminuição na excreção de urina e um aumento na concentração da urina

A recomendação de que a ingestão de água deve ocorrer em quantidades suficientes para repor a perda hídrica pela sudorese (ACSM, 1996) encontra uma dificuldade na estimativa da ingestão de líquidos durante as atividades, sem levar em consideração os fatores ambientais, os tipos da

atividade e do esporte e as características fisiológicas individuais.

As regras oficiais do voleibol proíbem a ingestão de líquidos dentro da quadra e durante o jogo, sendo permitida somente do lado de fora da quadra, durante os intervalos entre os "sets", nos pedidos de tempo do treinador e nas substituições (Burke & Hawley, 1997). Em função disso, torna-se importante uma avaliação da taxa de sudorese média dos atletas em função da intensidade da atividade e do estresse térmico ambiental, durante situações de jogo e treinamento para a reposição hídrica ser estimada aproximadamente ao que foi perdido pela sudorese, como tem sido recomendado.

Diante disso, através de uma nova abordagem, este estudo procurou calcular simultaneamente o custo calórico, o estresse térmico ambiental e o estado de hidratação em situações reais de prática esportiva, durante sessões de treinamento de um grupo de jogadores de voleibol da categoria juvenil, de uma equipe de alto nível nacional.

MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de ética da UFMG (março de 2000). Todos os atletas foram informados previamente das medidas que seriam realizadas e submeteram-se voluntariamente ao estudo depois de devidamente esclarecidos sobre os procedimentos. A amostra foi constituída de 12 atletas de voleibol, do sexo masculino, integrantes de uma equipe de alto nível da categoria juvenil. Eles foram avaliados inicialmente para a determinação do $\dot{V}O_{2\text{ pico}}$ e da frequência cardíaca máxima, além das medidas da massa, estatura e estimativa do percentual de gordura.

Para a avaliação do $\dot{V}O_{2\text{ pico}}$ utilizou-se um teste de campo de acordo com o protocolo de Margaria (1976). Os atletas correram uma distância de 1600 metros, num percurso dividido em quatro voltas de 400 metros. Eles foram orientados a percorrer esta distância no menor tempo possível e o tempo alcançado foi utilizado para a estimativa do $\dot{V}O_{2\text{ pico}}$, considerando a seguinte equação: $m = 5(\dot{V}O_2 - 6)t + 5 \dot{V}O_2$ onde m corresponde à distância em metros, t ao tempo em minutos em que os atletas percorreram a distância determinada e $\dot{V}O_2$ à

capacidade aeróbica alcançada no teste. A frequência cardíaca máxima foi medida utilizando-se um cardiofrequencímetro da marca (POLAR FITWATCH®). Considerou-se como frequência cardíaca máxima a frequência cardíaca registrada no momento em que o atleta completou a distância de 1600 metros no Teste de Margaria.

No dia em que o teste foi realizado, a temperatura ambiente média foi de 24 °C e a URA de 35%.

Os atletas foram divididos aleatoriamente em quatro grupos de três indivíduos. Cada grupo foi acompanhado em uma sessão de treinamento onde foram controlados: a) o volume de água ingerida, a massa corporal antes e após o treinamento e o volume urinário para a determinação da taxa de sudorese; b) a frequência cardíaca ao longo do treinamento para a estimativa do custo calórico e; c) o estresse térmico ambiental.

A média da taxa de sudorese foi calculada considerando-se a massa corporal dos atletas antes ($kg_{inicial}$) e ao final do treinamento (kg_{final}), o volume urinário final (V_u) e a quantidade de água ingerida ao longo do treinamento (H_2O), de acordo com a seguinte equação: $T_s = (kg_{inicial} + H_2O) - (kg_{final} + V_u) / t$ ($ml \cdot min^{-1}$).

Duas horas antes da sessão de treinamento, recomendou-se aos atletas a ingestão de 500 mL de água, para que estes iniciassem as sessões eu-hidratados (ACSM, 1996). Durante o treinamento a hidratação foi *ad libitum*. O volume de água (H_2O) foi medido pelo número de copos, com capacidade de 148 ml ou 250 ml, que cada indivíduo ingeriu.

Antes e após o treinamento os indivíduos foram orientados a esvaziarem a bexiga. Após esse procedimento, os atletas eram pesados vestindo somente calção, utilizando-se uma balança (TOLEDO®) com precisão de 0,05 kg para a determinação da massa corporal.

O percentual de desidratação (%H) foi calculado a partir da diferença entre a massa corporal no início e final do treinamento, após a micção.

O volume urinário final (V_u) foi medido por uma proveta com volume de 250 ml e precisão de 10 ml. Após a medida do volume uma

amostra de urina foi coletada em um tubo de ensaio para a medida da gravidade específica da urina.

A frequência cardíaca foi medida continuamente, utilizando-se um cardiofrequencímetro (POLAR ACCUREX PLUS®), e armazenada no próprio aparelho. Para o cálculo da frequência cardíaca média (FC), foi utilizado o “software” Polar Training Advisor®. A FC dos treinamentos foi utilizada para avaliar o % do $\dot{V}O_{2\text{ pico}}$ no qual os atletas estavam treinando. A partir deste % do $\dot{V}O_{2\text{ pico}}$ foi estimado o custo calórico médio (CAL: $kcal \cdot min^{-1}$) das sessões de treinamento.

A D_u foi medida por um refratômetro da marca (URIDENS®), com as amostras das urinas coletadas antes e após o treinamento.

A avaliação da U_{cor} foi feita utilizando-se a escala de um a oito pontos, proposta por Armstrong et alii (1994) e publicada a cores (Armstrong, 2000).

O estresse térmico ambiental no ginásio foi verificado pelo Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG) por meio de um monitor de estresse térmico (HEAT STRESS MONITOR – RSS – 214 DL). O IBUTG foi calculado a partir da fórmula para ambientes internos, considerando-se as temperaturas de bulbo úmido (T_u) e seco (T_s) na Equação: $IBUTG$ (°C) = $0,7 T_u + 0,3 T_s$ (ambientes internos) (Roberts, Shuman & Smith, 1987).

Realizou-se uma análise estatística descritiva dos fenômenos observados e, quando pertinente, utilizou-se correlação de PEARSON com significância de $p < 0,05$, para a correlação entre a taxa de sudorese e o estresse térmico ambiental e a taxa de sudorese e o custo calórico das sessões de treinamento (Sampaio, 1998).

RESULTADOS

Os valores médios e o desvio padrão referentes às medidas antropométricas e ao consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2\text{ pico}}$) dos atletas são apresentados na TABELA 1.

TABELA 1 Características dos voluntários.

Idade (anos)	Massa Corporal (kg)	Estatura (cm)	FC _{max} (bat.min ⁻¹)	$\dot{V}O_2$ pico (ml/kg/min)
18 ± 0,7	80,0 ± 5,9	194,5 ± 6,0	194 ± 8	48,9 ± 3,3

Valores médios ± desvio padrão das características físicas e fisiológicas dos voluntários. FC_{max} = frequência cardíaca máxima atingida no teste de Margaria e $\dot{V}O_2$ pico = capacidade aeróbica estimada a partir do teste de Margaria.

A média da massa corporal, inicial e final, da perda de massa corporal total e do percentual de desidratação (%H) são apresentadas

na TABELA 2. A perda de massa total variou entre 0,1 kg a 2,3 kg, e o %H entre 0,13 a 2,78%.

TABELA 2 – Estado de hidratação após as sessões de treinamento.

Perda de massa (kg)	% H
0,7 ± 0,4	-0,9 ± 0,6

Valores médios ± desvio padrão da perda de massa corporal e percentual de variação da massa corporal.

A T_S média encontrada no grupo foi de 15,1 ± 4,6 ml.min⁻¹ correspondendo ao total de 1,5 ± 0,4 litros e a média da ingestão de água foi de 8,9 ± 3,7 ml.min⁻¹, correspondendo ao total de 0,9

± 0,3 litros (FIGURA 1). Verifica-se que a média da ingestão de água (H₂O) e da sudorese durante o treinamento resultou em hipoidratação em relação à perda de líquido pela sudorese.

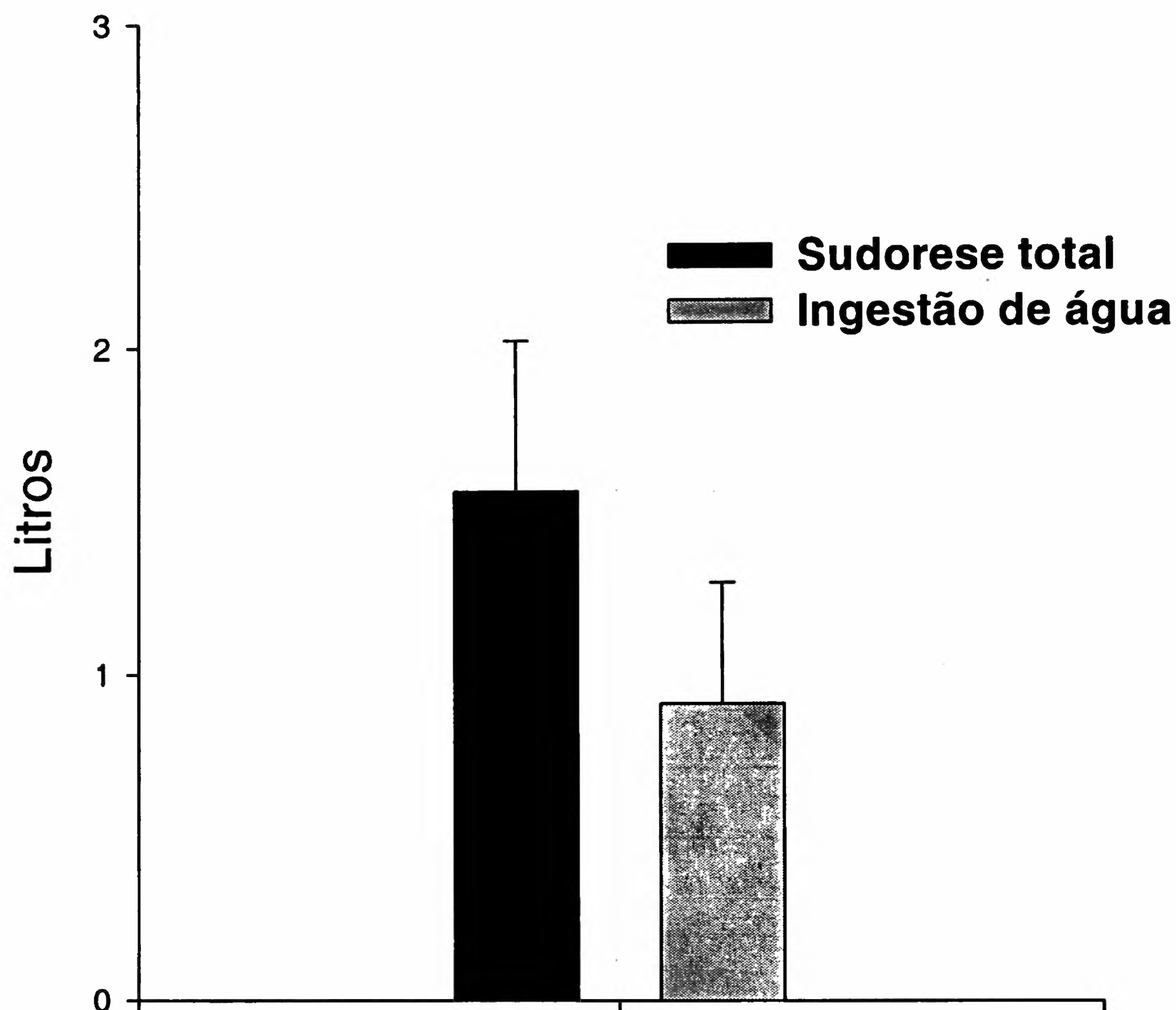


FIGURA 1 - Valores médios \pm desvio padrão da sudorese total e da ingestão total de água *ad libitum* durante as sessões de treinamento (103 ± 7 minutos) em voleibol de uma equipe juvenil de alto nível nacional.

