

CRIANÇAS, ADOLESCENTES E ATIVIDADE FÍSICA: ASPECTOS MATURACIONAIS E FUNCIONAIS

Hugo TOURINHO FILHO*
Lilian Simone Pereira Ribeiro TOURINHO*

RESUMO

O presente artigo teve como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre os aspectos maturacionais e funcionais da criança e do adolescente e sua relação com a prática da atividade física. Nesse sentido, busca-se distinguir, em um primeiro plano, crescimento, desenvolvimento e maturação e a importância da diferenciação entre idade biológica e idade cronológica no momento de se planejar um programa de atividade física para uma população jovem. Em seqüência, abordam-se os assuntos adolescência, puberdade e maturação na discussão dos aspectos relacionados ao rendimento anaeróbio, à aptidão aeróbia e ao limiar anaeróbio nessa faixa etária. Tendo em vista o crescimento do número de crianças e jovens engajados em atividades físicas, torna-se importante o desenvolvimento de estudos para avaliar as respostas fisiológicas que ocorrem nessa faixa etária, levando-se em consideração, sobretudo, a influência da maturação sobre tais respostas. Dentre as muitas razões que estimulam as pesquisas nesta área estão aquelas vinculadas à preocupação de prevenção primária e à promoção da saúde das crianças e dos adolescentes.

UNITERMOS: Crianças; Adolescentes; Maturação; Potência anaeróbia; Aptidão aeróbia; Limiar anaeróbio.

INTRODUÇÃO

Embora ainda não se tenham explicações adequadas para inúmeros questionamentos relacionados com os efeitos da prática da atividade física envolvendo integrantes da população jovem, verifica-se que, nos últimos anos, uma grande quantidade de informações vem sendo acumulada com referência ao assunto. Certamente, as lacunas existentes têm a ver com o fato de alguns programas de atividade física induzirem modificações morfológicas e funcionais na mesma direção do que é esperado para o próprio processo de maturação biológica (Guedes & Guedes, 1995).

Os especialistas em pediatria

ênfaticamente que as crianças, tanto funcional quanto estruturalmente, não são semelhantes aos adultos (Astrand, 1992). Em pessoas adultas, tem-se assumido que as alterações que eventualmente, possam ocorrer caracterizam-se como uma resposta ao processo de adaptação do estresse imposto pelo esforço físico. Entretanto, em se tratando de crianças e adolescentes, as modificações que presumivelmente ocorrem até que atinjam o estágio de maturidade podem ser tão grandes ou maiores até do que as próprias adaptações resultantes de um programa de atividade física (Guedes & Guedes, 1995).

Nesse sentido, parece ser

fundamental, em estudos realizados com crianças e adolescentes, que se distingam os efeitos do treinamento dos possíveis efeitos provocados pela ação do crescimento, desenvolvimento e maturação sobre as variáveis analisadas.

CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E MATURAÇÃO: IDADE CRONOLÓGICA x IDADE BIOLÓGICA

A principal característica do processo da vida é a mudança, e basta observar animais e vegetais para verificar que existe um ciclo que é capaz de manter e perpetuar todas as espécies. O ser humano, por pertencer a esse macrossistema, não foge à regra, passando, no decorrer de sua vida, por várias etapas, como ovo, embrião, recém-nascido, criança, adolescente, adulto e idoso (Araújo, 1985). Essas passagens ou degraus galgados pelo homem são um somatório de três funções básicas inerentes a todo o processo: o crescimento, o desenvolvimento e a maturação.

Segundo Araújo (1985), o *crescimento* pode ser definido como as mudanças normais na quantidade de substância viva; é o aspecto quantitativo do desenvolvimento biológico, é medido em unidades de tempo, como, por exemplo, centímetros por ano, gramas por dia, etc, resultando de processos biológicos por meio dos quais a matéria viva normalmente se torna maior. O crescimento enfatiza as mudanças normais de dimensão durante o desenvolvimento e pode resultar em aumento ou diminuição de tamanho e, ainda, variar em forma e/ou proporção (Araújo, 1985). O *desenvolvimento*, por sua vez, pode ser definido como um processo de mudanças graduais, de um nível simples para um mais complexo, dos aspectos físico, mental e emocional pelo qual todo ser humano passa, desde a concepção até a morte (Barbanti, 1994); já, a *maturação* significa pleno desenvolvimento, a estabilização do estado adulto efetuada pelo crescimento e desenvolvimento (Araújo, 1985).

Para Gallahue (1989), o *crescimento* pode ser definido como o aumento na estrutura corporal realizado pela multiplicação ou aumento das células; o *desenvolvimento* como um processo contínuo de mudanças no organismo humano que se inicia na concepção e se estende até a morte;

por fim, ainda segundo Gallahue (1989), a *maturação* refere-se às mudanças qualitativas que capacitam o organismo a progredir para níveis mais altos de funcionamento e que, vista sob uma perspectiva biológica, é fundamentalmente inata, ou seja, é geneticamente determinada e resistente à influência do meio ambiente. Por exemplo: a idade aproximada em que uma criança aprende a sentar, ficar em pé e caminhar é altamente influenciada pela maturação.

A maturação biológica alcança níveis intensos de modificação durante a puberdade, definida por Marshall (1978) como todas aquelas mudanças morfológicas e fisiológicas que acontecem durante o crescimento devido à transformação das gônadas de um estado infantil a um adulto. A puberdade, manifesta-se, basicamente, por um surto no crescimento, desenvolvimento das gônadas dos órgãos e características sexuais secundárias, mudanças na composição corporal e o desenvolvimento do sistema cardiorrespiratório.

A aplicação prática de tais conceitos para todos que lidam com crianças e adolescentes que participam de algum tipo de esporte está especialmente no fato de que, com sua clara definição, possibilita-se o esclarecimento de dúvidas, como, por exemplo, por que, entre meninos da mesma faixa etária, o crescimento de pêlos se efetua mais cedo em alguns e mais tarde em outros; ou, ainda, qual a razão para que atletas de uma mesma idade apresentem desempenhos físicos significativamente diferentes entre os nove e os 17 anos? Segundo Araújo (1985), dessas situações, pode-se retirar pontos bem distintos: apesar de as idades dos indivíduos serem iguais nos dois casos, eles apresentam características ou manifestações diferenciadas. Chega-se, dessa maneira, a dois importantes conceitos: a idade cronológica e a idade biológica.

A idade cronológica é a idade determinada pela diferença entre um dado dia e o dia do nascimento do indivíduo. Gallahue (1989) apresenta a seguinte classificação para a idade cronológica: vida pré-natal (concepção a oito semanas de nascimento); primeira infância (um mês a 24 meses do nascimento); segunda infância (24 meses a 10 anos); adolescência (10-11 anos a 20 anos); adulto jovem (20 a 40 anos); adulto de meia-idade (40 a 60 anos) e adulto mais velho (acima de 60 anos).

Conforme Araújo (1985), a determinação da idade cronológica é um procedimento que pode levar a um erro metodológico por não garantir um grande poder discriminativo, o que pode ser importante quando esses dados são utilizados em pesquisas científicas. Como solução para o problema, a apresentação da idade cronológica em forma de fração centesimal parece ser o caminho menos desastroso para aqueles que utilizam unicamente o critério da idade cronológica.

