

Impacto do envelhecimento nas variáveis antropométricas, neuromotoras e metabólicas da aptidão física

The impact of aging on anthropometric, neuromotor, and metabolic variables of physical fitness

Sandra Mahecha Matsudo^{1,3}, Victor Keihan Rodrigues Matsudo¹ e Turíbio Leite de Barros Neto²

Resumo

[1] Matsudo, S.M., Matsudo, V.K.R. e Barros Neto, T.L., Impacto do envelhecimento nas variáveis antropométricas, neuromotoras e metabólicas da aptidão física. Rev. Bras. Ciên. e Mov. 8 (4): 21-32, 2000.

Esta revisão teve como objetivo analisar os principais efeitos do envelhecimento em diferentes componentes da aptidão física: antropométricos, neuromusculares e metabólicos. Considerando as variáveis antropométricas, o processo de envelhecimento é acompanhado por um aumento do peso corporal, especialmente dos 40 aos 60 anos de idade, com diminuição após os 70 anos de idade; diminuição da estatura corporal gradativa, explicada, em grande parte, pela perda de massa óssea; aumento da gordura corporal, diminuição da massa livre de gordura e seus principais componentes (mineral, água, proteína e potássio); diminuição da taxa metabólica de repouso, massa muscular esquelética e massa óssea. Nos aspectos neuromotores, o aumento da idade cronológica é acompanhado por uma perda da área dos músculos esqueléticos, explicada pela diminuição do número e tamanho das fibras musculares (em especial, das fibras de contração rápida do tipo IIb) e uma perda gradativa da força muscular e, portanto, do desempenho neuromotor. Nas variáveis metabólicas, os principais efeitos, na aptidão física, acontecem na diminuição da potência aeróbica (consumo máximo de oxigênio) em torno de 1% por ano, mesmo em indivíduos ativos. Esses efeitos deletérios do envelhecimento têm sido apresentados especialmente em estudos transversais, com grupos de ambos os sexos e faixas etárias variando dos 20 aos 90 anos de idade, com escassas evidências de estudos longitudinais. Os efeitos da perda começam a ser aparentes em torno dos 50 anos de idade e na maior parte das variáveis da aptidão física, a perda é gradativa e em torno de 1% ao ano ou 10% por década de vida. No entanto, os indivíduos ativos apresentam também alterações na aptidão física com o processo de envelhecimento, essas perdas parecem ser menores, em relação aos indivíduos sedentários.

Palavras-chave: aptidão física, terceira idade, exercício.

Abstract

[2] Matsudo, S.M., Matsudo, V.K.R. e Barros Neto, T.L., The impact of aging on anthropometric, neuromotor, and metabolic variables of physical fitness. Rev. Bras. Ciên. e Mov. 8 (4): 21-32, 2000.

This review analyzes the main effects of aging on the anthropometric, neuromotor and metabolic components of physical fitness. With anthropometric variables, the aging process presents weight gain, specifically in the 40 to 60 age group. This diminishes after age 70 with progressive loss of height, mainly explained by the loss of bone mass, lean mass and its main components (minerals, water, protein and potassium), decrease in metabolic rest rate, muscle and bone mass and an increase in adiposity. Within the neuromotor aspects, the chronological age is associated with a decrease in total muscle area, as shown in the number and size of muscle fibers (especially type IIb twitch fiber) and gradual loss of muscle strength and neuromotor performance. In the metabolic variables, a loss in aerobic power (maximal oxygen uptake), that is, 1% lost per year is present even in active subjects. The deleterious effects of aging have mostly been provided from longitudinal studies done on both sexes in the 20-29 age group. The negative effects generally begin around age 50 and in most part of the physical fitness variables the loss is approximately 1% per year or 10% per decade of life. However, active subjects also present physical fitness impairments with the aging process although this seems to be lower than that of sedentary subjects.

Keywords: Physical fitness, elderly and exercises.

1 Centro de Estudos do Laboratório de Aptidão Física de São Caetano do Sul – Celafiscs

2 Cemafe - Escola Paulista de Medicina -Unifesp

3 Curso de Pós-graduação Reabilitação - Escola Paulista de Medicina -Unifesp

Introdução

Na medida em que as condições gerais de vida e o avanço da ciência têm contribuído para controlar e tratar muitas das doenças responsáveis pela mortalidade, a população, tanto dos países desenvolvidos como da maioria dos países em desenvolvimento, tem incrementado, nos últimos anos, a sua expectativa de vida. Essa tendência global tem levado a que a ciência, os pesquisadores e a população, em geral, procurem, cada vez mais, “soluções” para tentar minimizar, ou, se possível, evitar os efeitos negativos do avanço da idade cronológica no organismo. Cada vez mais se pesquisam formas de deter ou retardar o processo do envelhecimento ou estratégias que garantam uma manutenção da capacidade funcional e da autonomia, nas últimas décadas da vida. As pesquisas realizadas, nos últimos 20 anos têm analisado praticamente todos os aspectos referentes à saúde, à aptidão físicas, às doenças e ao processo de envelhecimento. Apesar desse fato, a análise bibliográfica realizada recentemente por LIDOR et. al. (30), com as publicações científicas realizadas em 6 periódicos internacionais da área da educação física, nos últimos 30 anos, mostra que não houve mudança na proporção de publicações de atividade física e envelhecimento. Essa análise evidencia que o crescente interesse no envelhecimento das populações não necessariamente se tem refletido nas publicações dos cientistas, embora os autores não tenham investigado publicações em outras áreas do conhecimento, como medicina, psicologia e saúde.

Devido a que grande parte das evidências epidemiológicas sustentam um efeito positivo de um estilo de vida ativo e/ou do envolvimento dos indivíduos em programas de atividade física e exercício na prevenção e minimização dos efeitos deletérios do envelhecimento (1), os cientistas enfatizam, cada vez mais, a necessidade de que a atividade física seja parte fundamental dos programas mundiais de promoção da saúde. Não se pode pensar hoje em dia, em “prevenir” ou minimizar os efeitos do envelhecimento sem que além das medidas gerais de saúde, inclua-se a atividade física. Essa preocupação tem sido discutida não somente nos chamados países desenvolvidos ou do primeiro mundo, como também nos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil.

O surgimento de iniciativas internacionais para tornar essa discussão um foco independente e, não mais, como parte de outros assuntos pode ser confirmado pelas seguintes evidências a-) a criação, em 1994, de um periódico internacional, o “Journal of Aging and Physical Activity” específico para discutir esses aspectos; b-) a estruturação de um Programa de Envelhecimento Saudável, pela Organização Mundial da Saúde; c-) a elaboração das Guias para Atividade Física em Pessoas Idosas (Guias de Heidelberg), pela Organização Mundial da Saúde; d-) a publicação em 1998 do Posicionamento Oficial de Exercício e Atividade Física para Pessoas Idosas, pelo Colégio Americano de Medicina Esportiva (1); e-) a instituição, em agosto de 1999, da International Society for Aging and Physical Activity (ISAPA) e, conseqüentemente, a formalização da realização a cada quatro anos, do Congresso Mundial de Envelhecimento e Atividade Física; f-) a designação de 1999 como

o Ano Internacional do Idoso, pela Organização Mundial da Saúde; g-) a publicação, pelo Governo dos Estados Unidos, de um Guia de Exercícios para pessoas idosas e, mais recentemente h-) a proposta da Organização Mundial da Saúde em publicar uma enciclopédia com as iniciativas internacionais de promoção de atividade física no idoso, após o WHO Meeting on Active Ageing, realizado em Hong Kong, de 26-29 de Abril de 1999.

O Centro de Estudos do Laboratório de Aptidão Física de São Caetano do Sul (Celafiscs) tem dedicado atenção especial, nos 26 anos de atividades, ao estudo da relação entre envelhecimento, atividade física e aptidão física; 81% das pesquisas, nesta área, tem sido feitas na última década (2, 3, 7, 8, 9, 13, 14, 19, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 52, 61). Dando continuidade a esses estudos científicos dos últimos 15 anos do nosso Centro e pela pouca disponibilidade de dados longitudinais, surgiu, em 1997, a ideia de iniciar um projeto longitudinal, para analisar o efeito do processo de envelhecimento na aptidão física, nível de atividade física e capacidade funcional. Surgiu, assim, o Projeto Longitudinal de Aptidão Física e Envelhecimento de São Caetano do Sul, que inclui a avaliação de variáveis antropométricas e neuromotoras da aptidão física, avaliação da capacidade funcional, mensuração do nível de atividade física, avaliação de variáveis psicológicas (auto-imagem, perfil de estado de humor, depressão) e avaliação da ingestão alimentar.

