

SANDRO DOS SANTOS FERREIRA

**DETERMINAÇÃO DA INTENSIDADE DE EXERCÍCIO QUE PROPORCIONA
A MÁXIMA OXIDAÇÃO DE GORDURA EM MULHERES IDOSAS.**

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do Curso de Curso de Especialização em Fisiologia do Exercício, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. Orientador: Prof. Doutorando Hassan Mohamed Elsangedy

**CURITIBA
2011**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meu orientador Hassan Mohamed Elsangedy e ao meu co-orientador Sergio Gregorio da Silva pela paciência e incentivo a pesquisa.

Agradeço a meu pai, Altair e minha irmã Silvana, que sempre confiaram em mim e apoiaram a minha profissão.

Agradeço aos amigos e companheiros do Centro de Pesquisa em Exercício e Esporte (CEPEE), que sempre estiveram presentes durante a toda pesquisa.

Agradeço a todos os professores que contribuíram para minha formação, em me ajudaram muito neste curso.

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíam para que eu concluísse o Curso de Especialização em Fisiologia do Exercício.

RESUMO

Introdução: O envelhecimento está associado a mudanças fisiológicas como diminuição na massa livre de gordura e aumento na gordura corporal. Buscando otimizar o efeito do exercício para a redução da gordura corporal, foi desenvolvido o conceito do Fat_{max} , contudo, nenhum estudo buscou identificar o Fat_{max} na população idosa. **Objetivo:** Determinar a intensidade do exercício que proporciona maior oxidação de gordura em mulheres idosas. **Metodologia:** Participaram do estudo 23 mulheres idosas (idade: $66,7 \pm 7,43$ anos; IMC: $28,22 \pm 3,18$; VO_{2max} : $21,33$ ml/kg/min.). Foi avaliada a estatura (EST), massa corporal (MC), índice de massa corporal (IMC), VO_{2max} (teste de esforço incremental até a exaustão, protocolo de Bruce). O Fat_{max} e a MOG foram determinados individualmente a partir dos dados do teste incremental. Com os resultados obtidos individualmente foi realizado a média do grupo e determinada a Fat_{zona} com as taxas de oxidação de gordura dentro de 10% de variação das taxas da MOG. Todos os dados foram analisados utilizando uma análise descritiva usando o SPSS para *Windows* versão 18.0. **Resultados:** Os resultados do presente estudo demonstram que o Fat_{max} de mulheres idosas foi a uma intensidade de 54% do $VO_{2 Max}$ e a MOG foi de 0,367 g/min. **Conclusão:** para a utilização deste conceito na prescrição do exercício pode ser utilizada pautando-se na Fat_{zona} , correspondente no presente estudo a uma variação de 10% do Fat_{max} (48 – 59 % $VO_{2 Max}$) o que corresponde a uma intensidade moderada em exercícios aeróbios para indivíduos idosos.

Palavras-chave: Fat_{max} , Exercício, Idoso

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ativação da AMPK durante o repouso e em diferentes intensidades de exercício (CHEN, STEPHENS et al. 2003)	15
Figura 2. Mudança na utilização do substrato energético, de acordo com a intensidade do exercício (BROOKS and MERCIER 1994).....	17
Figura 3. Curva teórica indicando a oxidação das gorduras em função da intensidade do exercício. O ponto mais alto é considerado o Fat_{max} (JEUKENDRUP, ACHTEN 2001)	18
Figura 4. Zona de exercício no qual ocorre a maior oxidação de gordura (Fat_{zona})	19
Figura 5. Média do Fat_{max} , MOG e determinação da Fat_{zona}	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físicas e fisiológicas dos sujeitos	23
---	----

