

UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA

EFEITOS DE UM PROGRAMA DE TREINO DA FORÇA,
A DOIS NÍVEIS DE INTENSIDADE, NA FORÇA
MÁXIMA E NA MASSA ISENTA DE GORDURA DE
MULHERES IDOSAS

Dissertação apresentada com vista à obtenção do grau de Mestre na
especialidade de Exercício e Saúde

JOÃO PAULO R. G. MOREIRA DE BRITO

Lisboa, 1997

ÍNDICE

ÍNDICE.....	2
ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE QUADROS.....	5
CAPÍTULO I - APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	6
INTRODUÇÃO	6
DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	8
OBJECTIVO GERAL.....	8
OBJECTIVOS ESPECÍFICOS.....	9
ÂMBITO DO ESTUDO.....	9
PRESSUPOSTOS E LIMITAÇÕES.....	10
PRESSUPOSTOS	10
LIMITAÇÕES	10
PERTINÊNCIA DO ESTUDO.....	11
CAPÍTULO II - REVISÃO DA LITERATURA.....	14
INTRODUÇÃO	14
O PROCESSO DE ENVELHECIMENTO	14
<i>A taxa de envelhecimento.....</i>	<i>15</i>
TEORIAS DO ENVELHECIMENTO	15
FACTORES QUE INFLUENCIAM A QUALIDADE DE VIDA.....	17
EFEITOS DO ENVELHECIMENTO E OS BENEFÍCIOS DO EXERCÍCIO	20
<i>Sistema Nervoso.....</i>	<i>20</i>
Benefícios do exercício	21
<i>O sistema músculo-esquelético.....</i>	<i>21</i>
Benefícios do exercício	22
ALTERAÇÕES FÍSICAS NA COMPOSIÇÃO CORPORAL PROVOCADAS PELO ENVELHECIMENTO.....	25
MODIFICAÇÕES DA ALTURA E DO PESO	25
MODIFICAÇÕES DO ÍNDICE DE MASSA CORPORAL	26
MODIFICAÇÕES NA COMPOSIÇÃO CORPORAL	27
<i>Alterações da massa gorda durante o envelhecimento</i>	<i>28</i>
Factores que influenciam a massa gorda corporal	29
<i>Alterações da massa isenta de gordura corporal durante o envelhecimento.....</i>	<i>30</i>

Relação peso corporal e massa isenta de gordura.....	30
Factores que influenciam a massa isenta de gordura corporal.....	31
<i>Sarcopénia</i>	32
Consequências funcionais	34
Consequências metabólicas e fisiológicas	34
<i>Alterações do sistema esquelético durante o envelhecimento</i>	36
Factores que influenciam a formação e remodelação óssea.....	37
FORÇA MUSCULAR	38
INFLUÊNCIA DA MASSA MUSCULAR NA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE FORÇA ...	42
<i>Características das fibras musculares do idoso</i>	44
Capacidade oxidativa muscular	46
Alterações neuromusculares	47
Hipertrofia muscular	47
A TREINABILIDADE DA FORÇA NO IDOSO.....	48
CAPÍTULO III - METODOLOGIA	54
INTRODUÇÃO	54
CONCEPÇÃO DO ESTUDO	54
CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	55
CARACTERIZAÇÃO DO PERÍODO DE TREINO.....	56
INSTRUMENTOS	57
PROCEDIMENTOS E RECOLHA DE DADOS	58
PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO DA FORÇA	58
<i>Avaliação Isotónica</i>	58
<i>Avaliação isocinética</i>	59
ANÁLISE ESTATÍSTICA	60
CAPÍTULO IV - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	61
INTRODUÇÃO	61
APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	61
ANÁLISE DESCRITIVA	63
ANÁLISE DO EFEITO DO EXERCÍCIO	66
CAPÍTULO V - SUMÁRIO E CONCLUSÕES.....	70
SUMÁRIO	70
BIBLIOGRAFIA	74

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Factores que influenciam a massa muscular	34

ÍNDICE DE QUADROS

	Página
Quadro 1 - Estudos dos efeitos do treino de força em idosos	49
Quadro 2 - Caracterização da amostra	53
Quadro 3 - Valores iniciais, finais, diferenças entre ambos e taxa de variação da massa isenta de gordura (MIG), percentagem da massa gorda (% MG), força isocinética e força isotónica para o grupo de controlo.	61
Quadro 4 - Valores iniciais, finais, diferenças entre ambos e taxa de variação da massa isenta de gordura (MIG), percentagem da massa gorda (% MG), força isocinética e força isotónica para o grupo de exercício 1 (intensidade de 60%).	62
Quadro 5 - Valores iniciais, finais, diferenças entre ambos e taxa de variação da massa isenta de gordura (MIG), percentagem da massa gorda (% MG), força isocinética e força isotónica para o grupo de exercício 2 (intensidade de 80%).	63
Quadro 6 - Coeficiente de regressão para o valor inicial de cada uma das variáveis, coeficiente de regressão parcial, coeficiente de determinação para o valor inicial e incremento do coeficiente de determinação para os anos pós-menopausa e grupo utilizando como variáveis dependentes os valores finais do peso, massa isenta de gordura (MIG), percentagem da massa gorda (%MG), força isocinética e força isotónica.	65

CAPÍTULO I - APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

INTRODUÇÃO

Os estudos sobre o processo de envelhecimento são cada vez em maior número, nomeadamente devido ao rápido aumento da população de terceira idade, não só nos países industrializados, como também no terceiro mundo (Shephard, 1997). Desde o início do século, a esperança de vida nos países industrializados aumentou de forma exponencial e nada permite prever uma inversão desta tendência nas próximas décadas (Spirduso, 1995).

A população mundial está a crescer e a envelhecer (Lindsay, 1995). Nas sociedades industrializadas a proporção de indivíduos que atingem idades próximas da média de esperança de vida tem vindo a aumentar, sendo possível predizer que o envelhecimento da população tem uma tendência exponencial no futuro próximo. Tal como a esperança de vida tem vindo a aumentar, e assim parece continuar a tendência em muitos países do mundo, um crescente número de pessoas sofre de doenças degenerativas relacionadas com o envelhecimento, causando-lhes dor, incapacidade e dependência (Shephard, 1997). Presentemente existem no mundo cerca de 325 milhões de pessoas com mais de 65 anos de idade, e este número tende a aumentar para mais de 1500 milhões no ano 2050 (Lindsay, 1995).

Em Portugal a população está a envelhecer e não é convenientemente renovada. Há progressivamente menos jovens e mais idosos (Castro, 1995). Em 1995, existiam 300 000 mulheres com mais de 50

anos em período pós-menopausico, e o número de idosos com mais de 65 anos é representado por 57% de mulheres (Castro,1995). O aumento da população feminina idosa faz prever custos para o tratamento de doenças cuja prevenção é possível.

Com base no censo de 1991, a esperança de vida para as mulheres portuguesas foi calculada em 78 anos, ultrapassando a dos homens em cerca de 7 anos (Instituto Nacional de Estatística, 1994), o que também contribuirá para que os problemas relacionados com o envelhecimento assumam maior relevância na população feminina.

Apesar do aumento da idade média de esperança de vida, as doenças cardiovasculares continuam no entanto a ser a principal causa de morte entre os 65 e 85 anos (Smith & Giligan, 1989). Uma vez que esta incidência aumenta com a idade, as doenças cardiovasculares continuam a manter a sua taxa de mortalidade na população. Níveis de colesterol elevados, uma elevada pressão arterial, a diabetes e a hipertrofia ventricular esquerda são importantes factores de risco em indivíduos com mais de 65 anos (Spirduso, 1995). Perante estes factos, são necessárias estratégias de intervenção relativas a estes factores de risco de forma a prevenir o desenvolvimento das doenças cardiovasculares nos idosos.

É também imperativo reduzir os factores capazes de gerar incapacidades no idoso, uma vez que o resultado do aumento dos anos de esperança de vida significa o prolongamento do período de incapacidade que frequentemente precede a morte. A maior causa de incapacidade no idoso são em particular as doenças cardiovasculares, que frequentemente resultam em enfarte de miocárdio (Shephard, 1989). Outra causa *major* de gerar incapacidade são as quedas que aumentam a incidência de fracturas e de outras lesões. O medo de queda pode provocar por condicionamento psicológico, incapacidade no idoso (Jette e col., 1990). Muitos dos factores que aumentam o risco de queda no idoso

são factores naturais do envolvimento, tais como escadas e irregularidades do solo (Tinetti & Speechley, 1989). No entanto, existem vários factores neuromusculares implicados no aumento do risco de queda no idoso, tais como a perda de força, de flexibilidade e de equilíbrio (Tobis e col., 1989).

A proposta de que o exercício físico em geral e o treino da força em particular pode beneficiar os idosos, teve como base o facto de indivíduos que mantinham uma prática regular de exercício apresentarem uma taxa de morbilidade e de incapacidade inferior aos que não o realizavam (Smith & Giligan, 1989; Aniansson e col., 1984; Blair e col., 1989; Elkowitz & Elkowitz, 1986; Fiatarone e col., 1990; Frontera e col., 1988; MacRae, 1986; Shephard, 1978).

DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Objectivo Geral

Este estudo teve como objectivo determinar os efeitos do treino da força (TF) a dois níveis de intensidade diferentes, na massa isenta de gordura (MIG), na massa gorda (MG) e na força muscular (FM), em mulheres pós-menopausicas activas há pelo menos 1 ano. Pretende-se verificar qual dos dois níveis de intensidade provoca alterações mais significativas na MIG e na FM. Complementarmente, foi estudada a relação entre o TF e a alteração da percentagem da MG.

Os sujeitos foram divididos por três grupos homogéneos, tendo o de grupo de controle (GC) realizado apenas um programa de exercícios calisténicos com a frequência de 2 sessões por semana e 1 sessão de adaptação ao meio aquático. O grupo de exercício (G1) realizou um programa de treino da força a uma intensidade de 60% da 1 repetição máxima (RM), com a frequência de 2 sessões por semana e 1 de

adaptação ao meio aquático. O outro grupo de exercício (G2) realizou o mesmo programa de treino da força mas a uma intensidade de 80% da 1RM e ainda 1 sessão de adaptação ao meio aquático.

Este estudo pretende encontrar indicadores das adaptações da MIG, da MG e da FM de mulheres idosas submetidas a dois níveis de intensidade de TF durante 7 meses, com a frequência de 2 vezes por semana.

Objectivos Específicos

Os objectivos mais detalhados do presente estudo foram a determinação dos efeitos de dois níveis de intensidade de treino da força, em mulheres pós-menopausicas no:

1. aumento da massa isenta de gordura e na redução da massa gorda dos braços e das pernas.
2. nos ganhos de força isotónica e isocinética dos movimentos de flexão do cotovelo e de extensão do joelho.

ÂMBITO DO ESTUDO

Esta investigação considerou 28 mulheres pós-menopausicas, com idades compreendidas entre os 59 e os 75 anos. Todos os sujeitos estavam envolvidos há pelo menos um ano num programa de exercícios calisténicos com a frequência de 2 vezes por semana e com a duração de 45 minutos por sessão.

As mulheres foram recrutadas de grupos de exercício já existentes e implementados pela Câmara Municipal de Oeiras, sob a responsabilidade científico-pedagógica do Núcleo de Exercício e Saúde da Faculdade de Motricidade Humana. O estudo decorreu na Sala de Exercício da F.M.H..

PRESSUPOSTOS E LIMITAÇÕES

Pressupostos

Após a realização de um exame médico e a aplicação de um questionário sobre a história clínica e os hábitos de actividade física, todas as mulheres consideradas no estudo foram pressupostas apresentarem um nível idêntico de actividade física e de estilo de vida. Na concepção dos três grupos os sujeitos foram seleccionados de forma a criar homogeneidade entre os mesmos.

Assim, na realização deste estudo, foram considerados os seguintes pressupostos:

1. os grupos apresentavam homogeneidade ao nível das características intrínsecas dos sujeitos.
2. o período de adaptação às situações de treino e particularmente às situações de avaliação foi suficiente para que os sujeitos se familiarizassem com todos os procedimentos de execução.
3. durante o período de treino, os sujeitos não participaram em qualquer outra actividade de treino para além das programadas, mantendo apenas as suas actividades quotidianas normais.

Limitações

Neste estudo foram também consideradas as seguintes limitações:

1. factores imponderáveis reduziram o número de sujeitos no decorrer do processo de treino.
2. a limitada informação acerca da dieta alimentar dos sujeitos intervenientes não permitiu o controle da mesma.
3. a utilização da avaliação da 1RM está sujeita a aspectos volitivos inerentes ao sujeito, podendo conduzir a valores não reais.

4. a técnica de densitometria radiológica de dupla energia (DXA), apesar de constituir um método validado de análise de composição corporal, está sujeito a erros de cálculo associados ao conhecimento do valor exacto da percentagem de massa gorda em sujeitos idosos (Clasey e col., 1997). A DXA incorpora um modelo de avaliação da composição corporal de 3 compartimentos, tendo como pressuposto que o valor da hidratação da massa isenta de gordura sem conteúdo mineral é de $0,73 \text{ ml.g}^{-1}$ (Heymsfield e col., 1991). Quando este pressuposto é calculado para sujeitos idosos, tem revelado erros de estimação (Blaumgartner e col., 1991; Heymsfield e col., 1990).

PERTINÊNCIA DO ESTUDO

A importância da prevenção da osteopénia e sarcopénia e dos ganhos de força que favorecem a funcionalidade no idoso, tem merecido a atenção de numerosos investigadores (Tobis e col., 1989; Tinetti e col., 1989; Frontera e col., 1988). Nos idosos, a perda de força e o aumento da fragilidade muscular podem comprometer a realização das actividades do quotidiano e conduzir à dependência de terceiros (Fiatarone e col., 1994).

Estudos recentes com idosos têm revelado que o treino da força pode ser efectivo na melhoria da taxa de metabolismo basal, da força, da composição corporal e da funcionalidade do idoso (Charette e col., 1991; Fiatarone e col., 1994; Sinaki e col., 1993; Tzankoff & Norris, 1977; Brown, McCartney & Sale, 1990; Morganti e col., 1995; Vandervoort, Kramer & Wharram, 1990; Tinetti & Speechley, 1989; Moritani & DeVries, 1980; Frontera e col., 1988; Treuth e col., 1994; Pyka, Linderberger, Charette, & Marcus, 1994).

Uma breve revisão da literatura recentemente publicada sugere que o treino com cargas adicionais parece ser efectivo na melhoria da força em indivíduos idosos (Frontera e col., 1988; Moritani & deVries, 1980;

Morganti e col., 1995; Charette e col., 1991; Fiatarone e col., 1994;). À maior capacidade de produção de força tem sido associado, em estudos transversais, uma maior densidade mineral óssea e massa muscular (Klitgaard e col., 1990; Sinaki e col., 1993). Embora algumas investigações sugiram que, em mulheres pós-menopausicas, a massa gorda contribui mais fortemente para a densidade mineral óssea do que a massa isenta de gordura corporal, vários são os estudos que têm verificado fortes correlações entre a força e/ou a massa muscular, e a densidade mineral óssea total e regional (ACSM, 1995). A taxa de metabolismo basal (TMB), quando correlacionada com as alterações da massa isenta de gordura associadas ao envelhecimento, revelou uma diminuição (Tzankoff & Norris, 1977); no entanto, a maioria dos trabalhos publicados sugere que a massa isenta de gordura contribui para a manutenção ou aumento da TMB. No entanto as implicações da contribuição relativa das alterações do sistema neuromuscular e da inactividade na redução da força com o envelhecimento não são claras (Brown e col., 1990). Embora muitos investigadores partilhem a opinião comum de que existe uma relação directa entre a intensidade de treino e os ganhos de força, alguns estudos encontraram resultados discordantes (Hunter & Treuth, 1995). Numa revisão da literatura realizada por Atha (1981), o autor conclui que o treino da força a intensidades inferiores a 60% da força máxima voluntária é pouco efectivo, enquanto que entre 80 e 90% da força máxima os ganhos são significativos.

A grande maioria dos estudos realizados, nos quais os sujeitos foram submetidos a um programa de treino, utilizou intensidades de treino relativamente elevadas, aproximadamente cerca de 80%, com uma frequência de 3 vezes por semana. Poucos são os estudos publicados que se têm debruçado sobre qual a intensidade e frequência mais eficaz de treino.

Assim, pareceu ser pertinente realizar um estudo, com dois grupos de sujeitos, que envolvesse um período de treino com intensidades diferentes para cada grupo. Pretendeu-se analisar as características das adaptações induzidas por exercícios de treino da força, a dois níveis de intensidade, numa população de mulheres idosas pós-menopausicas. Ao incidir sobre a faixa da população pós-menopausica, procuram-se conhecer meios de intervenção preventiva ao nível da prescrição do exercício, relativamente à osteopénia, sarcopénia e à perda de força, evitando culminar em situações de problemas osteoarticulares, de diminuição da funcionalidade e consequentemente da autonomia e da qualidade de vida da mulher idosa. A quantidade de sujeitos, em Portugal e no mundo, nesta faixa etária, em situação de risco relativamente a estes problemas, é cada vez maior, justificando plenamente a preocupação dos investigadores na procura de soluções eficazes.

CAPÍTULO II - REVISÃO DA LITERATURA

INTRODUÇÃO

Nesta revisão de literatura serão abordados aspectos relacionados com o processo de envelhecimento, nomeadamente a taxa de envelhecimento, as teorias do envelhecimento, os efeitos do envelhecimento e os benefícios do exercício no sistema cardiopulmonar, nervoso e músculo-esquelético.

Os factores que influenciam as alterações físicas provocadas pelo envelhecimento, na massa gorda, na massa isenta de gordura e no sistema esquelético são também abordados sobre o espectro das adaptações provocadas pelo exercício físico. A força muscular, a sua importância na melhoria da qualidade de vida do idoso e a sua treinabilidade são por último os aspectos principais desta revisão de literatura.