A revisão da literatura incluiu a análise das principais evidências científicas sobre a maioria dos aspectos relacionados ao envelhecimento, a aptidão física e a atividade física. Os aspectos foram divididos com o intuito de apresentar as associações específicas do efeito do envelhecimento na aptidão física e no nível de atividade física.

Efeitos do Envelhecimento e sua Relação com a Aptidão Física

À medida que aumenta a idade cronológica as pessoas se tornam menos ativas, suas capacidades físicas diminuem e, com as alterações psicológicas que acompanham a idade (sentimento de velhice, estresse, depressão), existe ainda diminuição maior da atividade física que conseqüentemente, facilita a aparição de doenças crônicas, que, contribuem para deteriorar o processo de envelhecimento. Mais que a doença crônica é o desuso das funções fisiológicas que pode criar mais problemas. A maioria dos efeitos do envelhecimento, de acordo com KURODA e ISRAELL (27), acontece por imobilidade e má adaptação e não por causa de doenças crônicas. Os efeitos gerais do envelhecimento, relacionados à aptidão física, têm sido amplamente descritos. Para facilitar a abordagem, vamos dividi-los, de acordo com os diferentes aspectos da aptidão física:

Nível Antropométrico

a. Peso, Estatura e Índice de Massa Corporal:

Uma das mais evidentes alterações que acontecem com o aumento da idade cronológica é a mudança nas dimensões corporais. Com o processo de envelhecimento, existem mudanças principalmente na estatura, no peso e na composição corporal. Apesar do alto componente genético no peso e na estatura dos indivíduos, outros fatores, como a dieta, a atividade física, fatores psico-sociais e doenças, dentre outros, estão envolvidos nas alterações desses dois componentes, durante o envelhecimento. Existe uma diminuição da estatura, com o passar dos anos, por causa da compressão vertebral, o estreitamento dos discos e a cifose (18). Esse processo parece ser mais rápido nas mulheres do que nos homens, devido especialmente, a maior prevalência de osteoporose após a menopausa. Embora a maioria dos dados provenham de estudos transversais e não longitudinais, outra alteração da estrutura corporal é o incremento do peso corporal que, geralmente começa em torno dos 45 a 50 anos, estabilizando-se aos 70 anos, quando começa a declinar até os 80. A perda de peso é um fenômeno multifatorial que envolve mudanças nos neurotransmissores e fatores hormonais que controlam a fome e a saciedade, a dependência funcional nas atividades da vida diária, relacionadas à nutrição, o uso excessivo de medicamentos, depressão e o isolamento, estresse financeiro, alterações na dentição, alcoolismo, sedentarismo extremo, atrofia muscular e catabolismo associado à doenças agudas e certas doenças crônicas.

Com essas mudanças no peso e na estatura, o índice de massa corporal (IMC) também se modifica, com o transcorrer dos anos. De acordo com dados da população americana, os homens atingem seu máximo valor de IMC entre os 45 e 49 anos, apresentando em seguida um ligeiro declínio. Por outro lado, as mulheres somente atingem o pico entre os 60 e 70 anos, o que significa que elas continuam aumentando seu peso em relação à estatura, por 20 anos mais, depois dos homens terem estabilizado o seu valor (54). A importância do IMC no processo de envelhecimento deve-se a que valores acima da normalidade (26-27) estão relacionados com incremento da mortalidade, por doenças cardiovasculares e diabetes, enquanto que índices abaixo desses valores, com aumento da mortalidade por câncer, doenças respiratórias e infecciosas. Além deste aumento da mortalidade, FIATARONE-SINGH (17) cita também a maior prevalência em idosos obesos de osteoartrite do joelho, apnéia do sono, hipertensão, intolerância à glicose, diabetes, acidente vascular cerebral, baixa auto-estima, intolerância ao exercício, alteração da mobilidade e níveis elevados de dependência funcional. Da mesma forma, a autora coloca que o peso abaixo do ideal está associado à depressão, úlceras, fratura do quadril, disfunção imune, aumento da susceptibilidade de doenças infecciosas, prolongado período de recuperação de doenças e hospitalizações, exacerbação de doenças crônicas e alteração na capacidade funcional. Observações similares foram evidenciadas por

LOSONCZY et. al. (31), analisando uma amostra de mais de 6.000 indivíduos acima de 70 anos. Os autores evidenciaram maior risco de mortalidade nas pessoas com o maior índice de massa corporal aos 50 anos, sendo a situação inversa observada nos indivíduos mais idosos: maior risco de mortalidade naqueles com menor IMC.

HUANG et. al., em 1997 (24), verificaram também maior prevalência de doenças cardiovasculares em 3.741 homens, de 71 a 93 anos de idade, com valores altos de IMC, relação cintura/quadril e circunferência da cintura, independentemente do nível de atividade física, hábito de fumo e nível de glicose sanguínea. STEVENS et. al., 1998 (55) estudaram, durante 12 anos, a mortalidade entre 62.116 homens e 262.019 mulheres (não-fumantes e sem história de doenças cardiovasculares e câncer, na primeira avaliação) e relacionaram com o índice de massa corporal (IMC), encontrando que altos valores de IMC foram associados a maior mortalidade por todas as causas e por doenças cardiovasculares em homens e mulheres acima de 75 anos de idade. No entanto, o risco relativo de morte, associado ao maior IMC, diminuiu com a idade, sendo assim maior na faixa etária de 30-44 anos e menor, na faixa de 65-74 anos.

b. Composição Corporal:

Talvez um dos fenômenos da dimensão corporal mais estudados, associados ao aumento da idade cronológica, sejam as alterações na composição corporal, especialmente a diminuição na massa livre de gordura, o incremento da gordura corporal e a diminuição da densidade óssea (5, 17, 20, 54, 59). O ganho no peso corporal e o acúmulo da gordura corporal parecem resultar de um padrão programado geneticamente, de mudanças na dieta e no nível de atividade física, relacionados com a idade ou a uma interação entre esses fatores (54). Embora a taxa metabólica de repouso diminua aproximadamente 10% por década, essas alterações metabólicas, per si, não explicam o aumento da gordura com a idade. Dentre as alterações antropométricas, o aumento da gordura, nas primeiras décadas do envelhecimento e a perda de gordura, nas décadas mais tardias da vida parecem ser o padrão mais provável de comportamento da adiposidade corporal com o processo de envelhecimento. Tal fato aconteceria por causa das diferenças nas técnicas de mensuração da gordura, o desenho experimental das pesquisas (transversais e longitudinais) e os métodos de amostragem, como analisados nas amplas revisões realizadas por GOING et. al., 1995 (20) e FIATARONE-SINGH 1998 (18). Segundo os autores, o padrão, de aumento da gordura, seguido por um decréscimo, provem dos estudos com medidas antropométricas e, apesar das limitações metodológicas, esse comportamento pode estar sugerindo uma substituição da gordura subcutânea pela gordura visceral e uma maior sobrevivência dos mais magros, nos idosos mais velhos.

A distribuição da gordura também foi analisada pelos autores citados anteriormente. A partir dos dados analisados pelos autores parece existir uma redistribuição da gordura corporal dos membros para o tronco, com o avanço da idade, ou seja, parece tornar-se mais centralizada. Além deste fenômeno, os autores descrevem, também, que existe um aumento de gordura na região superior do corpo,

em relação à inferior, quando determinado pelas circunferências da cintura e do quadril, embora estas sejam medidas limitadas e indiretas da distribuição da gordura, na parte superior do corpo. As análises das tomografias computadorizadas, descritas por FIATARONE-SINGH 1998 (18) revelam depósito de gordura intramuscular nos membros inferiores de idosos asilados e um aumento da gordura visceral, na região abdominal, com o envelhecimento. Dados similares têm sido também encontrados por BEMBEN et. al. (5) em um estudo transversal com homens de 20 a 79 anos, em que a gordura corporal subcutânea nos membros foi similar, em todas as faixas etárias, mas a gordura do tronco, especialmente a abdominal, aumentou significativamente, com o avanço da idade.

