

## Revisão

# Adaptação funcional do aparelho respiratório aos efeitos do envelhecimento: aplicabilidade dos exercícios globais de força e resistência

## *Functional adaptation of the respiratory system to the effects of the aging process: use of global exercises of strength and endurance*

Alexandre de Mayor\*, Renata Ungier de Mayor\*

.....  
\*Fisioterapeuta especialista em U.T.I., \*\*Fisioterapeuta mestranda em Saúde da Mulher e da Criança (Instituto Fernandes Figueira - FIOCRUZ-RJ)

### Palavras-chave:

Envelhecimento, respiração, exercício.

### Key-words:

Aging, breathing, exercise.

### Resumo

Este estudo de revisão bibliográfica aborda a aplicação de exercícios globais de força e *endurance* no indivíduo idoso, a partir da compreensão dos efeitos morfofuncionais decorrentes do envelhecimento sobre a biomecânica respiratória. A literatura mostra que os indivíduos idosos se beneficiam da prática de atividade física regular, que minimiza os efeitos da inatividade sobre suas atividades funcionais, dado que esta constitui um agravante para a instalação de quadros patológicos.

### Abstract

This literature review concerns the use of global exercises of strength and endurance in the elderly, based on the understanding of the morpho-functional effects of aging on respiratory biomechanics. Studies show that elderly persons benefit from the practice of frequent physical activity, which minimizes the effects of inactivity on their functional activities, knowing that it increases the severity of pathological conditions.

---

Artigo recebido 16 de julho de 2003; aceito em 15 de dezembro de 2003.

Endereço para correspondência: Alexandre de Mayor, Av. Ataulfo de Paiva 135 sala 907, Leblon 22440-030 Rio de Janeiro RJ, Tel.: (21)2259-0969 - Alexandre de Mayor, E-mail: demayor@fisioglobal.com.br - Renata Ungier de Mayor, E-mail: ungiere@fisioglobal.com.br

---

## Introdução

A elevação da expectativa de vida da população mundial faz crescer o interesse por parte dos profissionais da área de saúde em medidas que mantenham a independência, a autonomia e a qualidade de vida dos indivíduos idosos [1]. Estudos sobre as repercussões do envelhecimento se fazem necessários, de modo a permitir que estes indivíduos se adaptem às sucessivas modificações orgânicas que estão por ocorrer.

O envelhecimento constitui, fisiologicamente, modificações morfofuncionais em diversos sistemas orgânicos, entre eles o aparelho respiratório. Tais modificações podem favorecer a inatividade e conseqüentemente o aparecimento de diversas patologias [2].

O presente estudo de revisão bibliográfica tem como objetivo revisar os efeitos morfofuncionais do envelhecimento sobre a biomecânica respiratória e a eficácia da aplicação de exercícios globais de *endurance* e força muscular no processo de adaptação funcional do idoso. Isso se justifica pelo fato de que, apesar de o indivíduo idoso responder de maneira positiva aos estímulos solicitados, muitas vezes é subestimada a sua real capacidade física, ocasionando um subaproveitamento dos exercícios [3,4,5]. Por esta razão, as respostas morfológicas não são tão evidentes e tampouco favorecem, do ponto de vista funcional, a esperada qualidade de vida.

## Desenvolvimento

### *A biomecânica respiratória e as alterações decorrentes do envelhecimento*

O parênquima pulmonar é um tecido complacente, devido à elasticidade oferecida por seus componentes e à diminuição da força de aproximação da superfície de revestimento alveolar desenvolvida pelo surfactante. A complacência do pulmão é aumentada pela idade [6].

Os alvéolos, bronquíolos e vasos sanguíneos são compostos por fibras conjuntivas colágenas, elásticas e reticulares, interligadas e organizadas geometricamente. Por esta razão, se estendem durante a força gerada na inspiração e, após a aplicação desta força, se recolhem permitindo o retorno à sua forma original. Esta interligação de fibras conjuntivas confere às estruturas pulmonares uma interdependência, ou seja, caso um alvéolo tenda a se fechar, os demais contribuem para sua abertura [7]. Estudos bioquímicos sugerem que não ocorrem mudanças no conteúdo de fibras conjuntivas com o envelhecimento [8]. A força de recolhimento do tecido pulmonar diminui porque a fibra colágena torna-se mais estável, diminuindo o número de ligações intermoleculares, enquanto a rede de fibras elásticas perde sua organização pela presença de fibras pseudo-elásticas. Quanto aos aspectos morfológicos, encontra-se um homogêneo alargamento dos ductos alveolares sem evidência de destruição. Não há infiltrados celulares nos alvéolos, sugerindo ausência

de processo inflamatório, diferente do que é encontrado em um pulmão enfisematoso. Devido à atrofia do epitélio ciliar e das glândulas da mucosa brônquica, o mecanismo de *clearance* é reduzido, predispondo a um maior risco de infecções [9].