O custo calórico médio da sessão de treinamento correspondeu a $650,8 \pm 99,1 \text{ kcal.h}^{-1}$. Este valor foi equivalente a 55% do $\dot{V}O_2$ pico.

A FC média desencadeada pelo treinamento foi de $133 \pm 9 \text{ bat.min}^{-1}$ o que correspondeu a 69% da FCmax. Ocorreram picos

de 190 bat.min^{-1} , correspondendo aos momentos mais intensos do treino. As FC mais baixas foram de 70 bat.min^{-1} , correspondendo aos momentos iniciais do treinamento (FIGURA 2).

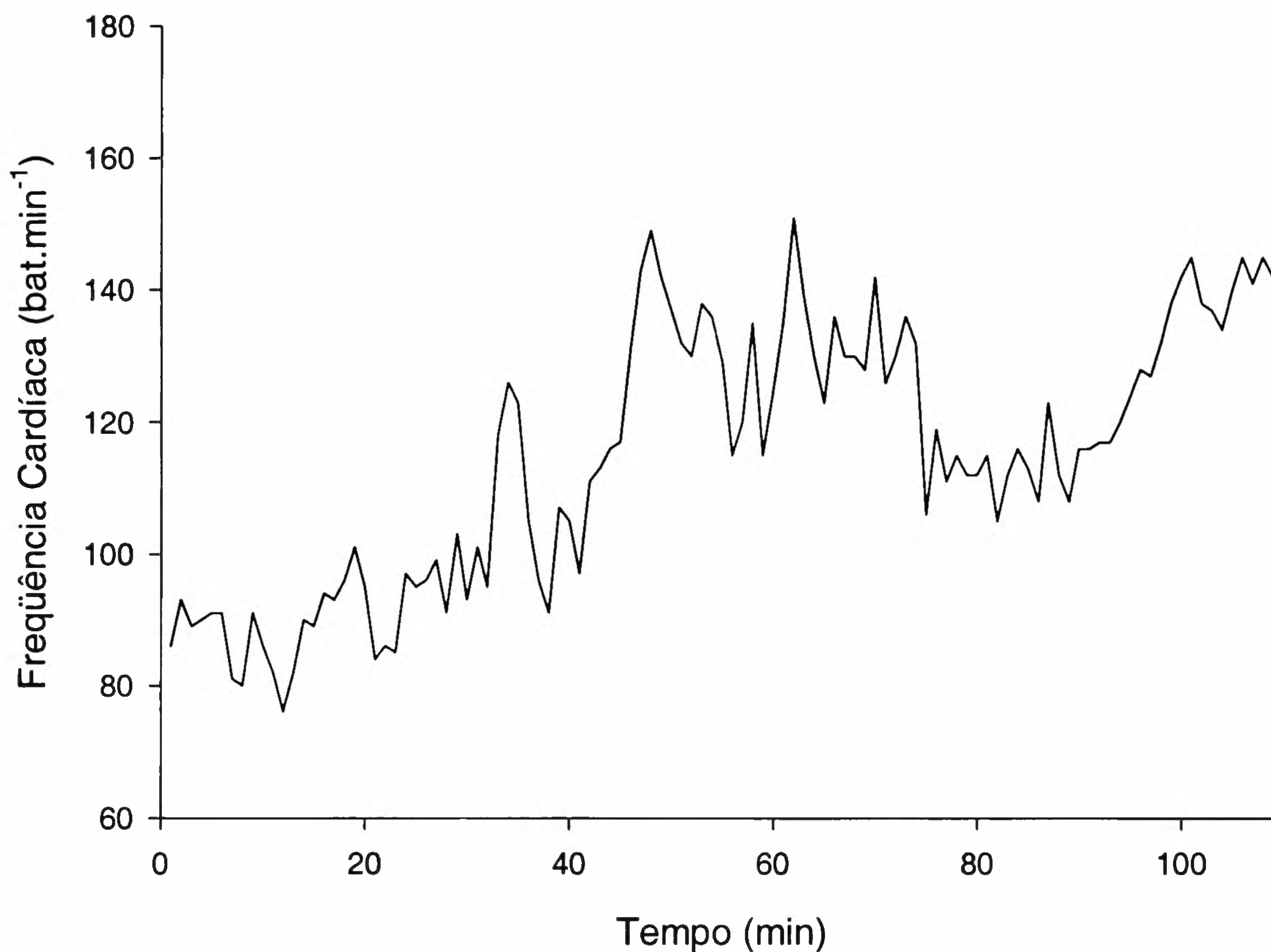


FIGURA 2 - Ilustração do comportamento da frequência cardíaca de um voluntário ao longo de uma das sessões de treinamento.

A TABELA 3 mostra os dados do volume urinário, coloração e gravidade específica da urina. Além disso, a classificação média da coloração da urina correspondeu a um estado “eu-

hidratado” tanto no início quanto no final do treinamento. A D_u média aumentou do início para o final da sessão de treinamento.

TABELA 3 – Índices urinários.

	V_u (ml.min ⁻¹)	D_u	U_{cor}
Pré	$0,9 \pm 0,4$	1024 ± 4	$2 \pm 0,7$
Pós	$0,8 \pm 0,4$	1026 ± 6	3 ± 1

Valores médios \pm desvio padrão dos índices urinários: V_u = volume urinário final, D_u = gravidade específica da urina e U_{cor} = coloração da urina pré e pós sessão de treinamento.

A média da temperatura ambiente, de acordo com o IBUTG, foi de $22,5 \pm 1,5$ °C, variando entre 20,1 a 24,6 °C, o que corresponde a ambiente moderadamente quente.

Observou-se no presente estudo, uma correlação positiva entre a taxa de sudorese e IBUTG ($r = 0,50$; $p < 0,05$) e entre a taxa de sudorese e o custo calórico ($r = 0,46$; $p < 0,05$) das sessões de treinamento.

DISCUSSÃO

Os dados apresentados neste estudo, foram coletados durante o período reservado para o campeonato regional no macrociclo de treinamento da equipe.

Os resultados mostraram que o custo calórico médio das sessões de treinamento correspondeu a 650 kcal.h⁻¹ o que seria equivalente a cerca de 7,5 MET, coerente com o valor da classificação para o voleibol, do compêndio das atividades físicas (8 MET) e semelhante a outros esportes predominantemente aeróbios (Ainsworth, Haskell, Leon, Jacobs Junior, Montoye, Sallis & Paffenbarger Junior, 2000).

O custo calórico também correspondeu a 55% do $\dot{V}O_{2\text{ pico}}$, o que significa uma atividade submáxima de média intensidade, o que a torna suportável pelo período de cerca de uma a duas horas (Rodrigues & Silami-Garcia, 1998). Esta duração é suficientemente longa para ser recomendada a reposição hídrica (ACSM, 1996).

A TS média do grupo foi de 15,1 ml.min⁻¹ (total de 1,5 l), um pouco maior do que a TS de 10 ml.min⁻¹ observada por Armstrong, Maresh, Gabaree, Hoffman, Kavouras, Kenefick, Castellani e Ahlquist (1997), num exercício realizado a 36% $\dot{V}O_{2\text{ pico}}$, enquanto, no presente estudo, o treinamento foi realizado em 55% do $\dot{V}O_{2\text{ pico}}$. A diferença na sudorese entre os dois estudos se deve, provavelmente, à maior intensidade no presente estudo: 650 kcal.h⁻¹ versus aproximadamente 400 kcal.h⁻¹ apesar do ambiente do treinamento ter sido de 22,5 °C IBUTG, enquanto que o ambiente estudado por Armstrong et alii (1997) foi muito mais quente (28 °C IBUTG). Neste sentido, o menor estresse ambiental não compensou o maior custo calórico da atividade no presente estudo.

A ingestão de água *ad libitum* foi de 8,9 ml.min⁻¹ (total de 0,9 litros) o que significou a reposição de 60% das perdas hídricas causadas pela sudorese, diurese e vaporização do ar ventilado nos pulmões. Desta forma, os indivíduos terminaram as sessões de treinamento com um percentual de desidratação médio de 0,9%. Esta variação em percentual da massa corporal indica que os jogadores terminaram as sessões de treinamento abaixo dos limites de desidratação considerados como prejudiciais para o desempenho (Casa et alii, 2000).

A sudorese total, a ingestão *ad*

libitum de líquidos e o percentual de variação da massa corporal, encontrados neste estudo, foram semelhantes aos valores encontrados em estudos durante sessões de treinamento em jogadores de futebol juvenis e de elite (média de 1,5 l de sudorese, 0,6 l de ingestão de líquidos e 1,2% de variação de massa corporal) (Burke & Hawley, 1997). A sudorese total e a ingestão de líquidos foram menores do que em jogadores de basquetebol juvenis e de elite, média de 2,3 l de sudorese e 1,3 l de ingestão de líquidos, enquanto o percentual de variação da massa corporal foi semelhante (1%) (Burke & Hawley, 1997). No entanto, naquele estudo, não se mediu a intensidade do treinamento mas o IBUTG estimado a partir dos dados parece ter sido inferior ao IBUTG medido no presente estudo. Nota-se, portanto, que a ingestão de líquidos *ad libitum*, em ambos os estudos, permitiu que os atletas tivessem um percentual de variação da massa corporal semelhante.

