

**ARTIGO
DE REVISÃO**

Importância do treinamento de força na reabilitação da função muscular, equilíbrio e mobilidade de idosos

The importance of strength training programs for the rehabilitation of muscle function, equilibrium and mobility of the elderly

Juliana de Castro Faria¹, Carolina Carla Machala¹, Rosângela Corrêa Dias², João Marcos Domingues Dias²

RESUMO

Com o processo de envelhecimento ocorrem modificações fisiológicas na função neuro-músculo-esquelética. Associadas a doenças crônico-degenerativas, altamente prevalentes nos idosos, essas modificações poderão levar a déficits de equilíbrio e alterações na marcha que predisõem à ocorrência de quedas, ocasionando graves conseqüências sobre o desempenho funcional e na realização de atividades de vida diária (AVDs). Não é correto atribuir-se a deterioração dessas capacidades como conseqüência inevitável do envelhecimento. Contudo, está claro que muito dessa deterioração pode ser atribuída a níveis reduzidos de atividade física. Isso significa que a implementação de um programa de exercícios, mesmo em idades extremas, é capaz de minimizar ou mesmo evitar o declínio funcional acentuado, amenizando os efeitos das doenças, ou mesmo prevenindo-as. Esta revisão bibliográfica teve como objetivo analisar estudos que estabeleceram correlações entre programas de fortalecimento muscular e o desempenho funcional de idosos no equilíbrio e na marcha. Para tanto, foi feita uma busca na base de dados MEDLINE e LILACS de estudos que se propuseram a estabelecer estas correlações.

PALAVRAS-CHAVE

Idoso, Terapia por Exercício, Treinamento de Força, Equilíbrio, Marcha

SUMMARY

The physiological ageing process leads to changes on the neuro-muscular-skeletal system. Associated with highly prevalent chronic degenerative diseases, those changes would yield balance and gait abnormalities which prone elderly people to falls and impaired physical function and limitations in activities of daily living. It is not an inevitable consequence of the ageing process the deterioration of physical and functional capacities. Though, it is clear that functional decline might be a consequence of low physical activity levels. The implementation of exercise programs, even in very old age, is capable of minimizing the impact of the changes or even prevent physical functioning decline or disease harm. The present review had the objective to search published work on the MEDLINE and LILACS databases which presented correlations between resistance exercises to improve muscle function, balance and gait in the elderly population.

KEY-WORDS

Aged, Exercise Therapy, Strength Training, Equilibrium, Gait

¹Acadêmicas de Fisioterapia, bolsistas de graduação*

²Fisioterapeutas, Doutores em Ciências da Reabilitação, Professores Adjuntos, Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Fisioterapia

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:

Profa. Rosângela Corrêa Dias

Universidade Federal de Minas Gerais - Departamento de Fisioterapia

Av. Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II - 3º andar, Campus Pampulha, 31270-190, Belo Horizonte, MG

Fone: (31) 3499-4783, Fax: (31) 3499-4781

e-mail: rosandi@metalink.com.br

*Apoio: Pró-Reitoria de Graduação - UFMG

Recebido em 18/09/2002 - Aprovado em 13/01/2003

Introdução

O envelhecimento leva a uma série de modificações fisiológicas inevitáveis sobre os sistemas neuro-músculo-esquelético^{1,2,3} e sensorial⁴. Essas modificações poderão gerar déficits de equilíbrio e alterações na marcha que predisõem o idoso à quedas e limitações funcionais^{4,5,6,7,8,9}. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), nas últimas décadas, a população brasileira vem envelhecendo de forma muito acelerada e em condições sócio-econômicas e culturais desfavoráveis. Este fato passa a ter extrema relevância para a área da reabilitação, pois, a associação do envelhecimento fisiológico com doenças crônico-degenerativas, muito prevalentes em idosos, torna o idoso brasileiro muito vulnerável à deterioração físico-funcional com conseqüente perda de autonomia e independência¹⁰.