No alvéolo, por sua vez, a superfície de revestimento é composta por três tipos de células: as células endoteliais dos capilares, os pneumócitos tipo I e os pneumócitos tipo II [7]. Os pneumócitos tipo II secretam o surfactante pulmonar, que tem a função de reduzir a força de aproximação da superfície de revestimento alveolar, além de permitir que os alvéolos sejam inflados durante a inspiração, mantendo o equilíbrio pressórico em alvéolos de diferentes tamanhos e reduzindo o esforço dos músculos respiratórios [6]. Não existem dados evidentes que comprovem mudanças na quantidade ou qualidade do surfactante produzido, nem no número ou funcionamento das células pneumócitos tipo II em idosos [8].

Exatamente como o pulmão, a parede torácica também é elástica. Porém, ao contrário do pulmão, sua complacência diminui progressivamente com a idade. Mudanças na geometria do arcabouço torácico ocorrem pela diminuição da massa óssea (osteoporose) em decorrência de fraturas completas (por esmagamento vertebral) ou parciais (vértebra em cunha), resultando em um aumento do diâmetro ântero-posterior e na acentuação da curvatura fisiológica da coluna torácica. A osteoporose do idoso é resultado da diminuição da função osteoblástica, dos níveis de calcitonina e da enzima 1- $\alpha$ -hidroxilase, o que reduz os níveis de vitamina D3 ativa, causando menor absorção de cálcio no intestino e, conseqüentemente, osteoporose [10]. A inatividade do idoso, resultado da disfunção crônica músculo-esquelética, pode resultar em deformações ósseas, ossificação ectópica ao redor das articulações (osteófitos), perda da mobilidade articular e encurtamento e/ou esclerose ligamentar [11]. As mudanças do arcabouço torácico, além de diminuir a complacência da parede torácica, modificam a curvatura do músculo diafragma, alterando a sua capacidade de gerar força [8,9]. A força de contração diafragmática é representada pela pressão diafragmática (Pdi), resultado da diferença entre a pressão dos músculos abdominais (Pab) e a pressão pleural (Ppl). Estudos em idosos entre 67 e 81 anos em comparação com grupo controle mais jovem mostram uma redução de 13% da Pdi durante uma inspiração máxima [8]. O decréscimo na força dos músculos respiratórios em idosos está relacionado a um déficit nutricional e parece relevante quando a situação clínica exige uma demanda adicional destes músculos, como por exemplo, na pneumonia e na insuficiência ventricular esquerda. Enright *et al.* [12] correlacionam valores de pressão inspiratória máxima (MIP) e pressão expiratória máxima (MEP), com peso corporal e massa corpórea. Neste estudo, valores de MIP e MEP mostraram-se significativamente correlacionados com a força dos músculos esqueléticos periféricos, como no teste da preensão de mão (*handgrip*).

A força dos músculos esqueléticos periféricos diminui com a idade, devido à atrofia muscular principalmente das fibras tipo II (*fast twitch*), enquanto as fibras tipo I (*slow twitch*) não sofrem mudanças substanciais [3,9]. As fibras do tipo I caracterizam-se por apresentar um tempo de contração relativamente lento, devido a uma baixa atividade de miosina ATPase na fibra muscular e alto conteúdo mitocondrial que favorece as atividades enzimáticas oxidativas. Estas fibras são mais adaptadas para contrações continuadas (*endurance*) [7]. A alteração entre a quantidade de unidades contráteis e não contráteis (tecido adiposo e conjuntivo) dentro do músculo, assim como o déficit na relação entre ativação e recrutamento muscular, também são fatores determinantes para a diminuição da força muscular periférica, resultando, no idoso, em dificuldades nas atividades da vida diária [3,9].

Estes dados permitem concluir que as mudanças músculo-esqueléticas associadas à idade afetam a função muscular respiratória e, por isso, medidas que visem trabalhar a função respiratória, sem abordar a globalidade do corpo, serão de pouca eficácia.

### As provas de função pulmonar

As provas de função pulmonar constituem a análise prática da fisiologia respiratória [13]. Com o objetivo de quantificar a perda da função pulmonar, acompanhar a evolução do envelhecimento sobre o sistema respiratório e observar o impacto das terapêuticas empregadas, alguns estudos procuraram relacionar as repercussões do envelhecimento com a função pulmonar.