A idade biológica, por outro lado, corresponde à idade determinada pelo nível de maturação dos diversos órgãos que compõem o homem. A determinação da idade biológica, fator importante nos estudos sobre aptidão física, treinamento desportivo e crescimento e desenvolvimento, pode ser efetuada por meio da avaliação das idades mental, óssea, morfológica, neurológica, dental e sexual, o que possibilita que se formem, basicamente, três grupos: pré-púbere, púbere e pós-púbere (Araújo, 1985).

Para Malina (1988), os indicadores mais comumente usados para determinar a maturação biológica nos estudos de crianças e jovens são a maturação esquelética e o desenvolvimento das características sexuais secundárias, ou seja, a maturação sexual. A estimativa da maturação biológica por meio da maturação sexual proposto por Tanner (1962), utiliza as características sexuais secundárias - pêlos axilares, pêlos pubianos e desenvolvimento escrotal para o sexo masculino e, desenvolvimento mamário, pêlos pubianos e menarca para o sexo feminino.

A classificação em função da idade biológica é de suma importância aos estudos que dizem respeito à criança, ao adolescente e ao exercício, pois possibilita distinguir, de forma mais clara, as adaptações morfológicas e funcionais resultantes de um programa de treinamento das modificações observadas no organismo, decorrentes do processo de maturação, principalmente intensificado durante a puberdade.

ADOLESCÊNCIA: CRESCIMENTO, PUBERDADE E MATURAÇÃO SEXUAL

Adolescência e crescimento

De acordo com Gallahue (1989), o período de tempo que compõe a adolescência é afetado pelo aspecto biológico e cultural: pelo biológico, no momento em que o fim da infância é marcado pelo início da maturação sexual; pelo cultural, na medida que o fim da adolescência e o início da fase adulta são marcados pela independência emocional e financeira da família. Como resultado disso, tem-se hoje que, na sociedade da América do Norte, o período da adolescência é significativamente mais longo do que foi há 100 ou 50 anos (Gallahue, 1989), ou seja, o início precoce da puberdade (início da maturação sexual), somado a um período mais longo de dependência da família, amplia a visão da adolescência para uma perspectiva muito mais ampla.

O início da adolescência é marcado por um período de aumento acelerado no peso e na estatura. A idade de início, duração e intensidade deste estirão de crescimento, porém, é determinada geneticamente e varia consideravelmente de indivíduo para indivíduo. Isso ocorre porque o genótipo estabelece os limites do crescimento individual, mas o fenótipo individual (condições do meio ambiente) tem uma influência marcante sobre este fator (Gallahue, 1989).

Puberdade e maturação sexual

O início da puberdade é geralmente denominado *pubescência*, que é o período mais precoce da adolescência. Durante a pubescência, características sexuais secundárias começam a aparecer, como a maturação dos órgãos sexuais e mudanças no sistema endócrino, iniciando-se o estirão de crescimento pré-adolescente (Gallahue, 1989). Para Halbe, Cunha & Mantese (1981), a puberdade resulta da interação de fatores genéticos e ambientais, com características bem definidas, como aceleração do crescimento, aparecimento de pilosidade (pubarca e axilarca) e mamas (telarca), ativação funcional do sistema neuroendócrino (adrenarca e gonodarca), menstruação (menarca) e, finalmente, a ossificação dos discos epifisários das epífises.

Para Farinatti (1995), a puberdade não deve ser confundida com adolescência. O início da adolescência pode coincidir com a puberdade, mas pode também atrasar-se ou adiantar-se em relação a ela no seu desenrolar, já que independe da capacidade reprodutora, sendo uma fase de transição entre infância e maturidade. De modo geral, a puberdade tem uma duração de dois anos, ao passo que o tempo de adolescência seria difícil de definir (Farinatti, 1995).

Durante os períodos da primeira e da segunda infância, garotos e garotas desenvolvem-se de forma bastante similar, havendo poucas diferenças na estatura, peso, tamanho do coração e pulmões, ou composição corporal. Quando, porém, se inicia a segunda década da vida, ocorrem dramáticas mudanças não somente nas mensurações de crescimento, mas, também, na maturação sexual. O início da puberdade marca a transição da infância para a fase adulta, no entanto, quando esse processo se inicia, e o que marca o seu início ainda não está claro. O que se sabe é que o tempo do processo é altamente variável e que pode iniciar cedo, como aos oito ou nove anos, ou mais tarde, aos 13 ou 15 anos, para garotas e garotos, respectivamente (Gallahue, 1989). Está claro, assim, que a seqüência geral de eventos que marcam a puberdade é muito mais previsível do que as datas específicas em que eles ocorrerão. Nesse sentido, conhecer os eventos que marcam a puberdade e aceitar a variabilidade individual em que eles ocorrem, é de suma importância para o profissional que irá planejar os programas de atividade física voltados para essa população específica.

O RENDIMENTO ANAERÓBIO NA CRIANÇA E NO ADOLESCENTE

Inúmeros estudos, usando diferentes métodos de investigação, têm fornecido evidências de que ocorrem mudanças no metabolismo anaeróbio láctico durante o crescimento. Lactato sanguíneo e muscular, atividade enzimática glicolítica, débito e déficit de oxigênio, "performance" de potência máxima em exercícios de curta duração e velocidade máxima em testes de campo aumentam gradativamente da infância à fase adulta (Eriksson, 1980; Fellmann, Bedu,

Spielvogel, Falgairette, Van Praagh, Jarrige & Coudert, 1988; Imbar & Bar-Or, 1986; Paterson, Cunningham & Bumstead, 1986). Nesses estudos, a puberdade tem aparecido como um período-chave das mudanças no metabolismo anaeróbio láctico de garotos (Eriksson, Gollnick & Saltin, 1973; Falgairette, Bedu, Fellmann, Van Praagh & Coudert, 1991; Paterson et alii, 1986).

Nas crianças, a capacidade para realizar atividades do tipo anaeróbia é significativamente inferior à dos adolescentes e adultos (Bar-Or, 1983). Estudos transversais com italianos, africanos, ingleses e americanos de ambos os sexos têm indicado uma progressão em relação à idade na "performance" de teste de potência máxima (Davies, Barnes & Godfrey, 1972; Di Prampero & Cerretelli, 1969; Kurowski, 1977; Margaria, Aghemo & Rovelli, 1966). Segundo dados apresentados por Imbar & Bar-Or (1986) de, aproximadamente, 300 homens israelenses de 10 a 45 anos que realizaram o teste anaeróbio de Wingate para ciclismo ou com a utilização dos braços (manivela), para ambos os testes, a potência máxima em um período de cinco segundos e a potência média durante todo o teste (30 segundos), foram mais baixas nas crianças quando expressas em unidades de potência absoluta ou corrigidas pelo peso corporal. Disso concluíram os autores que a "performance" anaeróbia progride com a idade e que este padrão é contrário ao que é descrito para o consumo de oxigênio por quilograma de peso corporal, o qual, em indivíduos do sexo masculino, permanece virtualmente sem modificações da infância à fase adulta.