O processo de envelhecimento

A compreensão do processo de envelhecimento não é apenas essencial para a determinação das suas causas, mas é também necessária para acções de intervenção de forma a possibilitar um retardamento do mesmo. O objectivo *major* das investigações nesta área é a tentativa de alteração do tempo de esperança de vida e da sua qualidade, através de um maior controlo de factores tais como a alimentação, os níveis de actividade no quotidiano e a actividade física.

Muitos (Viljanen, Viitasalo, & Kujala, 1991, Tinetti, & Speechley, 1989 Stelmach, & Goggin, 1989) são os que consideram que uma vida longa sem saúde e com dependência física é indesejável, no entanto muitas são as pessoas que vivem os seus anos terminais num estado de morbilidade

e de dependência física. As investigações recentes têm pretendido determinar de que forma pode ser reduzida a ocorrência da morbilidade na população.

O envelhecimento é a extensão do processo lógico que é o crescimento e desenvolvimento do indivíduo. No entanto poucos são os indivíduos que morrem devido ao facto de terem uma idade avançada. Na grande maioria dos casos a mortalidade é devida a factores tais como a diminuição da capacidade de adaptação a elementos físicos ou ambientais agressivos.

No envelhecimento há a considerar dois processos: a) primário e b) secundário (Hershey, 1984). O envelhecimento primário representa as alterações e modificações com o avanço da idade, sendo estas alterações independentes de eventuais doenças e das influências do envolvimento externo. O envelhecimento secundário é considerado como sendo a interacção entre o envelhecimento primário, a morbilidade e as influências externas.

A taxa de envelhecimento

É considerada como sendo a expressão das alterações do funcionamento dos órgãos e dos sistemas por unidade de tempo. A taxa de envelhecimento é diferente no homem e na mulher (Ekonomov e col., 1989). A taxa de envelhecimento do homem é linear com o tempo, enquanto que a da mulher é menor entre os 45 e 60 anos do que entre os 70 e 80 anos de idade. As doenças e envolvimento agressivos podem alterar a taxa de envelhecimento (Spirduso, 1995).

Teorias do envelhecimento

O avanço tecnológico e científico permitiu que as investigações sobre o envelhecimento se sucedam em grande número nos últimos anos e algumas teorias do envelhecimento têm sido desenvolvidas. Estas teorias

resumem-se a três grandes categorias - teorias genéticas, teorias da deterioração orgânica e teorias do desequilíbrio gradual dos sistemas.

As teorias genéticas afirmam que todo o processo de envelhecimento está pré-programado nos genes, sendo estes que comandam todo o processo de reprodução celular. A maior expressão desta teoria está no designado “limite de Hayflick”, o qual afirma que todas as células se dividem e se reproduzem um número limitado de vezes e que este número está determinado geneticamente (Hershey, 1984).

As teorias da deterioração baseiam-se no facto de que todas as reacções que ocorrem de forma natural no corpo humano, produzem um número de efeitos irreversíveis a nível molecular. Conjuntamente, diariamente ocorrem pequenos danos químicos provocados pela respiração, pelos alimentos ingeridos e outras substâncias tais como o tabaco e o álcool, e ainda pelos produtos do metabolismo do corpo (Miguel, 1991).

Segundo as teorias do desequilíbrio gradual dos sistemas, estes (endócrino, nervoso e imunitário) sofrem gradualmente uma diminuição das suas funções a velocidades diferentes o que provoca um desequilíbrio entre os diversos sistemas.

Tanto o sistema nervoso como o sistema neuroendócrino regulam as funções celulares e o sistema de órgãos. Falhas no sistema imunitário provocam um descontrole dos mecanismos tornando os indivíduos idosos mais vulneráveis a diversos tipos de doença.

Muitos são os investigadores que afirmam que o envelhecimento deveria ser entendido e investigado como uma alteração dos mecanismos de controle. Existem evidências de que os processos de regulação são particularmente sensíveis ao envelhecimento a diferentes níveis nos vários sistemas (Finch, 1976).

O sistema de regulação neuroendócrino integra as actividades celulares dos tecidos e dos órgãos e permite a adaptação orgânica aos diversos

estímulos. O hipotálamo e a pituitária têm sido consideradas as principais glândulas na regulação do processo de envelhecimento. Tem sido postulado que no hipotálamo reside uma espécie de relógio biológico que controla a taxa de envelhecimento. A pituitária tem também uma acção de relevo no controle da secreção da hormona do crescimento, das hormonas da tiróide e dos glucocorticóides, que por vez controlam a taxa de metabolismo. Quando a produção da tiróide é insuficiente, como no hipotireoidismo, os sinais de envelhecimento aumentam (Frolkis, 1968).

Nas mulheres, adequados níveis de estrógeno protegem a deterioração do sistema cardiovascular. Após a menopausa, quando o nível de estrógenos baixa e não é realizada uma terapia de substituição, os sintomas do envelhecimento aumentam. Assim, as alterações provocadas pela idade em certos aspectos dos mecanismos de controle neuroendócrino resultam em desequilíbrios hormonais que produzem alterações fisiológicas e metabólicas que vão implicar futuramente os mecanismos de controle (Finch, 1976). Quanto mais estudadas são estas diversas teorias maior é a inter-relação encontrada entre elas. O objectivo *major* das investigações realizadas tem sido encontrar uma via de retardar o envelhecimento, e embora se tenham feito alguns progressos, os esforços continuam.

Factores que influenciam a qualidade de vida

Com base nos conhecimentos do presente, é possível retardar o envelhecimento melhorando a qualidade de vida dos indivíduos. Algumas intervenções comportamentais parecem contribuir para uma diminuição da taxa de envelhecimento secundário, o que pode permitir uma eventual diminuição da taxa de mortalidade antes da média de idades de esperança de vida.

Factores como a alimentação, a saúde, o nível de actividade geral, o nível de independência e a capacidade cognitiva têm sido relacionados com o

processo de envelhecimento. A intervenção sobre estes factores pode aumentar a qualidade e a esperança de vida. No entanto, três factores têm despertado um particular interesse; são eles a melhoria dos regimes alimentares, a manutenção de níveis adequados de actividade geral e o exercício físico de intensidade moderada. Embora nunca tenha sido provado que o nível de actividade geral possa alterar a taxa de envelhecimento, existem no entanto evidências de pode contribuir para o aumento da idade de esperança de vida.

O exercício físico de intensidade moderada, quando acompanhado de hábitos de vida saudáveis, tem sido considerado como contributo efectivo para o aumento da qualidade e da idade de esperança de vida. Vários estudos com animais têm revelado um aumento da longevidade nos animais submetidos a uma programa de exercício relativamente a animais sedentários (Holloszy, 1988). Os resultados encontrados em estudos realizados com pessoas são convergentes com os encontrados com animais. Shephard (1978), num estudo longitudinal de 32 anos, encontrou resultados que referem a maior longevidade dos atletas relativamente a indivíduos não atletas. No entanto, os níveis de intensidade moderada de exercício aproximam-se mais dos resultados de estudos que relacionam uma maior longevidade com o exercício físico.

Um dos estudos que demarca com maior relevo esta ideia de que indivíduos activos vivem mais anos, é o realizado por Paffenbarger e colaboradores (1986). Estes investigadores usaram um questionário detalhado para determinar os hábitos de vida, de actividade física e o estado de saúde dos licenciados de Harvard. Neste estudo, os níveis de actividade física eram expressos em calorias despendidas por semana, e todos os indivíduos que tinham um gasto maior do que 2000 Kcal por semana apresentavam taxas de mortalidade 25% a 30% mais baixas do que aqueles que se tinham exercitado menos. No entanto, o exercício físico aumenta a longevidade só até um determinado ponto. Os

indivíduos que apresentavam um dispêndio energético superior a 3500 Kcal por semana pareciam não beneficiar dos mesmos efeitos provocados pelo exercício quando realizado a níveis de intensidade mais baixos. A taxa de mortalidade dos atletas que tinham um dispêndio energético superior a 3500 Kcal era semelhante à dos não atletas. Outro resultado surpreendente era o facto de o exercício parecer contrariar os efeitos negativos de algumas doenças e de alguns factores de risco. Assim, indivíduos hipertensos que realizavam exercício físico apresentavam uma menor taxa de mortalidade relativamente aqueles que não o realizavam. A taxa de mortalidade nos fumadores que realizavam exercício era cerca de 30% mais pequena do que nos fumadores que não tinham esse hábito.

Blair e colaboradores (1989), realizaram um estudo no qual avaliaram o nível de condição física e de exercício físico de 13344 homens e mulheres. Os indivíduos foram organizados em cinco grupos consoante o seu nível de condição física, desde o sedentarismo até aqueles que apresentavam níveis elevados de condição física. Tanto os homens como as mulheres do grupo de menor condição física, apresentavam taxas de incidência de cancro e de doenças cardiovasculares mais elevadas. Um aspecto relevante desta investigação é o facto de que o maior preditor da longevidade é a condição de não pertencer ao grupo dos menos aptos fisicamente.

Apesar dos resultados encontrados devemos recordar que estes estudos estavam objectivados para o estudo da longevidade e não efectivamente para a melhoria da qualidade de vida. Pode-se no entanto concluir, que o exercício moderado e sistemático promove vários benefícios de saúde para além de aumentar a longevidade.

Efeitos do envelhecimento e os benefícios do exercício

O processo de envelhecimento é caracterizado por um declínio gradual das funções dos vários sistemas do corpo, excluindo alterações provocadas por eventuais doenças. Os efeitos positivos do exercício na diminuição do decréscimo funcional tem sido bem documentado (MacRae, 1986; Stamford, 1988; Smith & Giligan, 1989a).

O exercício aeróbio em particular, apresenta efeito positivos significativos no sistema cardiopulmonar diminuindo o decréscimo de eficiência associado ao envelhecimento (Shephard, 1989; Stamford, 1988). O exercício aeróbio melhora a função respiratória e o volume sistólico, permitindo ainda uma redução da pressão arterial em repouso tanto nos indivíduos jovens como nos idosos. Ajuda ainda a reduzir o nível de triglicéridos, a intolerância à glucose e a insensibilidade à insulina, diminuindo os riscos de desenvolver aterosclerose e diabetes (MacRae, 1986).

Sistema Nervoso

Com o envelhecimento do sistema nervoso a capacidade de receber, processar e transmitir mensagens diminui., resultando em tempos de reacção mais lentos aos estímulos. Com o envelhecimento, dá-se uma preponderância da capacidade de controle reactivo (capacidade de usar os *feed-backs* para iniciar a correcção do movimento) relativamente à capacidade de controle predito (uso do movimento em antecipação a alterações) (Stelmach & Goggin, 1989). Enquanto que o indivíduo jovem tem a capacidade de usar ambas as capacidades de controle, o idoso perde gradualmente a capacidade de opção do controle predito, passando a utilizar com maior frequência o controle reactivo. A diminuição nos tempos de reacção e de movimento e o uso do controle reactivo em vez do predito, contribui para o decréscimo na eficiência de realização de tarefas que requerem velocidade (Stelmach & Goggin, 1989).

A redução de velocidade de resposta tem uma grande implicação na vida do idoso devido à necessidade de rápidas adaptações às diversas situações criadas na vida diária, tais como prevenir quedas ou mesmo a condução de veículos (MacRae, 1989). Concomitantemente a estas alterações do sistema nervoso, existe também uma diminuição da capacidade sensorial, como a visão e a audição. A diminuição do tempo de reacção, da velocidade de movimento, do controle preditivo e da percepção sensorial parece ser responsável pelo decréscimo da coordenação, do equilíbrio e da agilidade que estão associadas ao processo de envelhecimento.

Benefícios do exercício

Através do exercício regular é possível reduzir a diminuição da velocidade de reacção e da velocidade de execução. Estudos realizados por Stelmach e Goggin (1989) e por Smith e Gilligan (1989a) demonstraram que idosos que tinham uma prática de exercício físico regular apresentavam uma maior capacidade de velocidade de reacção relativamente a idosos que não executavam exercício. MacRae (1989) encontrou, através do exercício aeróbio em idosos sedentários, uma melhoria de várias funções neuropsicológicas tais como o tempo de reacção, a organização visual e a memória. Como afirma MacRae (1989, pag. 75), a actividade física pode ser uma das mais efectivas intervenções existentes de forma a retardar a deterioração da capacidade funcional que ocorre durante o envelhecimento ao nível do sistema nervoso central.

O sistema músculo-esquelético

O envelhecimento do sistema músculo-esquelético está relacionado com numerosos factores. A diminuição da força e da resistência muscular é atribuída em parte à diminuição do número e dimensão das fibras musculares (Buskirk & Segal, 1989). Existem também evidências de que com o envelhecimento as fibras musculares respondem mais lentamente à estimulação nervosa e o reflexo muscular é menos eficiente (Anspaugh

e col.,1989). A partir dos 70 anos de idade, a perda da massa muscular e da eficiência neuromuscular resulta numa perda de força estimada em cerca de 25 a 30% (Elkowitz & Elkowitz, 1986). A diminuição da força muscular é responsável pelo aumento da prevalência de quedas nos idosos.

Outra alteração do envelhecimento ao nível do sistema músculo-esquelético é a diminuição da massa muscular, o que contribui para o decréscimo da massa isenta de gordura total.. Alguns investigadores afirmam que a perda da massa isenta de gordura total contribui fortemente para a diminuição da taxa de metabolismo basal, o que por sua vez contribui para o aumento da massa gorda (Stamford, 1988). A flexibilidade muscular também apresenta um declínio com o envelhecimento devido à perda de flexibilidade ao nível da fibra muscular e à diminuição da elasticidade do tecido conjuntivo (Stamford, 1988). Conjuntamente existe uma diminuição da flexibilidade e estabilidade articular, relacionada com alterações a nível cartilágneo, ligamentar e tendinoso (MacRae, 1986). A perda de flexibilidade devido ao envelhecimento das estruturas músculo-esqueléticas está estimado em cerca de 25 a 30% a partir dos 70 anos de idade (Elkowitz & Elkowitz, 1986). Por fim, outro aspecto major do envelhecimento do sistema músculo-esquelético é o que está ligado ao aumento da fragilidade óssea, ou seja, a diminuição da massa óssea e do conteúdo mineral ósseo. Na mulher, a diminuição do conteúdo mineral ósseo dá-se a partir dos 35 anos, situando-se essa perda em cerca de 30% aos 70 anos. Nos homens, a perda do conteúdo mineral ósseo dá-se de forma mais significativa a partir dos 50 anos, situando-se em cerca de 15 a 20% aos 70 anos (Elkowitz & Elkowitz, 1986; Stamford, 1988).

Benefícios do exercício

São várias as investigações que documentam os efeitos positivos do exercício no sistema músculo-esquelético (MacRae, 1986). A força e a

resistência muscular podem melhorar, mesmo no indivíduo idoso, através do treino. A melhoria da força é devida não só ao aumento da massa muscular, como também à melhoria da capacidade de recrutamento das unidades motoras (Stamford, 1988). O treino da força ajuda a prevenir e a restaurar a perda de massa muscular (Smith & Gilligan, 1989a). O exercício regular pode ainda ajudar a reduzir a acumulação de massa gorda, que está directamente associada à diminuição da taxa de metabolismo basal. Stamford (1988), afirmou que os idosos podem ter níveis de massa gorda semelhantes aos de indivíduos jovens, se mantiverem ao longo da vida hábitos regulares de actividade física. O mesmo autor sugere que o exercício, mesmo quando iniciado em idades mais avançadas, pode induzir alterações significativas da composição corporal.

Alguns estudos referem também alterações significativas da flexibilidade em indivíduos idosos com o exercício (Smith & Gilligan, 1989a).

Existem grandes evidências de que inactividade, a falta exercício e em particular a acção mecânica de forças sobre a estrutura óssea, são as principais razões para a perda da massa óssea (Stamford, 1988; Smith & Gilligan, 1989b). A força muscular encontra-se também relacionada com a densidade mineral óssea. Num estudo de Pocock e col. (1989), com mulheres pós-menopausicas, a força muscular foi um preditor significativo da massa óssea a nível do fémur e do antebraço. Também Hughes e col. (1995), num estudo transversal, observaram associações significativas entre a força muscular e a densidade mineral óssea, em sujeitos de ambos os sexos, entre os 45 e os 77 anos.

MacRae (1986), indica que a melhoria do conteúdo mineral ósseo é possível através de um programa de exercício com a periodicidade de 3 vezes por semana. Com base na literatura, é óbvio que o exercício regular contribui significativamente para a diminuição dos efeitos do envelhecimento ao nível do sistema músculo-esquelético.

Alterações físicas na composição corporal provocadas pelo envelhecimento

Durante todo o processo de crescimento, maturação e envelhecimento de um indivíduo, dão-se continuamente alterações no peso, na altura, na composição corporal, na capacidade funcional, etc.. Este capítulo descreve as alterações físicas relacionadas com o envelhecimento e refere ainda algumas patologias associadas a este processo.

A composição corporal tem uma grande componente genética e é também influenciada por factores do envolvimento, tais como a alimentação, eventuais doenças e a actividade física. Por variadas razões os idosos ingerem quantidades menores de alimentos com o envelhecimento, e facilmente atingem situações de subnutrição. A medição do Índice de Massa Corporal (IMC) e da composição corporal pode prevenir estas situações e ao mesmo tempo fornecer informações sobre a necessidade de manutenção, redução ou ganho de peso.

Modificações da altura e do peso

As mulheres diminuem de altura mais rapidamente do que os homens devido ao facto de desenvolverem com maior frequência a osteoporose. A osteoporose ocorre em todos os ossos, em especial alguns anos antes e depois da menopausa, período em que ocorre uma perda significativa do conteúdo mineral ósseo (Galloway, e col.,1990). Na coluna vertebral, as vértebras sofrem uma depressão devido simultaneamente à acção erosiva da osteoporose e à perda hídrica dos discos intervertebrais, os quais constituem na sua totalidade cerca de 20% a 30% do comprimento total da coluna (Riggs, e col.,1986).