Como pode ser observado na Tabela I, em relação aos valores preditivos, todos os indivíduos idosos apresentavam função pulmonar normal. Entretanto, em valores absolutos, pode-se observar o declínio nos níveis de capacidade vital (VC) e fluxo expiratório, assim como um aumento do volume residual (RV), demonstrando, porém, que se encontram dentro do que se pode esperar em decorrência do envelhecimento [14].

Um homem de 60 anos em repouso tem um aumento no gasto energético estimado em 20% em comparação a um indivíduo de 20 anos de idade durante a ventilação corrente. Este indivíduo passa a respirar com volumes mais altos porque o pulmão torna-se mais distensível e a parede torácica

menos complacente, aumentando o volume de ar aprisionado (RV) e conseqüentemente aumentando a capacidade residual funcional (FCR) [8]. A capacidade pulmonar total (TLC) não diminui significativamente ao longo da vida. Isso ocorre porque a diminuição da complacência da parede torácica é contrabalançada pela maior distensibilidade pulmonar. Por outro lado, a capacidade vital forçada (FVC) e o fluxo expiratório forçado no primeiro segundo (FEV<sub>1</sub>) diminuem com a idade. Como fluxo é uma medida que reflete a relação de um dado volume em relação a uma unidade de tempo, temos então, no indivíduo idoso, uma relação entre força de contração e tempo de resposta motora diminuídas. Além disso, a alta prevalência de doenças crônico-degenerativas no idoso, associada com a inatividade, faz com que estes indivíduos apresentem maior comprometimento da função pulmonar [9].

O pico de fluxo expiratório (PEF) também decresce com a idade em indivíduos idosos não fumantes, sugerindo que as alterações morfológicas das pequenas vias aéreas sejam decorrentes da presença de um padrão obstrutivo. Isso não implica dizer que, para estes indivíduos, esse padrão seja considerado fisiologicamente inadequado para a manutenção das suas funções. O volume de fechamento (CV), que é o volume em que as pequenas vias aéreas começam a se fechar durante a expiração, alcança, com o envelhecimento, 55% a 60% da TLC. Tanto a alteração do PEF quanto do CV deve-se à alteração da organização e composição dos tecidos de suporte destas vias aéreas, as fibras conjuntivas elásticas e colágenas.

A ventilação voluntária máxima (MVV) é uma medida da função muscular, pois avalia a capacidade de trabalho da musculatura respiratória em relação às forças elásticas e resistivas do sistema respiratório. Quando a MVV está diminuída, mostra que o indivíduo está com a capacidade aeróbica reduzida. Isso é determinante para os músculos respiratórios, principalmente o diafragma, entrarem mais rapidamente em fadiga. O consumo de oxigênio (V'O<sub>2</sub>) durante o exercício, que entre os 20 e 30 anos encontra-se no pico máximo, é significativamente menor nos indivíduos idosos sedentários do que naqueles que permanecem praticando uma atividade física regular [8]. Estes achados da função pulmonar estão de acordo com os estudos de DeLorey e Babb [14], que afirmam que o envelhecimento

**Tabela I - Função pulmonar**

Indivíduos	FVC (% pred)	FEV1 (% pred)	FEV1/FVC (% pred)	PEF (% pred)	TLC (% pred)	RV/TLC (% pred)	MVV (% pred)	Dlco (% pred)
Jovens (35 a 45 anos)	4,43 ± 0,94 (109 ± 9)	3,50 ± 0,75 (104 ± 9)	(79 ± 4)	8,84 ± 1,77 (118 ± 1)	5,85 ± 1,15 (99 ± 11)	(24 ± 4)	150,9 ± 36,9 (115 ± 13)	25,7 ± 5,14 (105 ± 14)
Senior (65 a 75 anos)	4,12 ± 1,08 (115 ± 17)	2,92 ± 0,74 (104 ± 13)	(72 ± 5)	7,85 ± 2,37 (109 ± 14)	6,54 ± 1,31 (114 ± 13)	(37 ± 6)	120,5 ± 30,6 (110 ± 12)	21,6 ± 4,57 (110 ± 16)
Idosos (85 a 95 anos)	3,08 ± 1,00 (109 ± 18)	2,04 ± 0,67 (109 ± 16)	(67 ± 7)	5,82 ± 1,33 (100 ± 20)	5,55 ± 1,69 (110 ± 22)	(45 ± 5)	86,0 ± 25,9 (97 ± 11)	13,85 ± 2,75 (97 ± 11)

Fonte: [14]

causa importantes restrições à mecânica respiratória durante o exercício. Isso significa, contudo, que indivíduos idosos tenham limitação para o exercício, a menos que a função cardiovascular sobrecarregue a função respiratória.