As médias do fluxo urinário antes e durante as sessões de treinamento foram semelhantes (0,8 e 0,9 ml.min⁻¹, respectivamente). Estes valores representam aproximadamente 60% do fluxo urinário previsto para o repouso, que é em média 1,2 ml.min⁻¹. Este achado se insere na questão, ainda polêmica, se o fluxo urinário pode ou não ser alterado pelo exercício (Zambraski, 1996).

A coloração da urina, de acordo com a escala, foi classificada em termos médios com a nota “2” no início e “3” no final do treinamento. Segundo Armstrong (2000), esta coloração corresponderia a um estado de hidratação normal. Considerando que os indivíduos provavelmente ingeriram 0,5 l de água duas horas antes da atividade e mais 0,9 l durante a sessão, apesar da variação negativa de 0,9% na massa corporal, a mudança na coloração da urina parece ter representado de forma satisfatória o estado de hidratação dos atletas.

Além disso, a coloração da urina, no início e no final da sessão de treinamento, está de acordo com a D_u média inicial de 1024 e a final de 1026, respectivamente. Estes resultados da gravidade específica da urina também são encontrados em indivíduos eu-hidratados. A variação observada parece coerente com o período de treinamento, com a ingestão de água e com a perda hídrica realizada.

O ambiente dos treinamentos variou entre termoneutro e moderadamente quente (20,1 a 24,6 °C IBUTG, respectivamente), numa média de

22,5 °C IBUTG, o que representaria “risco moderado para hipertermia” (ACSM, 1995). Considerando o custo calórico das sessões de treinamento combinado com as condições térmicas do ambiente onde foram realizadas, a atividade física envolvida no treinamento pode oferecer risco para hipertermia, de acordo com os critérios internacionais. Diante disso, o treinamento deveria ser realizado em períodos de 45 min/h, ou seja, com 15 min de descanso a cada hora de treinamento (Powers & Howley, 2000).

Como era esperado, observou-se uma correlação positiva entre a taxa de sudorese e o IBUTG e entre a taxa de sudorese e o custo calórico das sessões de treinamento. Quanto maior o custo calórico e a temperatura IBUTG, maior a taxa de sudorese.

Pelo fato de ser um estudo de campo, onde procurou-se evitar ao máximo qualquer interferência nos hábitos dos atletas, não se recomendou a abstinência da prática de atividade física previamente aos experimentos. Antes das sessões de treinamento, os atletas praticaram exercícios de musculação, o que pode ter acarretado uma perda hídrica em alguns atletas, fazendo com que iniciassem o treinamento com algum grau de desidratação, mesmo que estes tivessem bebido, duas horas antes, os 500 ml recomendados.

Outra limitação encontrada neste estudo foi o controle da ingestão prévia de líquidos: controlou-se, subjetivamente, que os

atletas tivessem ingerido a água recomendada duas horas antes. Eles ainda poderiam ter ingerido outros líquidos com diferentes composições eletrolíticas antes da primeira micção ou praticado atividades que resultassem em perdas hídricas maiores do que a reposição. Além disso, não foi controlado objetivamente o uso prévio de medicamentos, suplementos alimentares, bebidas eletrolíticas ou drogas, que poderiam influenciar as respostas fisiológicas dos atletas. Talvez estes fatores expliquem os valores relativamente altos da D_u inicial, apesar de ainda caracterizarem um estado de hidratação normal, de acordo com Armstrong (2000).

CONCLUSÕES

As sessões de treinamento de voleibol em atletas de elite da categoria juvenil foram de média intensidade.

As sessões de treinamento foram conduzidas em um ambiente classificado como risco moderado para hipertermia.

A ingestão de água *ad libitum* permitiu aos atletas concluir as sessões de treinamento com uma variação negativa de 0,9% na massa corporal.

A gravidade específica e a coloração da urina no final das sessões de treinamento indicaram um estado normal de hidratação.

ABSTRACT

EVALUATION OF HYDRATION STATUS, THERMAL STRESS AND ENERGY COST DURING VOLLEYBALL TRAINING SESSIONS

Sweating is the main mechanism to dissipate the heat during exercise in hot environments. Fluid replacement has been recommended to prevent the dehydration, reduction on physical performance, and hyperthermia. However, the recommendations do not quantify the metabolic cost of the activity and the thermal environmental stress in a real sport situation. This study measured the fitness level ($\dot{V}O_{2\text{ peak}}$), heart rate (H_R), energy cost (CAL), sweat rate (S_R), urine volume (V_u), specific gravity (G_u), and color (U_C), and the thermal environmental conditions (WBGT) during training sessions (S_{train}) in a youth volleyball team. The S_{train} were equivalent to a mean CAL = 650.8 ± 99.1 kcal.h⁻¹ (55% $\dot{V}O_{2\text{ peak}}$), with a mean $H_R = 133 \pm 9$ beat.min⁻¹. During S_{train} , the mean $S_R = 15.1 \pm 4.6$ ml.min⁻¹ (1,56 l, total), with a water ingestion *ad libitum* = 8.9 ± 3.7 ml.min⁻¹ (0,9 l, total). The mean $V_u = 0.8 \pm 0.4$ ml.min⁻¹ (0.08 l total), the U_C was classified as “2” (initial) e “3” (final). The mean $G_u = 1024 \pm 4$ (initial) and 1026 ± 6 (final). The WBGT averaged from thermoneutral to warm (20.1 a 24.6 °C WBGT). In conclusion, the S_{train} were of moderate intensity and conducted in an environment classified as moderate risk for hyperthermia. The athletes finished the sessions

within the range of 0.9% of the body mass and euhydrated in agreement with the urine specific gravity and color.

UNITERMS: Energy cost; Sweating; Hydration; Volleyball; Thermal stress.

NOTA

Financiado por: CNPq e FAPEMIG.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADOLPH, E.F.; DILL, D.B. Observations on water metabolism in the desert. *American Journal of Physiology*, Bethesda, v.123, p.369-78, 1938.
- AINSWORTH, B.E.; HASKELL, W.L.; LEON, A.S.; JACOBS JUNIOR, D.R.; MONTOYE, H.J.; SALLIS, J.F.; PAFFENBARGER JUNIOR, R.S. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.32, n.9, p.498-516, 2000.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Position Stand. Exercise and fluid replacement. *Medicine and Science Sports and Exercise*, Madison, v.29, n.1, p.11, 1996.
- _____. The prevention of thermal injuries during distance running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.19, n.5, p.529-33, 1995.
- ARMSTRONG, L.E. *Performing in extreme environments*. Champaign: Human Kinetics, 2000.
- ARMSTRONG, L.E.; MARESH, C.M.; CASTELLANI, J.W.; BERGERON, M.F.; KENEFICK, R.W.; LaGASSE, K.E.; RIEBE, D. Urinary indices of hydration status. *International Journal of Sport Nutrition*, Schorndorf, v.4, p.265-79, 1994.
- ARMSTRONG, L.E.; MARESH, C.M.; GABAREE, C.V.; HOFFMAN, J.R.; KAVOURAS, S.A.; KENEFICK, R.W.; CASTELLANI, J.W.; AHLQUIST, L.E. Thermal and circulatory responses during exercise: effects of hypohydration, dehydration, and water intake. *Journal Applied Physiology*, Bethesda, v.82, n.6, p.2028-35, 1997.
- ARMSTRONG, L.E.; SOTO, J.A.H.; HACKER, F.T.; CASA, D.J.; KAVOURAS, S.A.; MARESH, C.M. Urinary indices during dehydration, exercise, and rehydration. *International Journal of Sport Nutrition*, Schorndorf, v.8, p.345-55, 1998.
- BURKE, L.M.; HAWLEY, J.A. Fluid balance in team sports. *Sports Medicine*, Auckland, v.24, n.1, p.38-54, 1997.
- CASA, D.J.; ARMSTRONG, L.E.; HILLMAN, S.K.; MONTAIN, S.J.; REIFF, R.V.; RICH, B.S.E.; ROBERTS, W.O.; STONE, J.A. National Athletic Trainer's Association Position Statement (NATA): fluid replacement for athletes. *Journal of Athletic Training*, Dallas, v.35, n.2, p.212-24, 2000.
- DeVRIES, H.A.; HOUSH, T.J. *Physiology of exercise*. 5th.ed. Iowa: Brown & Benchmark, 1994.
- HARDY, J.D. Body temperature regulation. In: VERNON, B.; MOUNTCASTLE, M. *Medical physiology*. 14th.ed. London: C.V Mosby, 1980. p.1417-58.
- KENNEY, W.L. Thermoregulation at rest and during exercise in health older adults. *Exercise Sports Science Reviews*, Baltimore, v. 25, p 41-76, 1997.
- LÚCIA, A.; HOYOS, J.; PÉREZ, M.; CHICHARRO, J.L. Heart rate and performance parameters in elite cyclist: a longitudinal study. *Medicine Science in Sports and Exercise*, Madison, v.32, n.10, p.1177-82, 2000.
- McARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.
- McCANN, D.J.; ADAMS, W.C. Wet bulb globe temperature index and performance in competitive distance runners. *Medicine Science in Sports and Exercise*, Madison, v.29, n.7, p.955-61, 1997.
- MARGARIA, R. *Biomechanics and energetics of muscular exercise*. Oxford: Clarendon, 1976.
- PANDOLF, K.B.; SAWKA, M.N.; GONZALEZ, R.R. *Human performance physiology and environmental medicine at terrestrial extremes*. Carmel: Cooper Publ. Groups, 1986.
- PITTS, G.C.; JOHNSON, R.E.; CONSOLAZIO, F.C. Work in the heat as affected by intake of water, salt and glucose. *American Journal of Physiology*, Bethesda, v.142, n.253-9, 1944.
- POWERS, S.K.; HOWLEY, E.T. *Exercise physiology: theory and application to fitness and performance*. 4.ed. Boston: Mc Grall Hill, 2000.
- ROBERTS, D.L.; SHUMAN, S.H.; SMITH, D.J. Preventing heat-related hazards important for outdoor workers. *Occupational Safety for Health*, v.6, p.21-5, 1987.

RODRIGUES, L.O.C.; SILAMI-GARCIA, E. Fadiga: falha ou mecanismo de proteção? In: SILAMI-GARCIA, E.; LEMOS, K.L.M.; GRECO, P.J. **Temas atuais III**. Belo Horizonte: Health, 1998.

SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 1998.

SAWKA, M.N. Physiological consequences of hypohydration: exercise performance and thermoregulation. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.6, p.657-70, 1992.