Resultados semelhantes foram observados por Matsudo & Perez (1986) ao avaliarem 300 escolares de ambos os sexos que participavam regularmente de aulas de Educação Física obrigatórias, três vezes por semana, com 50 minutos de duração cada uma. Aplicando um teste de 40 segundos, os pesquisadores concluíram que, em relação aos escores apresentados pelos escolares do sexo masculino com idade entre 11 e 15 anos (11 anos - 213,33 m; 12 anos - 217,94 m; 13 anos - 218,94 m; 14 anos - 232,94 m; 15 anos - 240,69 m), a potência anaeróbia máxima aumentou de forma significativa com a idade. Por sua vez, a estrutura corporal pareceu não influenciar acentuadamente a "performance" deste teste (40 s), uma vez que tanto o peso como a

altura não apresentaram correlações importantes com os resultados dos escolares nos 40 segundos.

Com o objetivo de verificar a relação entre velocidade de corrida no limiar anaeróbio e o desempenho em corridas de 50 metros, 40 segundos e cinco minutos, em garotos de 14 anos e homens jovens de 16 a 20 anos, Tanaka (1986) também realizou testes de 40 segundos (14 anos - 245 m; 16 a 20 anos - 269 m), obtendo uma progressão da potência anaeróbia com o avanço da idade.

Para Sobral (1988), uma das possíveis causas para a "performance" inferior das crianças em provas de potência anaeróbia deve-se, presumivelmente, a estoques inferiores de fosfagênio (principalmente de CP, já que a concentração muscular de ATP é semelhante no adulto e na criança; 3,5 a 5 mmol/kg) e, também, ao menor valor, quer absoluto quer relativo, da massa muscular já que, embora aumentando regularmente com a idade, os incrementos da potência anaeróbia dos garotos são mais acentuados a partir dos 14 e 15 anos, isto é, imediatamente após o pico de velocidade de crescimento da musculatura esquelética.

Em comparação com o adulto, a criança e o adolescente são ainda mais deficitários quanto à sua capacidade anaeróbia, diferença que parece ter determinantes fundamentais de natureza bioquímica, pois a concentração de lactato no músculo e no sangue destes é mais baixa do que no adulto; também a sua taxa de glicólise anaeróbia é inferior (Sobral, 1988). Eriksson, Karlsson & Saltin (1971) verificaram que, numa mesma intensidade de exercício, garotos pré-púberes apresentavam valores de concentração de lactato nos músculos 35% inferiores aos observados no adulto. Igualmente, Sobral (1988) relata que, nos jovens desportistas, foram observadas elevações progressivas da lactacidemia entre os 12 e os 15 anos, sem diferenças significativas entre garotos e garotas, porém, tais valores ainda são inferiores aos dos adultos.

Para Tanaka & Shindo (1985), a concentração de lactato sanguíneo, em geral, poderia ser afetada pela taxa de formação de lactato e acúmulo durante a contração muscular; fluxo de lactato do músculo para o sangue; consumo de lactato do sangue pelo coração, fígado, em músculos ativos ou em repouso e rins. Embora nenhum dado esteja disponível para a taxa

de fluxo e consumo de lactato em crianças, há algumas sugestões a respeito do déficit de oxigênio e perfil metabólico muscular em crianças, as quais indicam menos formação e acúmulo de lactato para a mesma carga de trabalho relativo quando comparado com adultos (Tanaka & Shindo, 1985). Nesse sentido, foi demonstrado que o nível de lactato durante carga submáxima está relacionado à quantidade de déficit de oxigênio, isto é, quanto mais tempo o organismo levar para se ajustar a uma nova carga de trabalho maior será o acúmulo de lactato (Tanaka & Shindo, 1985), assim, ambos, concentração de lactato sanguíneo e déficit de oxigênio na mesma carga de trabalho relativo, são menores em garotos do que em adultos.

Com relação ao perfil metabólico muscular, a atividade da succinato-desidrogenase (SDH) na musculatura esquelética de garotos de 11 a 13 anos, como relatado por Eriksson et alii (1973), é um tanto mais alta quando comparada aos valores apresentados por adultos destreinados. Em adição, os estudos de Eriksson et alii (1973) e de Fournier, Ricci, Taylor, Ferguson, Montpetit & Chaitman (1982), com garotos de 16 e 17 anos, mostraram que a atividade da fosfofrutoquinase (PFK), que é a enzima reguladora da glicólise anaeróbia, apresentou-se de forma mais baixa na musculatura esquelética dos garotos quando comparados com adultos. A atividade mais baixa da PFK nos garotos é uma das prováveis causas do pico de concentração de lactato mais baixo.

Uma outra explicação para o comportamento dos níveis de lactato de crianças e adolescentes baseia-se na hipótese de uma relação entre o estado da maturação e a lactacidemia. Esta hipótese decorre de experimentação animal, tendo sido verificada uma associação direta entre a taxa de produção de lactato e a testosterona circulante. Krotkiewski, Kral & Karlsson (1980), estudando o efeito da castração de ratos sobre o metabolismo muscular, verificaram que houve uma diminuição na atividade da fosforilase, fosfofrutoquinase e desidrogenase láctica na porção branca da musculatura dos ratos castrados, tendo sido essa mudança reversível com de doses de testosterona.

Duas outras explicações também têm sido apontadas para a deficiência da capacidade anaeróbia da criança e do jovem adolescente: a primeira remete para uma concentração e taxa de utilização mais baixas do glicogênio muscular antes da puberdade, o que constitui uma

desvantagem em situações de "performance" máxima com 10 a 60 segundos de duração (Imbar & Bar-Or, 1986); a segunda, que lhe é complementar, aponta para a menor atividade da enzima fosforilase (Sobral, 1988).

Segundo Sobral (1988), resta ainda como hipótese explicativa das limitações da potência anaeróbia na criança e adolescente o fator neuromuscular, o qual sugere que o recrutamento das unidades motoras em condições de performance máxima torna-se mais eficiente com a idade. A verificação de tal hipótese, no entanto, requer técnicas invasivas muito sofisticadas e eticamente excluídas. Em síntese, parece razoável sugerir que a capacidade anaeróbia significativamente inferior das crianças em relação aos adolescentes e adultos está ligada a menores estoques de creatina-fosfato (CP) e glicogênio muscular, menor atividade das enzimas fosforilase, fosfofrutoquinase (PFK) e lactato-desidrogenase (LDH) e a níveis mais baixos de testosterona. Como consequência, há uma menor ação desse hormônio sobre a musculatura esquelética e, por fim, uma menor capacidade de recrutamento das unidades motoras em condições de "performance" máxima (Bar-Or, 1983; Butler, Walker, Walker, Teague, Fahmy & Ratcliffe, 1989; Eriksson et alii, 1973; Fournier et alii, 1982; Gutman, Hanzlikova & Lojdaz, 1970; Imbar & Bar-Or, 1986; Krotkiewski et alii, 1980; Sobral, 1988).

Através dos estudos realizados sobre o comportamento do rendimento anaeróbio láctico de crianças e adolescentes, fica evidente que, este tipo de exigência motora deva ser visto com extrema precaução ao se elaborar programas de treinamento, principalmente com relação aos pré-púberes que não se encontram ainda preparados para esta intensidade de atividade física como foi observado pelos autores acima citados.