### *Efeitos fisiológicos do exercício no idoso*

Alguns estudos utilizam inadequadamente o termo “fisioterapia torácica”, designando uma série de condutas restritas e de difícil validação [15]. Desse modo, o aprofundamento do estudo de uma técnica em particular permanece carente de uma inserção da abordagem fisioterápica em um contexto global do paciente. Os benefícios de cada conduta não devem ser analisados somente do ponto de vista de seus efeitos sobre o parênquima pulmonar, mas também deve ser levada em conta sua relação com os aspectos biomecânicos (mobilidade articular, contração muscular, posicionamento, etc).

Para a manutenção de uma vida independente, é indispensável no idoso, a atividade de locomoção. Indivíduos acima de 75 anos apresentam alterações neuro-musculares que, associadas à reduzida atividade diária, apresentam diminuição da função sensorio-motora, causando, por sua vez, diminuição do equilíbrio e aumentando o risco de quedas, fraturas e confinamento ao leito [4]. Toda situação que leve o idoso à inatividade deve ser evitada, uma vez que a inatividade tem uma grande relação com a alta incidência de mortalidade no idoso por pneumonia comunitária [2].

A caminhada é um exercício aeróbico que tem por finalidade trabalhar não somente os grupamentos musculares periféricos, mas também os músculos respiratórios. À medida que o nível de trabalho é aumentado, a captação de oxigênio aumenta linearmente até chegar ao  $V\text{O}_2$  máximo. Aumento de atividade acima deste nível somente pode ocorrer através da glicólise anaeróbica com produção de lactato. Indivíduos inativos entram nesse processo anaeróbico com níveis relativamente baixos de atividade [16]. A combinação da caminhada com exercícios de força muscular, equilíbrio, flexibilidade e alongamento aumentam a função sensorio-motora em idosos [4].

Em indivíduos idosos que praticam exercícios regulares, o sistema respiratório pode se adaptar a níveis mais altos de exigência física [8]. Coggan et al. [5] relatam, em estudo, o efeito do exercício de *endurance* sobre a capacidade oxidativa e o aumento do número de capilares musculares em indivíduos idosos entre 60 e 70 anos de idade. Os achados foram um aumento de 20% na densidade capilar, enquanto o número de capilares por fibra muscular aumentou em 25%.

Exercícios regulares não eliminam completamente a perda muscular relacionada à idade, mas podem aumentar a resistência (*endurance*) e a força muscular nos indivíduos idosos de maneira similar à observada nos indivíduos jovens [17]. Outro dado importante é que a suplementação alimentar, sem nenhuma prática regular de exercícios concomitantes, não

reduz a fraqueza muscular. A melhora na *endurance* favorece a adaptação dos grupamentos musculares esqueléticos a uma maior demanda metabólica que, por sua vez, aumentam a tolerância à fadiga muscular, inclusive dos músculos respiratórios, entre eles o diafragma. Esta melhora muscular permite uma melhor resposta global do organismo às atividades funcionais, beneficiando uma maior autonomia e independência. A diminuição do desuso muscular é acompanhada por um aumento do nível de mobilidade funcional e atividade global [17], ou seja, a melhor qualidade de vida, está relacionada ao conjunto dos efeitos do exercício, e não a uma função específica.

Em idosos, o aumento da força muscular ocorre, não somente como resultado da hipertrofia, mas também por uma adaptação neural da fibra muscular [4]. Entre as adaptações neurais, estão incluídas uma melhor sincronia no estímulo deflagrado nas unidades motoras e uma maior habilidade de recrutamento de unidades motoras para permitir o adequado ajustamento na força a ser utilizada. Harridge *et al.* [18] realizaram um treinamento muscular de resistência progressiva para o músculo quadríceps femoral, em indivíduos idosos entre 85 e 97 anos de idade, 3 vezes por semana, durante 12 semanas. Ao final do estudo, observou-se, entre os indivíduos participantes do programa de treinamento, um aumento médio de 134% na força do músculo quadríceps femoral e de 10% na área de secção cruzada muscular. Outros artigos, citados por este autor, apontam na mesma direção. Nguyen [19] relata que a carga repetitiva imposta pelos exercícios de força pode, como efeito secundário, manter ou aumentar a densidade mineral óssea.