A independência funcional requer força muscular, equilíbrio, resistência cardiovascular e também motivação. Costuma-se afirmar que a deterioração dessas capacidades é inevitável com o envelhecimento. Mas, está claro que muito dessa deterioração pode ser atribuída ao sedentarismo. Isso significa que a implementação de um programa de exercícios terapêuticos, mesmo em idades extremas, é capaz de minimizar ou mesmo evitar o declínio funcional acentuado^{1,9,11}, amenizando os efeitos das doenças, ou mesmo prevenindo-as¹².

Esta revisão bibliográfica teve como objetivo analisar estudos que estabeleceram correlações entre programas de fortalecimento muscular e o desempenho funcional de idosos no equilíbrio e na marcha. Para tanto, foi feita uma busca na base de dados MEDLINE e LILACS de estudos que se propuseram a estabelecer estas correlações.

Alterações do equilíbrio em idosos

O equilíbrio consiste em manter o centro de gravidade (CG) dentro de uma base de suporte que proporcione maior estabilidade nos segmentos corporais, durante situações estáticas e dinâmicas. O corpo deve ser hábil para responder às translações do seu CG impostas voluntária ou involuntariamente^{4, 13}. De acordo com a Teoria dos Sistemas Dinâmicos, o controle postural resulta de uma interação complexa entre os sistemas corporais que atuam juntos para controlar a posição do corpo no espaço. A organização desses sistemas é determinada tanto pela natureza da tarefa quanto pelo ambiente no qual ela é realizada^{4, 14}. Os principais sistemas corporais que participam do controle postural são os sistemas sensorial, nervoso e efetor^{1,4, 13}.

O sistema sensorial fornece informações sobre a posição e a trajetória do corpo no espaço. As informações sensoriais são fornecidas pelos sistemas visual, vestibular e somato-sensorial¹³. As informações visuais fornecem referências sobre a posição e o movimento da cabeça com relação aos objetos ao redor¹⁴. Com a idade, a acuidade visual, a sensibilidade ao contraste e a percepção de profundidade se deterioram^{13, 15}. O sistema vestibular fornece ao sistema nervoso central (SNC) informações estáticas e dinâmi-

cas sobre a posição e o movimento da cabeça em relação à gravidade, gerando movimentos compensatórios dos olhos e respostas posturais durante os movimentos da cabeça^{13, 14}. O envelhecimento leva a mudanças no reflexo vestibulo-ocular, o que faz com que o idoso perca a habilidade de fixar o olhar enquanto move a cabeça¹⁶. O sistema somato-sensorial é responsável por informar ao SNC a posição e movimentação do corpo no espaço em relação à superfície de suporte. Além disso, as entradas somato-sensoriais informam sobre a posição dos segmentos corporais uns em relação aos outros. A informação somato-sensorial é obtida através dos proprioceptores articulares e musculares e receptores cutâneos de tato e de pressão¹⁴.

Em idosos ocorrem diversas alterações somato-sensoriais que podem ser atribuídas ao processo de senescência. Ao se comparar a percepção do posicionamento passivo de joelhos entre idosos assintomáticos e adultos jovens, constatou-se que há um declínio do senso de posição com o envelhecimento¹⁷.

O sistema nervoso central (SNC) tem como função transmitir as entradas sensoriais captadas e integrá-las nos seus vários níveis, produzindo respostas apropriadas que variam desde movimentos simples aos de maior complexidade¹³. Com a idade, geralmente, há uma lentidão no processamento de informações sensoriais pelo SNC que associado à lentidão da condução nervosa podem levar a um aumento do tempo de latência de 20 a 30 milissegundos nas respostas automáticas posturais. Além disso, há um aumento na incidência da ativação muscular das extremidades proximais para as distais e da co-contracção de grupos musculares antagonistas durante situações em que há uma perturbação do centro de massa, aumento da oscilação postural estática e do número de passos necessários para recuperar a estabilidade após um desequilíbrio^{2, 13, 16}.