Outros factores que podem contribuir para a diminuição da estatura são o regime alimentar, a hereditariedade, o peso e os tipos de actividade física. A altura está ainda relacionada com o nível socio-económico do indivíduo. Nos níveis socio-económicos mais elevados, os indivíduos são significativamente mais altos relativamente aos escalões mais baixos (Spirduso, 1995).

Tanto nos homens como nas mulheres a partir dos 45 a 50 anos dá-se uma estabilização do peso corporal, havendo posteriormente uma diminuição gradual do mesmo (Frisancho, 1990). A taxa de perda de peso corporal sofre um aumento significativo entre os 70 e 80 anos (Steen, e col., 1985).

Modificações do Índice de Massa Corporal

Muito embora o IMC não seja uma medida directa da percentagem de massa gorda de um indivíduo e não permita um conhecimento correcto da redistribuição da mesma relativamente à massa muscular, ele é utilizado para determinar níveis relativos de obesidade.

Os homens atingem valores mais elevados do IMC nas idades compreendidas entre os 45 e 49 anos, período após o qual se dá um declínio gradual. As mulheres só atingem o seu máximo de IMC entre os 60 e os 70 anos. As mulheres continuam pois, a ter mais peso relativamente à altura até cerca de 25 anos depois do IMC dos homens ter estabilizado e entrado em declínio (Spirduso, 1995). Este facto deve-se provavelmente à perda de massa isenta de gordura nos homens, enquanto que as mulheres conjuntamente com a perda de massa isenta de gordura têm um ganho substancial de massa gorda.

Num estudo efectuado por Andres (1990), o IMC associado ao valor mais baixo da taxa de mortalidade entre os 50 e 59 anos era de 25,8, e dos 60 aos 69 anos era de 26,6.

No entanto, diferentes IMC estavam associados a diferentes causas de morte. O factor crítico de risco para valores muito baixos de IMC poderá ser eventualmente um défice de massa muscular, enquanto que para valores de IMC elevados, o excesso de massa gorda pode ser o factor crítico de risco.

Modificações na composição corporal

Para uma melhor compreensão das alterações físicas provocadas pelo envelhecimento, não é suficiente conhecer a relação entre a altura e o peso. Indivíduos que tenham a mesma altura e peso podem ter diferentes composições corporais.

Embora dependendo da percentagem de massa gorda, 60% a 65% da massa corporal é constituída por água. Muitas das trocas químicas que se dão no organismo, como o movimento de cálcio e de sódio através das células, dependem da quantidade de água intra e extracelular. A água ajuda ainda na termólise. A massa isenta de gordura contém cerca de 73% de água, enquanto que a massa gorda contém apenas cerca de 25%. Indivíduos que apresentam maiores quantidades de massa gorda têm também uma menor percentagem do seu peso corporal constituído por água.

A quantidade de água corporal diminui linearmente com idade, atingindo nos idosos valores menores do que 50% do peso corporal total (Steen, 1988). A perda de água é provavelmente a causa mais importante da perda de peso após os 70 anos. Frequentemente, os idosos não ingerem a quantidade de água necessária ao seu organismo nem mesmo quando este produz a sensação de sede. Consequentemente, correm o risco de desidratação, o que resulta num aumento da concentração de electrólitos, de lípidos e de proteínas no plasma e na urina (Steen, 1988).

A diminuição da quantidade de água corporal em combinação com a diminuição da taxa de transpiração e um sistema cardiovascular menos eficiente, torna o idoso mais vulnerável ao calor.

Alterações da massa gorda durante o envelhecimento

Apesar de o peso corporal estabilizar a partir dos 50 anos e diminuir a partir dos 70 anos, a massa gorda continua a aumentar. Uma pequena percentagem de idosos com mais de 70 anos reduzem por vezes e por razões várias, a ingestão de alimentos, sofrendo de malnutrição. Nestes, a massa gorda sofre uma diminuição. Mas na grande maioria dos idosos, a massa gorda continua a aumentar com a idade, relativamente ao peso corporal.

A percentagem média de massa gorda, em homens idosos com cerca de 70 anos é de 21%, e nas mulheres é de 39% (Fülöp, e col., 1985). Embora a percentagem de massa gorda, no homem e na mulher, aumente com o envelhecimento, as características morfológicas genóide e andróide mantêm-se. No entanto, a redistribuição da massa gorda varia nos dois sexos. Nos homens, a massa gorda periférica diminui, aumentando no entanto o depósito de massa gorda intravisceral e perivisceral (Schwartz, e col., 1990). A redistribuição começa cerca dos 20 anos de idade, mas cerca de 40% do aumento da gordura intra-abdominal dá-se a partir dos 50 anos de idade. Num estudo realizado, Schwartz (1990) comparou a massa gorda intra-abdominal em dois grupos de homens, um entre os 60 e os 82 anos e outro grupo de 24 a 31 anos. Os resultados revelaram que o grupo de idosos apresentava maior percentagem de massa gorda subcutânea abdominal, e o *ratio* de massa gorda intra-abdominal/massa gorda subcutânea era 2,5 vezes maior nos idosos quando comparado com o grupo de jovens adultos. Schwartz revelou ainda que o grupo mais idoso apresentava quatro vezes mais gordura intra-abdominal do que a nível das coxas.

Nas mulheres, a percentagem de massa gorda corporal aumenta também com a idade, no entanto a massa gorda subcutânea mantém-se estável mesmo após os 45 anos de idade. Assim, o aumento da massa gorda é devido principalmente ao aumento da massa gorda intravisceral e intramuscular.

Tanto no homem como na mulher, o envelhecimento provoca alterações progressivas nos padrões de distribuição da massa gorda. Esta passa gradualmente de subcutânea para intravisceral e intra-abdominal, sendo essas alterações diferenciadas com o sexo. Os músculos são parcialmente substituídos e infiltrados por tecido gordo e por tecido conjuntivo (Allen, e col., 1960).

Factores que influenciam a massa gorda corporal

Tem sido grande a procura dos factores que influenciam o aumento do peso corporal e da adiposidade. Muito embora não se tenha encontrado um consenso, sabe-se que tanto o património genético como a alimentação e a actividade física interagem criando situações potenciais de aumento da massa gorda. Contudo, a grande evidência está na relação entre aumento de peso e inactividade física.

Poucas dúvidas se colocam relativamente ao efeito que o exercício sistemático e de longa duração provoca na redução da massa gorda corporal. A perda de peso ocorre predominantemente, no homem e na mulher, ao nível do tronco, no entanto os efeitos do exercício na distribuição da massa gorda varia entre os dois sexos (Kohrt, e col., 1992). Estes investigadores revelaram que durante um processo de perda de peso, a razão cintura-anca diminui no homem, mantendo-se estável na mulher.

Alterações da massa isenta de gordura corporal durante o envelhecimento

Relação peso corporal e massa isenta de gordura

Em populações relativamente sedentárias, tais como os idosos, um dos principais determinantes da massa muscular é o peso corporal. Forbes (1987), sugere que a massa isenta de gordura está logaritmicamente relacionada com a massa gorda. Assim, indivíduos com maior peso corporal apresentam mais massa isenta de gordura, e como a força está relacionada com a massa muscular, os indivíduos mais pesados, qualquer que seja a sua idade, têm geralmente desempenhos mais elevados quando submetidos a testes de força. (Harris, 1997). Viitasalo e col.(1985) demonstraram este facto num estudo realizado com sujeitos do sexo masculino dispostos em três grupos etários de 31-35, 51-55 e 71-75 anos. Em cada um dos grupos os indivíduos com maior peso corporal apresentavam níveis de força mais elevados. Apesar desta relação, um maior peso corporal está associado, em geral, com níveis mais baixos de saúde, e em particular com uma diminuição da funcionalidade (Launer e col., 1994). Este aspecto sugere que a relação entre força e funcionalidade pode não ser linear.

A partir dos 40 anos dá-se uma diminuição significativa da massa isenta de gordura, tanto no homem como na mulher. A massa isenta de gordura é significativamente mais baixa na mulher idosa do que nas mulheres jovens, estando estimada uma diminuição de 3 Kg por década, em média, a partir dos 40 anos para indivíduos sedentários de ambos os sexos (Forbes & Reina, 1970). A perda de massa isenta de gordura é 1,5 vezes maior no homem do que na mulher. O homem perde cerca de 0,34Kg/ano enquanto a mulher perde cerca de 0,22Kg/ano (Forbes, 1976).

Outros investigadores, Rudman e colegas (1991), afirmam que entre os 40 e os 80 anos, os homens perdem massa isenta de gordura a uma taxa

de 5% por década, enquanto que as mulheres perdem cerca de 2,5% por década. A estas taxas, os homens e as mulheres perdem respectivamente e aproximadamente 20% e 10% do total de massa isenta de gordura em cada década.

A atrofia muscular que contribui para a perda de massa isenta de gordura com o envelhecimento reflecte conjuntamente uma diminuição da dimensão e do número de fibras musculares (Aoyagi & Shephard, 1992).

Factores que influenciam a massa isenta de gordura corporal

O principal factor da perda da massa isenta de gordura com o envelhecimento, é a diminuição dos níveis de produção da hormona do crescimento (Borst e col., 1994). Rudman e col. (1991), descobriram que homens que tomaram suplementos de hormona do crescimento durante 18 meses, aumentaram em cerca de 6% a sua massa isenta de gordura e em 11% o somatório da área de 10 músculos, enquanto que a sua massa gorda diminuía em cerca de 15%.

O metabolismo de síntese das proteínas é menor no idoso (Welle e col., 1993), mas em qualquer idade, o treino com cargas adicionais permite manter os níveis de força mais elevados do que nos indivíduos sedentários.

Outro factor *major* na diminuição da massa isenta de gordura é o tipo e a frequência de actividade física. A combinação de uma dieta inadequada e de baixos níveis de força muscular criam um ciclo vicioso de progressiva inactividade física acelerando a perda de massa muscular (Bortz, 1982).

Fiatarone e col. (1994), afirma que a combinação de uma dieta adequada com o treino da força pode prevenir a perda de massa muscular mesmo em indivíduos idosos com grandes défices funcionais.

Foi estimado por Buskirk e Hodgson (1987) que o exercício de intensidade moderada a alta pode prevenir em cerca de 25% a perda de

massa isenta de gordura durante o envelhecimento. No entanto, não é ainda claro que fracção da perda total da massa isenta de gordura é devida ao envelhecimento *per si* e que fracção é reflexo da diminuição do nível de actividade física (Lexell, 1993). Como suporte desta última teoria, Bemben e col. (1995) e Forbes (1987), encontraram perdas pouco significativas em idosos que se mantêm activos durante os períodos de observação.

Sarcopénia

Com o aumento da taxa de esperança de vida, cada vez mais a atenção dos especialistas está centrada em sintomatologias crónicas do envelhecimento, tais como a osteoporose, as demências, as neoplasias e as doenças vasculares (Kehayias & Heymsfield, 1997).

Um dos sintomas crónicos, ainda não claramente descrito, refere-se à sarcopénia. A sarcopénia é caracterizada por perda de força e aumento da fragilidade do sujeito em conjunto com uma significativa perda de massa muscular (Kehayias & Heymsfield, 1997) e da sua qualidade (Dutta, 1997). Exemplos das propriedades musculares que contribuem para a qualidade do músculo incluem a composição das fibras, a sua inervação, contractibilidade, características de fadiga, densidade capilar, e o seu consumo e metabolismo da glicose (Dutta, 1997). A perda de massa muscular com o envelhecimento tem sido demonstrada de forma directa e indirecta. A excreção urinária de creatinina, que é expressão do conteúdo de creatina muscular e da massa muscular total, diminui cerca de 50% entre os 20 e os 90 anos de idade (TzanKoff & Norris, 1978). A tomografia computadorizada de músculos individualizados revelam que após os 30 anos, existe uma diminuição da área da secção transversal dos músculos da coxa conjuntamente com um aumento da gordura intramuscular (Evans, 1997). Imamura e col. (1983) encontrou alterações mais pronunciadas nas mulheres. A atrofia resulta de uma diminuição gradual e selectiva das fibras musculares. O número de fibras na secção

média do vasto lateral é menor em idosos de 70 a 73 anos do que em indivíduos jovens com idades entre os 19 e os 37 anos; a diferença é de cerca de 23% (Lexell e col., 1983). O declínio é mais significativo nas fibras do tipo II, cujo valor é em média de cerca de 60% nos indivíduos jovens sedentários e decresce para cerca de 30% em indivíduos com idades acima de 80 anos (Larsson, 1983).

É cada vez maior a opinião, por parte dos investigadores, de que a perda de massa muscular com o envelhecimento predispõe os idosos a limitações funcionais, e que esta limitação funcional conduz a variados processos patológicos e em fases mais avançadas, à morbilidade e à morte. Na conferência do National Institutes of Aging, realizada em 1994, chegou-se a um consenso de que a atrofia muscular relacionada com o envelhecimento e a diminuição da capacidade funcional eram os factores *maiores* para a contribuição da morbilidade e da mortalidade nos idosos (Holloszy, 1995).

Não existe, provavelmente, causa mais acentuada para o declínio das estruturas e funções, do que a perda de massa isenta de gordura (MIG) e de massa muscular (MM) (Rosenberg, 1997). É cada vez mais evidente, para muitos autores, a relação entre o declínio da MM e da MIG e as alterações na funcionalidade dos indivíduos. Existe também uma associação entre as alterações funcionais provocadas pela sarcopénia e a diminuição da autonomia dos indivíduos, assim como o aumento da incidência do risco de quedas e de fracturas (Rosenberg, 1997).

Muitos têm sido os estudos que se debruçam sobre a perda da MM e da força e suas consequências na diminuição da funcionalidade do idoso, mas pouca atenção tem sido atribuída aos potenciais efeitos da sarcopénia nos parâmetros metabólicos e fisiológicos e no sistema esquelético (Dutta, 1997).

Outro aspecto referido por Evans (1997), como factor que contribui para a sarcopénia, é a insuficiente ingestão de proteínas que caracteriza o regime dietético de muitos idosos. A resposta a longo prazo à diminuição da ingestão proteica, é a diminuição da massa isenta de gordura.

Consequências funcionais

A diminuição da capacidade funcional devida à perda de força dos membros inferiores, está associada à dificuldade que os indivíduos apresentam em se levantar de uma cadeira ou cama (Alexander e col., 1995), e à diminuição da velocidade da marcha (Judge e col., 1992). No entanto, pouco se sabe sobre outras alterações das propriedades musculares e o seu contributo na diminuição da funcionalidade dos indivíduos.

Estudos biomecânicos sobre a marcha e o equilíbrio têm revelado que durante uma queda, o aspecto crítico não é apenas a capacidade de produção da força máxima, mas sim a taxa de produção de força (Chen e col., 1994). Bassey e col. (1992) encontraram uma associação significativa entre a taxa de produção de força e a capacidade de um indivíduo se elevar de uma cadeira, subir escadas e andar depressa. Estes dados sugerem a necessidade de realização de mais estudos para examinar a contribuição das propriedades do músculo na capacidade individual de realização de determinadas tarefas do quotidiano (Dutta, 1997).

Consequências metabólicas e fisiológicas

A intolerância ao calor e ao frio (Kenney & Buskirk, 1995), a diminuição da taxa de metabolismo basal (Poehlman e col., 1995) e a obesidade (Calles-Escandon e col., 1995), são exemplos imputados às consequências metabólicas da sarcopénia. Um aspecto central deste assunto é a determinação do papel da perda de massa muscular e das

alterações das características do músculo e o desenvolvimento de disfunções relacionadas com as modificações da composição corporal durante o envelhecimento (por ex., aumento da massa gorda). Este tema particular é ilustrado pela controvérsia centrada no mecanismo do aumento da resistência à insulina com o envelhecimento (Dutta, 1997).

Vários estudos indicam que um aumento da adiposidade ao nível do abdómen contribui para o aumento da intolerância à glucose e resistência à insulina nos idosos (Colman e col., 1995). No entanto, Houmard e col. (1995) demonstraram que existe uma diminuição das proteínas receptoras dos níveis de insulina que contribuem para o transporte da glucose (GLUT4) ao nível do músculo esquelético. Assim, o aumento da insensibilidade à insulina e da intolerância à glucose nos idosos resulta, provavelmente, não só do aumento da adiposidade abdominal como também das alterações ao nível do consumo de glucose por parte do músculo. Em estudos futuros, os efeitos da adiposidade deverão ser analisados isoladamente de forma a permitir uma avaliação mais precisa das consequências da sarcopénia.

A influência na preservação da massa muscular é multifactorial (Figura 1) e a grande maioria destes factores só poderão ser entendidos no contexto de estudos longitudinais, devido à sua modificação ao longo dos anos.

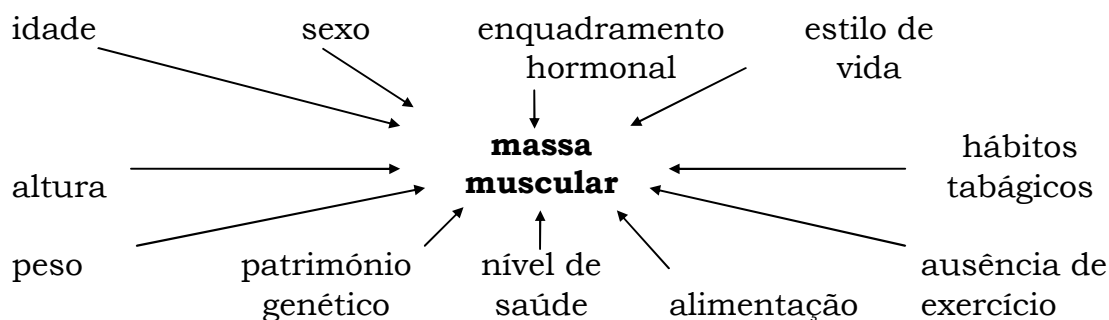


Figura 1: Factores que influenciam a massa muscular (Harris, 1997)

A utilização dos meios técnicos hoje ao dispôr da ciência poderá tornar possível identificar os factores que aceleram a perda de massa muscular e dos níveis de força durante o envelhecimento, assim como poderá permitir encontrar formas de intervenção que retardem o seu aparecimento. A sarcopénia parece contribuir para as disfunções no idoso, mas a sua importância relativa dentro dos múltiplos factores de risco associados ao envelhecimento não está ainda determinada.