A APTIDÃO AERÓBIA NA CRIANÇA E NO ADOLESCENTE

Além das modificações dimensionais, o período pubertário é também assinalado por modificações fisiológicas importantes, as quais afetam os sistemas orgânicos de uma forma geral e, como tal, tendem a refletir-

se na capacidade de esforço (Sobral, 1988).

A potência aeróbia máxima, isto é, o máximo volume de oxigênio que o indivíduo é capaz de consumir em uma unidade de tempo, aumenta ao longo da segunda infância, acompanhando o crescimento das dimensões corporais (Bar-Or, 1983). Até os 12 anos, as curvas de crescimento do consumo de oxigênio não apresentam diferenças significativas de perfil entre os sexos, embora os rapazes obtenham valores superiores desde os cinco anos de idade. A diferenciação sexual instala-se, porém, após os 14 anos, idade em que as garotas atingem um platô, ao passo que os rapazes continuam a apresentar valores crescentes até os 18 anos (Mirwald, Bailey, Cameron & Rasmussen, 1981). No entanto, segundo Imbar & Bar-Or (1986), numerosos estudos têm mostrado que o consumo de oxigênio em homens, quando expresso em mililitros de oxigênio por minuto por quilograma de peso corporal (ml/kg.min), é virtualmente independente da idade dentro da faixa etária de oito a 18 anos; já, entre as mulheres, é até mais alto na fase pré-púbere do que durante a fase púbere ou pós-púbere.

Para se medir os efeitos fisiológicos do treinamento da resistência em crianças e adolescentes, o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) é uma variável indispensável na avaliação da potência aeróbia. Normalmente, as crianças possuem um consumo de oxigênio consideravelmente alto, com valores variando entre 48 e 58 ml/kg.min, bem acima de 42 ml/kg.min, o que indica um bom nível de condicionamento físico em adultos (Stanganelli, 1991). Indivíduos classificados como pré-púberes de elite atlética apresentam um consumo máximo de oxigênio de 15 a 20% maior que o consumo máximo de seus companheiros não atletas. Essas diferenças não são muito grandes se, por exemplo, compara-se o $VO_{2máx}$ de corredores de elite adultos com indivíduos sedentários, o qual pode ser até 100% maior (Rowland, 1985).

Com relação à "performance" em testes de corrida de média e longa duração, entretanto, constata-se que alguns estudos utilizaram esses testes (Guedes, 1994; Tanaka, 1986), obtendo como conclusão que rapazes apresentam resultados continuamente superiores dos sete aos 20 anos. Considerando a alta potência aeróbia de crianças, por que, então, elas não

dominam a corrida de média e longa distância?

Um fator bastante interessante apontado como explicação para o comportamento evolutivo em relação ao desempenho em testes de corrida de média e longa distância envolve o que se tem denominado de *economia de corrida*, originalmente "running economy", que leva em consideração a relação entre trabalho produzido e energia consumida (Guedes, 1994). Seguindo essa linha de raciocínio, Bar-Or (1983) observou que, entre moças e rapazes de cinco a 17 anos de idade, o consumo de oxigênio necessário para correr ou caminhar numa mesma velocidade decresce com a idade em ambos os sexos, porém ocorre de forma mais acentuada entre os rapazes. Ainda neste estudo, o pesquisador pôde observar que, deslocando-se a 10 km/h, o consumo de oxigênio de uma criança aos cinco anos foi, em média, 8 ml/kg.min maior do que o de um adolescente de 17 anos de idade. Dessa forma, considerando 40 ml/kg.min como o valor esperado para o consumo máximo de oxigênio nessa faixa etária, adolescentes podem realizar a mesma tarefa motora com economia de, aproximadamente, 20% no consumo de oxigênio em comparação com as crianças.

Em uma revisão realizada por Morgan, Martin & Krahenbuhl (1989), os autores alertam para a possibilidade de o menor gasto energético na realização de uma corrida ou caminhada entre os adolescentes em relação às crianças não ser unicamente consequência das diferenças observadas em seus respectivos metabolismos, destacando-se a maneira menos econômica de se locomover destas últimas, tendo em vista a necessidade de uma frequência de passadas mais elevada em razão do menor comprimento de suas pernas. Portanto, talvez a menor economia de corrida observada entre as crianças mais jovens possa explicar o fato de o desempenho em testes de média e longa duração ficar tão distante daquele verificado na adolescência, considerando que ambos, crianças e adolescentes, apresentam valores de consumo máximo de oxigênio bastante semelhantes (Guedes, 1994; Imbar & Bar-Or, 1986). Segundo Krahenbuhl, Skinner & Kohrt (1985), no sexo masculino, o consumo máximo de oxigênio (ml/kg.min) permanece estável por toda a infância e adolescência, enquanto que, no sexo feminino diminui ao longo da adolescência.

Um outro aspecto que pode influenciar a "performance" nos testes de corrida de média e longa duração foi evidenciado pelos estudos realizados por Thomas et alii, citado por Guedes (1994), os quais, procurando avaliar a relação de seus escores com alguns fatores biológicos e ambientais, constataram que a única variável biológica, ao longo de toda a infância e a adolescência, que se relacionou com os resultados de testes com essas características foi a quantidade de gordura corporal, o que fez com que as crianças e os adolescentes que apresentavam maiores quantidades de gordura percorressem longas distâncias mais lentamente.

Em relação à treinabilidade da potência aeróbia, de acordo com Bar-Or (1989), em adultos, quanto mais jovem o indivíduo, mais treinável é sua "performance" aeróbia; tal relação com a idade já não pode ser encontrada em crianças e adolescentes. Em jovens adultos, um aumento de 10% e 20% no consumo máximo de oxigênio é um resultado comum se seguido de um programa de exercício aeróbio de duração de dois a quatro meses. Diversos estudos têm sugerido que, quando o consumo máximo de oxigênio por quilograma de peso corporal é feito para refletir a potência aeróbia máxima, pré-púberes são menos treináveis do que seus equivalentes mais maturados. As razões sugeridas para tão baixa treinabilidade consistem em que: crianças são ativas mesmo quando não fazem parte de um programa de treinamento regimentado, dessa maneira, um programa adiciona pouco à sua aptidão; o $VO_{2máx}$ não reflete potência aeróbia máxima em crianças e, ainda, indicadores alternativos da condição aeróbia, como o limiar anaeróbio, deveriam ser utilizados neste tipo de estudo (Bar-Or, 1989). Por outro lado, em uma revisão apresentada por Rowland (1985), pode-se observar uma longa lista de estudos em que foi demonstrado que o consumo máximo de oxigênio de crianças realmente aumentou com o treinamento. O autor concluiu que, quando o regime de treinamento aeróbico é realizado conforme a orientação estabelecida para adultos, pré-púberes são treináveis.