O sistema efetor constitui o aparato biomecânico através do qual a resposta programada centralmente deve ser expressa. Fatores como amplitude de movimento (ADM), potência e torque muscular, alinhamento postural e resistência à fadiga podem afetar a capacidade da pessoa em responder efetivamente a um distúrbio do equilíbrio¹³. Há um declínio na massa muscular com o avanço da idade, e esse fator isolado talvez seja responsável por uma perda significativa de força. Essa perda de massa muscular poderia ser, em parte, secundária ao desuso que ocorre com a diminuição da atividade física². Outros fatores que podem contribuir para uma força muscular reduzida são a perda de motoneurônios e uma atrofia preferencial de fibras tipo II, de contração rápida^{1, 2}.

Alterações da marcha em idosos

A eficiência da marcha se deteriora com a idade devido à mudanças, tais como encurtamento e diminuição da altura do passo, alargamento da base de suporte, diminuição da velocidade da marcha e da extensão do joelho e quadril, além do aumento da fase de apoio e do tempo de duplo suporte¹. Em decorrência disso, os idosos desenvolvem uma marcha com maior gasto energético, o que pode desencadear um declínio das atividades desempenhadas e conseqüentemente, uma diminuição da força muscular, contribuindo para a deterioração da função motora¹⁸. As alterações da

marcha podem ser atribuídas a uma combinação de fatores: aumento de peso corporal, força e potência reduzidas dos músculos dos membros inferiores, aumento da rigidez articular e déficit de equilíbrio, além das mudanças do colágeno, resultando em diminuição da flexibilidade¹.

Durante atividades dinâmicas, como andar ou correr, existe uma considerável conservação de energia dentro dos ciclos de alongamento e encurtamento dos grupos musculares agonistas e antagonistas, pois grande parte do trabalho feito pelos músculos resulta no alongamento de seu próprio tecido conectivo, levando assim, ao armazenamento da energia e facilitando as próximas contrações. Como o tecido conectivo se torna mais rígido e perde sua elasticidade com o aumento da idade, menos energia é reutilizada pelas contrações e assim, as atividades requerem mais trabalho muscular. Isso tem conseqüências irreversíveis para a marcha, pois ela se torna menos eficiente¹.

Segundo Burnfield et al⁷, o torque dos extensores de quadril foi o maior preditor da velocidade e cadência da caminhada e do comprimento do passo durante a marcha. Kerrigan et al¹⁹ concluíram que a diminuição do torque dos extensores de quadril, que está presente nos idosos, é conseqüência não apenas da fraqueza muscular, mas principalmente da tendência ao encurtamento dos flexores de quadril, que coloca a musculatura extensora num comprimento desfavorável para desempenhar sua função. Um outro fator relevante que Kerrigan et al¹⁹ acreditam contribuir para a alteração da marcha em idosos, é a diminuição da força muscular dos flexores plantares do tornozelo. Além dessa fraqueza, há também uma limitação da ADM de flexão plantar, que talvez possa ser explicada pela tentativa de aumentar a base de suporte, durante a fase de impulsão.

Disfunção

O indivíduo para exercer plenamente suas AVDs e manter-se, dessa forma, independente, necessita de um bom desempenho físico-funcional. Devido às alterações no equilíbrio e marcha do idoso, atividades como caminhar, subir e descer escadas, levantar-se da cama ou de uma cadeira, cuidar da higiene pessoal, fazer compras e manter-se ativo socialmente estarão prejudicadas. Dessa forma, segundo Beissner et al²⁰, um programa de tratamento deve priorizar a correção dos fatores que potencialmente podem levar à disfunção, para que haja a restauração ou manutenção da mesma.