Vários investigadores questionam-se se este processo pode ser reversível. Uma intervenção que tem apresentado resultados significativos é o treino da força (Fiatarone e col., 1990). O treino da força utilizando intensidades superiores a 60% da 1 repetição máxima induz aumentos significativos da força e da massa muscular nos idosos (Evans, 1997).

Alterações do sistema esquelético durante o envelhecimento

As grandes alterações qualitativas e quantitativas do tecido ósseo ocorrem durante o crescimento e a maturação do indivíduo. O crescimento ósseo que ocorre durante a juventude é devido fundamentalmente aos favoráveis níveis hormonais durante este período de desenvolvimento.

Tem sido aparente que a combinação do exercício físico com um regime dietético adequado produz uma maior taxa de deposição mineral óssea durante a juventude, o que ajuda a retardar e a minorar as taxas de perda do conteúdo mineral ósseo durante o envelhecimento (Recker, 1992). Quanto maior for o índice de conteúdo mineral ósseo durante períodos de maior taxa de deposição, como durante a adolescência, maior será o índice de conteúdo mineral ósseo durante períodos de menor taxa de deposição.

Os ossos são constituídos por dois tipos de tecidos ósseos: tecido ósseo trabecular (esponjoso) e tecido ósseo cortical (compacto). Alguns ossos,

como a coluna vertebral, os ilíacos e o carpo têm maior quantidade de tecido ósseo trabecular do que tecido ósseo cortical. A perda de massa óssea inicia-se por volta dos trinta anos para o tecido ósseo trabecular, e cerca dos quarenta anos para o tecido ósseo cortical (Poss, 1992).

Factores que influenciam a formação e remodelação óssea

Durante a vida de um indivíduo, o processo de remodelação óssea é contínuo. Durante a juventude, a taxa de reabsorção óssea é menor do que a taxa de formação, havendo por isso crescimento ósseo. Nos idosos, a taxa de formação é menor do que a taxa de reabsorção, proporcionando assim processos de osteoporose.

O processo de formação e remodelação óssea responde de forma selectiva à acção das forças mecânicas (Huddleston, e col., 1980). O osso, embora sendo uma estrutura rígida, é na realidade um tecido muito activo. É sensível às forças que experimenta e tem capacidade de crescimento e de regeneração. Em resposta às forças mecânicas, as células ósseas chamadas osteoblastos migram para a superfície do osso que sofre a tensão e recomeçam o processo de remodelação óssea.

Nilsson e Westlin (1971) encontraram diferenças ao nível do conteúdo mineral ósseo, relacionadas com actividade específica a que essas superfícies ósseas eram submetidas no dia-a-dia dos sujeitos. Alguns investigadores acreditam que o processo de remodelação óssea permite a criação de uma reserva de conteúdo mineral ósseo acima das necessidades diárias de um indivíduo (Frost, 1989). Esta reserva tem influência na diminuição da susceptibilidade de fracturas, em especial na população de idosos onde a incidência de ocorrências é mais elevada (Schultheis, 1991).

É sensivelmente a partir dos 35 anos de idade, que a taxa de formação óssea começa gradualmente a diminuir em cerca de 1% por ano, não

acompanhando a taxa de reabsorção. A taxa anual de perda do conteúdo mineral ósseo num indivíduo com osteoporose é de cerca de 2% a 3% (Parfitt & Kleerkooper, 1984).

É importante sublinhar que o balanço entre a reabsorção e a formação óssea difere substancialmente, não só entre diferentes ossos como entre diferentes zonas do mesmo osso.

Os homens estão mais aptos para preservar o conteúdo mineral ósseo do que as mulheres (Martin & Burr, 1989). Segundo Kiebzak (1991), aos 90 anos de idade as mulheres perderam em média cerca de 90% da massa do osso trabecular, enquanto que os homens perderam apenas 10% a 25%.

Três dos principais factores que influenciam as alterações ósseas durante o envelhecimento são: modificações dos níveis hormonais; regimes alimentares deficitários e a diminuição da actividade física. Os factores hormonais incluem alterações nos níveis de estrogénio, de testosterona e da hormona do crescimento; os regimes alimentares deficitários estão principalmente relacionados com a baixa ingestão de cálcio e vitamina D; a diminuição dos níveis de actividade física tem implicação directa na estimulação da remodelação osteogénica (LeBlanc & Schneider, 1991).

Força muscular

Mesmo em actividades que apresentam um menor nível de exigência, como por exemplo as actividades do dia-a-dia, são necessários níveis moderados de força muscular. Assim, no idoso, a força tem um papel importante na preservação da sua independência e da capacidade de participação nas actividades de carácter social..

A força muscular revela ter um papel capital para todos os indivíduos, mas é ainda mais importante nos idosos. A perda gradual de força muscular ao nível dos membros inferiores e da musculatura extensora do tronco durante o envelhecimento não só incapacita a mobilidade como está associado a um maior risco de quedas (Tinetti & Speechley, 1989; Tobis, Friis & Reinsch, 1989).

O treino adequado da força muscular pode ajudar a prevenir o risco de quedas através da potencialização da capacidade de reequilibração do indivíduo (Providence e col., 1995).

A capacidade máxima de produção de força, tanto no homem como na mulher, é alcançada entre os 20 e os 30 anos, período no qual a secção transversal do músculo é a maior (Clarke, 1973; Montoye e col., 1977; Vandervoort, Kramer & Wharram, 1990). Posteriormente observa-se um declínio progressivo da força em todos os grupos musculares. No entanto o declínio da força isocinética é mais rápido na mulher do que no homem (Freedson e col., 1993), ocorrendo uma perda significativa no período perimenopáusico (Sandler e col., 1991). As diferenças na taxa de perda de força isométrica e isocinética entre homens e mulheres, reflecte em parte as diferenças nos padrões habituais de actividade física.

Num estudo transversal, elaborado por Shock e Norris (1970), encontrou-se uma significativa diminuição da força muscular a partir dos 60 anos. Kallman, Plato e Tobin (1990) num estudo longitudinal, encontraram uma diminuição da força de preensão relacionada com o envelhecimento. No entanto, os indivíduos diferiam grandemente na taxa de perda da força durante o processo de envelhecimento. Segundo estes investigadores, com o envelhecimento a força máxima isométrica diminui e a fadiga muscular aparece mais precocemente.

A resistência da força não sofre uma diminuição tão significativa quanto a força máxima (LaForest e col., 1990), no entanto alguns autores têm

encontrado uma diminuição da resistência da força com o envelhecimento (Clark e col., 1992).

A perda de força muscular da grande maioria dos grupos musculares apresenta padrões similares (Aoyagi & Shephard, 1992). A atrofia muscular associada à perda de força reflecte a selectiva desinervação das fibras musculares e a reinervação através de unidades motoras adjacentes que mantiveram a sua integridade (Brooks & Faulkner, 1994; Aoyagi & Shephard, 1992).

Brooks e Faulkner (1988) revelaram que a taxa de produção de força de um músculo isolado de um rato idoso era 30% inferior à taxa de produção de força do mesmo músculo num rato novo, e que a taxa de produção de força relativa à massa muscular era 20% mais baixa no rato com mais idade. Estas descobertas nos animais são relevantes para os humanos. Nos homens, a força por secção transversal do músculo é também menor nos idosos (Young e col., 1985).

A capacidade de produção de tensão muscular durante a contracção é semelhante nas fibras do músculo mais envelhecido e no músculo mais novo (McCarter, 1978; McCarter & McGee, 1987). Assim, a diminuição da capacidade de produção de força muscular provocada pelo envelhecimento não é devida ao decréscimo da capacidade de produção de tensão muscular, mas sim devido à existência de um menor número de unidades motoras (Campbell e col., 1973). A diminuição da força muscular não se deve à incapacidade dos neurónios motores para activar as fibras, mas sim devido a outros factores (Phillips e col., 1992).

Contrariamente para Arabadjis e col. (1990), e Newton e Yemn (1986), a capacidade de produção de tensão muscular é menor no músculo mais envelhecido. Quanto maior é o momento da força, maior é a diferença na taxa de produção de tensão muscular entre o músculo mais novo e o músculo mais envelhecido. Os músculos mais envelhecidos apresentam

menor velocidade na capacidade de relaxamento relativamente a músculos mais novos (Arabadjis e col., 1990; Fitts e col., 1984).

Brooks e Faulkner (1988), afirmam que as alterações na curva força/tempo apresentam uma diminuição de 10 a 20% nos indivíduos idosos. A força não diminui de forma uniforme em todos os músculos e em todos os tipos de movimentos, tanto nos humanos como nos animais.

Resultados de várias investigações têm indicado que a força dos membros inferiores diminui mais rapidamente com a idade do que a força dos membros superiores (Larsson, 1978; Larsson e col., 1979; Murray e col., 1985; Murray e col., 1980). A perda de força a nível dos membros inferiores nos idosos, cria situações de incapacidade e de dependência que comprometem a qualidade de vida dos mesmos. A avaliação da funcionalidade do idoso está comprometida pela perda de força ao nível dos membros inferiores (Jette e col., 1990).

A avaliação da força em testes laboratoriais encontra-se também condicionada por aspectos como a motivação do indivíduo e a experiência anterior no desempenho daquela tarefa específica. Raramente estas duas condições se encontram reunidas na população de um estudo de investigação.

Spirduso (pp.126, 1995), com base em dados recolhidos e não publicados pela Federação dos Estados Unidos de Powerlifting (1991), dos recordes de atletas de idades até aos 75 anos, afirma que a perda significativa de força ocorre principalmente ao nível do tronco e não dos membros inferiores como alguns investigadores advogam. Para Spirduso (1995), o decréscimo da força muscular no idoso é devido à diminuição da estimulação e não devido ao processo de envelhecimento.

Para Kovar e Lacroix (1987), a principal razão porque cerca de 16% dos indivíduos com idades acima dos 55 anos apresentam dificuldades em realizar o levantamento de cerca de 11Kg, é devido apenas à falta de

treino ou a patologias incapacitantes, e não devido à perda massiva de massa muscular. O decréscimo dos níveis de força de músculos com maior solicitação na vida diária, como por exemplo os da preensão, dorsoflexão e plantarflexão, é significativamente menor do que o verificado em músculos com menor solicitação (Bosco & komi, 1980; Wilmore, 1991). A força isométrica sofre um decréscimo menor do que a força dinâmica (Laforest e col., 1990), e a força durante a acção muscular excêntrica apresenta também um menor decréscimo do que durante a acção muscular concêntrica (Vandervoot e col. 1990). Perante estes aspectos, uma mulher idosa sente eventualmente mais dificuldade em levantar-se de uma cadeira do que em sentar-se.

Num estudo realizado por Laforest e col. (1990), verificou-se que quanto maior for a velocidade de contracção muscular, menor é a capacidade do músculo do sujeito mais idoso para desenvolver tensão muscular. Contrariamente, Harries e Bassey (1990) encontraram uma correlação similar entre a idade e a perda de força isocinética em toda a amplitude de velocidades entre 0 e 5,24 rad/seg.

Embora a força máxima produzida por um indivíduo idoso seja menor do que a produzida por um indivíduo jovem no mesmo intervalo de tempo, o músculo do indivíduo idoso demora o mesmo tempo que o do indivíduo jovem, para alcançar o seu valor máximo de produção de força, se o objectivo da tarefa é a produção de uma contracção máxima à velocidade máxima (Clarkson e col., 1981).

Influência da massa muscular na capacidade de produção de força

A força máxima que um sujeito consegue produzir depende substancialmente da quantidade de massa muscular solicitada. Fibras

musculares da mesma dimensão e com iguais níveis de treino têm capacidades semelhantes de produção de força, quer pertençam a sujeitos do sexo masculino ou feminino. As diferenças entre indivíduos na capacidade de produção de força aparecem, quando um deles evidência maior massa muscular.

A massa muscular diminui com o envelhecimento provocando um decréscimo na capacidade de produção de força (Green, 1986; Kallman e col., 1990). Young e col. (1985), encontraram, em idosos com a média de idades de 70 anos, valores cerca de 25% menores na área da secção transversa do músculo quadricípite, relativamente a sujeitos de 20 anos. A diminuição da massa muscular tem sido atribuída a alterações do número de fibras musculares, da sua dimensão e da perda de unidades motoras. Nos idosos, uma parte significativa do tecido muscular é substituído por tecido conjuntivo (Lexell, 1992).

Pensa-se que a perda de massa muscular é devida à redução da dimensão e do número de fibras musculares, particularmente das fibras do tipo II (Aniansson et al., 1981; Aniansson et al., 1986; Tomonaga, 1977). Este facto conduz a um aumento em termos proporcionais das fibras do tipo I. Existe no entanto uma diminuição do número total de fibras musculares. Estudos electromiográficos indicam também uma diminuição do número de neurónios motores em indivíduos idosos (Phillips e col., (1992). Este facto contribui para a diminuição da massa muscular porquanto que as fibras não inervadas sofrem atrofia muscular e são eventualmente substituídas por tecido conjuntivo.

Embora a massa muscular diminua com o envelhecimento, este decréscimo é notóriamente menos significativo em indivíduos que mantêm a prática regular de treino de musculação.

Características das fibras musculares do idoso

Grande parte dos estudos existentes têm sido realizados em animais devido ao facto das técnicas disponíveis para o estudo das fibras musculares serem intrusivas. A técnica habitualmente utilizada é a da biópsia, e para que esta técnica seja menos intrusiva em estudos realizados no homem, apenas tem sido feita a colheita de um pequeno número de fibras, o que tem conduzido a resultados muito diversificados entre os vários estudos. Por estas razões e devido ao facto do tecido muscular dos animais ser muito semelhante ao do homem, grande parte da informação disponível sobre os efeitos do envelhecimento baseia-se em estudos realizados com animais, habitualmente ratos.

Vários investigadores que realizaram estudos utilizando músculos do homem (Denis e col., 1986; Lexell e col., 1988) e de animais (Brown, 1987; Kovanen & Suominen, 1987), concluíram que as fibras musculares apresentavam menores dimensões nos indivíduos idosos. No entanto, muitos são os investigadores que não encontraram, tanto em animais como no homem, diferenças significativas na dimensão da fibra muscular (Arabadjis e col., 1990; Lexell e col., 1983; Walters e col., 1990).

Muitos são os investigadores que afirmam existir uma diminuição do número de fibras com o envelhecimento (Green, 1986; Lexell e col., 1983). Pensa-se que a diminuição da massa muscular, particularmente a partir dos 70 anos, é devida em grande parte à diminuição da dimensão e do número de fibras musculares (Green, 1986) e à falta de estimulação. No entanto, a perda de fibras musculares com o envelhecimento é relativamente pequena, apenas cerca de 5% (Arabadjis e col., 1990).

Muito embora exista um consenso relativamente à perda de fibras musculares, o mesmo já não acontece no que se refere ao tipo de fibras que sofre maior diminuição. Se a perda de um tipo de fibras é maior relativamente a outro tipo, então a composição do músculo sofre alteração. Três hipóteses têm sido referidas (Arabadjis e col., 1990),

embora sem consenso. A primeira é de que a proporção do tipo de fibras se mantém relativamente constante durante todo o período de vida do indivíduo, embora havendo diminuição de massa muscular. A segunda hipótese, é de que existe uma maior diminuição de fibras tipo II do que de tipo I, pensa-se que resultante da morte progressiva e selectiva dos neurónios motores que activam as unidades motoras das fibras de contracção rápida. A terceira hipótese é de que as unidades motoras das fibras de tipo II se transformam, devido à falta de estimulação em unidades do tipo I.

Green (1986), é de opinião de que existe, com o envelhecimento, uma perda selectiva das fibras musculares do tipo II. Muitos são os investigadores que afirmam que as fibras tipo II são as mais afectadas com o envelhecimento, sofrendo uma perda selectiva (Engel, 1970; Larsson, 1978; Doherty, Vandervoort e Brown, 1993). No entanto, muitos outros não encontraram alterações significativas na proporção de fibras tipo I e II entre indivíduos jovens e idosos, tanto no homem (Essen-Gustavsson & Borges, 1986; Lexell e col., 1983), como nos animais (Eddinger, Moss & Cassens, 1985; Kovanen & Suominen, 1987). A resolução desta controvérsia poderá estar na utilização de técnicas mais avançadas de forma a diferenciar com maior evidência as alterações que são provocadas pelo processo de envelhecimento ou pela falta de estimulação.

Embora sendo muitos os investigadores que não encontraram diferenças entre os dois tipos de fibras em indivíduos com idades compreendidas entre os 20 e os 60 anos, em indivíduos com mais de 60 anos foi encontrado um menor número de fibras tipo IIa e IIb. Algumas fibras tipo II que perdem a sua inervação podem ser reinervadas pelos neurónios motores de fibras tipo I (Grimby & Saltin, 1983). Este facto provoca uma aparente manutenção das fibras tipo I e uma diminuição das fibras tipo II, no entanto algumas fibras tipo I podem ter sofrido uma redução.