Esse acúmulo específico da gordura corporal, de acordo com o avanço da idade, também tem sido cuidadosamente descrito por SPIRDUSO (54), em relação ao sexo: os homens têm o padrão andróide devido à gordura ser estocada primariamente no tronco, tórax, costas e abdômen, enquanto as mulheres apresentam o padrão ginecoide, caracterizado pelo depósito de gordura no quadril e nas pernas. Esse padrão de distribuição de gordura se mantém com o envelhecimento, mas com diferentes características. No sexo masculino, a gordura subcutânea diminui na periferia mas aumenta centralmente (tronco) e internamente (vísceras), sendo que 40% do aumento da gordura intra-abdominal acontece na quinta década da vida. No sexo feminino, a gordura subcutânea pode permanecer estável até os 45 anos, sendo que o aumento na gordura corporal total acontece, preferencialmente, por acúmulo de gordura corporal interna e intramuscular, confirmando os resultados anteriormente citados, provenientes das tomografias computadorizadas.

Outra mudança importante na composição corporal é a perda da massa mineral óssea, como consequência universal do envelhecimento. Essa perda começa no homem por volta dos 50-60 anos, a uma taxa de 0,3% ao ano e na mulher mais precocemente a uma taxa de 1% ao ano dos 45 aos 75 anos. Uma mulher aparentemente saudável experimenta, por volta dos 70 anos, uma diminuição de 20% na densidade mineral óssea vertebral e de 25-40% no colo do fêmur e região trocantérica, enquanto que o homem na mesma idade diminui em 3% a densidade óssea vertebral e em 20-30% a densidade do fêmur (20). Entretanto, essa perda está relacionada não somente ao o envelhecimento mas também à genética, estado hormonal, nutricional e nível de atividade física do indivíduo.

Nível Neuromuscular

a. Massa Muscular Esquelética:

Entre os 25 e 65 anos de idade, há uma diminuição substancial da massa magra ou massa livre de gordura de 10 a 16%, por conta das perdas na massa óssea, no músculo esquelético e na água corporal total, que acontecem com o envelhecimento. De acordo com GOING et. al. (20), a excreção de potássio tem sido uma das formas de analisar a perda da massa livre de gordura, pois grande parte dele está

presente no tecido muscular. Por esta razão, grande parte da excreção de potássio, com a idade, indica perda do músculo, especialmente no homem. Parece existir também, segundo os autores, alterações na água corporal total e na água intracelular, com o processo de envelhecimento. De acordo com HEYWARD e STOLARCZYK (23), os componentes de mineral, água e proteína da massa livre de gordura, em mulheres idosas, decresce 20%, 12% e 5%, respectivamente. No entanto, segundo dados de GOING et. al. (20), a perda é de 23%, 14% e 20%, nas mulheres e nos homens, este decréscimo é de 10%, 12% e 13%, respectivamente, sendo que o maior decréscimo ocorre da faixa dos 70-79 anos de idade aos 80-89 anos, período em que as perdas chegam a 20% (água), 28% (proteína) e 17% (mineral). Contrariamente, dados encontrados em um estudo transversal por BEMBEN et. al., em 1995 (5) sugerem que embora houvesse um declínio gradual da massa livre de gordura com a idade, esse efeito só foi significativo a partir dos 70 anos. Dados controversos surgem, também, da pesquisa realizada por VISSER et. al. (59), ao não encontrarem associação entre a fração mineral da massa livre de gordura e a idade, no sexo masculino, assim como entre a fração de água e a idade, em ambos os sexos. Devemos levar em consideração porém, as limitações do desenho transversal dessa pesquisa.

Embora a massa magra inclua água, vísceras, osso, tecido conectivo e músculo, é este último que sofre a maior perda com o processo de envelhecimento (aproximadamente 40%). Apesar da dificuldade em medir adequadamente a massa muscular, em seres humanos, estimativas usando a excreção urinária de creatinina indicam perdas dramáticas de quase 50%, entre os 20 e 90 anos. Da mesma forma, análises com potássio corporal relatam perdas em homens e mulheres de 3-6% por década ou praticamente, 3kg de massa livre de gordura por década, sendo que essa perda é maior (1,5 vezes) no sexo masculino do que no feminino (18, 54). As principais causas apontadas como responsáveis por essa perda seletiva da massa muscular são a diminuição nos níveis do hormônio de crescimento, que acontece com o envelhecimento e a diminuição no nível de atividade física do indivíduo. Não podemos esquecer contudo, que outros fatores nutricionais, hormonais, endócrinos e neurológicos estão também envolvidos na perda da força muscular, que acontece com a idade.

A perda gradativa da massa do músculo esquelético e da força, que ocorre com o avanço da idade, também conhecida como sarcopenia (4), tem sido definida, por alguns autores, como a perda de massa muscular correspondente a mais de dois desvios-padrão abaixo da média da massa esperada para o sexo, na idade jovem (39) ou para outros (4), com o mesmo critério em termos de desvio-padrão mas utilizando a massa esquelética apendicular (massa em quilogramas, dividida pelo quadrado da estatura). Utilizando esse critério, os autores encontraram uma prevalência de sarcopenia na população de New México, de 13-24% nas pessoas menores de 70 anos de idade e de mais de 50%, naqueles acima de 80 anos. A sarcopenia foi associada, em ambos os sexos, a três a quatro vezes mais chances de incapacidade física, independente da idade, sexo, raça, nível sócio-econômico, doenças crônicas e hábitos de saúde. Com um objetivo similar, MELTON et. al. (39) estima-

ram a prevalência de sarcopenia na população maior de 65 anos de idade, avaliando uma amostra da população de Minnessota, dos 20 anos até mais de 80. A prevalência encontrada variou de 6 a 15% (dependendo do critério utilizado). Talvez a informação mais interessante, similar ao estudo de BAUMGARTNER et. al. (4), tenha sido que a sarcopenia foi associada a limitações funcionais importantes, incluindo déficit no andar, na mobilidade e nas atividades-chave da vida diária. Foi ainda demonstrado que as mulheres com sarcopenia apresentaram maiores chances de uma ou duas fraturas por osteoporose.

A perda da massa muscular e consequentemente da força muscular é, a nossa ver, a principal responsável pelo deterioração na mobilidade e na capacidade funcional do indivíduo que está envelhecendo. Por essa razão, tem despertado o interesse de pesquisadores, à procura das causas e mecanismos envolvidos na perda da força muscular com o avanço da idade e dessa forma, criar estratégias para minimizar esse efeito deletério e manter ou melhorar a qualidade de vida, nessa etapa da vida. A sarcopenia é um termo genérico que indica a perda da massa, força e qualidade do músculo esquelético e que tem um impacto significativo na saúde pública, pelas suas bem reconhecidas consequências funcionais no andar e no equilíbrio, aumentando o risco de queda e perda da independência física funcional, mas também contribui para aumentar o risco de doenças crônicas, como Diabetes e osteoporose. Um dos pesquisadores que mais tem estudado esta área específica do processo de envelhecimento é LEXELL que, em 1988 (28), publicou um dos primeiros trabalhos feitos com músculos de cadáveres, para tentar explicar a causa da atrofia muscular causada pelo envelhecimento. Naquele estudo, analisando o músculo vastus lateralis de homens de 15 a 83 anos de idade, os autores evidenciaram vários fatos que trouxeram informações relevantes para a nossa área, tais como: a-) diminuição na área de seção transversa das fibras musculares dos indivíduos maiores de 70 anos assim, como alterações na forma das fibras; b-) diminuição da área muscular de 40% (dos 20 aos 80 anos); c-) diminuição no número total de fibras musculares de 39%; c-) diminuição seletiva no tamanho das fibras muscular do tipo II (contração rápida) de 26%; d-) diferença na composição da área muscular do jovem e do idoso: 70%, do músculo, no jovem, é composto por fibras musculares, contra 50% do idoso. Embora a natureza transversal do estudo e a análise de um único tipo de músculo do corpo, os dados mostram claramente como a atrofia muscular do idoso, que começa já a partir dos 25 anos, é causada tanto pela perda do número de fibras como pela diminuição no tamanho das fibras musculares (especialmente as do tipo II).