SILAMI-GARCIA, E.; RODRIGUES, L.O.C. Hipertermia durante a prática de exercícios físicos: riscos, sintomas e tratamento. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, Campinas, v.19, p.85-94, 1998.

STRATH, S.J.; SWARTZ, A.M.; BASSET JUNIOR, D. R.; O'BRIEN, W.L.; KING, G.A.; AINSWORTH, B.E. Evaluation of heart rate as method for assessing moderate intensity physical activity. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.32, n.9, p.465-70, 2000.

ZAMBRASKI, E.J. The kidney and body fluid balance during exercise. In: BURSKIRK, E.R.; PUHL, S.M. **Body fluid balance: exercise and sport**. Boca Raton: CRC, 1996.

Recebido para publicação em: 23 jul. 2001

Revisado em: 12 nov. 2001

Aceito em: 19 nov. 2001

ENDEREÇO: Ana Carolina Vimiero-Gomes
Laboratório de Fisiologia do Exercício
Escola de Educação Física
Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Presidente Carlos Luz, 4664
31310-250 Belo Horizonte MG - BRASIL
e-mail: lor@eef.ufmg.br

AUTO-AVALIAÇÃO DA MATURAÇÃO SEXUAL MASCULINA POR MEIO DA UTILIZAÇÃO DE DESENHOS E FOTOS

Rosa Helena Cahali MARTIN*
Rudney UEZU*
Sérgio Alencar PARRA*
Simone Sagres ARENA*
Luciana Perez BOJIKIAN*
Maria Tereza Silveira BÖHME*

RESUMO

A avaliação da idade biológica de adolescentes participantes de programas esportivos é importante devido às relações existentes entre o desempenho esportivo e as modificações decorrentes da maturação sexual que ocorrem no período da puberdade. A idade biológica pode ser determinada através da idade dentária, da idade de maturação sexual, assim como do peso e da estatura do jovem, em relação à idade cronológica (Marcondes, Berquó, Hegg, Colli & Zacchi, 1987). Na área de educação física e do esporte, os meios mais empregados são as avaliações antropométricas do peso e da estatura. A avaliação da maturação sexual através dos estágios de desenvolvimento de pilosidade pubiana, mamas e genitais, conforme o método proposto por Tanner (1962), não é de fácil aplicabilidade dadas as condições exigidas pelo método, ou seja, necessidade de médico especializado, local adequado, além do constrangimento causado por este tipo de avaliação que pode gerar desconforto ao avaliado. O objetivo deste estudo foi comparar a precisão da auto-avaliação da maturação sexual, de acordo com os estágios propostos por Tanner (1962), realizada através de desenhos de Morris e Udry (AD) e através de fotos de Tunner (AF), com a avaliação médica (AM). A amostra foi composta por 347 meninos, na faixa etária entre 10 e 16 anos, avaliados em três momentos diferentes. Na análise dos dados foram calculados os percentuais de concordância, de sub-estimativa e superestimativa, assim como o índice Kappa. O índice de Kappa variou entre 0,35 e 0,66. A auto-avaliação da pilosidade pubiana mostrou-se mais eficaz do que a auto-avaliação do estágio de desenvolvimento de genitais. Concluímos que os adolescentes podem avaliar precisamente seu próprio estágio de desenvolvimento de acordo com os estágios apresentados por fotos ou desenhos.

UNITERMOS: Maturação sexual; Idade biológica; Auto-avaliação.

INTRODUÇÃO

A maturação é caracterizada por um processo evolutivo do indivíduo, devendo ser entendida como o conjunto de mudanças biológicas que ocorrem de forma seqüencial e ordenada, que levam o indivíduo a atingir o estado adulto. Este processo pode variar no seu ritmo e grau entre os indivíduos, independente de sua raça, sexo ou meio em que vivem. Desta forma, algumas crianças

podem apresentar velocidade de maturação mais acelerada que outras (precoce) ou mais lenta (tardia), porém com a mesma ordem seqüencial (Guedes & Guedes, 1997; Matsudo & Matsudo, 1991).

De acordo com Malina e Beunen (1996) crescimento refere-se ao aumento de tamanho, da estrutura e demais partes do corpo; já

* Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

o termo maturação é utilizado para indicar a evolução de determinado órgão para o estado de maturidade final.

Neste contexto, no período da adolescência ocorrem grandes modificações biológicas tanto em relação ao crescimento como à maturação, promovendo mudanças no aspecto físico, assim como no desempenho motor do jovem (Bastos & Hegg, 1986; Beunen, 1989; Beunen & Malina, 1996; Guedes & Guedes, 1997; Jones, Hitchen & Stratton, 2000; Katzmarzyk, Malina & Beunen, 1997; Malina, 1988). Nesta fase acontecem, entre outros, dois fenômenos biológicos relevantes: os estirões de crescimento em estatura e peso, e a maturação sexual do adolescente. A influência da maturação biológica pode ser observada em diversos aspectos, tais como: na composição corporal, no crescimento e no desempenho motor de cada indivíduo.

Durante a puberdade a variabilidade nas características físicas entre indivíduos de uma mesma idade cronológica é notória; conseqüentemente, a utilização apenas da idade cronológica é insuficiente para determinar o estágio maturacional do adolescente (Malina & Bouchard, 1991).

Deste modo, não é possível afirmar se o melhor desempenho motor de um jovem atleta é causado por apresentar um estágio maturacional mais avançado ou por sua capacidade diferenciada para a atividade física/esportiva considerada. Exemplificando, o desempenho diferenciado em um teste de velocidade de 50 metros entre dois jovens atletas de mesma idade cronológica poderia ser explicado pela maturação biológica caso estivessem em estágios maturacionais diferentes. Deste modo, torna-se de fundamental importância a utilização de técnicas de avaliação que permitam estimar a maturação biológica desses indivíduos, a fim de minimizar esse tipo de erro de interpretação. Tais recursos de avaliação podem auxiliar os profissionais de Educação Física e Esporte que trabalham com indivíduos que se encontrem na puberdade.

Alguns métodos de avaliação da maturação biológica são descritos na literatura, como a avaliação somática, esquelética, dental e sexual. A avaliação somática é realizada através da utilização de medidas antropométricas; a avaliação da maturação esquelética é feita mediante o uso de radiografias, com a determinação do estado de ossificação e fusões das epífises ósseas (Guedes & Guedes, 1997); a avaliação da maturação dental é realizada pela idade de erupção de dentes

temporários e permanentes; a avaliação da maturação sexual pode ser avaliada pelo desenvolvimento das características sexuais secundárias, através de perfis hormonais, assim como pela idade da menarca nas meninas e da espermarca nos meninos.

O período da adolescência atrai a atenção dos pesquisadores da área da Educação Física e Esporte, principalmente no que se refere às mudanças biológicas da puberdade. Uma das técnicas que tem sido usada para a avaliação da maturação biológica são os estágios de maturação sexual conforme proposto por Tanner (1962) para: a) pilosidade pubiana para ambos os sexos; b) desenvolvimento das mamas para o sexo feminino e c) desenvolvimento dos genitais.

A maturação sexual pode ser avaliada através de estágios de desenvolvimento que, de acordo com Tanner (1962) são: a) cinco estágios para desenvolvimento dos genitais nos meninos; b) cinco estágios de desenvolvimento das mamas nas meninas; c) cinco estágios de pilosidade pubiana para ambos os sexos. Originalmente foram propostos seis estágios para pilosidade pubiana e tamanho de genitais; o que anteriormente era classificado como estágio seis, hoje é considerado como estágio cinco.

Malina (1988), baseado nos estágios de desenvolvimento propostos por Tanner para a avaliação do desenvolvimento das mamas para as meninas e de genitais para os meninos, classificou os estágios da seguinte forma: I: indica um estado de pré-adolescência; II: indica o início do período pubertário; III e IV: indicam a continuidade do desenvolvimento, ou uma fase intermediária; V: indica a fase final do desenvolvimento, muito parecida com o estado adulto.

Uma limitação desta técnica pode ser atribuída à dificuldade de ser realizada devido a necessidade da presença de um médico especializado e um local adequado, além de causar freqüentemente constrangimento ao adolescente por se colocar semi-nú diante do observador médico, ao mesmo tempo causando desconforto ao avaliador.

Frente a esta limitação, foram realizados estudos através do procedimento de auto-avaliação das características sexuais secundárias, a fim de tornar possível a adoção de um método mais simples e pouco constrangedor, no qual seria dispensável a presença de um profissional da medicina (Duke, Litt & Gross, 1980; Kreipe & Gewanter, 1985; Matsudo & Matsudo, 1991; Schlossberger, Turner & Irwin,

1992; entre outros). O próprio adolescente, diante de explicações prévias, visualizaria as fotos relativas às “Pranchas de Tanner” e indicaria por si só o estágio maturacional com o qual mais se identifica.

Dentro desta perspectiva, Morris e Udry (1980) passaram a aplicar a auto-avaliação utilizando-se do recurso das “Pranchas de Tanner” de forma diferente: no lugar de fotos dos estágios maturacionais (teoricamente mais constrangedoras para os jovens) os autores criaram desenhos dos respectivos estágios procurando amenizar a utilização deste procedimento.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivos: a) comparar a utilização da técnica de auto-avaliação da maturação sexual através de desenhos (AD) e de fotos (AF), com a avaliação médica (AM), em jovens atletas do sexo masculino, realizada em três ocasiões diferentes; b) verificar a idade cronológica média nos diferentes estágios de maturação.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A amostra contou com a participação total de 347 meninos, na faixa etária de idade entre 10 e 16 anos, participantes do “Projeto Esporte Talento” (Instituto Ayrton Senna – CEPEUSP), de três modalidades esportivas: canoagem, handebol e

futebol. A participação dos jovens atletas na pesquisa foi autorizada através de termos de consentimento assinados pelos pais ou responsáveis. A fundamentação utilizada para a avaliação da maturação sexual foi baseada nos estágios propostos por Tanner (1962) e na adaptação dos mesmos por Morris e Udry (1980) para o uso de desenhos. As avaliações foram realizadas em sala apropriada, com grupos de 4 meninos por vez e na presença do médico. O primeiro momento consistiu na tomada da auto-avaliação – para tanto, os meninos receberam explicações prévias do médico sobre a utilização das pranchas com desenhos e com fotos. As “pranchas com desenhos” (Morris & Udry, 1980) continham um texto explicativo sucinto sobre as características de desenvolvimento de genitais e pilosidade pubiana em cada estágio maturacional, conforme ilustrado nas FIGURAS 1 e 2. Após as explicações preliminares, os meninos, de posse das “pranchas com desenhos” fizeram a identificação do estágio de desenvolvimento que mais se aproximavam, o qual foi anotado pelo médico em ficha preparada para este fim. No momento subsequente à auto-avaliação, ainda na mesma sala e em grupos de quatro meninos, o estágio maturacional foi identificado através da avaliação direta do médico.