Tanto os estudos que não mostraram um aumento do $VO_{2máx}$ quanto os estudos que tiveram um aumento dessa variável apresentaram queda de frequência cardíaca submáxima. Assim, de acordo com esses dados, haveria uma melhora

da potência aeróbia nas crianças apenas após um prolongado e vigoroso programa de treinamento aeróbio (Stanganelli, 1991). Para Rowland (1985), as conclusões obtidas nos estudos sobre a treinabilidade da potência aeróbia de crianças e adolescentes padecem de uma série de defeitos nos "designs"; incluindo número reduzido de sujeitos, inadequado controle destes e insuficientes ou inexistentes dados sobre a intensidade de treinamento. Além disso, para Stanganelli (1991), é muito difícil comparar os resultados desses estudos devido às diferenças iniciais nos níveis de condicionamento das amostras, razão pela qual, antes de iniciar o treinamento, o tipo de atividade física, a frequência, a duração e a intensidade devem ser consideradas.

Apesar da dificuldade em se determinar a treinabilidade da resistência aeróbia de crianças e adolescentes, o treinamento aeróbio, ao contrário da resistência anaeróbia láctica, quando realizado com intensidade, frequência e duração adequada, é fundamental dentro de um programa de atividade física, principalmente ao levar-se em consideração à preocupação de prevenção primária e à promoção da saúde dos jovens.

LIMIAR ANAERÓBIO EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES

O limiar anaeróbio parece oferecer uma melhor correlação do que o $VO_{2máx}$ quando da predição da "performance" dos adultos em corridas de longa distância. No entanto, existem poucas informações disponíveis sobre o limiar anaeróbio e seu relacionamento com outros critérios no desempenho de atividades de resistência aeróbia em crianças e adolescentes (Stanganelli, 1991). De acordo com Wolfe, Washington, Daberkow, Murphy & Brammel (1986), o limiar anaeróbio, expresso como um percentual do $VO_{2máx}$, é consistente durante toda a infância e é ligeiramente maior daquele em adultos.

Wolfe et alii (1986), investigando o limiar anaeróbio como predição da "performance" atlética em 10 garotas corredoras pré-púberes, na faixa etária dos 10 aos 13 anos, após um período de três meses, combinando "interval-training" e

corridas contínuas durante quatro dias por semana, concluíram, ao final da investigação, que o limiar anaeróbio, expresso como percentual de tempo de exercício e percentual da frequência cardíaca máxima parecem ser variáveis que mais predizem o "ranking" de desempenho e que o limiar anaeróbio, expresso como percentual do $VO_{2máx}$, foi menos significativo. Assim, segundo os autores, quanto mais tarde o limiar anaeróbio for alcançado em um protocolo progressivo e padrão durante o teste de exercício gradual, melhores serão as possibilidades de os sujeitos terem uma "performance" em eventos de resistência aeróbia.

Rotstein, Dotam, Bar-Or & Tenenbaum (1986) estudaram o efeito do treinamento sobre o limiar anaeróbio, potência aeróbia máxima e "performance" anaeróbia em 28 garotos pré-púberes, com idades variando entre 10,2 e 11,6 anos, utilizando o "interval-training" três vezes por semana, com 45 minutos de atividade por sessão, durante nove semanas. O limiar foi determinado enquanto os indivíduos estavam correndo na esteira rolante com grau de elevação de 1%; cada corrida durava cinco minutos, com intervalos de dois a três minutos, sendo a velocidade inicial de 8 km/h e elevada nas corridas subseqüentes por 1 km/h ou 0,5 km/h, dependendo da velocidade na qual se supunha ocorrer o limiar anaeróbio. Segundo os autores, como existem poucas informações para os melhores critérios de obtenção do limiar anaeróbio em crianças, quatro diferentes índices foram calculados, o que levou à conclusão de que: a velocidade de corrida em que a concentração de lactato no sangue foi de 4 mmol/L não apresentou mudanças significativas; a velocidade de corrida na qual o ponto de flexão da curva de lactato ocorreu apresentou um aumento de 0,5 km/h; o percentual do $VO_{2máx}$ em que a concentração de lactato alcançou 4 mmol/L apresentou uma diminuição de 4,4% do consumo máximo de oxigênio. De posse desses resultados, os autores sugerem que o limiar anaeróbio láctico de garotos pré-adolescentes, especialmente quando determinado pelo critério de lactato no sangue, parece ser maior do que em adultos e que os valores absolutos e relativos do limiar anaeróbio são menos sensíveis ao treinamento intervalado do que o $VO_{2máx}$, pois, neste estudo, o consumo máximo de oxigênio teve aumento de 7% em l/min e de 8% em ml/kg.min. Os índices de limiar

anaeróbio diminuíram em relação ao percentual do $VO_{2máx}$, provavelmente em função da alta intensidade imprimida durante o treinamento intervalado, já que esse tipo de atividade caracteriza-se pela utilização do metabolismo anaeróbio para a produção de energia. Sabe-se que o aumento do limiar anaeróbio em relação ao percentual do consumo máximo de oxigênio está estreitamente relacionado aos efeitos fisiológicos de programas de treinamento que envolvam trabalhos submáximos contínuos de longa duração (Rotstein et alii, 1986).

Pesquisando as mudanças no limiar anaeróbio e no consumo máximo de oxigênio, após treinamento aeróbio em crianças na faixa etária de 12 anos de idade, Mahon & Vaccaro (1989) concluíram, ao final do experimento, que houve um aumento significativo do limiar anaeróbio de 19%, não importando a maneira como era expresso, l/min ou ml/kg.min ou como percentual do $VO_{2máx}$. Segundo os autores, o grande aumento ocorrido no grupo de treinamento significou que o treinamento da resistência aeróbia promoveu alterações no limiar anaeróbio.

Becker & Vaccaro (1983), realizando um estudo com 22 garotos saudáveis com idades entre nove e 11 anos, com o objetivo de descrever as alterações do limiar anaeróbio, consumo máximo de oxigênio e taxa cardíaca máxima após treinamento de resistência aeróbia em cicloergômetro, durante três dias por semana, com cada sessão de treinamento tendo a duração de 40 minutos, por um período de oito semanas - verificaram que o grupo experimental aumentou o limiar anaeróbio de 25,9 ml/kg.min (67% do $VO_{2máx}$) para 33,23 ml/kg.min (71% do $VO_{2máx}$); o consumo máximo de oxigênio aumentou de 39,0 ml/kg.min para 46,99 ml/kg.min e a taxa cardíaca máxima, de 196,63 para 200,5 bpm.

Com o objetivo de examinar a relação entre a área muscular da perna e coxa e o limiar anaeróbio medido durante corrida em esteira rolante em crianças pré-púberes, os pesquisadores Atomi, Fukunaga, Hatta, Yamamoto & Kuroda (1988) avaliaram 30 garotos saudáveis com idade entre nove e 12 anos. O limiar anaeróbio foi determinado por meio de um protocolo em esteira rolante com estágios de três minutos e intervalos de um minuto, sendo a velocidade inicial igual a 80 m/min, com aumentos de 10 a 15 m/min até a exaustão.

Durante cada intervalo, foi realizada uma coleta de sangue do lóbulo da orelha para a análise do lactato. A área muscular da perna e da coxa foi medida por meio de um método ultra-sônico. Com base nos resultados obtidos, os autores puderam concluir que as mudanças longitudinais ocorridas no limiar anaeróbio, medido por meio de corrida em esteira rolante, podem ser explicadas pelas diferenças de composição muscular durante o crescimento.