De acordo com a maioria dos estudos analisados por CARTEE (12) e PORTER et. al. (43), as conclusões são bem consistentes: o tamanho da fibra do tipo II é reduzido com o incremento da idade, enquanto que o tamanho da fibra do tipo I (fibra de contração lenta) permanece muito menos afetada. A atrofia preferencial das fibras do tipo II é a possível explicação, de acordo com VANDERVOORT (58), para o maior risco de fratura traumática do quadril, já que as pessoas que habitualmente caem têm significativamente menor velocidade no andar. Na nossa opinião, tal fato se explica porque as fibras do tipo II são também, mui-

to importantes na resposta a urgências do dia-a-dia, pois contribuem com o tempo de reação e principalmente de resposta, que assim inviabilizariam uma apropriada resposta corporal para situações de emergência, como a perda súbita de equilíbrio. Da mesma forma, a área das fibras do tipo II tem sido encontrada significativamente menor nos membros inferiores do que nos superiores, particularmente nas mulheres, o que indicaria diferenças no processo de envelhecimento e/ou diferenças no padrão de atividade dos membros. De acordo com os dados expostos por BOOTH et. al., em 1994 (6), a atrofia muscular acontece em duas fases: a-) dos 24 aos 50 anos é perdida 10% da área total transversa do músculo; b-) dos 50 aos 80 anos outros 30% da área original são perdidos. Parte dessa atrofia muscular acontece, como já descrito, pela perda das fibras musculares que parece não ser significativa (5%) dos 24 aos 52 anos, e torna-se dramática, (35%) dos 52 aos 77 anos.

Os mecanismos que têm sido envolvidos na redução do número de fibras têm sido também amplamente discutidos pelos mais reconhecidos autores da área (6, 11, 28, 33, 43, 58). Sumarizando as relevantes informações fornecidas por esses autores, em suas extensas revisões, a redução no número de fibras musculares pode ser causada por um dano irreparável das fibras musculares ou uma perda do contato permanente dos nervos com as fibras musculares. As alterações neurológicas descritas têm sido a diminuição no número de unidades motoras funcionantes (com um aumento concomitante no tamanho das unidades de baixo limiar restantes) e uma perda no número de neurônios motores alfa da medula espinal de indivíduos idosos, com a subsequente degeneração dos seus axônios. Uma evidência indireta desse processo neuropatológico é o incremento no agrupamento de tipos de fibras encontrados nos músculos de indivíduos idosos, explicado pelos diferentes ciclos de denervação, seguidos por reinervação, que acontecem com as fibras musculares. Essas alterações no processo neurogênico, que geralmente começam por volta dos 50 anos de idade, explicam por que, quando a capacidade de renervação está tão diminuída as fibras ficam totalmente denervadas são substituídas por gordura e tecido fibroso. As informações coletadas por LEXELL (29) sugerem fortemente que, após os 60 anos, o músculo passa por um processo contínuo de denervação e reinervação, por uma redução acelerada, no funcionamento das unidades motoras, devido a perda das unidades motoras da medula espinal e nas fibras das raízes ventrais mielinizadas. Apesar de que inicialmente a reinervação possa compensar a denervação, na medida em que o processo neurogênico continua, mais e mais fibras musculares ficam permanentemente denervadas e, subsequentemente, substituídas por gordura e tecido fibroso, como citado anteriormente.

Essa alteração na estrutura do músculo poderia explicar por que a redução no tecido muscular contrátil pode ser maior que a redução real do volume muscular e da área muscular transversa. Os mecanismos, envolvidos na alteração da capacidade funcional dos motoneurônios com a idade, foram recentemente discutidos por LUFF (33) e envolveriam a capacidade bionérgica do neurônio e a influência dos fatores neurotróficos. A alteração da função da mitocôndria (possivelmente por mutações do DNA mitocondrial e dano oxidativo) e a diminuição de algum

dos fatores neurotróficos, derivados do cérebro, como a neurotrofina-3 (NT3), NT4/5 e LIF, podem ter, na opinião daquele autor, um efeito deletéreo na função do motoneurônio. Além das alterações neurológicas, do tamanho e quantidade das fibras musculares têm sido também descritos efeitos do envelhecimento, no metabolismo da fibra muscular. O incremento da idade está associado a uma redução de aproximadamente 25% da capacidade muscular oxidativa e do fluxo sanguíneo, durante a atividade contrátil (48), na concentração muscular de glicogênio em repouso, assim como uma diminuição na atividade da ATPase miofibrilar, diminuição dos enzimas glicolíticos e oxidativos, diminuição dos estoques de ATP, CP, glicogênio e proteína mitocondrial (11, 12, 57).

A capacidade de regeneração do músculo esquelético também é afetada pelo processo de envelhecimento. Os fatores envolvidos na regeneração da fibra muscular que são alterados com o decorrer da idade, de acordo com CANNON (1998), são o fator de crescimento do fibroblasto, o fator de crescimento da insulina e o fator de crescimento nervoso, que são importantes reguladores das células de crescimento e diferenciação precursoras do músculo e manutenção ou estabelecimento do contato neural. Outros fatores que têm uma forte influência no equilíbrio entre a síntese e degradação da proteína muscular são a interleucina-1, o fator de necrose tumoral, a interleucina-15 e o fator ciliar neurotrófico. O equilíbrio entre essas citocinas, descobertas recentemente, e dos fatores de crescimento, citados anteriormente, é crítico para a viabilidade, a longo prazo, do tecido muscular esquelético. Da mesma forma, o autor enfatiza como a diminuição da atividade fagocitária, que acontece com o envelhecimento, pode levar a um decréscimo na eficácia de reparação do tecido lesado ou com alterações funcionais. Considerando esse aspecto específico, GROUNDS (21) apresentou evidências de que algumas formas de exercício, em particular os excêntricos, podem resultar em rotura da estrutura miofibrilar, especialmente das bandas-Z, e também, em dano da membrana. O autor também apresenta evidências de que o músculo do idoso é menos eficiente na formação de novo músculo, embora ainda mantenha uma boa capacidade de proliferação e fusão de mioblastos. Da mesma forma, enfatiza que, além dos fatores extrínsecos envolvidos no processo, os fatores intrínsecos do músculo esquelético, como alterações da matriz extracelular, vascularização, expressão dos fatores de crescimento e em especial, os receptores pelas células satélite, podem contribuir também para a regeneração menos eficiente observada em idosos.

b. Força Muscular e Desempenho Neuromotor

A perda da massa muscular é associada, evidentemente, a um decréscimo na força voluntária, com um declínio de 10-15% por década, que geralmente se torna aparente somente a partir dos 50 a 60 anos de idade. Dos 70 aos 80 anos de idade tem sido relatada uma perda maior, que chega aos 30% (6). Indivíduos saudáveis de 70-80 anos têm desempenho de 20 a 40% menor (chegando a 50% nos mais idosos) em testes de força muscular, em relação aos jovens (43, 58). Essa perda do desempenho pode também

ser explicada pelas mudanças nas propriedades intrínsecas das fibras musculares. A redução de velocidade da contração muscular pode ser devida, em parte, à menor contribuição das fibras do tipo I para a contração rápida. Existe uma perda diferencial, de acordo com o tipo de contração executada: as diferenças com os jovens são menores, para as ações musculares do tipo excêntrico, do que para as contrações isométricas ou concêntricas, embora o mecanismo não seja conhecido. Uma implicação prática da redução de velocidade da contração muscular com o envelhecimento é a capacidade reduzida do músculo para a potência ou produção rápida de força, agravando o impacto da fraqueza muscular na mobilidade do idoso (43). Esta perda da força muscular pode ser ainda exacerbada por algumas condições clínicas que afetam os idosos, como acidente vascular cerebral, enfermidades de Parkinson e Alzheimer, artrites, neuropatia diabética e distrofia muscular, entre outras (58).

Outro aspecto que tem sido discutido é o relacionado à fadiga muscular e sua relação com o avanço da idade. Entretanto, as pesquisas, nesta área, têm sido inconclusivas, devido, em parte, à variedade de métodos para induzir à fadiga (43). Quando as contrações voluntárias sustentadas têm sido analisadas, os resultados têm sido mais consistentes em demonstrar que não há efeito do envelhecimento na fadigabilidade muscular. Segundo os dados de BOOTH et. al. (6), quando indivíduos idosos foram comparados a indivíduos jovens, em uma carga absoluta de trabalho, os idosos recrutaram uma grande porcentagem da sua massa muscular esquelética, o que resultou em um início precoce da fadiga. Por outro lado, existem relatos em que não há alterações na percepção de fadiga, assim como diminuição ou incremento da mesma, com o decorrer da idade. O que está claro para os autores é que a fadiga muscular, que pode limitar o desempenho, depende de variáveis ligadas à tarefa executada, como a motivação do indivíduo, o padrão da ativação muscular, a intensidade e duração em que a atividade contínua for mantida.