Muita da controvérsia sobre a perda selectiva de determinado tipo de fibras é devida ao facto de os variados estudos terem sido realizados em diferentes músculos e em diferentes espécies, usando métodos e amostras de áreas diferentes do músculo (Arabadjis e col., 1990). Pensa-se ser provável que tipos de fibras de músculos, ou de determinadas áreas com menor solicitação, possam sofrer uma perda gradual com a idade (Arabadjis e col., 1990). No entanto, num estudo realizado por Lexell e col. (1988), com o objectivo de resolver alguns dos problemas metodológicos dos estudos realizados até à data, a perda de fibras musculares foi o factor encontrado como a maior causa para a atrofia muscular. A diminuição do número de fibras era aproximadamente a mesma nas fibras tipo I e tipo II.

Outra alteração relacionada com o envelhecimento é a modificação do arranjo entre os tipos de fibras. Nos músculos de indivíduos mais jovens os tipos de fibras estão mais interlaçadas entre si, enquanto que nos idosos os diferentes tipos de fibras encontram-se agrupadas de forma diferenciada (Lexell, 1992).

É cada vez maior o consenso entre os investigadores, de que as alterações da composição das fibras musculares durante o envelhecimento se deve fundamentalmente a aspectos específicos da função muscular, e não a aspectos relacionados com o envelhecimento. Embora muitos investigadores estejam de acordo de que o número de fibras diminui significativamente durante o envelhecimento, são também de opinião de que esse número de fibras não é significativo relativamente à percentagem de perda de força muscular. Outros mecanismos para além da diminuição do número de fibras e da atrofia devem estar envolvidos na perda da força e da potência muscular.

Capacidade oxidativa muscular

A capilarização dos músculos é uma das funções vasculares que parece não sofrer alterações com o envelhecimento (Aniansson e col., 1981;

Brown, 1987; Grimby e col., 1982; Walters, Sweeney & Farrar, 1990). A densidade capilar parece manter-se durante o envelhecimento.

A capacidade oxidativa muscular é menor nos indivíduos idosos (Trounce e col., 1989), mas a magnitude de decréscimo não é homogênea em todos os músculos (Hansford & Castro, 1982). Em indivíduos idosos que mantiveram a prática regular de exercício físico, não foram encontradas decréscimos significativos na capacidade oxidativa muscular (Walters e col., 1990).

Alterações neuromusculares

Com o envelhecimento, o número de unidades motoras apresenta um decréscimo (Green, 1986; Grimby, 1988). Julga-se que este é devido à morte de neurónios motores ao nível da medula espinal. As unidades motoras existentes são na sua grande maioria pertencentes a fibras do tipo I, e através da reinervação de fibras que eram inervadas pelos neurónios motores mortos aumentam o número de fibras tipo I (Campbell e col., 1973). Assim o número de fibras musculares por neurónio motor pode aumentar com o envelhecimento (Fitts, 1981). No entanto, para Walters e col. (1990), apesar da diminuição de neurónios motores, não existem alterações das características dos restantes na função neuromuscular.

Hipertrofia muscular

O desenvolvimento da força é atribuído, numa fase inicial do treino, à melhoria da activação dos factores neurais do músculo, o que ocorre numa fase anterior à da hipertrofia muscular (Moritani & DeVries, 1979).

Segundo Jones (1989), a adaptação da massa muscular ao TF ocorre em três fases. Numa primeira fase dão-se rápidos aumentos da força muscular sem no entanto existir alterações do volume muscular. Estes incrementos são devidos a melhorias da coordenação neuromuscular das unidades motoras e ao factor aprendizagem do desempenho da tarefa. A segunda fase é caracterizada pelo aumento da força de determinado

grupo muscular sem no entanto haver alterações da área do músculo. Só na terceira fase é que ocorre um aumento da dimensão do músculo. Um aumento da massa muscular requer um programa de TF com sobrecarga progressiva, executando um número de repetições entre 8 e 12 repetições e utilizando uma percentagem acima dos 60% da carga máxima (Stone, O'Bryant & Garhammer, 1981). Embora alguns estudos inicialmente realizados apontassem como causa do aumento da força a melhoria da activação neuromuscular e não a hipertrofia muscular (Moritani & DeVries, 1980), estudos mais recentes utilizando tomografia axial computadorizada encontraram aumentos na secção transversa dos grupos musculares envolvidos no programa de exercício de TF (Frontera e col., 1988; Brown. McCartney & Sale, 1990; Fiatarone e col., 1990).

Vários investigadores têm encontrado aumentos na massa muscular de indivíduos idosos semelhantes aos que ocorrem em indivíduos jovens sujeitos a programas de treino da força (Brown. McCartney & Sale, 1990; Frontera e col., 1988; Kauffman, 1985). No entanto, estes aumentos não são tão significativos quanto os aumentos da força muscular.

A treinabilidade da força no idoso

São numerosos os estudos que revelaram que ambos os sexos, quando submetidos a programas de treino da força, apresentavam ganhos substanciais de força muscular (Moritani & DeVries, 1980; Grimby, 1988; Brown, McCartney & Sale, 1990; Fiatarone e col., 1990; Frontera e col., 1991).

Conjuntamente com os ganhos de força têm sido encontradas melhorias das capacidades coordenativas e da activação neural (Moritani & deVries, 1980). Os programas de treino da força aplicados em alguns estudos têm permitido uma diminuição da atrofia muscular e o aumento da massa isenta de gordura (Brown & Rose, 1985; Fiatarone e col., 1994).

O treino regular facilita a retenção proteica diminuindo a perda de massa isenta de gordura e de força muscular durante o envelhecimento (Meredith e col.,1987). Klitgaard e col. (1989), demonstraram que as alterações das proteínas do retículo sarcoplasmático não ocorriam em indivíduos idosos habitualmente sujeitos a treino de força.

Um número crescente de investigadores afirma que o envelhecimento é acompanhado de uma perda irreversível de miócitos. Esta perda observa-se predominantemente nas fibras tipo II (Israel, 1992), ou seja, as que têm maior capacidade de produção de força.

A questão que frequentemente se levanta é se o déficit de força é consequência do processo natural de envelhecimento, ou se é devido à falta de estimulação e à consequente atrofia e deterioração. Provavelmente é devido às duas causas. No entanto, o estudo de Pyka e col. (1994), afirma que esta diminuição do déficit de força pode ser revertida através do TF. Estes investigadores realizaram um estudo com homens e mulheres idosos, com idades compreendidas entre os 61 e os 78 anos, os quais foram submetidos a um programa de 12 exercícios de TF realizados em circuito, com a frequência de 3 sessões semanais durante 50 semanas. O desenvolvimento da força foi significativo logo após as 8 semanas de treino, mas mais relevante foi o aumento da área das fibras tipo I e tipo II evidente após as 30 semanas.

Num estudo realizado por Frontera e col..(1988), um grupo de homens com idades compreendidas entre os 60 e os 72 anos foram submetidos a um programa de exercícios de força durante 12 semanas, tendo a carga prescrita sido de 80% da 1 RM. No final das 12 semanas, a força no exercício de flexão do joelho tinha aumentado 107%, e na extensão do joelho aumentou 227%. Estas taxas de aumento (cerca de 5% por sessão de treino) são semelhantes às encontradas em indivíduos jovens. Estes ganhos foram acompanhados por uma hipertrofia significativa de ambos os tipos de fibras.

Larsson (1982), afirma que a taxa absoluta de ganhos de força é igual em indivíduos jovens e idosos. No entanto, como a condição física inicial dos idosos é inferior à dos jovens, os ganhos relativos são superiores nos idosos. Nichols e col. (1993), concluíram do estudo realizado que, mulheres com idades acima dos 60 anos habitualmente activas ou envolvidas em programas de actividade física, apresentavam ganhos mais elevados de força ao nível da parte superior do corpo. Esta adaptação é importante para o desempenho das actividades do quotidiano.

Estudos realizados por Grimby e col. (1982), Larsson (1982) e Aniansson e col. (1984) através de biópsias musculares, revelaram que o exercício pode reverter a atrofia muscular do idoso. Aniansson e Gustafson (1981), realizaram um estudo com indivíduos do sexo masculino com idades compreendidas entre os 69 a 74 anos, no qual estes executaram um programa de treino da força. Os ganhos de força foram semelhantes aos encontrados em indivíduos jovens. É no entanto um facto, que a marcada atrofia presente nos idosos leva a que mesmo um estímulo de baixa intensidade conduza a adaptações significativas.

Vários são os estudos que evidenciam um aumento significativo da força em indivíduos idosos sujeitos a um programa de treino da força (Fiatarone e col., 1994; Fiatarone e col., 1990; Frontera e col., 1988; Moritani e deVries, 1980). O Quadro 1 apresenta um resumo dos estudos mais significativos dos efeitos do treino da força em pessoas idosas.

Quadro 1. Estudos dos efeitos do treino de força em idosos

Autores	Nº de sujeitos e sexo (F,M)	Média de idades (anos)	Tipo de treino	Intensidade da carga	Duração (semanas)_a	Grupos musculares	Ganhos de força (%)
Perkins e Kaiser (1961)	15 F	73,6	Isométrico	Alta	6	Ext. do joelho	57
	5 M		Isotônico	Moderada	6	Ext. do joelho	64
Liemohn (1975)	6 M	61-70	Isométrico	Alta	6	Ext. e flexores do joelho	17 e 24, respectivamente
Aniansson e Gustafsson (1981)	12 M	71	Isométrico e isotônico	Baixa	12	Ext. do joelho	9-22
	12 M (controle)	71				Nenhum	0
Moritani e DeVries (1980)	5 M	70	Isotônico	Alta	8	Flexores do cotovelo	23
	5 M	22	Isotônico	Alta	8	Flexores do cotovelo	30
Larsson (1982)	18 M	22-65	Isotônico	Baixa	15 ^a	Ext. do joelho	2,9-7,5*
Kauffman (1985)	10 F	69	Isométrico	Alta	6	Adu. digital mínimo	72
	10 F	23	Isométrico	Alta	6	Adu. digital mínimo	95
Frontera e col. (1988)	12 M	60-72	Isotônico	Alta	12	Extensores e flexores do joelho	107 e 227, respectivamente
Hagberg e col. (1989)	23 M,F	70-79	Isotônico	Baixa-moderada	26	Parte superior e inferior do corpo	18 e 9, respectivamente
Fiatarone e col. (1990)	10 M,F	90	Isotônico	Alta	8	Ext. do joelho	174
Charette e col. (1991)	13 F	69	Isotônico	Moderada-alta	12	Parte inferior do corpo	28 a 115 de acordo com o grupo muscular

Morganti e col. (1994)	39 F	59,5	Isotônico	Alta	48 ^a	Parte inferior do corpo	50/40 durante os 3 primeiros meses
Jones e col. (1994)	46	67	Isotônico	Moderada	16	Ext. e flex do joelho	23 e 32 respectivamente
Hunter e Treuth (1995)	15 F	60-77	Isotônico	Alta Moderada	16	Parte superior e inferior do corpo	48 e 60, respectivamente
Sipilä e Asuominen (1995)	16	76-78	Isotônico	Moderada-alta	18	Parte inferior do corpo	19

* Não significativo

^a A frequência de treino foi de 3 sessões/semana excepto no estudo de Larsson e no de Morganti que tiveram a frequência de 2 sessões/semana

Da análise dos vários estudos pode inferir-se que a percentagem dos ganhos de força está relacionada com a intensidade e duração do programa de treino. A combinação de programas de treino aeróbio e de treino da força de intensidade baixa, ou somente o TF de intensidade baixa conduz a incrementos menos significativos (Hagberg e col., 1989; Vitti e col. 1993).

Os estudos que utilizaram programas de treino com intensidades elevadas obtiveram ganhos de força significativos. É exemplo disso o estudo realizado por Hunter e Treuth (1995, que adoptou uma intensidade de cerca de 75% da 1RM e obteve uma percentagem média de ganhos de cerca de 48 a 60%.

Um dos estudos que testou populações mais idosas foi o de Fiatarone e col. (1990), que encontrou ganhos significativos na força muscular e na funcionalidade de idosos com idades compreendidas entre os 86 e os 96 anos. Neste estudo, 10 idosos que viviam numa instituição de cuidados permanentes e que apresentavam uma ou mais combinações de doença coronária, doença osteo-articular, osteoporose e hipertensão arterial, participaram num programa de 8 semanas de treino da força. O único grupo muscular testado foi os extensores do joelho, sendo o programa constituído pela execução de 3 séries de 8 repetições a 80% da sua força máxima. A média de aumento foi de 174% na perna direita e de 180% na perna esquerda.

Estes resultados indicam claramente a capacidade de adaptação e de resposta ao treino que a estrutura muscular tem, mesmo em idades acima dos 70 anos. Embora esteja bem documentada a adaptabilidade ao exercício, a treinabilidade diminui com a idade (Clarke, 1973).

CAPÍTULO III - METODOLOGIA

INTRODUÇÃO

É propósito deste capítulo apresentar o quadro metodológico sobre o qual o presente trabalho teve lugar. Após uma explicação do desenho experimental, caracteriza-se a amostra e a sua constituição, bem como o programa de exercício e o período de treino.

De seguida descreve-se a aplicação dos questionários clínico e de actividade física. Referem-se ainda os procedimentos efectuados para a recolha dos dados antropométricos, da composição corporal, da força isotónica e da força isocinética.

As diferentes etapas percorridas para a análise e processamento dos dados bem como o tratamento estatístico efectuado, constituem a última parte deste capítulo.

Em anexo, encontram-se os questionários clínico e de actividade física.

CONCEPÇÃO DO ESTUDO

Para verificar os efeitos do TF a dois níveis de intensidades diferentes, na MIG, na MG e na FM, em mulheres pós-menopausicas activas há pelo menos 1 ano (2 sessões semanais de exercícios calisténicos com a duração de 45 min), foi seleccionada um grupo de 28 mulheres. Esta amostra de sujeitos foi dividida em 3 grupos: grupo de controle; grupo de treino a 60% da 1RM e grupo de 80% da 1RM. Os grupos de treino foram sujeitos a um programa de treino da força com a duração de 7 meses.

O presente trabalho consistiu num estudo longitudinal controlado, que envolveu um período de treino com a frequência semanal de 2 sessões. Devido ao facto dos grupos não terem sido definidos aleatoriamente, trata-se assim de uma concepção quasi-experimental.

Os testes de avaliação foram efectuados no início e no final do período de treino. Apenas na avaliação da 1RM se realizou uma avaliação intermédia, sensivelmente a meio do período de treino (4º mês).

CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Este estudo foi realizado com 28 mulheres pós-menopausicas com idades compreendidas entre os 59 e os 75 anos (Quadro 2), não envolvidas em processos de treino da força. Os sujeitos foram informados dos objectivos gerais, procedimentos e intenções deste estudo, após o que declararam a sua disponibilidade em participar.

Quadro 2.Caracterização da amostra

	Média	D. Padrão
Idade (anos)	66,9	4,69
Altura (cm)	152,7	5,85
Massa corporal (Kg)	63,2	7,44
IMC	27,3	3,31
Anos pós-menopausa	19,1	7,2

Os grupos não foram constituídos de forma aleatória mas tendo como referência os valores iniciais do conteúdo mineral ósseo. O procedimento utilizado foi o designado por ABBA: o primeiro sujeito com o valor total mais elevado de densidade mineral óssea foi colocado no grupo experimental 1(A) (intensidade de 60% da 1 RM), o segundo e

o terceiro sujeitos com os valores mais elevados foram colocados no grupo experimental 2(B) (intensidade de 80% da 1 RM), o quarto e o quinto sujeitos foram colocados no grupo experimental 1(A), e assim por diante até que todos os sujeitos estivessem distribuídos.

O grupo experimental 1 era constituído por 9 sujeitos, o grupo experimental 2 por 7 sujeitos e o grupo de controle por 12 sujeitos.

CARACTERIZAÇÃO DO PERÍODO DE TREINO

O período de treino teve a duração de 7 meses, tendo tido uma semana de interregno no Natal e uma na Páscoa. A periodicidade de treino foi de 2 sessões semanais com a duração aproximada de 45 minutos. Cada sessão teve início com uma fase de activação orgânica e mobilização músculo-articular dos sujeitos, com o objectivo de os preparar para a fase de treino propriamente dita. Esta última fase envolveu a realização de 8 exercícios de treino da força realizados em máquinas de resistência variável. O programa de treino era constituído pelos seguintes exercícios: puxada vertical, prensa de peito, flexão do cotovelo (*curl* de bíceps), prensa horizontal de pernas, extensão do joelho (extensão de pernas), extensão dorso-lombar, adução e abdução de pernas.

Durante as primeiras 5 semanas de treino a intensidade da carga foi de 50% da 1RM, o número de repetições realizado foi de 12-15 e o número de séries de 1 por exercício.

Após este período de adaptação e de familiarização com os equipamentos, o grupo experimental 1 utilizou uma intensidade de carga de 60% da 1RM para cada exercício e o grupo experimental 2 treinou a 80% da 1RM.

O grupo experimental 1 utilizou um número de repetições de 12-15, e o grupo 2 de 6-8 repetições. Ambos os grupos experimentais realizaram 2

séries em cada exercício. O tempo de intervalo entre cada série e entre cada exercício foi de 2 minutos.

A velocidade de execução utilizada para todos os exercícios foi de 2 segundos na acção concêntrica e de 4 segundos na acção excêntrica de cada movimento. O ajuste da carga foi realizado sempre que o número de repetições ultrapassava os valores dos intervalos respectivos de cada grupo. Cada sessão de treino terminou sempre com a realização de exercícios de flexibilidade e de alongamento muscular. Todas as sessões de treino foram supervisionadas por professores de Educação Física. Particular atenção foi dada à correcção das alterações qualitativas da técnica de execução registadas durante as sessões de treino.

O grupo de controlo manteve durante o mesmo período, o seu programa de exercícios calisténicos.