Efeitos dos programas de exercícios nos idosos

Diversos estudos^{3, 9, 11, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27} têm procurado investigar os efeitos dos exercícios terapêuticos em indivíduos idosos. Fiatarone et al¹¹ recrutaram dez idosos, com idade média de 90 anos que foram submetidos a um programa de fortalecimento muscular de alta intensidade, durante 8 semanas, sendo que na primeira semana foram utilizados 50% da resistência máxima (RM) e nas semanas subsequentes 80% da RM. O protocolo incluía exercícios concêntricos e excêntricos realizados em 3 séries de 8 repetições, 3

vezes por semana. Os ganhos na força muscular foram altamente significativos e clinicamente positivos em todos os idosos. Houve um aumento médio de 174% na força de quadríceps, após as 8 semanas de treinamento, que se deveu tanto à hipertrofia do músculo quanto à melhora do recrutamento neural. Embora eles tenham encontrado uma forte e inversa relação entre força de quadríceps e tempo de marcha, é provável que para melhorar a velocidade habitual da marcha, exercícios que melhorem a resistência física, além do fortalecimento muscular, sejam necessários. Entretanto, a velocidade da marcha Tandem (habilidade de caminhar justapondo um pé à frente do outro), uma tarefa que requer, primariamente, força muscular e equilíbrio, melhorou 48% após o treinamento. Esses resultados demonstraram que as melhoras na mobilidade funcional acompanharam as melhoras na força muscular. Esse estudo comprovou que mesmo em indivíduos de idade avançada, extremamente sedentários, com múltiplas doenças crônicas associados a déficits funcionais e nutricionais, um programa de fortalecimento muscular de alta intensidade trouxe benefícios importantes.

Brown et al³ também aplicaram um protocolo de exercícios em idosos e analisaram a sua eficácia. Eles utilizaram uma amostra de 48 idosos com idade média de 83 anos. Os indivíduos foram submetidos a sessões de exercícios para aumentar a flexibilidade, melhorar o equilíbrio, as habilidades manuais, a velocidade de reação, a coordenação e para aumentar a força muscular tanto de membros inferiores quanto superiores. Os exercícios consistiam em treinos de transferências e equilíbrio, alongamentos e fortalecimentos com TherabandTM (The Hygienic Corp, 1245 Home Ave, Akron, OH 44310), que são faixas elásticas de resistência progressiva. O programa foi administrado ao grupo experimental três vezes por semana, durante três meses. O grupo controle realizou apenas exercícios de flexibilidade que eram feitos em casa, sem supervisão profissional. O treino resultou em melhora na capacidade física demonstrada pela maior facilidade em levantar de cadeiras, tirar e vestir roupas, pegar uma moeda utilizando pinça digital e melhoras no equilíbrio estático e dinâmico. Mesmo o programa consistindo de exercícios de baixa intensidade, a força aumentou 9%. O grupo controle, por sua vez, obteve ganhos apenas na flexibilidade. Esse estudo demonstrou que exercícios de baixa intensidade são capazes de melhorar a capacidade física de idosos fragilizados, tornando-os mais independentes.

As conclusões do estudo de Beissner et al²⁰ corroboram as de Fiatarone et al¹¹. Foi encontrado que a força muscular está mais fortemente relacionada à performance funcional do que a ADM articular, sugerindo que um tratamento priorizando fortalecimento muscular irá resultar em um grande impacto na recuperação da função. O estudo de Brown et al³ também evidencia que apenas o ganho de flexibilidade muscular e ADM articular não são capazes de melhorar a função, uma vez que o grupo controle não obteve melhoras nessas variáveis. Rantanen et al¹⁸ realizaram um estudo correlacional e encontraram que déficits na força muscular estão associados à maiores dificuldades nas funções motoras que, por sua vez, estão associadas a baixos níveis de atividade física. Este estudo também pontuou que, o declínio da atividade física leva a

uma diminuição da força muscular, contribuindo para a piora da função motora.

Chandler et al⁹ realizaram um estudo em que se examinou a correlação entre as mudanças na força de membros inferiores e mudanças no desempenho físico e na disfunção em uma população idosa fragilizada, com média de idade de 77 anos. Os sujeitos foram submetidos a um treino de fortalecimento muscular com Theraband e pesos, realizados em casa três vezes por semana, durante dez semanas. O grupo controle não recebeu intervenção com exercícios. O grupo experimental teve ganhos significativos na força muscular quando comparados ao controle. O ganho na força foi associado à melhora do desempenho na mobilidade nas tarefas de levantar de cadeiras, subir e descer escadas, aumento da velocidade da marcha, diminuição das quedas e melhoras no desempenho das transferências. As melhoras na força tiveram maior impacto funcional nos idosos mais fragilizados. Não foram observadas melhoras significativas no teste específico para avaliação de equilíbrio e na resistência física. Isso sugere que treino de força de mais alta intensidade ou de longa duração ou exercícios específicos podem ser necessários para melhorá-los.