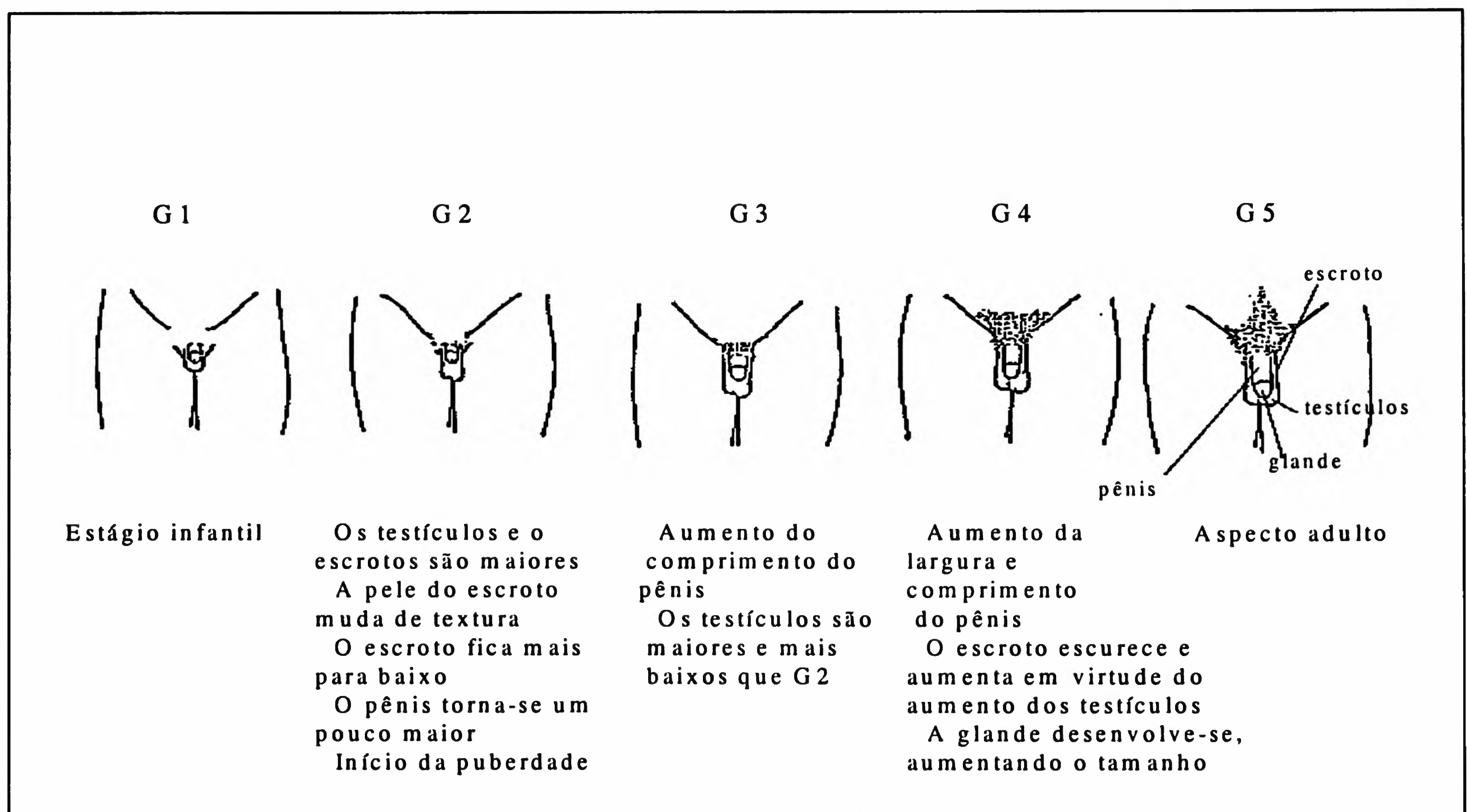


FIGURA 1 - Estágios de desenvolvimento dos genitais do sexo masculino, adaptado de Morris e Udry (1980).

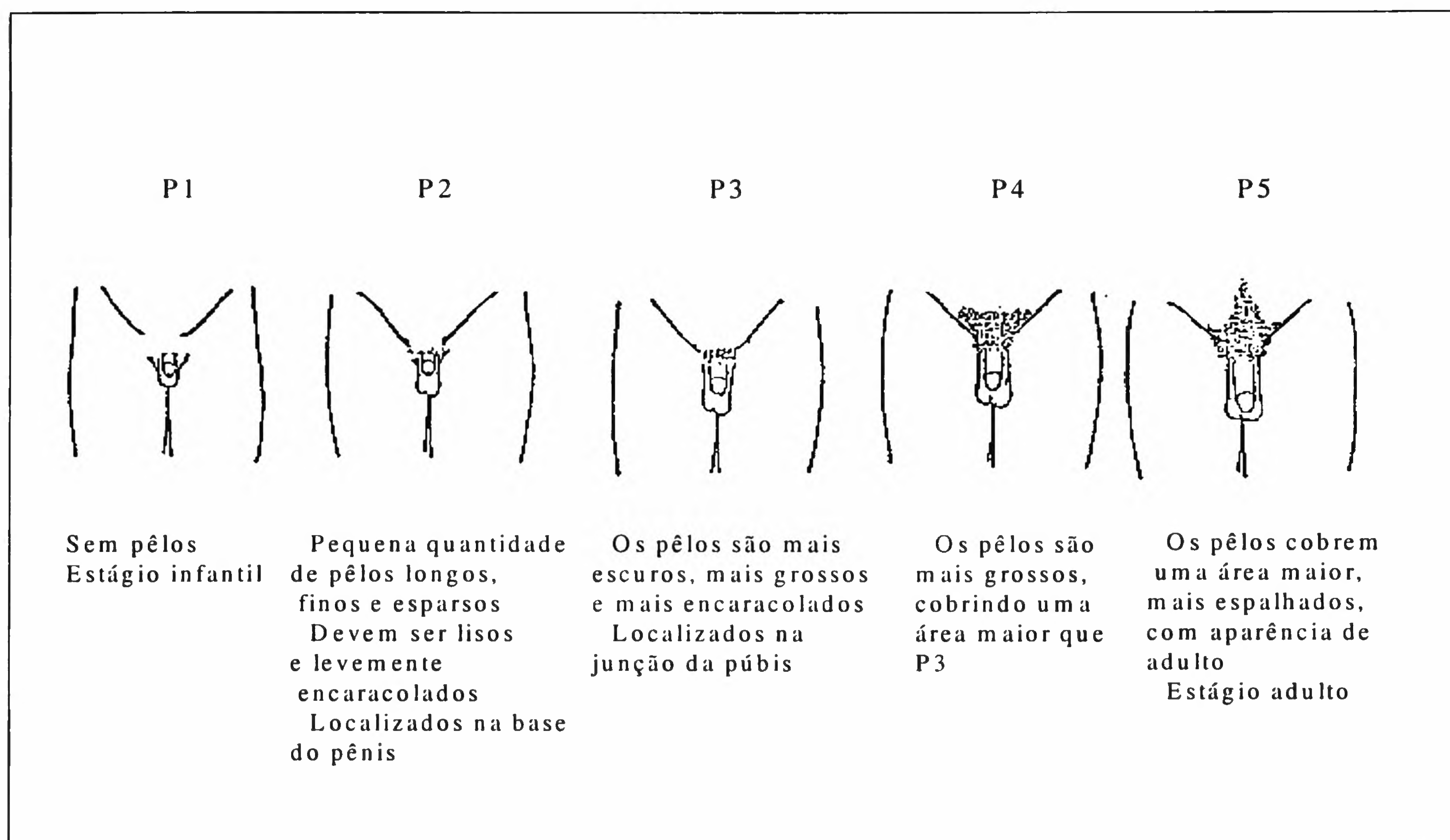


FIGURA 2 Estágios de pilosidade pubiana masculina, adaptado de Morris e Udry (1980).

O estudo foi realizado em três etapas (A, B, C), com intervalo de seis meses entre cada uma, sendo: (A) – realizada no 1o. Semestre de 1998, com 147 meninos; (B) – realizada no 2o. Semestre de 1998, com 143 meninos e (C) – realizada no 1o. Semestre de 1999, com 122 meninos. Alguns jovens participaram da avaliação em todas as etapas, outros participaram apenas de uma ou duas etapas.

A análise estatística utilizada para comparação dos dados provenientes da auto-avaliação através de desenho, de foto e da avaliação médica foi o percentual de concordância para cada estágio de maturação nas três épocas

conjuntamente e o índice de Kappa para todos os estágios em cada época considerada (A, B e C).

O coeficiente de Kappa é equivalente ao coeficiente de correlação interclasse obtido pelo modelo da ANOVA, para medidas quantitativas e pode ser usado como uma medida de validação de múltiplas determinações de um mesmo indivíduo. No caso foi utilizado para medir o grau de concordância entre os dois métodos.

De acordo com Landis e Koch (1977), a relação entre a estatística Kappa e a força de concordância entre dois juízes podem ser classificadas entre “pobre” e “quase perfeita” conforme descrito no QUADRO 1.

QUADRO 1 – Classificação dos valores do índice de Kappa de acordo com Landis e Koch (1977).

Estatística Kappa	Força de concordância
< 0,00	pobre
0,00 0,20	leve
0,21 0,40	regular
0,41 0,60	moderada
0,61 0,80	substancial
0,81 1,00	quase perfeita

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os percentuais de concordância, sub e super estimativa por estágio de desenvolvimento, da auto-avaliação da maturação sexual realizada

através das Pranchas de Tanner (fotos) e a adaptação desta sob a forma de desenhos (Morris & Udry, 1980) com a avaliação médica são apresentadas nas TABELAS 1 e 2.

TABELA 1 Percentuais de concordância, sub e super estimativa por estágio de desenvolvimento da pilosidade pubiana, de acordo com a auto-avaliação (desenho e foto).

	Concordam (%)		Subestimam (%)		Superestimam (%)		Totais	
	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
P 1	53,3	27,6	-	-	46,7	72,4	30	29
P 2	45,3	63,3	10,5	8,9	44,2	27,8	95	90
P 3	75,4	71,1	8,7	15,9	15,9	13	69	69
P 4	68,6	67,6	12,7	23,1	18,7	9,3	102	108
P 5	84,2	41,5	15,8	58,5	-	-	76	82
Total							372	378

AF: auto-avaliação por foto; AD: auto-avaliação por desenho.

TABELA 2 - Percentuais de concordância, sub e super estimativa por estágio de desenvolvimento de genitais, de acordo com a auto-avaliação (desenho e foto).