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vi
1 INTRODUÇÃO	08
1.1 Objetivos	09
1.1.1 Objetivo Geral.....	09
1.1.2 Objetivos Específicos.....	09
1.2 Justificativa	10
2 REVISÃO DA LITERATURA	11
2.1 Mudanças fisiológicas durante o envelhecimento	11
2.2 Metabolismo das gorduras	13
2.3 Mudanças da utilização de substratos com o aumento da intensidade do exercício	16
2.4 Máxima oxidação de gordura (Fat_{max})	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Sujeitos	20
3.2 Delineamento experimental	20
3.3 Instrumentos e procedimentos	21
3.3.1 Mensurações antropométricas.....	21
3.3.2 Teste incremental até a exaustão.....	21
3.3.3 Calorimetria indireta e cálculos.....	22
3.3.4 Análises estatísticas.....	22
4 RESULTADOS	23
5 DISCUSSÃO	24
6 CONCLUSÃO	26

REFERENCIAS..... 27

1 INTRODUÇÃO

O envelhecimento está associado a algumas alterações fisiológicas, como o incremento do peso corporal, diminuição na massa livre de gordura - principalmente no tecido muscular - e aumento do tecido adiposo (LEVADOUX, MORIO et al. 2001). O incremento da gordura corporal durante o envelhecimento pode ser resultado do desequilíbrio entre ingestão e utilização de gordura. De acordo com Morio et al. (MORIO, HOCQUETTE et al. 2001), em indivíduos idosos, este fenômeno ocorre principalmente em função da menor utilização desse substrato.

Cabe ressaltar que o aumento na gordura corporal está associado a um risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, diabetes, hipertensão. Além disso, prévios estudos (MAZZEO and TANAKA 2001; MORIO, HOCQUETTE et al. 2001; TUCKER and TURCOTTE 2003) demonstram que a relação entre maiores percentuais de gordura corporal e geração de doenças crônicas se torna mais evidente durante a senescência. Devido às implicações da gordura corporal no desenvolvimento de doenças, há um grande interesse em se estudar formas para reduzi-la ou atenuá-la (RAGUSO, KYLE et al. 2006).

O exercício físico tem se apresentado como uma importante ferramenta para o controle do peso corporal e para a redução da gordura corporal em longo prazo em indivíduos adultos (JAKICIC, MARCUS et al. 2003; JAKICIC 2009). Contudo, a escolha de uma intensidade do exercício apropriada para maximizar a perda da gordura corporal em sujeitos idosos apresenta-se pouco explorada.

Na tentativa de encontrar estratégias para maximizar a perda da gordura corporal durante o exercício, pesquisas têm sugerido uma zona de intensidade a qual prioriza a maior oxidação de gordura corporal (MOG) como substrato energético - caracterizado como Fat_{max} - (JEUKENDRUP and ACHTEN 2001).

Contudo, é documentado que existe uma grande variação na intensidade relativa do exercício no qual ocorre o Fat_{max} e a MOG (BOGDANIS, VANGELAKOUDI et al. 2008). Em estudos realizados buscando estabelecer o Fat_{max} , Venables et al. (VENABLES, ACHTEN et al. 2005) encontrou um Fat_{max} de 48% do $\dot{V}O_{2max}$ em adultos saudáveis (45% do $\dot{V}O_{2máx}$ para homens e 52% do $\dot{V}O_{2máx}$ para mulheres). Em um estudo realizado em ciclistas moderadamente

treinados, Achten et al. (ACHTEN, GLEESON et al. 2002) reportou um Fat_{max} de 64% do $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$. E em um recente estudo, Bogdanis et al. (BOGDANIS, VANGELAKOUDI et al. 2008) verificou que homens e mulheres sedentárias com sobrepeso apresentam um Fat_{max} similar de ~40% do $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$.

Evidencias sugerem que a intensidade do exercício no qual ocorre o Fat_{max} pode ser afetada pelo sexo, dieta, status de treinamento, composição corporal, modelo de exercício e idade (ACHTEN, GLEESON et al. 2002; ACHTEN and JEUKENDRUP 2003; BOGDANIS, VANGELAKOUDI et al. 2008). Em relação ao efeito da idade, um estudo buscou abordar este aspecto (RIDDELL, JAMNIK et al. 2008), contudo foram analisadas apenas indivíduos meninos de 11-12 anos e homens jovens de 20 a 26 anos. Em geral, a maioria dos estudos que pesquisaram o Fat_{max} tem utilizado uma média de população entre 24 e 32 anos de idade, sem nenhuma pesquisa direcionada a população idosa. Além disso, estes estudos foram realizados principalmente utilizando ciclo ergômetro (ACHTEN, GLEESON et al. 2002; ACHTEN, VENABLES et al. 2003; STISEN, STOUGAARD et al. 2006).