Nessa linha de raciocínio, Tanaka (1986), investigando o efeito da maturação sobre a "performance" em corrida e sobre a velocidade de corrida no limiar anaeróbio (VC_L), cita alguns estudos que têm mostrado uma alta correlação entre VC_L e "performance" em corrida de média e longa distância em corredores treinados e em homens ativos (Farrel, Wilmore, Coyle, Billings & Costtil, 1979; Tanaka, Matsuura, Kumagai, Matsuzaki, Hirakoba & Asano, 1983). No entanto, um considerável número de mudanças anatômicas e fisiológicas que ocorrem durante a adolescência podem influenciar na "performance" de uma corrida.

Geralmente é aceito que, em garotos, a "performance" em corrida melhora durante a adolescência (Guedes, 1994; Tanaka, 1986). Entretanto, Tanaka & Shindo (1985) mostraram que a velocidade de corrida no limiar anaeróbio (VC_L) apresenta uma tendência a diminuir durante a adolescência. Reybrouck, Weymans, Stijns, Knops & Vander Hauwaert (1985), medindo 257 crianças (140 meninos e 117 meninas) entre seis e 18 anos de idade, para o $VO_{2máx}$ e para o limiar anaeróbio (LA), constataram uma nítida tendência a um comportamento em que o $VO_{2máx}$ aumentava com a idade, ao passo que o LA sofria uma redução. Meninos de 15 a 18 anos exibiam limiares bem menores que os de seis a 12 anos; da mesma forma, as meninas de 15 e 16 anos tiveram os menores valores para o limiar, apesar de o $VO_{2máx}$ não ter se alterado significativamente. Em termos de % $VO_{2máx}$, os resultados se repetiram, sendo observado um declínio entre 10 e 16%: ao mesmo tempo, a elevação do consumo máximo de oxigênio não ultrapassou os 4%.

Há, assim, com a idade, um declínio significativo dos percentuais do consumo máximo de oxigênio nos quais as concentrações de lactato afetam o desempenho. Paralelamente, observar-se-ia um aumento no lactato sanguíneo máximo que

poderia ser produzido (Farinatti, 1995).

Bale (1992) observou níveis de lactato sanguíneo de crianças de 11 anos em exercícios máximos variando em torno de 7,5 a 8,5 mmol/L. Dessa maneira, segundo Reybrouck (1989), uma limitação para o uso de níveis fixos de lactato sanguíneo em crianças para indicar o LA justifica-se uma vez que tais valores podem não representar a mesma intensidade relativa de exercício nas crianças e nos adultos. Pelo fato de crianças apresentarem níveis máximos de lactato sanguíneo significativamente mais baixos que os dos adultos, valores fixos deste de 4mmol/L, para indicar o LA, poderiam estar muito próximos dos valores máximos que podem ser alcançados pelas crianças. Considera-se, nesse caso que 4mmol/L representam uma fração muito abaixo dos níveis máximos de lactato sanguíneo observados em adultos (Reybrouck, 1989). Tolfrey & Armstrong (1995) consideram que, apesar de apropriado para o uso com adultos, o valor referente ao lactato sanguíneo fixo de 4mmol/L pode não ser apropriado para crianças porque corresponde a um esforço mais próximo do máximo do que do submáximo. Os autores, contudo, ressalvam que tal observação está baseada somente em uns poucos estudos, os quais diferem metodologicamente.

Para Tanaka & Shindo (1985), uma possível razão para que crianças apresentem um limiar anaeróbio mais alto está nas características da musculatura esquelética. Níveis mais baixos de testosterona e, por conseguinte, uma ação hormonal mais baixa sobre os músculos poderiam conduzir a uma capacidade oxidativa relativamente mais alta, além do fato de as crianças possuírem uma limitação real em relação ao metabolismo glicolítico e, conseqüentemente, à produção de lactato (Farinatti, 1995). Nesse sentido, tem-se sugerido, por meio de estudos em animais com administração de testosterona ou castração, que a testosterona age sobre a musculatura esquelética, aumentando a porção relativa de fibras de concentração rápida e a atividade da fosforilase, que é uma enzima-chave da glicogenólise e um indicador da capacidade glicolítica (Gutman et alii, 1970; Krotkiewski et alii, 1980). Os resultados também mostraram que a VC_L apresentou uma relação inversamente proporcional à maturação óssea. Portanto, segundo Tanaka & Shindo (1985), esses resultados indicam

que a maturação é um dos fatores que influenciam o limiar anaeróbio, o que provavelmente se deve, em parte, a uma ação mais baixa da testosterona sobre a musculatura esquelética.

Sannikka, Terho, Suominen & Santti (1983), ao compararem a concentração de testosterona em garotos de diferentes níveis de maturação sexual, observaram diferenças significativas entre os níveis 2 - 3 e 3 - 4, o que não ocorreu nos níveis 4 e 5 e no nível 5, comparado aos valores de adultos. Já Butler et alii (1989) confirmaram, por meio de análise de variância, um aumento nos níveis de testosterona com a progressão da puberdade, com diferenças significativas em todos os níveis de maturação (cinco estágios). Tal diferença entre os resultados observados no estudo de Butler et alii (1989), em comparação aos apresentados por Sannikka et alii (1983), deve-se segundo os primeiros, à técnica utilizada em seu estudo, que se apresentou mais sensível e precisa às variações dos níveis de testosterona. De qualquer maneira, é possível observar que ambos os estudos mostram que, nos níveis 2 e 3 de maturação sexual, a ação da testosterona é mais baixa sobre a musculatura esquelética, tornando-se no decorrer do crescimento, progressivamente maior a cada avanço nos estágios de maturação.

Em relação à idade cronológica, pode-se também observar um aumento nos níveis de testosterona com o avanço da idade. Butler et alii (1989), ao avaliarem 84 garotos com idade entre 10 e 15 anos, verificaram um aumento progressivo nos níveis de testosterona salivar dos garotos (10 anos - 19,3 pmol/L; 11 anos - 34,6 pmol/L; 12 anos - 49,8 pmol/L; 13 anos - 57,6 pmol/L; 14 anos - 119,6 pmol/L e 15 anos - 222,1 pmol/L), com um aumento desproporcional a partir dos 14 anos de idade.

Com relação ao máximo "steady state" do lactato (SS_{maxla}), o ponto de equilíbrio entre a produção e a remoção do lactato - e que, presumivelmente, representa a carga de trabalho submáxima mais alta que pode ser realizada pelo metabolismo do sistema oxidativo - e os valores fixos de lactato de 4,0 mmol/L não apresentam uma alta correlação em crianças. No entanto, o consumo de oxigênio e a frequência cardíaca correspondente a 2,5 mmol/L em crianças não diferem significativamente daquelas mensuradas no SS_{maxla} . Por essa razão, 2,5 mmol/L de lactato

em crianças pode ser usado de maneira similar aos valores de 4,0 mmol/L em adultos (Tolfrey & Armstrong, 1995).