Existem algumas características especiais da força muscular que são mantidas, e outras que sofrem maior declínio, com o processo de envelhecimento. De acordo com SPIRDUSO (54), as variáveis que tendem a apresentar padrões mais estáveis são: a-) força dos músculos envolvidos nas atividades diárias; b-) a força isométrica; c-) as contrações excêntricas; d-) as contrações de velocidade lenta; e-) as contrações repetidas de baixa intensidade; f-) a força de articulação de pequenos ângulos; g-) a força muscular no sexo masculino. No outro lado, sofrem maior declínio com a idade: a-) a força muscular dos músculos de atividades especializadas; b-) a força dinâmica; c-) as contrações concêntricas; d-) as contrações de velocidade rápida; e-) a produção de potência; f-) a força de articulação de grandes ângulos; e g-) a força muscular, no sexo feminino.

Dessa forma, consideramos o modelo proposto por PORTER et. al. (43) o mais completo, para explicar multifatorialmente, a perda de força muscular, com o aumento da idade. De acordo com esse modelo, essa perda acontece por vários mecanismos, que poderíamos dividir em três grandes grupos: 1- Musculares: como a atrofia muscular, alteração da contractilidade muscular ou do nível enzimático; 2-Neurológicos: como a diminuição do número de unidades motoras, mudanças no sistema nervo-

so ou alterações endócrinas e 3- Ambientais: como o nível de atividade física, má nutrição ou doenças. A perda da massa magra (principalmente da massa muscular) e a consequente diminuição da força muscular estão associadas, segundo FIATARONE-SINGH (18), à diminuição da força muscular e óssea, alteração da potência aeróbica máxima, intolerância à glicose, resistência à insulina, menor taxa metabólica de repouso e de requisição energética, disfunção imunológica, desordens do equilíbrio e do andar, fraturas por osteoporose, velocidade lenta de andar e dependência funcional, em idosos. De acordo com a autora, a perda relacionada à idade dos motoneurônios alfa, assim como a falta de uso, causada pelo sedentarismo, doenças catabólicas, medicamentos e desnutrição protéica ou calórica podem explicar essa atrofia muscular, associada à idade.

Considerando as informações expostas por ROGERS e EVANS (48) e BOOTH et. al. (6), podemos concluir que a perda de fibras musculares, moto-neurônios, unidades motoras, massa muscular e força muscular começa entre os 50 e 60 anos, sendo que, por volta dos 80 anos idade, essa perda alcançaria 50% desses componentes. Parece que os dois maiores responsáveis por este efeito do envelhecimento são o progressivo processo neurogênico e a diminuição na carga muscular, o que poderia levar a hipotetizar que essa atrofia muscular não seria necessariamente uma consequência inevitável do incremento da idade. É claro que as pessoas que se mantêm fisicamente ativas têm somente perdas moderadas da massa muscular, mas, quanto dessa perda de massa muscular é uma consequência do envelhecimento e/ou da diminuição do nível de atividade física, é desconhecido.

Nível Cardiovascular e Respiratório

a. Idade Cronológica e Consumo Máximo de Oxigênio:

Em ordem de prioridade, consideramos que, após o impacto das alterações do sistema neuromuscular na mobilidade e capacidade funcional do idoso, as alterações do sistema cardiovascular e respiratório exercem um impacto negativo nessas variáveis da saúde e qualidade de vida do idoso. Um dos primeiros e mais clássicos estudos que verificaram o impacto da idade na potência aeróbica foi o desenvolvido por ROBINSON em 1930, conforme citado por SPIRDUSO (54). Naquele estudo, o autor analisou dados transversais da potência aeróbica de homens ativos, de 25 a 75 anos de idade, encontrando um declínio dessa variável de 10% por década (1% por ano), que são valores similares aos encontrados, mais recentemente, (descritos pela mesma autora) de 0,8% a 1,1% por ano.

Posteriormente, DRINKWATER et. al. em 1975 (15) avaliaram 109 mulheres de 10 a 68 anos, nas variáveis cardiovasculares e respiratórias, evidenciando que até os 50 anos, as diferenças entre os grupos etários foram mínimas. O volume de ventilação máxima (V_E max), o débito de oxigênio, o lactato sanguíneo pós-exercício, a capacidade vital e a capacidade máxima respiratória diminuíram com

o incremento da idade nas mulheres de menor nível de condicionamento físico. Os efeitos do envelhecimento foram claramente independentes do nível de condicionamento: as mulheres de 50 a 59 anos apresentaram valores significativamente menores de V_E max e da potência aeróbica (VO_2 máx.) do que as mulheres mais jovens, tanto quando foi expressa em l/min, em $ml/kg \cdot min^{-1}$, ou ainda, em ml/kg (massa magra). min^{-1} . Esse decréscimo que, segundo os dados apresentados pelos autores, acontece especialmente a partir dos 50 anos, poderia ser explicado pelas alterações nos níveis circulantes de estrógenos, progesterona, aldosterona e hormônios gonadotrópicos, que podem ter efeitos metabólicos que afetam a potência aeróbica e também pelas alterações a nível celular da própria idade. Os grupos de mulheres de 40 a 49 e 20 a 39 tiveram valores de VO_2 máx. ($ml/kg \cdot min^{-1}$) significativamente menores do que os grupos mais jovens. Os dados evidenciaram um "plateau" para a maioria das variáveis analisadas dos 20 aos 49 anos com um decréscimo a partir dos 50. No entanto, foi interessante observar que as mulheres mais idosas, com nível de condicionamento aeróbico acima da média, tiveram valores de potência aeróbica similares aos das mulheres sedentárias de 20 anos de idade, sugerindo que as diferenças no VO_2 máx. são mais relacionadas ao nível habitual de atividade física do que à idade. Dados similares, em relação ao consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx.), foram encontrados posteriormente no Brasil por MACEDO et. al. (35), estudando 90 mulheres, divididas em faixas etárias dos 30 aos 59 anos. Os autores encontraram resultados inferiores do VO_2 máx., nas faixas de 40 a 49 anos relatando diminuição de 12,9% no VO_2 expresso em l. min^{-1} no grupo de 40 a 49; de 14,1% no grupo de 50 a 59 anos, encontrando que, por volta dos 55 anos, o VO_2 foi cerca de 27% dos valores aos 20 anos.

Trabalhos similares aos realizados com o sexo feminino foram feitos, posteriormente, por INBAR et. al. (25) e JACKSON et. al. (26) com homens de 20 a 70 anos de idade. De acordo com os dados encontrados por INBAR et. al. (25) em 1424 homens saudáveis, houve um declínio médio na ventilação pulmonar, por minuto, de 29% e de 21%, na frequência respiratória. A potência aeróbica diminuiu em uma taxa média anual de $0,33 ml/kg \cdot min^{-1}$ (35%, no período, ou seja, em torno de $25,5 ml \cdot min^{-1} \cdot ano$) e a frequência cardíaca máxima a uma taxa de $0,685 batimentos \cdot min^{-1} \cdot ano^{-1}$ (em torno de 13%). No estudo de JACKSON et. al. (26) com uma amostra similar ao de INBAR et. al. (25) de 1499 homens saudáveis, analisados transversalmente e longitudinalmente (em média 4 anos), o declínio do pico de VO_2 máx. relacionado, à idade foi de $0,46 ml/kg \cdot min^{-1} \cdot ano$. Esses dados foram bem similares aos cálculos realizados por SHEPHARD (51), de $0,4-0,5 ml/kg \cdot min^{-1}$ por ano e de WIEBE et. al. (60), de $0,51 ml/kg \cdot min^{-1} \cdot ano$. No entanto, segundo SHEPHARD (51), sempre deveriam ser consideradas a atividade física e a porcentagem de gordura corporal, quando se avalia a diminuição do VO_2 máx. com a idade, o que corrobora o posterior posicionamento de JACKSON et. al. (26) de explicar 50% dessa diminuição pelo aumento da porcentagem de gordura corporal, a diminuição no peso de massa magra ($0,12 - 0,15 kg/ano$) e auto-relato do nível de atividade física.