INSTRUMENTOS

Os valores antropométricos do peso e da altura foram medidos respectivamente numa balança SECA e numa régua de altura SECA.

Para a avaliação da composição corporal foi utilizado um aparelho de densitometria radiológica de dupla energia (DXA) Hologic QDR-1500 (*pencil beam*, *software* versão 5.67).

Para o treino e avaliação da força máxima (isotónica) foram utilizadas 8 máquinas Technogym® Super Executive Line.

O *peak torque* da extensão do joelho esquerdo e da flexão do cotovelo esquerdo foram avaliados com um dinamómetro isocinético (Biodex).

Os questionários de história clínica e de actividade física forneceram informações dos hábitos de vida, níveis de actividade física e estado clínico dos sujeitos. O propósito dos questionários foi o de excluir da

amostra os sujeitos que, por razões de saúde, poderiam eventualmente influenciar as variáveis a ser avaliadas.

PROCEDIMENTOS E RECOLHA DE DADOS

A aplicação dos questionários da história clínica e de actividade física foi realizada individualmente pelo entrevistador.

As avaliações da composição corporal e dos dados antropométricos foram realizadas individualmente, em dia e hora marcada com cada sujeito. Cada sessão de avaliação era iniciada pela medição do peso e da altura, sem sapatos, usando apenas a roupa interior. A composição corporal foi analisada pela técnica de densitometria radiológica de dupla energia, com o sujeito em posição de decúbito dorsal. A massa isenta de gordura total refere-se a toda a massa de tecido não gordo e não inclui o tecido ósseo.

Foi solicitado aos sujeitos que retirassem todos os objectos metálicos pessoais, fazendo parte da roupa, adornos, e próteses dentárias móveis. Todos os exames foram realizados e analisados pelo mesmo operador. Testes de controlo de qualidade foram realizados em todas as manhãs de utilização.

Procedimentos de avaliação da força

Avaliação Isotónica

Na avaliação da 1RM foram utilizados os seguintes procedimentos: após 10 minutos de activação orgânica e mobilização músculo-articular, os sujeitos realizaram 8 repetições com uma carga leve (cerca de 50% da 1RM), após 1 minuto de intervalo procedeu-se a um aumento de cerca de 20% da carga e realizaram 4 repetições, após 2 minutos de intervalo procedeu-se a novo aumento da carga de cerca de 10 a 15% e foi solicitado aos sujeitos que realizassem 2 repetições. Se o sujeito não completava 2 repetições na amplitude total do movimento, estava então

determinada a 1RM. Sempre que o sujeito completava 2 repetições, procedia-se a um aumento da carga de cerca de 5% e após 2 minutos de recuperação era solicitada uma nova série de 2 repetições. De forma a prevenir a fadiga muscular, em cada caso foi possível determinar a 1RM realizando de 4 a 6 séries.

A avaliação da 1RM no exercício de extensão dorso-lombar foi excluída devido ao elevado risco de lesão. Neste caso realizou-se uma avaliação a 8 RM, utilizando uma amplitude de extensão do tronco até -10°.

Para cada sujeito, a avaliação da 1RM nas 8 máquinas foi realizada numa única sessão de 45 minutos, alternando a avaliação de exercícios de tronco com exercícios de pernas. Nos exercícios de flexão do cotovelo, prensa de peito e puxada vertical a avaliação e o treino foram realizados com a pega na posição neutral. A avaliação da 1RM foi realizada após 2 semanas (4 sessões), de treino e aprendizagem.

Avaliação isocinética

Nos movimentos de flexão do cotovelo e de extensão do joelho, foi avaliado o *peak torque* a 1.05 radianos.s⁻¹ (60°.s⁻¹) com um dinamómetro isocinético Biodex. Foi proporcionado a cada indivíduo um adequado período de familiarização através da execução de algumas repetições de aquecimento antes do teste, que consistiu de cinco repetições submáximas e de três repetições máximas. Os indivíduos foram instruídos para puxar e empurrar com tanta força quanto o possível. A posição do corpo, a estabilização e o alinhamento das articulações foi realizado de acordo com Perrin (1993). Realizaram-se duas avaliações da força máxima, cada uma delas com 3 repetições e um intervalo de 2 min. A avaliação da força máxima isocinética do joelho e do cotovelo ocorreu em dias separados (1 semana de intervalo). Para análise foram utilizados os resultados do melhor teste.

Na avaliação do exercício de flexão do cotovelo foi utilizada a posição neutra da mão.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Procedimentos estatísticos foram utilizados para caracterizar os valores das diferentes variáveis em termos de tendência central, dispersão absoluta e relativa.

A análise dos dados inclui a utilização de regressões lineares para os valores iniciais de cada variável e de regressões parciais para os anos pós-menopausa e grupos. Inclui ainda a utilização de coeficientes de determinação para os valores iniciais e dos incrementos dos coeficientes de determinação para os anos-pós menopausa e grupo, utilizando como variáveis dependentes os valores finais das variáveis em estudo.

Os grupos tiveram uma codificação através do método de contrastes (Cohen & Cohen, 1983) em que, para a análise do efeito do exercício de treino da força versus grupo de controle (GC), o GC foi codificado como 2 e os dois grupos de exercício como -1, e para posterior análise no seio dos grupos de exercício o grupo de controle foi codificado como 0, o grupo de exercício a intensidade de 60% da 1RM como -1 e o grupo de exercício de intensidade a 80% como +1.

Para todos os procedimentos estatísticos o nível de significância admitido foi de $p < 0,05$.

Os resultados obtidos foram introduzidos numa base de dados e tratados utilizando o programa estatístico “*Statistical Package for the Social Sciences*” (SPSS 6.1).

CAPÍTULO IV - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

INTRODUÇÃO

O objectivo deste trabalho foi estudar o efeito de um programa de exercícios de TF a dois níveis de intensidade diferentes, e o aumento de MIG e da força muscular avaliada em equipamentos isocinéticos e isotónicos, em mulheres pós-menopausicas. Mais especificamente, determinar a influência de 7 meses de TF na MIG dos membros superiores e inferiores e na força isocinética (*peak torque*) da extensão do joelho e da flexão do cotovelo.

Foi então estabelecida a comparação entre as mulheres que realizaram um programa de treino da força e o grupo de controle, no que diz respeito às seguintes variáveis: peso; massa isenta de gordura total, massa isenta de gordura dos braços e das pernas; massa gorda de braços e pernas; força isocinética (*peak torque*) ao nível da extensão do joelho e da flexão da cotovelo e força isotónica (1 repetição máxima) no exercício de extensão de pernas e flexão do cotovelo.

Esta investigação considerou 28 mulheres, com idades compreendidas entre os 59 e os 75 anos de idade. Estes indivíduos, embora sendo fisicamente activos há pelo menos 1 ano, não se encontravam envolvidos na prática de TF.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados são seguidamente apresentados e a sua discussão feita paralelamente, resumindo-se no final aqueles com maior significado

para esta investigação. Primeiramente, expõem-se os dados relativos ao grupo total das vinte e oito mulheres que constituíram a amostra. Da sua análise descritiva consiste a média, o desvio padrão, a diferença das médias e a taxa de modificação, relativos a cada variável considerada. Identificam-se depois os coeficientes de regressão das variáveis da composição corporal, da força isocinética e da força isotónica e ainda os coeficientes de determinação e os incrementos dos coeficientes de determinação das mesmas variáveis.

Numa segunda fase, expõem-se e comentam-se os dados e as análises estatísticas relativas a cada um dos grupos formados (GC - grupo de controle; G60% - grupo de exercício a 60% da 1RM; G80% - grupo de exercício a 80% de 1RM).

A comparação entre grupos de exercício *versus* grupo de controle constitui o procedimento fundamental para identificar as diferenças entre eles. A contribuição relativa e independente do exercício, para o aumento da força e da massa isenta de gordura, é então analisada para os grupos de exercício *versus* grupo de controle, com base numa análise de regressão múltipla, utilizando um modelo hierárquico de partição de variâncias (variável a variável).

Neste modelo, para análise dos efeitos do exercício nas variáveis referentes à caracterização da amostra, foi controlado o respectivo valor inicial e os anos pós-menopausa. Por último são formulados modelos explicativos dos resultados alcançados em cada grupo.

O efeito do exercício foi controlado para os anos pós-menopausa por esta variável ser um indicador da idade da pessoa e poder expressar a capacidade de adaptação da mulher ao exercício. Isto pelo facto de se relacionar directamente com as alterações hormonais que podem potenciar ou inibir a síntese proteica, processo determinante no aumento da MIG e correlacionado com a força muscular (Evans, 1997).

A dimensão da amostra e o grau de dispersão das idades esteve também na decisão da utilização deste procedimento estatístico.

Análise Descritiva

As características descritivas da população total estudada (28 mulheres) são apresentadas nos Quadros 3, 4 e 5. O Quadro 3 contém os valores das variáveis em estudo no grupo de controle (GC), antes e após a aplicação do programa de treino de força; os Quadros 4 e 5 contêm os valores das variáveis, respectivamente do grupo de exercício 1 (G60%) e do grupo de exercício 2 (G80%).

Quadro 3 - Valores iniciais, finais, diferenças entre ambos e taxa de variação da massa isenta de gordura (MIG), percentagem da massa gorda (MG%), força isocinética e força isotónica para o grupo de controle.

VARIÁVEIS	Grupo de controle (n=12)			
	Pré	Pós	Diferença das Médias	Taxa de Variação
Composição Corporal				
MIG (g)				
Braços	3,12 ± 0,43	3,14 ± 0,36	0,02	0,64
Pernas	9,85 ± 1,07	9,85 ± 1,11	0,00	0,00
Total	34,14 ± 2,92	34,17 ± 2,91	0,03	0,09
Braço esq	1,63 ± 0,21	1,64 ± 0,20	0,01	0,61
Braço dto	1,75 ± 0,52	1,71 ± 0,17	-0,04	-2,29
Perna esq	5,25 ± 0,59	5,25 ± 0,56	0,00	0,00
Perna dta	5,27 ± 0,52	5,28 ± 0,58	0,01	0,19
MG (%)				
Total Braços	45,11 ± 9,38	44,71 ± 8,99	-0,40	-0,89
Total Pernas	41,23 ± 6,50	40,98 ± 7,04	-0,25	-0,61
Força Isocinética				
Peak torque (Nm)				
Ext Joelho	76,40 ± 16,00	87,75 ± 14,34	11,35	14,86
Flex Cotovelo	17,16 ± 4,05	19,50 ± 3,60	2,34	13,64
Força Isotónica				
1RM (Kg)				
Ext Perna	39,1 ± 12,17	46,83 ± 8,79	7,73	19,77
Flex Cotovelo	19,23 ± 3,59	20,58 ± 4,47	1,35	7,02

Embora sem explicação plausível, o GC apresentou uma taxa de variação nas variáveis da força isocinética superior ao do G60%. O mesmo facto foi verificado nas taxas de variação das variáveis da força isotónica. No entanto, a taxa de variação da massa isenta de gordura dos braços foi mais elevada no G60% do que no GC, respectivamente 5,37% e 0,64%.

Quadro 4 - Valores iniciais, finais, diferenças entre ambos e taxa de variação da massa isenta de gordura (MIG), percentagem da massa gorda (MG%), força isocinética e força isotónica para o grupo de exercício 1 (intensidade de 60%).

VARIÁVEIS	Grupo de exercício a 60% (n=9)			
	Pré	Pós	Diferença das Médias	Taxa de Variação
Composição Corporal				
MIG (g)				
Braços	2,98 ± 0,30	3,14 ± 0,30	0,16	5,37
Pernas	10,34 ± 0,86	10,29 ± 0,80	-0,05	-0,48
Total	34,66 ± 1,74	34,61 ± 1,72	-0,05	-0,14
Braço esq	1,51 ± 0,16	1,61 ± 0,16	0,10	6,62
Braço dto	1,69 ± 0,16	1,74 ± 0,20	0,05	2,96
Perna esq	5,50 ± 0,44	5,53 ± 0,45	0,03	0,55
Perna dta	5,58 ± 0,51	5,50 ± 0,41	-0,08	-1,43
MG (%)				
Total Braços	44,09 ± 3,47	43,73 ± 4,29	-0,36	-0,82
Total Pernas	48,20 ± 5,90	45,97 ± 7,60	-2,23	-4,63
Força Isocinética				
Peak torque (Nm)				
Ext Joelho	84,43 ± 13,70	93,75 ± 19,75	9,32	11,04
Flex Cotovelo	18,76 ± 3,82	21,17 ± 4,40	2,41	12,85
Força Isotónica				
1RM (Kg)				
Ext Perna	49,73 ± 8,79	40,91 ± 9,24	-8,82	-17,74
Flex Cotovelo	18,73 ± 4,83	18,41 ± 2,31	-0,32	-1,71

Os valores referentes às variáveis da avaliação isotónica apresentaram no G60% valores negativos na taxa de variação o que pode ser explicado

pelas limitações deste tipo de avaliação em indivíduos idosos, e a relevância deste facto está nos valores registados nas avaliações intermédias, realizadas sensivelmente a meio do período de treino, os quais eram superiores aos valores finais.

Quadro 5 - Valores iniciais, finais, diferenças entre ambos e taxa de variação da massa isenta de gordura (MIG), percentagem da massa gorda (MG%), força isocinética e força isotónica para o grupo de exercício 2 (intensidade de 80%).

VARIÁVEIS	Grupo de exercício a 80% (n=7)			
	Pré	Pós	Diferença das Médias	Taxa de Variação
Composição Corporal				
MIG (g)				
Braços	3,16 ± 0,50	3,27 ± 0,45	0,11	3,48
Pernas	10,52 ± 1,87	10,52 ± 1,76	0,00	0,00
Total	35,27 ± 4,90	35,03 ± 4,59	-0,24	-0,68
Braço esq	1,58 ± 0,25	1,68 ± 0,24	0,10	6,33
Braço dto	1,81 ± 0,30	1,83 ± 0,27	0,02	1,10
Perna esq	5,60 ± 1,02	5,66 ± 1,00	0,06	1,07
Perna dta	5,65 ± 1,03	5,60 ± 0,94	-0,05	-0,88
MG (%)				
Total Braços	42,35 ± 3,75	41,05 ± 4,54	-1,30	-3,07
Total Pernas	37,58 ± 2,81	37,56 ± 3,95	-0,02	-0,05
Força Isocinética				
Peak torque (Nm)				
Ext Joelho	84,38 ± 15,40	104,96 ± 10,80	20,58	24,39
Flex Cotovelo	17,81 ± 4,85	21,76 ± 6,61	3,95	22,18
Força Isotónica				
1RM (Kg)				
Ext Perna	39,75 ± 10,83	46,75 ± 7,55	7,00	17,61
Flex Cotovelo	16,00 ± 3,76	19,25 ± 2,65	3,25	20,31

O G80% foi aquele que apresentou valores da taxa de variação mais elevados no *peak torque* da extensão do joelho e da flexão do cotovelo. Este resultado está em consonância com os resultados dos estudos de Frontera e col. (1988), Fiatarone e col. (1990) e de Morganti e col.

(1994). Corroborar de igual forma as conclusões do estudo de Hunter e Treuth (1995) de que intensidades mais elevadas induzem maiores ganhos de força.

É de realçar nos grupos de exercício G60% e G80%, os valores mais elevados da taxa de variação da massa isenta de gordura do braço esquerdo, respectivamente 6,62% e 6,33%, o que pode ser explicado pelo facto de a maioria dos sujeitos testados serem dextros, tendo o treino induzido maiores adaptações no braço esquerdo.

O facto das taxas de variação das variáveis da MIG serem inferiores às taxas de variação das variáveis da força isocinética é relevado em alguns estudos (Brown, McCartney & Sale, 1990; Frontera e col., 1988; Kauffman, 1985), pelo facto dos aumentos da massa muscular não serem tão significativos quanto os aumentos da força muscular.

Os valores mais elevados do *peak torque* da flexão do cotovelo relativamente ao da extensão do joelho são justificados de acordo com Nichols e col. (1993), o qual refere que mulheres com idades acima dos 60 anos habitualmente activas e envolvidas em programas de actividade física apresentam ganhos mais elevados de força ao nível dos membros superiores.

Análise do efeito do exercício

Foi efectuada a análise dos grupos de exercício *versus* grupo de controle. Dada a sua não significância, não se justificou analisar o efeito separado de cada um dos grupos de exercício.

Para analisar a forma como algumas variáveis independentes influenciam as variáveis do estudo, apresenta-se o Quadro 6, que reflecte essa mesma relação.

Quadro 6 - Coeficientes de regressão para o valor inicial de cada uma das variáveis, coeficiente de regressão parcial, coeficiente de determinação para o valor inicial e incremento do coeficiente de determinação para os anos pós-menopausa e grupo, utilizando como variáveis dependentes os valores finais do peso, massa isenta de gordura (MIG), percentagem da massa gorda (MG%), força isocinética e força isotónica.

VARIÁVEIS	Inicial		Anos pós-menopausa		Grupo controlo/exercício	
	β	R^2 (%)	β	iR^2 (%)	β	iR^2 (%)
Peso (g)	0,961*	92,3*	-0,014	1,7*	0,043	0,2
MIG (g)						
Total	0,949*	90,1*	-0,041	0,2	0,005	0,0
Braços	0,870*	75,5*	-0,044	0,2	-0,159	2,5
Pernas	0,916*	83,9*	-0,049	0,2	-0,023	0,1
MG (%)						
Braços	0,923*	81,1*	-0,013	0,0	0,115	1,3
Pernas	0,948*	89,9*	0,043	0,2	0,014	0,0
Força Isocinética						
Peak torque (Nm)						
Ext. Joelho	0,816*	66,6*	0,027	0,1	0,231	4,5
Flex. Cotovelo	0,670*	44,9*	0,324*	9,6*	0,043	0,1
Força Isotónica						
1RM (Kg)						
Ext. Pernas	-0,061	0,4	-0,062	0,4	0,143	1,9
Flex. Cotovelo	0,062	0,4	-0,077	0,6	0,227	4,9

*p<0.05

Da análise do Quadro 6, tal como o esperado, constata-se a influência significativa dos valores iniciais das diversas variáveis dependentes nos valores obtidos no final do estudo. De uma forma genérica, os valores finais tendem a estar associados aos valores iniciais, o que vem confirmar a necessidade da análise do efeito do exercício nas variáveis em estudo, após controle do valor inicial. Há no entanto uma excepção

nas variáveis da força isotônica, a 1RM no exercício de extensão de pernas e de flexão do cotovelo, que não apresentaram associação significativa, provavelmente devido à menor circunscrição dos aspectos envolvidos na situação de avaliação, tais como o aspecto volitivo e a fadiga acumulada.