### **Conclusão**

A função respiratória não pode ser dissociada das atividades funcionais nos seres humanos. Alterações morfofuncionais são progressivamente impostas a todos os indivíduos ao longo da vida, sendo que, ao acometer o aparelho respiratório, conferem limitações significativas [8,9,14]

Segundo Canguilhem [20], “*Quando classificamos como patológico um sintoma ou um mecanismo funcional isolado, esquecemos que aquilo que o torna patológico é sua relação de inserção na totalidade indivisível de um comportamento individual*”. Ou seja, é preciso conhecer o indivíduo para saber se as restrições impostas pelo envelhecimento serão significativas ou não, para a manutenção de uma função adequada dentro do contexto da sua vida. O mesmo autor se refere à doença como uma nova norma fisiológica, onde a terapêutica deve ter como objetivo a adaptação. Em um contexto de normalidade, o envelhecimento também provoca alterações nas normas fisiológicas vigentes, demandando medidas objetivas que facilitem sucessivas adaptações, necessárias para que tais novas normas não favoreçam a instalação de um quadro patológico.

Não há dúvida de que a prática de atividade física regular favorece a adaptação do indivíduo idoso às modificações decorrentes do envelhecimento. Os efeitos benéficos proporcionam um envelhecimento mais saudável, acarretando uma lentidão das alterações fisiológicas decorrentes deste processo, tanto nos idosos saudáveis como naqueles ditos “fragilizados” [9]. De um modo geral, os exercícios impõem, ao aparelho respiratório, uma maior solicitação mecânica, estimulando a ação dos componentes pulmonares e extrapulmonares. Os resultados obtidos através dos exercícios globais, mostram que indivíduos idosos respondem positivamente aos estímulos e obtêm ganhos morfofuncionais significativos. Por esta razão, cabe ao fisioterapeuta não subestimar sua capacidade física e solicitar o estímulo adequado para se obter os ganhos funcionais desejados.

## Referências

1. Paschoal SMP. Qualidade de vida na velhice In: Freitas EV et al. *Tratado de geriatria e gerontologia*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2002. p.79-84.
2. Clemente MG, Budiño TG, Seco GA et al. Neumonía adquirida en la comunidad en el anciano. Factores pronósticos. *Arch Bronconeumol* 2002;38(2):67-71.
3. Williams GN, Higgins MJ, Lewek MD. Aging skeletal muscle: physiologic changes and effects of training. *Phys Ther* 2002;82(1):62-8.
4. Nishimoto K, Nakamura S, Imai T et al. Increasing gait performance in elderly women using a step exercise training program. *J Phys Ther Sci* 1999;11:71-8.
5. Coggan AR, Spina RJ, King DS, et al. Skeletal muscle adaptations to endurance training in 60- to 70-yr-old men and women. *J Appl Physiol* 1992;72:1780-86.
6. West JB. Mecânica da respiração In: *Fisiologia respiratória moderna*. 5ª ed. São Paulo: Manole; 1996. p.83-108.
7. Guyton CA, Hall JE. Respiratory insufficiency pathophysiology, diagnosis, oxygen therapy In: *Textbook of medical physiology*. Philadelphia: W B Saunders; 1996; p.537-45.
8. Janssens JP, Pache JC, Nicod LP. Physiological changes in respiratory function associated with ageing. *Eur Respir J* 1999;13:197-205.
9. Gorzoni ML, Russo MR. Envelhecimento respiratório In: Freitas EV et al. *Tratado de geriatria e gerontologia*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2002. p.340-43.
10. Meuleman J. Osteoporosis and the elderly. *Med Clinics North America* 1989;73:1455-70.
11. De Deyne PG. Application of passive stretch and its implications for muscle fibers. *Phys Ther* 2001;81(2):819-27.
12. Enright PL, Kronmal RA, Manolio TA, et al. Respiratory muscle strength in the elderly: correlates and reference values. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;149:430-38.
13. West JB. Teste de função pulmonar In: *Fisiologia respiratória moderna*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Manole; 1996. p.139-152..
14. DeLorey DS, Babb TG. Progressive mechanical ventilatory constraints with aging. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;160:169-77.
15. Hill SL, Webber B. Mucus transport and physiotherapy – a new series. *Eur Respir J* 1999;13:949-50.
16. West JB. O sistema respiratório sob esforço In: *Fisiologia respiratória moderna*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Manole; 1996. p.123-38.
17. Fiatarone MA, O'Neill EF, Ryan ND, et al. Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med* 1994;330(25):1769-75.
18. Harridge SA, Kryger A, Stensgaard A. Knee extensor strength, activation and size in very elderly people following strength training. *Muscle Nerve* 1999;22:831-39.
19. Nguyen TV, Center JR, Eisman JA. Osteoporosis in elderly men and women: effects of dietary calcium, physical activity, and body mass index. *J Bone Miner Res* 2000;15:322-331.
20. Canguilhem, G. *O normal e o patológico*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Forense; 1978. ■