Para examinar também as alterações nos parâmetros da função aeróbica (VO_2 máx. e limiar ventilatório), relacionadas à idade, PATERSON et. al. (42) analisaram 289 homens e mulheres de 55 a 86 anos de idade, que viviam independentemente, na comunidade. O declínio no VO_2 máx. relativo ao peso corporal foi similar em homens ($0,31 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) e mulheres ($0,25 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}.\text{ano}^{-1}$). De acordo com as análises feitas pelos autores, a idade explicou somente 8 a 37% da variação destes parâmetros fisiológicos. Dessa forma, parece que nos indivíduos que mantêm a função diária normal e hábitos ambulatorios, a idade per se não é o único fator importante que determina o VO_2 máx., mesmo, nos indivíduos de 80 a 85 anos. Neste caso, variáveis como a gordura corporal, o nível de atividade física e as doenças podem ser fatores determinantes importantes independentemente do processo do envelhecimento, como discutido por outros autores. Para verificar a relação entre o nível de atividade física no tempo livre e a aptidão cardio-respiratória, TALBOT et. al. (56) analisaram mais de 1000 homens e mulheres, de 18 a 95 anos, participantes do Estudo Longitudinal de Envelhecimento de Baltimore. Os resultados evidenciaram que o envelhecimento foi a um declínio absoluto da atividade física, no tempo livre, particularmente a de alta intensidade. No entanto, essa variável respondeu somente por 1,8% da variação do pico de VO_2 no sexo feminino e 1,6% no sexo masculino que, apesar de ser pequeno, mostra ser um fator potencialmente modificável da aptidão cardio-respiratória.

Essas análises das perdas da potência aeróbica com o decorrer da idade cronológica, são relevantes, na medida em que é requerido um mínimo dessa variável de $15 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ para manter as demandas fisiológicas necessárias para viver funcionalmente independente (51), como citado mais recentemente por PATERSON et. al. (42) que, da mesma forma, calcularam o valor mínimo do VO_2 máx. compatível com uma vida independente, aos 85 anos, para os homens ($18 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) e as mulheres ($15 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$). De acordo com os dados do estudo de JACKSON et. al. (26), se o nível de atividade física e a composição corporal se mantivessem constantes, ao longo do tempo, a taxa esperada de declínio no VO_2 máx. seria de $0,25 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ por ano. Dessa forma, o envelhecimento “per se” não causaria incapacidade funcional, se o indivíduo mantivesse um estilo de vida ativo e um nível adequado de composição corporal. Nesse sentido, o estudo longitudinal, realizado por HAGERMAN et. al. (22) com nove atletas medalhas de prata (analisados 10 e 20 anos depois) mostra claramente como apesar dos efeitos deletérios do envelhecimento na gordura corporal (incremento de 17%) e na potência aeróbica (diminuição de 30% no VO_2 máx., relativo à massa magra), aqueles indivíduos mantiveram níveis de condicionamento físico significativamente superiores aos de indivíduos sedentários da mesma idade. Da mesma forma, SEILER et. al. (50) analisando uma amostra considerável de 2487 homens de 24 a 93 anos e 1615 mulheres de 24 a 84 anos que praticavam remo, encontraram um declínio no desempenho de remar, no sexo masculino, de 3% por década (dos 24 aos 50 anos) e de 7% por década (dos 50 aos 74), enquanto no sexo feminino o declínio foi linear, durante o período dos 24 aos 74 anos.

b. Perda da Potência Aeróbica: Mecanismos Fisiológicos

Os mecanismos responsáveis pela diminuição da potência aeróbica têm sido discutidos por alguns autores (6, 49, 54, 60). BOOTH et. al. (6) analisaram alguns dados, conflitantes da literatura, concluindo que não encontraram relação entre o declínio no VO_2 máx. e a atrofia muscular que acompanha o envelhecimento. Segundo os seus dados é o declínio na frequência cardíaca máxima de 1 bpm por ano a responsável pela diminuição dessa variável com a idade. Estes dados apontam como maior responsável, pelo declínio na potência aeróbica, o menor débito cardíaco máximo, que é associado ao decréscimo da frequência cardíaca máxima (FCM) relacionado à idade, e do volume sistólico máximo (VSM). Os mecanismos responsáveis pela diminuição na FCM que, por sinal, não se modifica com o exercício, são desconhecidos. Já os autores descrevem que a diminuição no VSM, que pode, sim, ser melhorado pelo exercício, é causada pela disfunção diastólica, ou seja, a diminuição no pico de enchimento ventricular, após a sístole ou um prolongado relaxamento do músculo contraído. Essa disfunção é resultado, segundo dados coletados pelos autores em animais, em parte por uma baixa regulação da ATPase de cálcio do retículo sarcoplasmático que sequestra o cálcio citoplasmático, via hidrólise do ATP, mas também por causa de outras proteínas do músculo cardíaco que também são alteradas com o envelhecimento, como em particular a miosina, que é convertida de isomorfa rápida (alfa-miosina) a isomorfa lenta (beta-miosina), com uma concomitante diminuição da velocidade da atividade da enzima actomiosina ATPase, mas não da atividade basal da miosina ATPase. Assim como as propriedades de contração isométricas do coração são afetadas, as propriedades de contração isotônicas também são alteradas, com o envelhecimento. Os resultados obtidos em mulheres atletas, de 20 a 63 anos de idade, WIEBE et. al. (60) explicam, como outros dos estudos aqui citados, o decréscimo no VO_2 máx., a diminuição na FCM máx., volume sistólico e débito cardíaco sem alteração na diferença arterio-venosa de oxigênio, embora precauções devam ser tomadas na generalização de dados provenientes de uma população bem específica.

Outros efeitos cardiovasculares do envelhecimento associados ao exercício físico descritos por SEALS et. al. (49) incluem o menor aumento da frequência cardíaca, durante o exercício, com o incremento da idade, devido provavelmente à menor perda do tono vagal cardíaco e a diminuição das respostas beta-adrenérgicas. No repouso, a atividade dos nervos simpáticos musculares e as taxas de norepinefrina arterial plasmática estão elevadas em idosos. Com o envelhecimento, a vasoconstrição, mediada simpaticamente nos músculos não-ativos, é aumentada durante um exercício curto. Essas alterações, segundo os autores, não afetam adversamente o desempenho submáximo em uma porcentagem particular do consumo máximo de oxigênio. Como descrito por outros autores, o menor pico de frequência cardíaca e as respostas contráteis atenuadas do ventrículo esquerdo reduzem o débito cardíaco máximo, o consumo máximo de oxigênio e a capacidade de se exercitar. Mais recentemente, SPINA (53) resume que os efeitos

da idade, na função cardiovascular, podem ser explicados pelas alterações no coração e vasos sanguíneos que levam à alteração do enchimento do ventrículo esquerdo, aumento da pós-carga e respostas inotrópicas e cronotrópicas moderadas às catecolaminas. O autor considera que são três os fatores responsáveis pelo declínio da função cardiovascular com a idade e que podem dificultar a interpretação dessa variável: a-) o nível de atividade física do indivíduo; b-) a doença arterial coronária e c-) o aumento de peso corporal (particularmente de gordura). Contrariamente aos resultados anteriormente expostos, aquele autor apresenta algumas evidências que sugerem que o declínio no VO_2 máx. é devido a uma diminuição na diferença arterio-venosa de oxigênio e não, ao débito cardíaco, que alcançaria os 40% para explicar as diferenças na potência aeróbica.

c. Alterações Respiratórias:

Algumas das alterações respiratórias, descritas na literatura, (36, 54) e que também podem afetar o condicionamento físico são: diminuição da capacidade vital (sem alteração na capacidade pulmonar total), diminuição do volume expiratório forçado, aumento no volume residual, aumento do espaço morto anatômico, aumento da ventilação, durante o exercício, menor mobilidade da parede torácica, diminuição da capacidade de difusão pulmonar, perda de elasticidade do tecido pulmonar e decréscimo da ventilação expiratória máxima.

Outros Efeitos

Embora não seja o intuito desta revisão expor todos os efeitos no organismo do indivíduo que está envelhecendo, tentamos apresentar aqueles que, de alguma forma, estão mais relacionados com a alteração na aptidão e no desempenho físico. Outros efeitos que têm sido consistentemente reportados na literatura e que foram objeto de uma prévia detalhada revisão (36) são: diminuição no número e tamanho dos neurônios, diminuição na velocidade de condução nervosa, aumento do tecido conectivo nos neurônios, menor tempo de reação, menor velocidade de movimento, diminuição no fluxo sanguíneo cerebral, diminuição da agilidade, coordenação, equilíbrio, flexibilidade, diminuição da mobilidade articular e aumento da rigidez da cartilagem, tendões e ligamentos.