	Concordam (%)		Subestimam (%)		Superestimam (%)		Totais	
	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
G 1	41,9	32,1	-	-	58,1	67,9	31	28
G 2	50	59,6	19,6	7,9	30,4	32,6	92	89
G 3	76,5	62,5	16,1	26,4	7,4	11,1	81	72
G 4	76,2	73,2	21,2	20,2	2,7	6,6	151	168
G 5	26,3	16,7	73,7	83,3	-	-	19	12
Total							374	369

AF: auto-avaliação por foto; AD: auto-avaliação por desenho.

No estágio 1 os índices de concordância para pilosidade e genitais apresentaram-se relativamente diferentes, sendo de 53,3% e 41,9% para foto e 27,6% e 32,1% para desenho, respectivamente (TABELAS 1 e 2). Um fator que merece ser observado é o alto percentual de respostas superestimadas neste estágio (46,7% e 58,1% foto; 72,4% e 67,9% desenho, para pilosidade e genitais respectivamente) parecendo indicar que neste período os meninos apresentam certa dificuldade em precisar o grau maturacional em que se encontram. Os resultados do presente estudo, portanto, não se assemelham ao estudo de

Matsudo e Matsudo (1991) que apresentou valores superiores de concordância para fotos numa amostra compreendida entre seis e 33 anos de idade (média de 13,1 anos), sendo 94,1% e 85,4% no estágio 1, para pilosidade e genitais respectivamente. Uma provável explicação para este comportamento é que a presente amostra está compreendida entre 10 e 16 anos. Desta maneira, o fator idade pode estar interferindo nos percentuais observados, uma vez que este período é caracterizado por intensas transformações, podendo ser esta a causa da diferença entre os resultados.

No estágio 2 os valores de concordância obtidos para a auto-avaliação através de desenhos foram superiores para pilosidade e genitais (63,3% e 59,6%, respectivamente) aos valores obtidos através da auto-avaliação por fotos (45,3% e 50%, respectivamente). Embora os valores de concordância tenham sido mais elevados que as respostas subestimadas e superestimadas, pode-se observar, a exemplo do que foi apresentado e discutido para o estágio 1, que os índices de respostas superestimadas continuaram elevados. Estes resultados, tanto para o estágio 1 quanto para o estágio 2, corroboram os resultados observados no estudo de Schlossberger, Turner e Irwin (1992) que também verificaram altos índices de respostas superestimadas nestes estágios.

Nos estágios 3 e 4 foram observados resultados de concordância semelhantes tanto para pilosidade quanto para genitais (com valores entre 62,5% e 76,5%), parecendo indicar que a técnica de auto-avaliação foi mais eficiente nesses estágios que nos demais estágios, não discriminando a utilização de fotos e desenhos. Em outros estudos foram encontrados índices de concordância menores para genitais em relação à pilosidade, no estágio 3 para Matsudo e Matsudo (1991) e nos estágios 3 e 4 para Schlossberger, Turner e Irwin (1992), parecendo sugerir que a observação da pilosidade seria mais confiável para a aplicação da técnica de auto-avaliação, embora tal ocorrência não tenha sido confirmada no presente estudo. Além do mais, o estudo de Schlossberger, Turner e Irwin (1992) contou com uma amostra total de 45

meninos que, distribuídos nos distintos estágios (1, 2, 3, 4, 5) representaram um número de observações pouco satisfatório para interpretações mais consistentes.

No estágio 5, para pilosidade, a auto-avaliação por fotos apresentou valores de concordância superiores (84,2%) em comparação à auto-avaliação por desenhos (41,5%). Estes valores de auto-avaliação por fotos aproximam-se dos valores observados no estudo de Matsudo e Matsudo (1991) que apresentou para pilosidade 79% de concordância. Para genitais não foram observadas diferenças representativas entre foto e desenho, porém nas duas técnicas de auto-avaliação houve uma grande incidência de respostas subestimadas, confirmando os resultados encontrados por Schlossberger, Turner e Irwin (1992). Assim, embora possamos considerar que o estágio 5 refere-se ao período final do processo de maturação sexual, os indivíduos não foram capazes de precisar com a exatidão esperada o seu referido estágio. Além disso, a exemplo do ocorrido nos estágios 3 e 4, a auto-avaliação da pilosidade se demonstrou mais eficiente que a auto-avaliação dos genitais.

Os mesmos resultados foram observados no estudo realizado por Varona-Lopez, Guillemot, Spychkerelle, Mulot e Deschamps (1988) utilizando fotos, que indicaram hesitação nas respostas para genitais entre os estágios 4 e 5 embora para pilosidade tenha ocorrido maior hesitação entre os estágios 1 e 2.

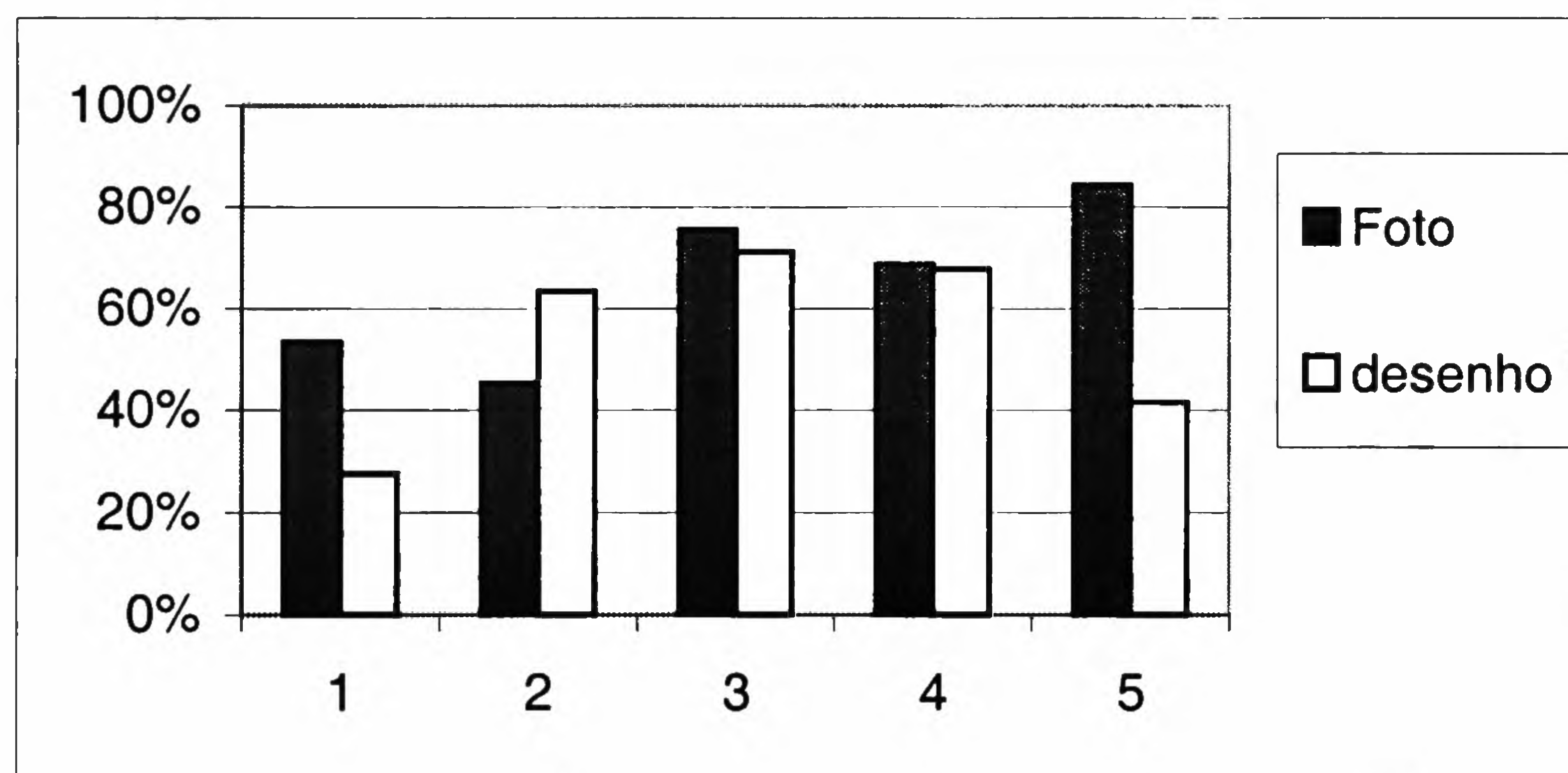


FIGURA 3 - Concordância entre fotos e desenhos para genitais por estágios.

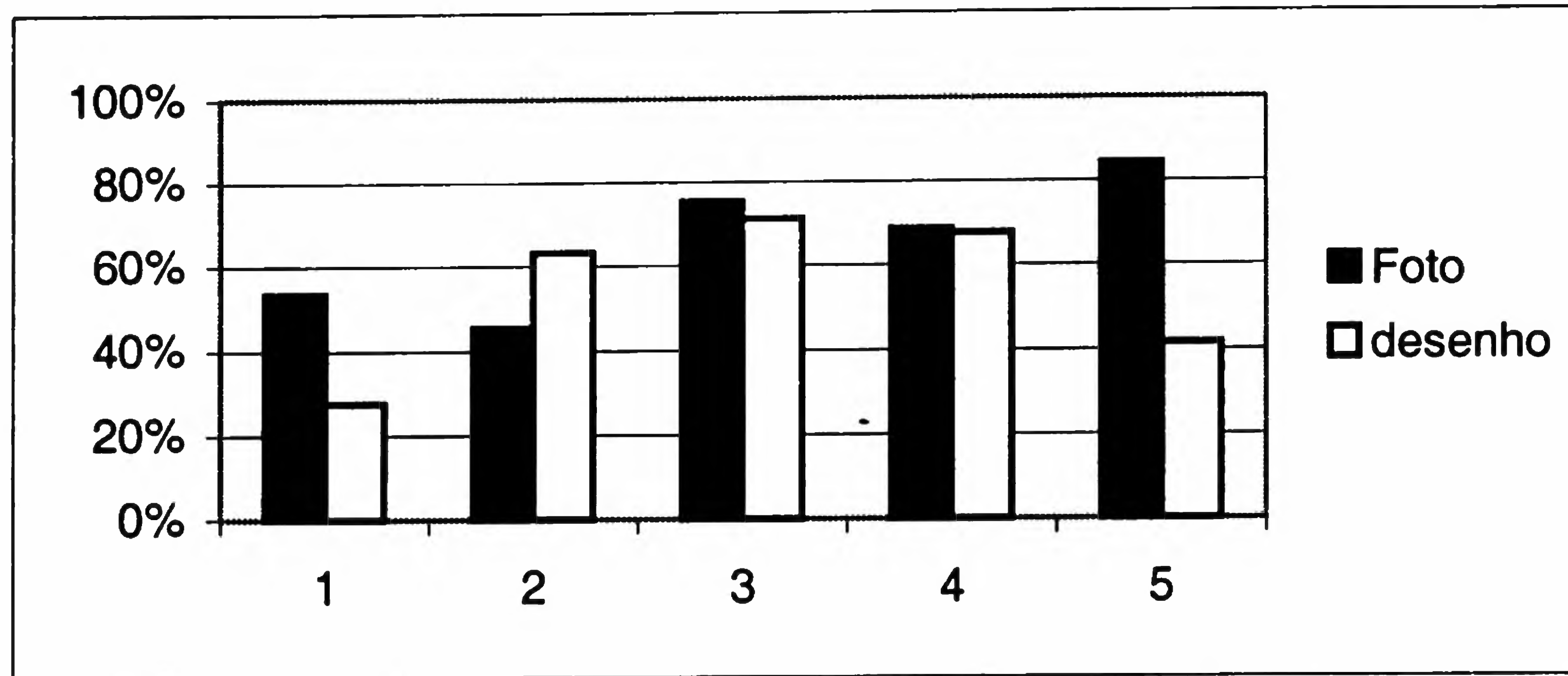


FIGURA 4 - Concordância entre fotos e desenhos para pilosidade por estágios.