Um estudo feito por Meuleman et al²¹ procurou investigar melhoras na força, resistência à fadiga e estado funcional, após um programa de fortalecimento e treino de resistência de moderada intensidade. Foram recrutados 58 sujeitos com idade média de 75 anos. O protocolo incluía exercícios de fortalecimento para a musculatura do joelho, tornozelo, ombro e cotovelo, três vezes por semana e duas vezes por semana eram administrados exercícios aeróbios. O programa teve duração de dois meses. O grupo controle não realizou nenhum exercício. O treino de fortalecimento levou a melhoras significativas na força que foram associadas a melhoras na função, particularmente naqueles que estavam, inicialmente mais debilitados. Os ganhos vistos na função, com aumentos relativamente modestos na força podem ser explicados pela relação não linear entre desempenho da extremidade inferior e força nos idosos mais debilitados^{9,21,22}, isto é, quando se atinge um mínimo de força necessária para se realizar determinada tarefa, ganhos adicionais não irão corresponder a melhoras na atividade em questão⁹.

Tem sido observado que os idosos caidores oscilam mais e com maior velocidade, têm déficit proprioceptivo e maior fraqueza na musculatura da coxa do que os não caidores. Devido ao fato da força muscular, estabilidade e mobilidade poderem ser treinados e melhorados, as quedas nos idosos causadas por esses fatores intrínsecos podem ser prevenidas⁴. A função muscular tem sido fortemente relacionada aos eventos de quedas em pessoas idosas^{23,24}. Wiksten et al²⁵ em um estudo com um grupo de idosos e como controle, um grupo de adultos jovens, encontraram uma relação positiva e estatisticamente significativa, entre a força muscular de membros inferiores e desempenho nas tarefas de equilíbrio. Com isso, concluíram que o aumento da força dos músculos do membro inferior pode ser importante para os idosos manterem o controle postural em situações variadas, sugerindo, dessa forma, uma diminuição no risco de quedas. Similarmente, Iverson et al²⁶, em um estudo descritivo com 54 idosos com idade entre 60 e 90 anos,

encontraram uma relação positiva entre o equilíbrio e a produção de força de membros inferiores. Porém, Province et al²⁷ ao realizarem uma revisão sistemática com metanálise verificaram que, dentre diversas intervenções como fortalecimento muscular, treino de flexibilidade e exercícios de resistência, a intervenção que incluía treino de equilíbrio foi a única capaz de significativamente reduzir as quedas. Essas conclusões foram tiradas através de medidas obtidas num seguimento de 2 a 4 anos. Isso significa que déficits de equilíbrio poderiam ter uma relação mais direta com as quedas do que força, flexibilidade ou déficit de resistência.

Com o intuito de relacionar o déficit de ADM de tornozelo com alterações de equilíbrio em idosos, Mecagni et al²⁸, realizaram um estudo com um grupo de mulheres idosas, residentes na comunidade e propuseram que essas limitações de ADM poderiam levar a movimentos compensatórios de quadril e tronco, prejudicando o controle postural e assim limitando as atividades funcionais. Ao analisarem essas suposições, eles verificaram que, realmente, existe uma associação positiva entre ADM de tornozelo e equilíbrio. Portanto, exercícios de alongamento devem ser associados ao fortalecimento muscular, tanto de flexores plantares quanto de dorsiflexores, para maximizar os ganhos no equilíbrio.

A velocidade da marcha é um fator importante para que o idoso exerça eficazmente suas atividades de vida diária e de vida prática como atravessar ruas, fazer compras e, com isso, consiga se manter independente. Burnfield et al⁷ concluíram que a habilidade de produzir um maior torque dos extensores de quadril estava relacionada com o aumento do comprimento do passo, cadência e velocidade de caminhada. E devido ao fato de que uma marcha alterada irá predispor o indivíduo a quedas⁷, as intervenções de fisioterapia voltadas para a otimização da força podem resultar tanto na melhora da marcha e do equilíbrio, quanto na redução das quedas.