Nesse sentido, descrever qual a intensidade de exercício que propicia a máxima oxidação de gordura corporal em atividades físicas de fácil acesso, simples, populares e seguras, como a caminhada em idosas tornam-se relevante. Com base nas informações supracitadas, o presente estudo tem por objetivo responder o seguinte questionamento: Qual é a intensidade de exercício que proporciona a máxima oxidação de gordura em mulheres idosas?

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Determinar a intensidade de exercício que proporciona a máxima oxidação de gordura em mulheres idosas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Verificar os aspectos fisiológicos relacionados ao envelhecimento
- b) Descrever a utilização de substratos durante o exercício

- c) Conceituar máxima oxidação de gordura (Fat_{max}) e sua importância na prescrição de exercícios

1.2 Justificativa

O decréscimo da massa corporal magra, o incremento do percentual de gordura, e a quantidade de exercício físico são fatores influenciados pelo avanço da idade (ELMADFA and MEYER 2008). A participação regular de idosos em programas de exercícios físicos é principal maneira de prevenir os declínios funcionais e decrescer os riscos de doenças crônicas associados ao envelhecimento (MAZZEO and TANAKA 2001; PATERSON, JONES et al. 2007).

Na busca de estratégia para maximizar a oxidação de gordura, durante o exercício, estudos têm utilizado o Fat_{max} como uma ferramenta para neste processo, contudo, a maioria das pesquisas foram realizadas em populações adultas, ocorrendo poucos estudos fora deste padrão, e até o presente momento não há estudos realizados com idosos.

O presente estudo pretende determinar a máxima oxidação de gordura em mulheres idosas a fim de ampliar os conhecimentos científicos a cerca da oxidação de gordura durante o exercício em idosos e oferecer maiores informações para a prescrição do exercício na redução e manutenção do peso corporal nesta população.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Mudanças fisiológicas durante o envelhecimento

O senescência é um processo natural que ocorre nos seres vivos, sendo inevitáveis as mudanças decorrentes deste processo. Com o incremento da expectativa de vida dos seres humanos os estudos com indivíduos idosos têm aumentado, se tornando uma ferramenta importante para o entendimento dos mecanismos fisiológicos associados ao envelhecimento (SIECK 2003).

Os mecanismos envolvidos neste processo são considerados complexos e multifatoriais, podendo envolver fatores intrínsecos e fatores extrínsecos ou ambientais (CARMELI, COLEMAN et al. 2002; WEINERT and TIMIRAS 2003).

As mudanças associadas aos fatores intrínsecos incluem alterações neuromusculares, no sistema cardiorrespiratório, na composição corporal, entre outros (MATSUDO, MATSUDO 2000). Os fatores extrínsecos incluem dieta, lesões, exercício, e estilo de vida sedentário (CARMELI, COLEMAN et al. 2002).

Na função neuromuscular o músculo do indivíduo idoso se torna menor e fraco, a perda da massa muscular se mantém constante entre 1-2% ao ano, a partir dos 50 anos, a área de secção transversa tem uma redução de 25-30% e a força 30 a 40%, por volta do 70 anos (MCARDLE, VASILAKI et al. 2002; FAULKNER, LARKIN et al. 2007). A diminuição da massa muscular (sarcopenia) e da força muscular (dinapenia) é acompanhada pela redução no número de unidades motoras e atrofia das fibras musculares, especialmente as rápidas, tipo II a (THOMAS 2007).

O sistema cardiorrespiratório apresenta um grande declínio funcional, afetando a habilidade de captação, transporte e utilização de oxigênio, mudanças como diminuição na diferença artério - venosa de oxigênio, débito cardíaco, número de mitocôndrias, entre outras, são as principais alterações (KRAUSE, BUZZACHERA et al. 2007; RAVAGNANI, COELHO 2005 et al.)