Na FIGURA 3 são apresentados os resultados por estágios de maturação, da concordância entre a avaliação médica e as auto-avaliações dos genitais por desenhos e fotos. Podemos notar que a concordância da auto-avaliação por desenhos aumentou do estágio 1 ao estágio 4 e diminuiu no estágio 5, sendo que a auto-avaliação por fotos apresentou um resultado de concordância maior em todos os estágios, com exceção do estágio 2. No estágio 4, praticamente não houve diferença entre as duas formas de avaliação.

Na FIGURA 4 temos os resultados referentes à pilosidade, que apresentam uma tendência de aumento da concordância do estágio 1 ao 5, com exceção do estágio 5 para a auto-avaliação por desenhos. As auto-avaliações por fotos apresentam os maiores percentuais de concordância, exceto no estágio 2, como ocorreu para genitais. Nos estágios 1 e 5, a diferença entre fotos e desenhos é mais evidente; nos estágios 3 e 4, os resultados se equivalem.

De maneira geral, o percentual de concordância da avaliação médica com a auto-

avaliação manteve-se estável entre as diferentes épocas de avaliação (TABELAS 3 e 4). O percentual de maior concordância foi encontrado na avaliação A, para a auto-avaliação da pilosidade através do uso de fotos (75%), não ocorrendo o mesmo para a auto-avaliação do desenvolvimento dos genitais feita na mesma época, utilizando a mesma técnica (59,9%). Essa diferença entre a concordância relacionada à pilosidade (70%) e genitais (50%) também foi verificada por Varona-Lopez et alii (1988), sugerindo uma maior eficiência da auto-avaliação da pilosidade.

Os percentuais dos valores superestimados e subestimados nas auto-avaliações da pilosidade e genitais, realizadas através de fotos ou desenhos, ficaram em torno de uma média de 18%.

Em estudo realizado com a população jovem italiana, Sarni, Toni e Gastaldi (1993) encontram valor muito baixo de concordância entre a avaliação médica e a auto-avaliação através de fotos (em torno de 35%), desaconselhando a aplicação desse método para a esta população.

TABELA 3 - Percentuais de concordância dos estágios de pilosidade pubiana em três medições diferentes.

	Época	Conc (%)	Sub (%)	Super (%)	K	Total (n)
AM / AF	A	75	19	16	0,664	138
	B	59,5	11,6	28,9	0,484	121
	C	62,8	12,4	24,8	0,520	113
AM/ AD	A	65	14	21	0,537	143
	B	58,2	22,1	19,7	0,452	122
	C	50,4	39,8	9,7	0,351	113

TABELA 4 Percentuais de concordância do desenvolvimento dos genitais em três medições diferentes.

	Época	Conc (%)	Sub (%)	Super (%)	K	Total (n)
AM/AF	A	59,9	25,6	13,6	0,444	147
	B	62,6	18,3	19,1	0,501	115
	C	71,4	16,1	12,5	0,600	112
AM/AD	A	67,4	15,6	17	0,509	141
	B	62,1	14,7	23,3	0,474	116
	C	58	27,7	14,3	0,399	112

Os índices de Kappa mostraram uma tendência de concordância maior na auto-avaliação da pilosidade por meio de fotos (entre 0,48 e 0,66) do que através de desenhos (entre 0,35 e 0,54). Para a auto-avaliação dos genitais, observou-se o mesmo comportamento dos resultados no que diz respeito às duas técnicas: fotos (entre 0,44 e 0,60) e desenhos (entre 0,40 e 0,51).

De acordo com os resultados apresentados nas TABELAS 3 e 4, observou-se semelhança entre os valores de Kappa para pilosidade e genitais. O mesmo não foi encontrado no estudo de Varona-Lopez et alii (1988), no qual os índices Kappa foram 0,61 e 0,43 para pilosidade e genitais, respectivamente, equiparando-se com o estudo realizado por Scholssberger et alii em 1992, com meninos entre 11 e 14 anos, com valores de Kappa de 0,06 para genitais, nas auto-avaliações realizadas na escola, e de 0,18 nas realizadas em clínica; já com relação à pilosidade, os valores foram de 0,35 e 0,66 respectivamente.

Utilizando-se de fotos, em estudo com meninos entre 11 e 18 anos, Duke, Litt e Gross (1980), encontram coeficiente Kappa de 0,88 para a combinação dos estágios de pilosidade e genitais. Esses valores mais elevados talvez se devam ao fato de que, parte da auto-avaliação do referido estudo, foi realizada em clínica, com esclarecimento prévio feito individualmente.

É importante salientar que a maturação é um processo contínuo, e está sendo avaliada como uma variável discreta, dividida por estágios de 1 a 5, o que pode gerar dúvida tanto por parte do médico, quanto por parte do indivíduo, sobre qual estágio se encontra em um determinado momento.

As médias de idade, assim como os valores mínimo e máximo da idade cronológica em cada estágio de maturação, tanto para a avaliação médica, como para as auto-avaliações por desenhos e por fotos são apresentadas nas TABELAS 5 e 6.

TABELA 5 - Idades médias, (valores mínimo e máximo) por estágio de desenvolvimento da pilosidade pubiana segundo avaliação médica (PM), auto-avaliação por desenho (PD) e por foto (PF).

Estágios	P1	P2	P3	P4	P5
PM	11,67 (10-14)	12,26 (10-15)	12,96 (11-15)	14,02 (11-17)	14,95 (12-18)
PD	12,54 (11-14)	12,28 (10-14)	12,9 (10-16)	14,44 (12-18)	14,88 (12-18)
PF	11,76 (10-14)	12,04 (10-14)	12,91 (10-16)	13,93 (12-17)	14,82 (13-17)

TABELA 6 Idades médias (valores mínimo e máximo) por estágio de desenvolvimento dos genitais segundo avaliação médica (GM), auto-avaliação por desenho (GD) e por foto (GF).

Estágios	G1	G2	G3	G4	G5
GM	11,51 (10-14)	12,3 (10-15)	13,08 (11-16)	14,43 (12-17)	14,67 (13-18)
GD	11,66 (10-14)	12,27 (10-15)	13,17 (10-16)	14,31 (11-18)	14,5 (13-17)
GF	11,85 (10-14)	12,31 (10-16)	13,05 (10-16)	14,4 (12-17)	14,36 (13-16)

Os dados apresentados reforçam a idéia de que somente a idade cronológica não é suficiente para identificar em qual fase de desenvolvimento a criança se encontra, visto que houve uma grande variabilidade da mesma em cada estágio de maturação sexual observado.

De acordo com os resultados das TABELAS 5 e 6, podemos verificar que as médias de idade cronológica nos três tipos de avaliação se apresentam muito semelhantes, sendo que uma maior variabilidade ocorreu nos estágios 1 e 4 da pilosidade pubiana. Quanto à variação das idades médias, observamos poucas diferenças, apenas alguns meses, entre os tipos de avaliação realizada para cada estágio.

Com relação aos estágios de desenvolvimento dos genitais, praticamente não houve diferença entre as idades médias, assim como pouca variabilidade entre as idades mínima e máxima (de um ano em alguns estágios), com exceção do estágio 5, no qual o limite máximo de idade na auto-avaliação por fotos apresentou dois anos de diferença com referência à avaliação médica.

Colli (1988) encontrou idades similares com relação ao desenvolvimento dos genitais, nos estágios 2, 3 e 4; porém no estágio 5 a média de idade encontrada foi mais elevada (16,9); tal fato se deve a maior amplitude etária da amostra utilizada (18 anos). Nos estágios de pilosidade pubiana, as idades médias estiveram próximas

apenas nos estágios 2 e 3, a comparação dos demais estágios foi dificultada devido ao fato de que, naquela pesquisa, foram considerados seis estágios de desenvolvimento.

CONCLUSÃO

Através deste estudo, verificou-se que a auto-avaliação da maturação através da pilosidade pubiana e/ou a auto-avaliação do desenvolvimento dos genitais, apresentou concordância satisfatória com a avaliação médica, o que corroboram resultados obtidos em outros estudos. Houve mais facilidade por parte dos meninos avaliados de identificarem nas fotos, em qual estágio de desenvolvimento se encontrava, com relação ao estágio da pilosidade.

Não foram notadas diferenças entre as auto-avaliações realizadas por meio da utilização de desenhos ou de fotos, no que se refere ao desenvolvimento dos genitais, permitindo ao profissional utilizar o método que julgar mais adequado. Para alguns, o uso de fotos é mais constrangedor do que o uso de desenhos. As pranchas adaptadas para desenho, têm a vantagem de conter um pequeno texto explicativo, ademais podem ser mais facilmente reproduzidas.

Um fator relevante na auto-avaliação talvez seja o cuidado maior em explicar previamente ao avaliado, o que o leva a ter maior

segurança em identificar o estágio de desenvolvimento do qual ele mais se aproxima.

Embora a auto-avaliação tenha apresentado uma concordância apenas moderada com a avaliação médica com base no índice Kappa, consideramos válido o uso desta técnica de avaliação maturacional. Desta forma, os

profissionais que trabalham (atuam) com jovens em processo de crescimento e desenvolvimento, poderão utilizá-la para auxiliar na estimativa da idade biológica e interpretação de resultados de desempenho esportivo, crescimento e desenvolvimento como um todo.