Para os anos pós-menopausa verificou-se que, mesmo após o controle do valor inicial, se observaram efeitos unicamente nas variáveis peso e flexão do cotovelo, com um incremento no coeficiente de determinação de 1,7% e 9,6% respectivamente.

Controlando para o valor inicial e para os anos pós-menopausa, não se verificou qualquer efeito significativo relativamente aos grupos de exercício *versus* grupo de controle. Embora não significativo, é de destacar o incremento no modelo de 4,9%, 4,5% e 2,5% nas variáveis de flexão do cotovelo (força isotônica), *peak torque* da extensão do joelho e massa isenta de gordura dos braços, respectivamente.

Contrariamente às expectativas, a influência do exercício nas variáveis dependentes do estudo não é significativa. Estes resultados não estão em consonância com os de alguns dos estudos mais recentes como os de Charette e col. (1991), Morganti e col. (1994), Jones e col. (1994), Hunter e Treuth (1995) e Sipilä e Asuominen (1995), os quais verificaram diferenças significativas nos ganhos de força dos sujeitos submetidos a um programa de TF.

No entanto, o estudo realizado por Larsson (1982) não obteve ganhos significativos nos níveis de força .

Um dos aspectos que poderá ter contribuído para a não existência de resultados significativos no presente estudo, está relacionado com o número mais elevado de exercícios do programa de treino. A maioria dos estudos realizados com populações idosas engloba um menor número de exercícios nos seus programas. Tomando em consideração a menor capacidade de recuperação e o aparecimento precoce da fadiga

nestas populações, tal facto pode ter condicionado o aumento da massa isenta de gordura e a evolução exponencial dos ganhos de força.

O facto de conjuntamente com as duas sessões semanais de TF os grupos realizarem uma sessão por semana de adaptação ao meio aquático, poderá eventualmente ter tido algum efeito cumulativo na capacidade de recuperação. Embora os resultados dos estudos de Charette e col., (1991), Fiatarone e col., (1994) e de Hunter e Treuth, (1995) indicarem a capacidade de adaptação e de resposta ao treino mesmo em idades mais avançadas, está bem documentada que a treinabilidade diminui com a idade (Clarke, 1973).

Outro aspecto relevante e eventualmente explicativo neste estudo da fraca adaptabilidade das variáveis relativas à MIG e à força isocinética, é a influência da insuficiente ingestão proteica que caracteriza o regime alimentar de muitos idosos, o que contribui para a sarcopénia e consequentemente diminuição da MIG.

CAPÍTULO V - SUMÁRIO E CONCLUSÕES

SUMÁRIO

Em Portugal a população está a envelhecer e não é convenientemente renovada. Há progressivamente menos jovens e mais idosos (Castro,1995). Em 1995, existiam 300 000 mulheres com mais de 50 anos em período pós-menopausico, e o número de idosos com mais de 65 anos é representado por 57% de mulheres (Castro,1995).

Com base no censo de 1991, a esperança de vida para as mulheres portuguesas foi calculada em 78 anos, ultrapassando a dos homens em cerca de 7 anos (Instituto Nacional de Estatística, 1994), o que também contribuirá para que os problemas relacionados com o envelhecimento assumam maior relevância na população feminina.

Com o aumento da longevidade, cada vez mais a atenção dos especialistas está centrada em sintomatologias crónicas do envelhecimento, tais como a osteoporose, as demências, as neoplasias e as doenças vasculares (Kehayias & Heymsfield, 1997).

Um dos sintomas crónicos ainda não claramente descrito, refere-se à sarcopénia. A sarcopénia é caracterizada por perda de força e aumento da fragilidade do sujeito em conjunto com uma significativa perda de massa muscular (Kehayias & Heymsfield, 1997) e da sua qualidade (Dutta, 1997). É cada vez maior a opinião, por parte dos investigadores, de que a perda de massa muscular com o envelhecimento predispõe os idosos a limitações funcionais, e que esta limitação funcional conduz a variados processos patológicos e, em fases mais avançadas à morbilidade e à morte (Holloszy, 1995).

É também imperativo reduzir os factores capazes de gerar incapacidade no idoso, uma vez que o resultado do aumento da idade de esperança de vida, significa o prolongamento do período de incapacidade que frequentemente precede a morte. A maior causa de incapacidade no idoso são em particular as doenças cardiovasculares, que resultam em enfarte de miocárdio (Shephard, 1989). Outra causa *major* de gerar incapacidade são as quedas, que podem resultar em fracturas ou outras lesões. O medo de queda pode também provocar por condicionamento psicológico incapacidade no idoso (Jette e col., 1990). Muitos dos factores que aumentam o risco de queda no idoso são factores naturais do envolvimento, tais como escadas e irregularidades do solo (Tinetti e Speechley, 1989). No entanto, existem vários factores neuromusculares implicados no aumento do risco de quedas no idoso, tais como a perda de força, de flexibilidade e de equilíbrio (Tobis e col., 1989).

A proposta de que o exercício físico em geral e o treino da força em particular pode beneficiar os idosos, teve como base o facto de indivíduos que mantinham uma prática regular apresentarem uma taxa de morbilidade e de incapacidade, inferior aos que não realizavam exercício (Smith e Giligan, 1989; Aniansson e col., 1984; Blair e col., 1989; Elkowitz e Elkowitz, 1986; Fiatarone e col., 1990; Frontera e col., 1988; MacRae, 1986; Shephard, 1978).

O principal objectivo deste estudo foi verificar a influência do TF, na MIG e na FM, mais especificamente determinar a influência de 7 meses de TF na MIG e na FM de uma população de 28 mulheres activas pós-menopausicas, com idades compreendidas entre os 59 e os 75 anos.

CONCLUSÕES

A comparação entre grupos de exercício *versus* grupo de controle constituiu o procedimento fundamental para identificar as diferenças entre eles.

Com base nos resultados do estudo, pode-se concluir que o facto das variáveis referentes à avaliação isotónica apresentarem no G60% valores negativos na taxa de variação pode ser explicado pelas limitações deste tipo de avaliação em indivíduos idosos. A relevância deste facto está nos valores registados nas avaliações intermédias, realizadas sensivelmente a meio do período de treino, os quais foram superiores aos valores finais. Tal facto permite considerar que este tipo de avaliação é pouco válida quando utilizada em idosos.

O facto do G80% apresentar valores da taxa de variação mais elevados no *peak torque* da extensão do joelho e da flexão do cotovelo está de acordo com os resultados da maioria dos estudos que afirmam que intensidades mais elevadas provocam maior adaptabilidade da FM.

A análise descritiva dos dados permite, de uma forma genérica, inferir que os valores finais tendem a estar associados aos valores iniciais. Há no entanto uma excepção nas variáveis da força isotónica, a 1RM no exercício de extensão de pernas e de flexão do cotovelo, que não apresentaram associação significativa, provavelmente devido à menor circunscrição dos aspectos envolvidos na situação de avaliação, tais como o aspecto volitivo e a fadiga acumulada.

Embora não se tenha verificado efeitos significativos relativamente aos grupos de exercício *versus* grupo de controle, o TF teve influência no aumento da MIG dos braços e da força isocinética no grupo de sujeitos testados.

Tomando em consideração a menor capacidade de recuperação e o aparecimento precoce da fadiga nestas populações, tal facto pode ter

condicionado o aumento da massa isenta de gordura e dos ganhos de força.

Outro aspecto relevante e eventualmente explicativo neste estudo da fraca adaptabilidade das variáveis relativas à MIG e à força isocinética, é a influência da insuficiente ingestão proteica que caracteriza o regime alimentar de muitos idosos, o que contribui para a sarcopénia e consequentemente diminuição da MIG.

BIBLIOGRAFIA

- ACSM, (1995). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 5th Edition, Williams & Wilkins.
- Alexander, N.B., Schultz, A.B. & Warwick, D.N. (1991). Rising from chair: effects of age and functional ability on performance biomechanics. *Journal of Gerontology and Medicine Science*, 46, M91-M98.
- Alexander, N.B., Fry-Welch, D.K., Marshall, L.M., Chung, C.C. & Kowalski, A.M. (1995). Healthy young and old women differ in their trunk elevation and hip pivot motions when rising from supine to sitting. *Journal of American Geriatric Society*, 43, 338-343.
- Allen, T. H., et al. (1960). Total body potassium and gross body composition in relation to age. *Journal of Gerontology*, 15, 348-357.
- Andres R. (1990). Discussion: Assessment of Health Status. In Bouchard et al. (Eds.), *Exercise, Fitness and Health*. Champaign, IL: Human Kinetics
- Aniansson, A. & Gustafson, E. (1981). Physical Training in old men with special reference to quadriceps muscle strength and morphology. *Clinical Physiology*, 1, 87-98.
- Aniansson, A., et al. (1981a). Muscle morphology, enzyme activity and muscle strength in the elderly men and woman. *Clinical Physiology*, 1, 73.
- Aniansson et al. (1984). Effect of a training programme for pensioners on condition and muscular strength. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 3, 229-241.

- Aniansson, A., et al. (1986). Muscle morphology, enzyme activity and muscle strength in the elderly men: a follow-up study. *Muscle Nerve*, 9, 585.
- Anspaugh, D.J., et al. (1989). Health aspects on aging. In D.K. Leslie (Ed.), *Mature stuff: Physical for the older adult* (pp.23-44). Reston, VA: American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance.
- Aoyagi, Y., Shephard, R.J. (1992). Aging and muscle function. *Sports Medicine*, 14, 376-396.
- Arabadjis, P.G., Heffner, R.R., & Pendergast, D.R. (1990). Morphologic and functional alterations in aging rat muscle. *Journal of Neuropathology and Experimental Neurology*, 49, 600-609.
- Bassey, E.J., Fiatarone, M.A., O'Neill, E.F., Kelly, M., Evans, W.J. & Lipsitz, L.A. (1992). Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clinical Sciences*, 82, 321-327.
- Blair, S., et al. (1989). Physical fitness and all-cause mortality: A prospective study of healthy men and women. *Journal of the American Medical Association*, 262, 2395-2401.
- Blaumgartner, R.N., Heymsfield, S.B., Lichtman, S., Wang, J., Pierson, R.N. (1991). Body composition in the elderly: effect of criterion estimates on predictive equations. *American Journal of Clinical Nutrition*. 53:1345-1353.
- Borst, S.E., Millard, W.j., and Lowenthal, D.T. (1994). Growth hormone, exercise and aging: The future of therapy for the frail elderly. *Journal of the American Geriatric Society*, 42: 528-535.
- Bortz, W.M. (1982). Disuse and aging. *Journal of the American Medical Association*, 248: 1203-1208.
- Bosco, C., & komi, P.V. (1980). Influence of aging on mechanical behavior of leg extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 45, 209-219.

- Brooks, S.V., & Faulkner, J.A. (1988). Contractile properties of skeletal muscles from young, adult and aged mice. *Journal of Physiology*, 404, 71-82.
- Brown, M., & Rose, S.J., (1985). The effects of aging and exercise on skeletal muscle - clinical considerations. *Topics in Gerontology and Rehabilitation*, 1, 20-30.
- Brown, M. (1987). Changes in fibre size, not number, in aging skeletal muscle. *Age and Ageing*, 16, 244-248.
- Brown, A.B., McCartney, N., & Sale, D.G. (1990). Positive adaptations to weight-lifting training in the elderly. *Journal of Applied Physiology*. 69, 1725-1733.
- Buskirk, E. R., & Hodgson, J. L. (1987). Age and aerobic power: The rate of change in men and women. *Federation Proceedings*, 46, 1824-1829.
- Buskirk, E.R., & Segal, S.S. (1989). The aging motor system: Skeletal muscle weakness. In W.W: Spirduso & H.M. Eckert (Eds.), *The academy papers: Physical activity and aging* (pp. 19-36). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Calles-Escandon, J., Arciero, P.J., Gardner, A.W., Bauman, C. & Poehlman, E.T. (1995). Basal fat oxidation decreases with aging in women. *Journal of Applied Physiology*, 78, 266-271.
- Campbell, M.J., McComas, A.J., & Petito, F. (1973). Physiological changes in aging muscles. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 36, 174-182.
- Castro, M.N. (1995). *Discurso inaugural do Presidente da Sociedade Portuguesa de Menopausa*. Lisboa: Sede da Ordem dos Médicos.
- Charette, S., McEvoy, L., Pyka, G., e al. (1991). Muscle hypertrophy response to resistance training in older women. *Journal of Applied Physiology*. 70:5, 1912-1916.

- Chen, H.C., Ashton-Miller, J.A., Alexander, N.B. & Schultz, A.B. (1994). Effects of age and available response time on ability to step over an obstacle. *Journal of Gerontology*, 49, M227-M233.
- Clark, D.H., Hunt, M.Q., & Dotson, C.O. (1992). Muscular strength and endurance as a function of age and activity level. *Research Quarterly*, 63. 302-310.
- Clarke, D. H. (1973). Adaptations in strength and muscular endurance resulting from exercise. In Wilmore, J., *Exercise and Sport Science Reviews*. Vol. 1.. New York, Academic Press.
- Clarkson et al., (1981). Age, Isometric Strength, Rate of Tension development, and Fiber Type Composition. *Journal of Gerontology*, 36.
- Clasey, J.L., Hartman, M.L., Kanaley, J., Wideman, L., Teates, C.D., Bouchard, C., Weltman, A. (1997). Body composition by DEXA in older adults: accuracy and influence of scan mode. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 29:4, pp. 560-567.
- Cohen, J. & Cohen, P. (1983). *Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioral Sciences*. 2th Edition. Lawrence Erlbaum, London.
- Colman, E., Katzel, L.I., Rogus, E., Coon, P., Muller, D. & Goldbert, A.P. (1995). Weight loss reduces abdominal and improves insulin action in the middle-aged and older men with impaired glucose tolerance. *Metabolism*, 44, 1502-1508.
- Craig, B.W.; Everhart, J.; Brown, R. (1989). Influence of high-resistance-training on the glucose tolerance in young and elderly subjects. *Mechanisms of Ageing and Development*, 49:147-157.
- Denis, D., Chatard, J., Dormois, D., Linossier, M., Geyssant, A., & Lacour, J. (1986). Effects of endurance training on capillary supply of human skeletal muscle on two age groups (20 and 60 years). *Journal of Physiology*, 81, 379-383.

- Dupler, T.L., and Cortes, C. (1993). Effects of whole-body resistive training in the elderly. *Gerontology*, 39, 314-319.
- Dutta, C. (1997). Significance of sarcopenia in elderly humans. *Journal of Nutrition*, 127, 992S-993S.
- Eddinger, T., Moss, R., & Cassens, R. (1985). Fiber number and type composition in extensor digitorum longus, soleus, and diaphragm muscles with aging in Fischer 344 rats. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, 33, 1033-1041.
- Ekonomov, A., et al. (1989). Actuarial aging rate is not constant within the human life span. *Gerontology*, 35, 113-120.
- Elkowitz, E.B., & Elkowitz, D. (1986). Adding life to later years through exercise. *Exercise in the Elderly*, 80(3), 92-94.
- Engel, W.K. (1970). Selective and nonselective susceptibility of muscle fiber types: A new approach to human neuromuscular diseases. *Archives of Neurology*, 22, 97-117.
- Essen-Gustavsson, B., & Borges, O. (1986). Histochemical and metabolic characteristics of human skeletal muscle in relation to age. *Acta Physiologica Scandinavica*, 126, 107-114.
- Evans, W. (1997). Functional and metabolic consequences of sarcopenia. *Journal of Nutrition*, 127, 998S-1003S.
- Fiatarone, M.A., Marks, E.C., Ryan, N., Meredith, C.N., Lipsitz, L., Evans, W.J. (1990). High-intensity strength training in nonagenarians: Effects on skeletal muscle. *Journal of American Medicine Association*. 263, 3029-3034.
- Fiatarone, M. et al., (1994). Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *The New England Journal of Medicine*. 330, 1769-1775.
- Fiatarone, M., O'Neill, E., Ryan, N., et al. (1994). A randomized controlled trial of exercise and nutrition for physical frailty in the oldest old. *New England Journal of Medicine*. 330, 1769-1775.