Referências Bibliográficas

- 1) AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Position stand on the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in adults. *Med.Sci.Sports. Exerc.* 1998b; 30:975-991.
- 2) ANDRADE EL, MATSUDO SM, MATSUDO VR. Performance neuromotora em mulheres ativas. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde.* 1995; 1: 5-14.
- 3) ANDRADE EL, MATSUDO SMM, MATSUDO VKR, ARAÚJO TL, ANDRADE DR, OLIVEIRA LC, FIGUEIRA AJ. Barriers and motivational factors for physical activity adherence in elderly people in developing country [abstract]. *Med.Sci.Sports Exerc.* 2000; 33 (7 Supl). [Presented at 47th American College of Sports Medicine Annual Meeting; 2000 Mai 31- Jun 3; Indianapolis (Indiana)].
- 4) BAUMGARTNER RN, KOEHLER KM, GALLAGHER D, ROMERO L, HEYMSFIELD SB, ROSS RR, GARRY PJ, LINDEMAN RD. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol.* 1998;147:755-763.
- 5) BEMBEN MG, MASSEY BM, BEMBEN DA, BOILEAU RA, MISNER JE. Age related patterns in body composition for men aged 20-79 yr. *Med.Sci.Sports Exerc.* 1995; 27: 264-269.
- 6) BOOTH FW, WEEDEN SH, TSENG BS. Effect of aging on human skeletal muscle and motor function. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1994; 26: 556-560.
- 7) BRAGGION G, MATSUDO SMM, MATSUDO VKR, ANDRADE EL. Energy intake pattern and self-assessment of body image according to BMI in active women over 50 years of age [abstract]. *Med.Sci.Sports Exerc.* 1999; 31 (5 Supl) 385.[Presented at 46th American College of Sports Medicine Annual Meeting; 1999a Jun 2-5; Seattle (Washington)].
- 8) BUZZINI SR, MATSUDO VKR. Radicais livres, exercício e envelhecimento. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento.* 1990; 4:61-85.
- 9) CAMPOS MA, DUARTE CR. Aptidão física em adultos do sexo feminino na 2^a e 3^a idade. In: *Anais XIV Simpósio de Ciências do Esporte*; 1986 set 3-6. São Caetano do Sul, Brasil. Celafiscs; 1986.p. 38.
- 10) CANNON JG. Intrinsic and extrinsic factors in muscle aging. In: Harman D et al. (eds). *Towards prolongation of the healthy life span.* *Annals of the New York Academy of Sciences.* Vol 854. New York: New York Academy of Sciences; 1998. p. 72-77.
- 11) CARTEE GD. Influence of age on skeletal muscle glucose transport and glycogen metabolism. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1994a; 26: 577-585.
- 12) CARTEE GD. Aging skeletal muscle: response to exercise. *Exer. Sport Sci. Reviews.* 1994b;22:91-120.
- 13) COSTA HD, MATSUDO SMM, MATSUDO VKR, ANDRADE EL. Effect of walking program on physical fitness and glycemic control in patients with diabetes type II [abstract]. *Med.Sci.Sports Exerc.* 1998; 30 (5 Supl) 64.[Presented at 45th American College of Sports Medicine Annual Meeting; 1998 Jun 3-6; Orlando (Florida)].
- 14) DAMASO AR, FIGUEIRA JR AJ, FERREIRA M. Terceira idade: força de preensão manual em senhoras na faixa etária entre 50-79 anos. In : *Anais II Bienal de Ciências do Esporte*; 1991 out 3-6. São Caetano do Sul, Brasil. Celafiscs; 1991. p.34.
- 15) DRINKWATER BL, HORVATH SM, WELLS CL. Aerobic power of females, ages 10 to 68. *J Gerontol.* 1975; 30: 385-394.

- 16) FIATARONE MA. Physical activity and functional independence in aging. *Res.Q.Exerc.Sport*.1996; 67 (Suppl 3) :70.
- 17) FIATARONE-SINGH M. Combined exercise and dietary intervention to optimize body composition in aging. In: Harman D et al. (eds). *Towards prolongation of the healthy life span. Annals of the New York Academy of Sciences*. Vol 854. New York: New York Academy of Sciences; 1998. p. 378-393.
- 18) FIATARONE-SINGH MA. Body composition and weight control in older adults. In: Lamb DR, Murray R (eds). *Perspectives in exercise science and sports medicine: exercise, nutrition and weight control*. Carmel: Cooper; 1998a. p. 243-288. v.11.
- 19) FORMOSO CM, MATSUDO VKR, SILVA SR. Evolução da flexibilidade do quadril em mulheres de 17 a 60 anos. In: *Anais XIV Simpósio de Ciências do Esporte*; 1986 set 3-6. São Caetano do Sul, Brasil. Cefafiscs; 1986.p.53.
- 20) GOING S, WILLIAMS D, LOHMAN T. Aging and body composition: biological changes and methodological issues. In: Hollozy JO (ed.) *Exer. Sport Sci. Reviews*.. Baltimore: Williams & Wilkins; 1995. p. 411-449. v.23.
- 21) GROUNDS MD. Age-associated changes in the response of skeletal muscle cells to exercise and regeneration. In: Harman D et al. (eds). *Towards prolongation of the healthy life span. Annals of the New York Academy of Sciences*. Vol 854. New York: New York Academy of Sciences; 1998. p.78-91.
- 22) HAGERMAN FC, FIELDING RA, FIATARONE MA, GAULT JA, KIRKENDALL DT, RAGG KE, EVANS WJ. A 20-yr longitudinal study of Olympic oarsmen. *Med. Sci. Sports Exerc*. 1996; 28: 1150-1156.
- 23) HEYWARD V, STOLARCZYK LM. Anthropometric method. *Applied body composition assessment*. Ed. Champaign: Human Kinetics; 1996.p. 76-85.
- 24) HUANG B, RODRIGUEZ BL, BURCHFIEL CM, CHYOU P, CURB JD, SHARP DS. Associations of adiposity with prevalent coronary heart disease among elderly men: the Honolulu heart program. *Int J Obesity*. 1997; 21:340-348.
- 25) INBAR O, OREN A, SCHEINOWITZ M, ROTSTEIN A, DLIN R, CASABURI R. Normal cardiopulmonary responses during incremental exercise in 20- to 70-yr-old men. *Med. Sci. Sports Exerc*. 1994; 26: 538-546.
- 26) JACKSON AS, BEARD EF, WIER LT, ROSS RM, STUTEVILLE JE, BLAIR SN. Changes in aerobic power of men ages 25-70 yr. *Med. Sci. Sports Exerc*. 1995; 27: 113-120.
- 27) KURODA Y, ISRAELL S. Sport and physical activities in older people. In: Dirix A, et al. (eds). *The olympic book of sports medicine*. 1st ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1988. p. 331-355.
- 28) LEXELL J, TAYLOR CC, SJOSTROM M. What is the cause of the ageing atrophy?. *J Neurol Sci*. 1988; 84:275-294.
- 29) LEXELL J. Evidence for nervous system degeneration with advancing age. *J Nutr*. 1997;127:1011S-1013S.
- 30) LIDOR R, MILLER V, ROTSTEIN. Is research on aging and physical activity really increasing? A bibliometric analysis. *J Aging Phys Act*. 1999; 7: 182-195.
- 31) LOSONCZY KG, HARRIS TB, CORNONI-HUNTLEY J, SIMONSICK EM, WALLACE RB, COOK NR, OSTFELD AM, BLAZER DG. Does weight loss from middle age to old age explain the inverse weight mortality relation in old age. *Am J Epidemiol*. 1995; 141:312-321.
- 32) LOURO MF, PEREIRA MN, FRANÇA NM, MATSUDO VKR. Evolução das características antropométricas em mulheres de 20-60 anos. In: *Anais XIV Simpósio de Ciências do Esporte*; 1986 set 3-6. São Caetano do Sul, Brasil. Cefafiscs; 1986.p.54.
- 33) LUFF AR. Age-associated changes in the innervation of muscle fibers and changes in the mechanical properties of motor units. In: Harman D et al. (eds). *Towards prolongation of the healthy life span. Annals of the New York Academy of Sciences*. Vol 854. New York: New York Academy of Sciences; 1998. p.92-101.
- 34) LUONGO S, ANDRADE EL, FIGUEIRA Jr. AJ. Physical fitness changes during vacation in elderly women. *Proceedings International Pre-Olympic Congress, Physical activity sport and health*; 1996 Jul 10-14. Dallas, EUA. The Cooper Institute for Aerobics Research; 1996. p.102.
- 35) MACEDO IF, DUARTE CR, MATSUDO VKR. Análise da potência aeróbica em adultos de diferentes idades. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*. 1987; 1: 7-13.
- 36) MATSUDO S e MATSUDO V. Prescrição e benefícios da atividade física na terceira idade. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*. 1992; 6:19-30.
- 37) MATSUDO SMM, ANDRADE EL, MATSUDO VKR, ARAÚJO TL, BARROS TL. Evolution of neuromotor performance in active elderly women in one-year period as related to chronological age [abstract]. *Med.Sci.Sports Exerc*. 2000; 33 (7 Supl) pag ?. [Presented at 47th American College of Sports Medicine Annual Meeting; 2000 Mai 31- Jun 3; Indianapolis (Indiana)].
- 38) MATSUDO SMM, ANDRADE EL, ARAÚJO TL, MATSUDO VKR, BARROS TL. Anthropometric and motor performance characteristics as related to age in active elderly women [abstract]. *Med.Sci.Sports Exerc*. 1998; 30 (5 Supl) 335.[Presented at 45th American College of Sports Medicine Annual Meeting; 1998 Jun 3-6; Orlando (Florida)].
- 39) MELTON LJ, KHOSLA S, CROWSON CS, O'CONNOR MK, FALLON MO, RIGGS BL. Epidemiology of sarcopenia. *J Am Geriatr Soc*. 2000;48:625-630.
- 40) OLIVEIRA R, PEREIRA MHN, MATSUDO VKR. Terceira idade: características antropométricas e consumo de oxigênio em mulheres praticantes e