ABSTRACT

MALES SELF-ASSESSMENT OF SEXUAL MATURATION USING DRAWINGS AND PHOTOS

The evaluation of biological age in young participants of sport programs is important because of the relationship between sport performance and physical modifications due to sexual maturation during puberty. The biological age can be determined by dental age, sexual maturation, height and weight of the young athlete, in relation to the chronological age. In the field of sport and physical education, measurements of weight and height are commonly used as indicators of biological maturation. The evaluation of the stages of sexual maturation, by the method proposed by Tanner (1962), is not easy due to the necessity of a specialized physician and a very private room. Besides, the whole procedure is extremely embarrassing for the subject. Therefore, the purpose of this study was to determine the agreement between the adolescent's self-assessment of maturation using Morris e Udry's drawings (AD) and Tunner's standard photographs (AF), and the physician's evaluation (ME). The sample was composed of 347 males, with ages between 10 and 16 years, evaluated at three different moments. In data analysis, the percentage of agreement, underestimation and overestimation of maturation stages were calculated as well as Kappa coefficients. The Kappa coefficients varied between 0.35 and 0.66. The self-assessment of pubic hair stage seemed to be more efficient than the self-assessment of genital stage. We concluded that adolescents can accurately assess their own developmental stage according to standard photographs standard drawings.

UNITERMS: Sexual maturation; Biological age; Self-assessment.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASTOS, F.V.; HEGG, R.V. The relationship of chronological age, body build, and sexual maturation to handgrip strength in schoolboys ages 10 to 17 years. In: DAY, J.A.P. **Perspectives in kinanthropometry**. Champaign: Human Kinetics, 1986. p.45-9.
- BEUNEN, G.P. Biological age in pediatric exercise research. In: BAR-OR, O. **Advances in pediatric sport sciences**. Champaign: Human Kinetics, 1989. v.3, p.1-39.
- BEUNEN, G.; MALINA, R.M. Growth and biological maturation: relevance to athletic performance. In: BAR-OR, O. **The child and adolescent athlete**. Pennsylvania: Advisory Sub-Committee, 1986. p.3-24. (The Encyclopaedia of Sports Science).
- COLLI, A.S. **Crescimento e desenvolvimento pubertário em crianças e adolescentes brasileiros**. São Paulo: Brasileira de Ciências, 1988. v.6: Maturação sexual.
- DUKE, P.M.; LITT, I.F.; GROSS, R.T. Adolescents' self-assessment of sexual maturation. **Pediatrics**, Elk Grove Village, v.66, n.6, p.00-00, 1980.
- GUEDES, D.P.; GUEDES, J.E.R.P. **Crescimento, composição corporal e desempenho motor de crianças e adolescentes**. São Paulo: CLR Balieiro, 1997.
- JONES, M.A.; HITCHEN, P.J.; STRATTON, G. The importance of considering biological maturity when assessing physical fitness measures in girls and boys aged 10 to 16 years. **Annals of Human Biology**, Basingstoke, v.27, n.1, p.57-65, 2000.
- KATZMARZYK, P.T.; MALINA, R.M.; BEUNEN, G.P. The contribution of biological maturation to the strength and motor fitness of children. **Annals of Human Biology**, Basingstoke, v.24, n.6, 493-505, 1997.
- KREIPE, R.E.; GEWANTER, H.L. Physical maturity screening for participation in sports. **Pediatrics**, Elk Grove Village, v.75, n.6, p.1076-80, 1985.

- LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, Washington, v.33, p.159-74, 1977.
- MALINA, R.M. Biological maturity status of young athletes. In:____. **Young athletes: biological, psychological, and educational perspectives.** Champaign: Human Kinetics, 1988. p.121-40.
- MALINA, R.M.; BEUNEN, G. Monitoring of growth and maturacion. In: BAR-OR, O. **The child and adolescent athlete.** Pennsylvania: Advisory Sub-Comitee, 1996. p.647-72. (The Encyclopaedia of Sports Science).
- MALINA, R.M.; BOUCHARD, C. **Growth, maturation and physical activity.** Champaign: Human Kinetics, 1991.
- MARCONDES, E.; BERQUÓ, E.; HEGG, R.; COLLI, A.S.; ZACCHI, M.A.S. **Crescimento e desenvolvimento pubertário em crianças e adolescentes brasileiros.** São Paulo: Brasileira de Ciências, 1987. v.1: Metodologia.
- MATSUDO, V.K.R.; MATSUDO, S.M. Validade da auto-avaliação na determinação da maturação sexual. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, São Caetano do Sul, v.5, n.2, p.18-35, 1991.
- MORRIS, N.M.; UDRY, J.R. Validation of a self-administered instrument to assess stage of adolescent development. *Journal of Youth and Adolescence*, New York, v.9, n.3, 1980.
- SARNI, P.; TONI, P.; GASTALD, R. Validity of Self Assessment of pubertal maturation in early adolescents. *Pediatrics*, Elk Grove Village, v.45, n.10, p.397-400, 1993.
- SCHLOSSBERGER, N.; TURNER, R.A.; IRWIN, C.E. Validity of self-report of pubertal maturation in early adolescents. *Journal of Adolescent Health*, New York, v.13, p.109-13, 1992.
- TANNER, J.M. **Growth at adolescence.** 2nd.ed. Oxford: Blackwell Scientific, 1962.
- VARONA-LOPEZ, W.; GUILLEMOT, M.; SPYCKERELLE, Y.; MULOT, B.; DESCHAMPS, J.P. Auto-estimation des stades de maturation pubertaire chez les adolescents de sexe masculin. *Pédiatrie*, Paris, v.43, p. 245-9, 1988.

Recebido para publicação em: 07 dez. 2001
 Revisado em: 24 abr. 2002
 Aceito em: 26 abr.2002

ENDEREÇO: Rosa Helena Cahali Martin
 R. Caiowaá, 2046 – apto. 114
 01258-010 - São Paulo - SP - BRASIL
 e-mail: rocahali@usp.br

REVISTA PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA NORMAS PARA PUBLICAÇÃO

1. A Revista Paulista de Educação Física é uma publicação da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, que tem por objetivo publicar pesquisas que contribuam para o avanço do conhecimento acerca do movimento humano relacionado à Educação Física e Esporte. Serão considerados para publicação investigações originais sob condição de serem contribuições exclusivas para esta Revista, ou seja, que não tenha sido, nem venham a ser publicadas em outros locais.
2. O processo de revisão duplo-cego é usado na análise do trabalho.
3. A Revista Paulista de Educação Física requer que todos os procedimentos apropriados para obtenção do consentimento dos sujeitos para participação no estudo tenham sido adotados. Não há necessidade de especificar os procedimentos, mas deve ser indicado no texto que o consentimento foi obtido. Estudos que envolvem experimentos com animais devem conter uma declaração na seção “Método” que os experimentos foram realizados em conformidade com a regulamentação sobre o assunto adotada no país.
4. Os originais deverão conter de 15 a 40 laudas, incluindo resumo, tabelas, ilustrações e referências bibliográficas. Deverão ser enviados o original e duas cópias completas, datilografadas em espaço duplo, com 24 linhas de 65 caracteres cada. O formato do papel deverá ser A4.
5. A página-título deverá conter apenas o título, o(s) nome(s), o(s) da(s) instituição(ões) e endereço para correspondência. Autores múltiplos devem ser listados em ordem de proporcionalidade do envolvimento no estudo. A página-resumo deverá conter um resumo com não mais de 20 linhas de 65 caracteres cada, num único parágrafo, especificando o objetivo do trabalho, uma breve descrição da metodologia, os principais achados e as conclusões. A página de “abstract” deverá conter a versão do título e do resumo em inglês, observando-se as mesmas orientações para o resumo em português. Os unitermos também deverão ser traduzidos. As notas de rodapé deverão ser evitadas; quando necessárias, que sejam colocadas no final do texto, antes das referências bibliográficas.
6. O sistema de medidas básico a ser utilizado na Revista deverá ser o “Système International d’Unités. Como regra geral, só deverão ser utilizadas abreviaturas e símbolos padronizados. Se abreviações não padronizadas forem utilizadas, recomenda-se a definição das mesmas no momento da primeira aparição no texto.
7. As páginas deverão ser numeradas no canto superior, a começar da página-título e deverão estar arrumadas na seguinte ordem: página-título, página-resumo (incluindo os unitermos), texto, página de “abstract” (incluindo os “uniterms”), referências bibliográficas, títulos e legendas de tabelas e ilustrações originais.
8. As ilustrações deverão ser numeradas com algarismos arábicos na ordem que são inseridas no texto e apresentadas em folhas separadas. O mesmo procedimento deverá ser observado quanto às tabelas que receberão numeração independente. Os números deverão aparecer também nas costas de todos os originais e cópias para melhor identificação. Legendas para as ilustrações e tabelas deverão ser datilografadas em espaço duplo, em uma página separada, colocada após a lista de referências que segue o texto. A posição de cada ilustração ou tabela no texto, deverá ser indicada na margem esquerda do trabalho. As fotografias deverão ser em branco e preto e em papel brilhante, com dimensões mínimas de 12 x 17 cm e máxima de 17 x 22 cm. Apenas um conjunto de fotografias originais e mais dois conjuntos de cópias serão suficientes. Todas as ilustrações devem ser profissionalmente preparadas. Não serão aceitas letras manuscritas.
9. Algarismos arábicos deverão ser usados para numeração de todas as tabelas. Cada tabela deverá ter um cabeçalho breve e os títulos das colunas deverão, sempre que possível, ser abreviados. As tabelas não deverão duplicar material do texto ou das ilustrações. Casas decimais não significativas deverão ser omitidas. Linhas horizontais deverão ser traçadas acima das tabelas, logo abaixo dos títulos das colunas e abaixo da tabela. Não deverão ser usadas linhas verticais. Se necessário, espaços entre as colunas deverão ser usados, ao invés de linhas verticais. Anotações nas tabelas deverão ser indicadas por asteriscos. Para atender às necessidades de diagramação e paginação, todas as ilustrações poderão ser reduzidas.
10. Referências bibliográficas: as condições exigidas para fazer referências às publicações mencionadas no trabalho serão estabelecidas segundo as orientações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), expressas na norma NB-66 (NBR 6023). Indicar todos os autores (não utilizar “et alii”). Colocar os títulos dos periódicos por extenso.
11. O original, as duas cópias completas e o disquete deverão ser enviados ao Diretor Responsável da Revista Paulista de Educação Física, Av. Prof. Mello Moraes, 65, CEP 05508-900, Butantã, São Paulo - SP.