- Finch, C.E. (1976). The regulation of physiological changes during mammalian aging. *Quarterly Review of Biology*, 51, 49-83.
- Fitts, R.H., Troup, J.P., Witzmann, F.A., & Holloszy, J.O. (1984). The effect of ageing and exercise on skeletal muscle function. *Mechanisms of Ageing and Development*, 27, 161-172.
- Forbes, G. B., & Reina, J. C. (1970). Adult lean body mass declines with age: Some longitudinal observations. *Metabolism*, 19, 653-663.
- Forbes, G. B. (1976). The adult decline in lean body mass. *Human Biology*, 48, 161-173
- Forbes, G.B. (1987). Lean body mass-body fat interrelationships in human. *Nutrition Reviews*, 45, 225-231.
- Freedson, P.S., Gilliam, T.B., Mahoney, T., Maliszewski, A.F., and Kastango, K. (1993). Industrial torque levels by age and gender. *Isokinetics and Exercise Science*, 3, 34-42.
- Frolkis, V.V. (1968). Regulatory process in the mechanisms of aging. *Experimental Gerontology*, 3, 113-123.
- Frontera, W.R., Meredith, C.N., O'Reilly, K.P., Knuttgen, H.G., & Evans, W.J. (1988). Strength conditioning in older men: Skeletal muscle hypertrophy and improved function. *Journal of Applied Physiology*, 64, 1038-1044.
- Frontera, W., Hughes, V., Lutz, K., & Evans, W. (1991). A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45 to 78-yr-old men and women. *Journal of Applied Physiology*, 71, 644-650.
- Fülöp, T., et al. (1985). Body composition in elderly people. *Gerontology*, 31, 150-157.
- Galloway, A., et al. (1990). Stature loss among an older United States population and its relation to bone mineral status. *American Journal of Physical Anthropology*, 83, 467-476.

- Green, H.J. (1986). Characteristics of aging human skeletal muscles. In J.R. Sutton & R.M. Brock (Eds.), *Sports medicine for the mature athlete* (pp. 17-26). Indianapolis: Benchmark Press.
- Grimby et al. (1982). Morphology and enzymatic capacity in arm and leg muscles in 78-81-year-old men and women. *Acta Physiologica Scandinavica*, 115, 125-134.
- Grimby, G., & Saltin, B. (1983). The ageing muscle. *Clinical Physiology*, 3, 209-218.
- Grimby, G. (1988). Physical activity and effects of muscle training in the elderly. *Annual Clinical Research*. 20, 62-66.
- Hansford, R.G., & Castro, F. (1982). Age-linked changes in the activity of enzymes of the tricarboxylate cycle and lipid oxidation, and of carnitine content, in muscles of rat. *Mechanisms of Ageing and Development*, 19, 191-201.
- Harris, T.(1997). Muscle mass and strength: Relation to function in population studies. *Journal of Nutrition*, 127 , 1004S-1006S.
- Hershey, D. (1984). Must we grow old? Cincinnati: Basal Books.
- Heymsfield, S.B., & Waki, M. (1991).Body composition in humans: Advances in the development of multicompartiment chemical models. *Nutritional Reviews*. 49: 97-108.
- Holloszy, J. (1988). Exercise and longevity: Studies on rats. *Journal of Gerontology: Biological Sciences*, 43, B149-B151.
- Holloszy, J.O., (1995). Workshop on sarcopenia: muscle atrophy in old age. *Journal of Gerontology*. 50A, 1-161.
- Houmard, J.A., Weidner, M.D., Dolan, P.L., Leggett-Frazier, N., Gavigan, K.E., Hickey, M.S., Tyndall, G.L., Zheng; D., Alshami, A. & Dohm, G.L. (1995). Skeletal muscle GLUT4 protein concentration and aging in humans. *Diabetes*, 44,555-560.

- Huddleston, A. L., et al. (1980). Bone mass in lifetime tennis athletes. *Journal of American Medical Association*, 244, 1107-1109.
- Hughes, V.A., Frontera, W.R., Dallal, G.E., Lutz, K.J., Fisher, E.C., & Evans, W.J. (1995). Muscle strength and body composition: associations with bone density in older subjects, *Medicine Sports Exercise*, 27, 7, 967-974.
- Hunter, G., & Treuth, M.S. (1995). Relative training intensity and increases in strength in older women. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 9:3, 188-191.
- Imamura,k., Ashida, H., Ishikawa, T. & Fuji, M. (1983).Humanmajor psoas muscle and sarcospinalis muscle in relation to age: a study by computed tomography. *Journal of Gerontology*, 38, 678-681.
- Instituto Nacional de Estatística (1994). *Estatísticas demográficas- resultados defenitivos do censo de 1991*. Lisboa: Gabinete de estudos Demográficos.
- Israel, S. (1992). Age-related changes in strength and special groups. In P. Komi (Ed.), *Strength and Power in Sport* (pp. 319-328). Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Jette, A.M., Branch, L.G., & Berlin, J. (1990). Musculo-skeletal impairments and physical disablement among the aged. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 45, M203-M208.
- Jones, D.A. (1989). Physiological changes in skeletal muscle as a result of strength training. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, 74, 233-256.
- Judge, J.O.; Underwood, M. & Gennosa, T. (1992). Exercise to improve gait velocity in older persons. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 74, 400-406.
- Kallman, D.A., Plato, C.C., & Tobin, J.D. (1990). The role of muscle loss in the age-related decline of grip strength: *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 45, M82-M88.

- Kehayias, J.& Heymsfield, S. (1997). Sarcopenia: Diagnosis and Mechanisms. *Journal of Nutrition*, 127, 989S
- Kenney, W.J.& Buskirk, E.R. (1995). Functional consequences of sarcopenia effects on thermoregulation. *Journal of Gerontology*, 50a, 78-85.
- Kiebzak, G. M. (1991). Age-related bone changes. *Experimental Gerontology*, 26, 171-187.
- Klitgaard, H., Ausoni, s., and Damiani, E. (1989). Sarcoplasmic reticulum of human skeletal muscle: Age-related changes and effects of training. *Acta Physiologica Scandinavica*, 137, 23-31.
- Kohrt, W. M., et al. (1992). Exercise improves fat distribution patterns in 60 to 70-year-old men and women. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 47, M99-M105.
- Kovanen, V., & Suominen, H. (1987). Effects of age and life-time physical training on fibre composition of slow and fast skeletal muscle in rats. *Pflugers Archives*, 408, 543-551.
- Kovar, M.G., & Lacroix, A.Z. (1987). *Aging in the eighties: Ability to perform work-related activities*. Dados do suplemento de envelhecimento do National Health Interview Survey, United States, 1984.
- Laforest, S., St-Pierre, D.M.M., Cyr, J., & Gayton, D. (1990). Effects of age and regular exercise on muscle strength and endurance. *European journal of Applied Physiology*, 60, 104-111.
- Larsson, L. (1978). Morphological and functional characteristics of the ageing skeletal muscle in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 103 (Suppl. 457), 1-29.
- Larsson, L., Grimby, G., & Karlsson, J. (1979). Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *Journal of Applied Physiology*, 46, 451-456.

- Larsson, L. (1982). Physical training effects on muscle morphology in sedentary males at different ages. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 203-206
- Larsson, L. (1983). Histochemical characteristics of human skeletal muscle during aging. *Acta Physiologica Scandinavica*, 117, 469-471.
- Launer, L.J., Harris, T., Rumpel, C. & Madans, J (1994). Body mass index, weight change and risk of morbidity disability in middle-aged and older women. The Epidemiologic Follow-up study of NHANES I. *Journal of American medicine association*, 271, 1093-1098.
- LeBlanc, A., & Schneider, V. (1991). Can the adult skeleton recover lost bone? *Experimental Gerontology*, 26, 189-201.
- Lexell, J., Henriksson-Larsen, K., Wimblad, B., & Sjöström, M. (1983). Distribution of different fiber types in human skeletal muscles: Effects of aging studies in whole muscle cross-sections. *Muscle and Nerve*, 6, 588-595.
- Lexell, J., Taylor, C., & Sjöström, M. (1988). What is the cause of ageing atrophy? Total number, size, and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15 to 83-year-old men. *Journal of Neurological Sciences*, 84, 275-294.
- Lexell, J. (1992). The structure and function of the ageing human muscle. In G.E. Stelmach & V. Hömberg (Eds.), *Sensorimotor impairments in the elderly: Are they reversible?* Boston: Kluwer Academic.
- Lindsay, R. (1995). The burden of osteoporosis: Cost. *The American Journal of Medicine*, 98 suppl.2A.
- MacRae, P. G. (1986). The effects of physical activity on the physiological and psychological health of the older adult. In D.A. Peterson, J.E. Thornton, & J.E. Birren (Eds.), *Education and aging* (pp. 205-230). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

- MacRae, P. G. (1989). Physical activity and the central nervous system. In W.W. Spirduso & H.M. Eckert (Eds.), *The academy papers: Physical activity and aging* (pp. 69-77). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Martin, R., & Burr, D. B. (1989). *Structure, function and adaptation of compact bone*. New York: Raven Press.
- McCarter, R. (1978). Effects of age on contraction of mammalian skeletal muscle. *Aging*, 6, 1-21.
- McCarter, R., & McGee, J. (1987). Influence of nutrition and aging on the composition and function of rat skeletal muscle. *Journal of Gerontology*, 42, 432-441.
- Meredith, C.N., et al. (1987). Body composition and aerobic capacity in young and middle-aged endurance-trained men. *Medicine Science Sports Exercise*, 19, 557.
- Miguel, J. (1991). An integrated theory of aging as result of mitochondrial-DNA mutation in differentiated cells. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 12, 99-117.
- Montoye, H. J., & Lamphier, D. E. (1977). Grip and arm strength in females, age 10 to 69. *Research. Quarterly*, 48: 109.
- Morganti, C.M., Nelson, M.E., Fiatarone, M.A., Dallal, G.E., Economos, C.D., Crawford, B.M., Evans, W.J. (1995). Strength improvements with 1 yr of progressive resistance training in older women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27:6, pp. 906-912.
- Moritani, T., & DeVries, H.A. (1979). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *American Journal Physiology Medicine*, 58: 115-130
- Moritani, T., & DeVries, H.A. (1980). Potential for gross muscle hypertrophy in older men. *Journal of Gerontology*, 35, 672-682.

- Murray, M.P., Gardner, G.M., Mollinger, L.A. , & Sepic, S.B. (1980). Strength of isometric and isokinetic contractions. *Physical therapy*, 60, 412-419.
- Murray, M.P., Duthie, E.H., Grambert, S.R., Sepic, S.B. & Mollinger, L.A., (1985). Age-related differences in knee muscle strength in normal woman. *Journal of Gerontology*, 40, 275-280.
- Newton, J.P., & Yemn, R. (1986). Changes in the contractile properties of the human first dorsal interosseous muscle with age. *Journal of Gerontology*, 32, 98-104.
- Nichols, J.F., Omizo, D.K., Peterson, K.K., and Nelson, K.P. (1993). Efficacy of heavy-resistance training for active women over sixty: Muscular strength, body composition, and program adherence. *Journal of the American Geriatrics Society*, 41:205-210.
- Paffenbarger, R.S., et al. (1986). Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *New England Journal of Medicine*, 314, 605-613.
- Parfitt, A. M., & Kleerekoper, M. (1984). Diagnostic value of bone histomorphometry and comparison of histologic measurements and biochemical indices of bone remodeling. In C. Christiansen, C. D. Arnaud, e B. E. C. Nordin (Eds.), *Osteoporosis* (pp. 111-120). Copenhagen International Symposium on Osteoporosis. Copenhagen: Glostrup Hospital.
- Perrin, D. (1993). *Isokinetic Exercise and Assessment*. Human Kinetics Publishers, Champaign.
- Phillips, S.K., Bruce, S.H., Newton, D., & Woledge, R.C. (1992). The weakness of old age is not due to failure of muscle activation. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 47, M47-M49.
- Pocock, N., Eisman, J., Gwinn, T., Sambrook, P., Kelly, P., Freund, J., & Yeates, M. (1989). Muscle strength, physical fitness and weight but

- not age predict femoral neck bone mass. *Journal of Bone Mineral Research*, 4, 441-448.
- Poehlman, E.T., Toth, J.J., Fishman, P.S., Vaitkevicius, P., Gottlieb, S.S., Fisher, M.L. & Fonong, T. (1995). Sarcopenia in aging humans: the impact of menopause and disease. *Journal of Gerontology*, 50A, 73-77.
- Poss, R. (1992). Natural factors that affect the shape and strength of the human femur. *Clinical Orthopaedics*, 274, 194-201.
- Province, M.A., et al, (1995). The effects of exercise on falls in elderly patients. *Journal of the American Medical Association*, 273, 1341-1347.
- Pyka, G., Linderberger, E., Charette, S., & Marcus, R. (1994). Muscle strength and fiber adaptations to a year long resistance training program in elderly men and women. *Journal of Gerontology*. 49: M22-M27.
- Recker, R. R., et al. (1992). Bone gain in young adult women. *Journal of the American Medical Association*, 268, 2403-2408.
- Riggs, B.L., et al. (1986). Rates of bone loss in the appendicular and axial skeletons of woman: Evidence of substantial vertebral bone loss before menopause. *Journal of Clinical Investigation*, 77, 1487-1491.
- Rosenberg, I.H. (1997). Sarcopenia: origins and clinical relevance. *Journal of Nutrition*, 127, 990S-991S.
- Rudman, D., et al. (1991). Effects of human growth hormone on body composition in the elderly men. *Hormone Research*, 36, (Suppl. 1), 73-81.
- Sandler, R.B., et al., (1991). Muscle strength as na indicator of the habitual level of physical activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 1375-1381.

- Schultheis, L. (1991). The mechanical control system of bone in weightless spaceflight and in aging. *Experimental Gerontology*, 26, 203-214.
- Schwartz, R., et al. (1990). Body fat distribution in healthy young and older men. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 45, M181-M185.
- Shephard, R.J. (1978). *Physical activity and aging*. Chicago: Yearbook Medical Publishers.
- Shephard, R.J. (1989). The aging of cardiovascular function. In W.W. Spirduso e H.M. Eckert (Eds.), *The academy papers: Physical activity and aging* (pp. 175-185). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Shephard, R.J. (1997). *Aging, physical activity, and health*. Champaign, IL: Human Kinetics
- Shock, N.W., & Norris, A.H. (1970). Neuromuscular coordination as a factor in changes in muscular exercise. *Medicine and Sport*, 4, 92-99.
- Sinaki, M., Khosla, S., Limburg, P.J., Rogers; J.W., Murtaugh, P.A. (1993). Muscle strength in osteoporotic versus normal women. *Osteoporosis Int.*3, 8-12.
- Smith, E.L., & Gilligan, C. (1989a). Biological aging and the benefits of physical activity. In D.K. Leslie (Ed.), *Mature stuff: Physical activity for the older adult* (pp. 45-60). Reston, VA: American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance.
- Smith, E.L., & Gilligan, C. (1989b). Osteoporosis, bone mineral, and exercise. In W.W. Spirduso & H.M. Eckert (Eds.), *The academy papers: Physical activity and aging* (pp. 106-113). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Spirduso, W. (1995). *Physical Dimensions of Aging*. Champaign: Human Kinetics

- Stamford, B.A. (1988). Exercise and the elderly. In K.B. Pandolf (Ed.), *Exercise and Sport Sciences Reviews* (Vol. 16, p. 341). New York: Macmillan.
- Steen, B. (1988). Body composition and aging. In *Nutrition and Aging. Suppl. 24 of Näringsforskning*, argang, 32, 13-19.
- Stelmach, G.E., & Goggin, N.L. (1989). Psychomotor decline with age. In W.W. Spirduso and H.M. Eckert (Eds.), *The academy papers: Physical activity and aging* (pp. 6-18). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Stone, M.H., O'Bryant, H., Garhammer, J.G. (1981). A hypothetical model for strength training. *Journal of Sports Medicine Physiology and Fitness*, 21:342-351
- Tinetti, M.E., & Speechley, M. (1989). Prevention of falls among the elderly. *New England Journal of Medicine*, 320, 1055-1059.
- Tobis, J.S., Friis, R., & Reinsch, S. (1989). Impaired strength leads to falls in the community. *The Gerontologist*, 29, 256A-257A.
- Tomonaga, M. (1977). Histochemical and ultrastructural changes in senile human skeletal muscle. *Journal of American Geriatrics Society.*, 25: 125-131.
- Treuth, M.S., Ryan, A.J., Pratley, R.E., Rubin, M.A., Miller, J.P., Nicklas, B.J., Sorkin, J., Harman, S.M., Goldberg, A.P., & Hurley, B.F. (1994). Effects of strength training on total and regional body composition in older men. *Journal of Applied Physiology*. 77, 614-620.
- Trounce, I., Byrne, E., & Marzuki, S. (1989). Decline in skeletal muscle mitochondrial respiratory chain function: A possible factor in ageing. *The Lancet*, 1(8639), 637-639.
- Tzankoff, S.P., & Norris, A.H. (1977). Effect of muscle mass on decrease on age-related BMR changes. *Journal of applied Physiology*. 43, 1001-1006.

- TzanKoff, S.P. & Norris, A.H. (1978). Longitudinal changes in basal metabolic rate in man. *Journal of Applied Physiology*, 33, 536-539.
- Vandervoort, A.A., Kramer, J.F., & Wharram, E.R. (1990). Eccentric knee strength of elderly females. *Journal of Gerontology: Biological Sciences*, 45, B125-B128.
- Viitasalo, J.T., Era, P., Leskinen, L. & Heikkinen, E. (1985). Muscular strength profiles and anthropometry in random samples of men aged 31-35, 51-55, 71-75 years. *Ergonomics*, 28, 1563-1574.
- Viljanen, T., Viitasalo, J.T., & Kujala, U.M. (1991). Strength characteristics of a healthy urban adult population. *European Journal of Applied Physiology*, 63, 43-47.
- Vitti, K.A., et al., (1993). A low-level strength training program for frail elderly adults living in a extended attention facility. *Aging Clinical and Experimental Research*, 5, 363-369.
- Walters, T.J., Sweeney, H.L., & Farraa, R.P. (1990). Aging does not affect contractile properties of type IIb FDL muscle in Fischer 344 rats. *American Journal of Physiology*, 258, C1031-C1035.
- Wilmore, J.H. (1991). The aging of bones and muscle. In R.K. Kerlan (Ed.), *Sports medicine in the older adult* (pp. 231-244). Philadelphia: Saunders.
- Young, A., Stokes, M., & Crowe, M. (1985). The size and strength of the quadriceps muscles of old and young men. *Clinical Physiology*, 5, 145-154.