As intervenções de fisioterapia, através de exercícios de fortalecimento, são capazes de atuar principalmente no sistema efetor e, assim, minimizar seus déficits, diminuindo o risco de quedas e melhorando o desempenho funcional. Nesse sentido, a prevenção de quedas irá reduzir a morbidade e mortalidade, que são altas entre os idosos que caem, diminuir o risco de institucionalização e ainda minimizar o declínio nas AVDs e nas atividades físicas e sociais²⁷.

Conclusão

Um bom desempenho físico é essencial para que o indivíduo consiga manter-se independente e realize suas funções da melhor maneira possível. Dessa forma, quaisquer alterações que prejudiquem a força muscular, o equilíbrio e a marcha do idoso irão levar à disfunção. Portanto, um programa de tratamento que priorize as causas dessa disfunção será efetivo em manter ou aumentar a autonomia do idoso, favorecendo a sua inserção social. Com base nos estudos analisados, o fortalecimento muscular foi efetivo em melhorar a força dos músculos, a mobilidade funcional e o equilíbrio de indivíduos idosos. Os programas de exercícios implementados nesses estudos favoreceram principalmente idosos mais fragilizados que obtiveram melhoras mais significativas na função quando com-

parados aos menos fragilizados.

Outro aspecto a ser considerado ao analisarmos os programas de fortalecimento muscular é a intensidade do exercício. Programas de fortalecimento muscular de alta intensidade levam a ganhos significativos na força muscular e, por conseguinte, na mobilidade funcional. Contudo, exercícios de baixa intensidade são capazes de melhorar o desempenho funcional de idosos, apesar dos pequenos ganhos na força, o que pode ser explicado pela relação não linear entre força e desempenho da extremidade inferior.

Como o objetivo primordial de uma intervenção fisioterapêutica nos idosos é restabelecer ou preservar sua função, a intervenção realizada com exercícios de fortalecimento muscular é uma valiosa alternativa, que além de eficaz tem uma excelente relação custo-benefício, pois não necessita de aparelhos sofisticados e de alto custo. Tais exercícios podem ser executados de forma mais independente pelos idosos, entretanto, é necessário um estrito monitoramento de profissionais de saúde, em todas as fases do treinamento, visando prevenir eventuais lesões e otimizar os resultados.