Por outro lado, em estudos relatados por Beneke, Schwars, Leithäuser, Hütler & Duvillard (1996), o SSmaxla obtido por crianças variou de $2,1 \pm 0,5$ mmol/L, passando por valores de $4,6 \pm 1,3$ mmol/L e chegando a alcançar até $5,0 \pm 0,89$ mmol/L de lactato sanguíneo. Para os autores acima citados, diferenças nos tipos de exercícios (a maioria realizados em cicloergômetro e esteira rolante), nos protocolos de testes e definições do SSmaxla podem ter influenciado os resultados.

Considerando que a menor potência glicolítica deve ser levada em consideração durante a execução de cargas de resistência na idade infantil e jovem e, ainda, que a escolha dos métodos e conteúdos de treinamento assim como a dosagem da intensidade e duração das cargas de treinamento devem ser adaptadas à realidade fisiológica da idade (Weineck, 1991), acredita-se ser de suma importância a realização de mais estudos, que possam esclarecer melhor a relação da produção de lactato, maturação e limiar anaeróbio em crianças e adolescentes, tendo em vista as controvérsias ainda existentes sobre o assunto no campo da fisiologia do exercício.

CONCLUSÃO

Através da análise dos aspectos maturacionais e sua relação com a atividade física de crianças e adolescentes pode-se verificar que:

- a determinação da idade biológica apresenta-se

como um importante parâmetro nas pesquisas que dizem respeito à criança, ao adolescente e ao exercício, pois possibilita distinguir as adaptações morfológicas e funcionais resultantes de um programa de treinamento das modificações observadas no organismo, decorrentes do processo de maturação. Além disso, fica evidente que, conhecer os eventos que marcam a puberdade e aceitar a variabilidade individual em que eles ocorrem, é de suma importância para o profissional que irá planejar os programas de atividade física voltados para essa população específica.

Com relação ao rendimento anaeróbio, a potência aeróbia e o limiar anaeróbio pode-se concluir que:

a) a potência anaeróbia progride com a idade e que este padrão é contrário ao que é descrito para o consumo de oxigênio por quilograma de peso corporal, o qual, em indivíduos do sexo masculino, permanece virtualmente sem modificações da infância à fase adulta e entre as mulheres é até mais alto na fase pré-púbere do que durante a fase púbere e pós-púbere;

b) na maioria dos estudos que investigaram a potência anaeróbia láctica de crianças e jovens, a puberdade foi reconhecida como um período chave das mudanças no metabolismo anaeróbio;

c) a determinação da intensidade de treinamento aeróbio para crianças e adolescentes baseado no limiar anaeróbio deve ser visto com cautela, principalmente com o limiar anaeróbio determinado a partir de valores fixos de lactato, pelo fato de as crianças possuírem uma limitação real em relação ao metabolismo glicolítico e, conseqüentemente, à produção de lactato.

ABSTRACT

CHILDREN, ADOLESCENTS AND PHYSICAL ACTIVITY: MATURATIONAL AND FUNCTIONAL ASPECTS

The purpose of this paper was to review the literature concerning children's maturational and functional aspects in relation to physical exercise. In the first part of this review, a distinction was made between growth, development and maturation, and it was stressed the importance of the distinction between biological and chronological ages for planning physical exercise programs for children and adolescents. Moreover, puberty, adolescence and maturation were considered in the discussion of topics such as anaerobic performance, aerobic performance and anaerobic threshold related to these age groups. Considering the increasing number of children and adolescents engaged in physical activities and also the lack of specific

information, it seems advisable and necessary to conduct additional research to evaluate the relationship between maturation and their physiological responses to exercise. Primary prevention and health promotion for the youth should be sufficient to justify the development of research in this area.

UNITERMS: Children; Adolescents; Maturation; Anaerobic power; Aerobic power; Anaerobic threshold.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, C.G.S. **Fundamentos biológicos: medicina desportiva.** Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico, 1985.
- ASTRAND, P.O. Crianças e adolescentes: desempenho, mensurações, educação. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v.6, n.2, p.59-68, 1992.
- ATOMI, Y.; FUKUNAGA, T.; HATTA, H.; YAMAMOTO, Y.; KURODA, Y. Lactate threshold: its change with growth and relationship to leg muscle composition in prepubertal children. In: MALINA, R.M. **Young athletes, biological, psychological, and educational perspectives.** Champaign, Human Kinetics, 1988. p.79-83
- BALE, P. The functional performance of children in relation to growth, maturation and exercise. **Sports Medicine**, v.13, n.13, p.151-9, 1992.
- BARBANTI, V.J. **Dicionário de educação física e do esporte.** São Paulo, Manole, 1994. p.75
- BAR-OR, O. **Pediatric sports medicine for the practitioner.** New York, Springer Verlag, 1983.
- Trainability of the prepubescent child. **The Physician and Sports Medicine**, v.17, n.5, p.65-82, 1989.
- BECKER, D.M.; VACCARO, P. Anaerobic threshold alteration caused by endurance training in young children. **International Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.23, p.445-9, 1983.
- BENEKE, R.; SCHWARS, V.; LEITHÄUSER, R.; HÜTLER, M.; DUVILLARD, S.P. Maximal lactate steady state in children. **Pediatric Exercise Science**, v.8, p.328-36, 1996.
- BUTLER, G.E.; WALKER, R.F.; WALKER, R.V.; TEAGUE, P.; FAHMY, R.D.; RATCLIFFE, S.G. Salivary testosterone levels and the progress of puberty in the normal boy. **Clinical Endocrinology**, v.30, p.587-96, 1989.
- DAVIES, C.T.M.; BARNES, C.; GODFREY, S. Body composition and maximal exercise performance in children. **Human Biological**, v.44, p.195-214, 1972.
- DI PRAMPERO, P.E.; CERRETELLI, P. Maximal muscular power (aerobic and anaerobic) in african natives. **Ergonomics**, v.12, p.51-9, 1969.
- ERIKSSON, B.O. Muscle metabolism in children: a review. **Acta Paediatrica Scandinavica**, v.283, p.20-7, 1980. Supplement.
- ERIKSSON, B.O.; GOLLNICK, P.D.; SALTIN, B. Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.87, p.485-97, 1973.
- ERIKSSON, B.O.; KARLSSON, J.; SALTIN, B. Muscle metabolism during exercise in pubertal boys. **Acta Paediatrica Scandinavica**, v.217, p.154-7, 1971. Supplement.
- FALGAIRETTE, G.; BEDU, M.; FELLMANN, N.; VAN PRAAGH, E.; COUDERT, J. Bio-energetic profile in 144 boys aged from 6-15 years with special reference to sexual maturation. **European Journal of Applied Physiology**, v.62, p.151-6, 1991.
- FARINATTI, P.T.V. **Criança e atividade física.** Rio de Janeiro, Sprint, 1995.
- FARREL, P.A.; WILMORE, J.H.; COYLE, E.F.; BILLINGS, J.E.; COSTTIL, D.L. Plasma lactate accumulation and distance running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.11, p.338-44, 1979.
- FELLMANN, N.; BEDU, M.; SPIELVOGEL, H.; FALGAIRETTE, G.; VAN PRAAGH, E.; JARRIGE, J.F.; COUDERT, J. Anaerobic metabolism during pubertal development at high altitude. **Journal of Applied Physiology**, v.64, p.1382-6, 1988.
- FOURNIER, M.; RICCI, J.; TAYLOR, A.W.; FERGUSON, R.J.; MONTPETIT, R.R.; CHAITMAN, B.R. Skeletal muscle adaptation in adolescent boys: sprint and endurance training and detraining. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.14, p.453-6, 1982.
- GALLAHUE, D.L. **Understanding motor development: infants, children, adolescents.** Indiana, Benchmark, 1989.
- GUEDES, D.P. **Crescimento, composição corporal, e desempenho motor em crianças e adolescentes do município de Londrina-Pr.** São Paulo, 1994. 189p. Tese (Doutorado) - Escola de Educação Física, Universidade de São Paulo.