não praticantes de atividade física. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 1988; 2:17-21.

41) OLIVEIRA RF, MATSUDO SMM, ANDRADE DR, MATSUDO VKR. Effect of Tai-Chi-Chuan on physical fitness of elderly women [abstract]. *Med.Sci.Sports Exerc.* 1999; 31 (5 Supl) 385.[Presented at 46th American College of Sports Medicine Annual Meeting; 1999 Jun 2-5; Seattle (Washington)].

42) PATERSON DH, CUNNINGHAM DA, KOVAL JJ, CROIX CM. Aerobic fitness in a population of independently living men and women aged 55-86 years. *Med.Sci.Sports Exerc.* 1999;31:1813-1820.

43) PORTER MM, VANDERVOORT AA, LEXELL J. Aging of human muscle: structure, function and adaptability. *Scand J Med Sci Sports.* 1995; 5:129-142.

44) RASO V, ANDRADE EL, MATSUDO SMM, MATSUDO VKR. Exercício aeróbico ou de força muscular melhora as variáveis da aptidão física relacionadas a saúde em mulheres idosas. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde.* 1997a; 2:36-49.

45) RASO V, ANDRADE EL, MATSUDO SMM, MATSUDO VKR. Exercício com pesos para mulheres idosas. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde.* 1997b; 2:17-26.

46) RASO V, MATSUDO SM, MATSUDO VK, ANDRADE EL. Efeito de três protocolos de treinamento na aptidão física de mulheres idosas. *Gerontologia.* 1997c;5:162-170.

47) RASO V, MATSUDO SMM, MATSUDO VKR. Determinação da sobrecarga de trabalho em exercícios de musculação através da percepção subjetiva de esforço de mulheres idosas – estudo piloto. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento.* 2000;8:27-34.

48) ROGERS MA, EVANS WJ. Changes in skeletal muscle with aging: effects of exercise training. *Exer. Sport Sci. Reviews.* Baltimore: Williams & Wilkins; 1993. p. 65 - 102. v.21

49) SEALS DR, TAYLOR JA, V.N.G A, ESLER MD. Exercise and aging: autonomic control of the circulation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1994; 26: 568-576.

50) SEILER KS, SPIRDUSO WW, MARTIN JC. Gender differences in rowing performance and power with aging. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1998; 30: 121-127.

51) SHEPHARD RJ. Geriatric consequences of enhanced physical fitness. Economic benefits of enhanced fitness. 1st ed. Champaign: Human Kinetics; 1986. p.113-124.

52) SILVA R, MATSUDO SMM, MATSUDO VKR, ANDRADE EL. Physical fitness profile and functional capacity of frail and physically independent adults over 50 years [abstract]. *Med.Sci.Sports Exerc.* 1999b; 31 (5 Supl) 385.[Presented at 46th American College of Sports Medicine Annual Meeting; 1999 Jun 2-5; Seattle (Washington)].

53) SPINA RJ. Cardiovascular adaptations to endurance exercise training in older men and women. *Exer. Sport Sci. Reviews.* 1999;27:317-332.

54) SPIRDUSO,W. Physical Dimensions of Aging. 1st ed. Champaign: Human Kinetics, 1995.

55) STEVENS J, CAI J, PAMUK ER, WILLIAMSON DF, THUN MJ, WOOD JL. The effect of age on the association between body-mass index and mortality. *N Engl J Med.* 1998;338:1-7.

56) TALBOT LA, METTER EJ, FLEG JL. Leisure-time physical activities and their relationship to cardiorespiratory fitness in healthy men and women 18-95 years old. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2000;32:417-425.

57) THOMPSON LV. Effects of age and training on skeletal muscle physiology and performance. *Phys Ther.* 1994;74:71-81.

58) VANDERVOORT AA. Effects of ageing on human neuromuscular function: implications for exercise. *Can J Spt Sci.* 1992; 17:178-184.

59) VISSER M, GALLAGHER D, DEURENBERG P, WANG J, PIERSON R, HEYMSFIELD S. Density of fat-free body mass: relationship with race, age, and level of body fatness. *Am. J. Physiol.* 1997; 272: E781-787.

60) WIEBE CG, GLEDHILL N, JAMNIK VK, FERGUSON S. Exercise cardiac function in young through elderly endurance trained women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1999;31:684-691.

61) YAZAWA RH, RIVET RE, FRANÇA NM, SOUZA MT. Antropometria e flexibilidade em senhoras praticantes de ginástica aquática. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento.* 1989a; 3:23-29.

TABELA I. Efeitos deletérios do envelhecimento em algumas variáveis antropométricas, metabólicas e neuromotoras da aptidão física considerando a evolução dos valores dos 20 aos 89 anos de idade

Variável	Ano	Década	
	Absoluto	Relativo (%)	Relativo (%)
1. Antropométricas			
Peso	0,2 kg*	0,4	4
Estatura	-0,4 a 0,3 cm	-0,18	-1,8
Circunferência cintura	0,2 cm	- -	- -
Relação cintura/quadril	0,002	0,2	1,8 a 2,4
Gordura corporal	0,22 a 0,36 %	0,3 a 0,5	3 a 5,2
Massa livre de gordura	-0,12 a 0,23 kg	-0,6 a -0,4	-6 a -4
Mineral	-0,013 kg	-2	-20
Água	-0,07 a 0,2 kg	-1,2	-12
Proteína	-0,04 a 0,06 kg	-0,5	-5
Potássio	-0,003 a -0,007 gr/kg	-0,3 a -0,6	-3 a -6
Taxa metabólica de repouso	- -	-1,0	-10
Massa óssea total	-0,001 a -0,003 gr/cm ²	-0,6 a -1,7	-6 a -17
2. Neuromusculares			
Área muscular	-0,14 mm ²	-1,0	-10
Número fibras musculares total (mm ²)	-5,4 -0,35	-1,0 a -1,2 -0,29	-10 a -12,5 -2,9
Tamanho fibras musculares			
Tipo I	-0,002 μ m	-0,1	-1,1
Tipo II	-0,02 μ m	-0,7	-6,5
Força muscular total	- -	-1,0 a -1,5	-10 a -15
Força muscular inferior	- -	-1,4	-14
Força muscular superior	- -	-0,6	-6
Agilidade	- -	-1,0	-10
3. Metabólicas			
Potência aeróbica (VO ₂ máx.)	-0,25 ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹	-0,8 a -1,1	-10
Frequência cardíaca máxima	-0,68 a -1,0 bpm	- -	- -
Frequência respiratória	- -	-1,1	-11
Volume corrente	- -	-0,5	-5
Ventilação pulmonar	- -	-1,5	-15