Referências

- 1- Bassey EJ. Physical capabilities, exercise and aging. *Rev Clin Gerontol* 1997; 7:289-97.
- 2- Neumann DA. Arthrokinesiologic considerations in the aged adult. In: Guccione AA. *Geriatric physical therapy*. 2nd ed. Alexandria: Mosby; 2000. p. 56-77.
- 3- Brown M, Sinacore DR, Ehsani AA, Binder EF, Holloszy JO, Kohrt WM. Low-intensity exercise as a modifier of physical frailty in older adults. *Arch Phys Med Rehabil* 2000; 81:960-5.
- 4- Hu MH, Woollacott MH. Balance evaluation, training and rehabilitation of frail fallers. *Rev Clin Gerontol* 1996; 6: 85-99.
- 5- Colledge N. Falls. *Rev Clin Gerontol* 1997; 7:309-15.
- 6- O'Brien K, Pickels B, Culham E. Clinical measures of balance in community-dwelling elderly female fallers and non-fallers. *Physiother Canada* 1998; 50:212-7.
- 7- Burnfield JM, Josephson KR, Powers CM, Rubenstein LZ. The influence of lower extremity joint torque on gait characteristics in elderly men. *Arch Phys Med Rehabil* 2000; 81:1153-7.
- 8- Berman P, O'Reilly SC. Clinical aspects of gait disturbance in the elderly. *Rev Clin Gerontol* 1995; 5:83-8.
- 9- Chandler JM, Duncan PW, Kochersberger G, Studenski, S. Is lower extremity strength gain associated with improvement in physical performance and disability in frail, community-dwelling elders? *Arch Phys Med Rehabil* 1998; 79:24-30.
- 10- Silvestre JA, Kalache A, Ramos LR, Veras RP. O envelhecimento brasileiro e o setor saúde. *Arq Ger Gerontol* 1996; 0(1):81-9.
- 11- Fiatarone MA, Marks EC, Ryan ND, Meredith CN, Lipsitz LA, Evans WJ. High-intensity strength training in nonagenarians. *JAMA* 1990; 263:3029-34.
- 12- Bassey EJ. The benefits of exercise for the health of older people. *Rev Clin Gerontol* 2000; 10: 17-31.
- 13- Chandler JM. Balance and falls in the elderly: issues in evaluation and treatment. In: Guccione AA. *Geriatric physical therapy*. 2nd ed. Alexandria: Mosby; 2000. p. 280-92.
- 14- Shumway-Cook A, Woollacott M. *Motor control: theory and practical applications*. Baltimore: Lippincott Williams e Wilkins; 1995.
- 15- Rowe J. The management of falls in older people: from research to practice. *Rev Clin Gerontol* 2000; 10:397-406.
- 16- Patten C, Craik RL. Sensorimotor changes and adaptation in the older adult. In: Guccione AA. *Geriatric physical therapy*. 2nd ed. Alexandria: Mosby; 2000. p. 78-109.
- 17- Barret DS, Cobb AG, Bently G. Joint proprioception in normal, osteoarthritic and replacement knees. *J Bone Joint Surg Br* 1991; 73:53-6.
- 18- Rantanen T, Guralnik JM, Sakari-Rantala R, Leveille S, Simonsick EM, Ling S et al. Disability, physical activity, and muscle strength in older women: the women's health and aging study. *Arch Phys Med Rehabil* 1999; 80:130-5.
- 19- Kerrigan DC, Todd MK, Croce UD, Lipsitz LA, Collins JJ. Biomechanical gait alterations independent of speed in the healthy elderly: evidence for specific limiting impairments. *Arch Phys Med Rehabil* 1998; 79:317-22.
- 20- Beissner KL, Bowen N, Rodriguez T, Varrenti A. The relationships between neuromusculoskeletal impairments and function in frail older adults. *Int J Rehabil Res* 1998; 21:335-8.
- 21- Meuleman JR, Brechue WF, Kubilis PS, Lowenthal DT. Exercise training in the debilitated aged: strength and functional outcomes. *Arch Phys Med Rehabil* 2000; 81:312-8.
- 22- Rantanen T, Era P, Heikkinen E. Physical activity and the changes in maximal isometric strength in men and women from the age of 75 to years. *J Am Geriatric Soc*, 1997; 45:1439-45.
- 23- Gehlsen GM, Whaley MH. Falls in the elderly: part II, balance, strength, and flexibility. *Arch Phys Med Rehabil* 1990; 71:739-41.
- 24- Runge M, Rehfeld G, Resnick E. Balance training and exercise in geriatric patients. *J Musc Neuron Interact* 2000; 1: 61-5.
- 25- Wiskten DL, Perrin DH, Hartman ML, Giek J, Weltman A. The relationship between muscle and balance performance as a function of age. *Isokinetics Exerc Sci* 1996; 6: 125-32.
- 26- Iverson BD, Gossman MR, Shaddeau AS, Turner Jr ME. Balance performance, force production, and activity levels in non institutionalized men 60 to 90 years of age. *Phys Ther* 1990; 70:348-55.
- 27- Province MA, Hadley EC, Hornbrook MC, Lipsitz LA, Miller JP, Mulrow CD et al. The effects of exercise on falls in elderly patients. *J Am Geriatric Soc* 1995; 273:1341-7.
- 28- Mecagni C, Smith JP, Roberts KE, O'Sullivan SB. Balance and angle range of motion in community-dwelling women aged 64 to 87 years: a correlational study. *Phys Ther* 2000; 80:1004-11.