- GUEDES, D.P.; GUEDES, J.E.R.P. Influência da prática da atividade física em crianças e adolescentes: uma abordagem morfológica e funcional. **Revista da Associação dos Professores de Educação Física de Londrina**, v.10, n.17, p.3-25, 1995.
- GUTMAN, E.; HANZLIKOVA, V.; LOJDAZ, Z. Effect of androgen on histochemical fiber type. **Histochemie**, v.24, p.287-91, 1970.
- HALBE, H.W.; CUNHA, D.C.; MANTESE, J.C. Puberdade normal e anormal. **Revista Brasileira Clínica e Terapêutica**, v.10, n.7, p.469-92, 1981.
- IMBAR, O.; BAR-OR, O. Anaerobic characteristics in male children and adolescents. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.18, p.264-9, 1986.
- KRAHENBUHL, G.S.; SKINNER, J.S.; KOHRT, W.M. Development aspects of maximal aerobic power. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v.13, p.503-38, 1985.
- KROTKIEWSKI, M.; KRAL, J.G.; KARLSSON, J. Effects of castration and testosterone substitution on body composition and muscle metabolism in rats. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.109, p.233-7, 1980.
- KUROWSKI, T.T. **Anaerobic power of children from ages 9 through 15 years**. Florida, 1977. Thesis (M. Sc.) - Florida State University. p.18-43.
- MAHON, A.D.; VACCARO, P. Ventilatory threshold and VO_{2max} changes in children following endurance training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.4, p.425-31, 1989.
- MALINA, R.M. Biological maturity status of young athletes. In: MALINA, R.M. **Young athletes, biological, psychological and educational perspectives**. Champaign, Human Kinetics, 1988. p.121-40.
- MARGARIA, R.; AGHEMO, P.; ROVELLI, E. Measurement of muscular power (anaerobic) in man. **Journal of Applied Physiology**, v.21, p.1662-4, 1966.
- MARSHALL, W.A. Puberty. In: FALKNER, F.; TANNER, J.M. **Human growth: postnatal growth**. New York, Plenum, 1978. v.2, cap.8, p.171-209.
- MATSUDO, V.K.R.; PEREZ, S.M. Teste de corrida de quarenta segundos: características e aplicação. In: CENTRO DE ESTUDOS DO LABORATÓRIO DE APTIDÃO FÍSICA DE SÃO CAETANO DO SUL. **CELAFISCS: dez anos de contribuição as ciências do esporte**. São Caetano do Sul, CELAFISCS, 1986. p.151-96.
- MIRWALD, R.L.; BAILEY, D.A.; CAMERON, M.; RASMUSSEN, P.L. Longitudinal comparison of aerobic power on active and inactive boys aged 7 to 10 years. **Annals of Human Biology**, v.8, n.5, p.405-14, 1981.
- MORGAN, D.W.; MARTIN, P.E.; KRAHENBUHL, G.S. Factors affecting running economy. **Sports Medicine**, v.7, n.5, p.310-30, 1989.
- PATERSON, D.H.; CUNNINGHAM, D.A.; BUMSTEAD, L.A. Recovery O_2 and blood lactic acid: longitudinal analysis in boys aged 11-15. **European Journal of Applied Physiology**, v.55, p.93-9, 1986.
- REYBROUCK, T.M. The use of the anaerobic threshold in pediatric exercise testing. In: BAR-OR, O., ed. **Advances in pediatric sport sciences**. Champaign, Human Kinetics, 1989. v.3, cap.5, p.131-49.
- REYBROUCK, T.M.; WEYMANS, M.; STIJNS, H.; KNOPS, J.; VANDER HAUWAERT, L. Ventilatory anaerobic threshold in healthy children. **European Journal of Applied Physiology**, v.54, p.278-84, 1985.
- ROTSTEIN, A.; DOTAN, R.; BAR-OR, O.; TENENBAUM, G. Effect of training on anaerobic threshold, maximal aerobic power and anaerobic performance of preadolescent boys. **International Journal of Sports Medicine**, v.7, p.281-6, 1986.
- ROWLAND, T.W. Aerobic response to endurance training in prepubescent children: a critical analysis. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.5, p.439-96, 1985.
- SANNIKKA, E.; TERHO, P.; SUOMINEN, J.; SANTTI, R. Testosterone concentrations in human seminal plasma and saliva and its correlation with non-protein-bound and total testosterone levels in serum. **International Journal of Andrology**, v.6, p.319-30, 1983.
- SOBRAL, F. **Adolescente atleta**. Lisboa, Livros Horizonte, 1988.
- STANGANELLI, L.C.R. Mudanças no VO_{2max} e limiar anaeróbico em crianças pré-púberes ocorridas após treinamento de resistência aeróbia. **Festur**, v.3, n.2, p.42-5, 1991.
- TANAKA, H. Predicting running velocity at blood lactate threshold from running performance tests in adolescents boys. **European Journal of Applied Physiology**, v.55, p.344-8, 1986.
- TANAKA, H.; SHINDO, M. Running velocity at blood lactate threshold of boys aged 6-15 years compared with untrained and trained young males. **International Journal of Sports Medicine**, v.6, p.90-4, 1985.
- TANAKA, K.; MATSUURA, Y.; KUMAGAI, S.; MATSUZAKI, A.; HIRAKOBA, K.; ASANO, K. Relationship of anaerobic threshold and onset of blood lactate accumulation with endurance performance. **European Journal of Applied Physiology**, v.52, p.51-6, 1983.
- TANNER, J.M. **Growth at adolescent**. Oxford, Blackwell Scientific, 1962.

TOLFREY, K.; ARMSTRONG, N. Child - adult differences in whole blood lactate responses to incremental treadmill exercise. **British Journal of Sports Medicine**, v.29, n.3, p.196-9, 1995.

WEINECK, J. **Biologia do esporte**. São Paulo, Manole, 1991.

WOLFE, R.R.; WASHINGTON, R.; DABERKOW, E.; MURPHY, J.R.; BRAMMEL, H.L. Anaerobic threshold as a predictor of athletic performance in prepubertal female runners. **American Journal of Diseases of Children**, v.140, p.922-4, 1986.

Recebido para publicação em: 16 out. 1997

Revisado em: 07 ago. 1998

Aceito em: 21 set. 1998

ENDEREÇO: Hugo Tourinho Filho
Faculdade de Educação Física
Universidade de Passo Fundo
Campus Universitário s/nº
99001-970 - Passo Fundo – RS - BRASIL