Num estudo que avaliou a aptidão respiratória de idosos, (KRAUSE, BUZZACHERA et al. 2007) foi verificado que este componente declinou 18,9% entre indivíduos de 60 e 80 anos, Ravagnani obteve em seus resultados que os adultos apresentam diferentes quedas (por década) no $VO_{2máx}$ com a idade, sendo os

resultados mais expressivos entre 30 e 49 anos (RAVAGNANI, COELHO et al. 2005).

Com uma baixa aptidão cardiorrespiratória o desenvolvimento de diabetes, hipertensão e síndrome metabólica têm uma alta influencia na morte por doenças cardiovasculares (JACKSON, SUI et al. 2009).

Evidências suportam um declínio de 10% no $VO_{2máx}$, por década, em indivíduos de ambos os sexos, contudo estudos longitudinais indicam que pode haver uma variação de 5 a >20% por década (FLEG, MORRELL et al. 2005). Este declínio está relacionado há adaptações centrais e periféricas como redução da frequência cardíaca máxima e massa corporal magra (HAWKINS and WISWELL 2003).

As mudanças na composição corporal influenciam o peso e o índice de massa corporal (IMC), em geral, ocorre o incremento do percentual de gordura e decréscimo da massa óssea e muscular (GILLETTE-GUYONNET and VELLAS 2003). O aumento na gordura corporal é distribuído na região abdominal e está associado com doenças cardiovasculares e diabetes (ST-ONGE and GALLAGHER 2010).

A taxa metabólica de repouso (TMR) diminui 1-2% por década, a partir dos 20 anos e influencia o balanço energético, este fator torna-se um dos responsáveis pelas alterações no peso na gordura corporal (MANINI 2010; ST-ONGE and GALLAGHER 2010).

O estilo de vida, a dieta e o exercício são fatores modificáveis que influenciam o processo natural de envelhecimento. Um programa de exercício produz resultados significantes nas funções metabólicas dos indivíduos idosos (MARTINS, VERISSIMO et al. 2010).

O exercício físico não pode parar o processo de envelhecimento biológico, contudo há evidências que a prática regular de exercícios pode minimizar os efeitos fisiológicos de um estilo de vida sedentário e aumentar a expectativa de vida limitando o desenvolvimento e progressão de doenças crônicas e incapacitantes (CHODZKO-ZAJKO, PROCTOR et al. 2009).

2. 2 Metabolismo das gorduras

O armazenamento das gorduras pelo corpo representa a fonte mais abundante de energia potencial. Nos exercícios onde a gordura é a fonte de energia predominante ocorre a preservação do glicogênio muscular e uma maior liberação de ácidos graxos como substratos energéticos (CURI, LAGRANHA et al. 2003)

Para a utilização dos ácidos graxos provenientes do tecido adiposo, ocorre a mobilização, ou seja, hidrólise do tecido adiposo, controlada pelo sistema nervoso e estimulada pela ação de hormônios como adrenalina, noradrenalina, cortisol e hormônio do crescimento – GH - (CURI, LAGRANHA et al. 2003)

O incremento na secreção de hormônios lipolíticos é um passo determinante para mobilização dos ácidos graxos, aumentando a sua concentração no plasma e, conseqüentemente, na oxidação pelos músculos esqueléticos (BONIFÁCIO, CÉSAR 2005).

Os hormônios iniciam uma série de reações em cascatas onde, ao final, a enzima hormônio sensível-lipase é ativada e, junto com a enzima monoacilglicerol lipase, são responsáveis pela degradação do tecido adiposo em três moléculas de ácidos graxos e uma e de glicerol. Os ácidos graxos se ligam à albumina e são transportados até o músculo esquelético onde são utilizados como fonte energética (LIMA-SILVA, ADAMI 2006).

No citoplasma da célula muscular os ácidos graxos são convertidos em acil-CoA e em seguida são transportados para a mitocôndria. Dentro da mitocôndria a acil-CoA é destinada a beta oxidação, formando a acetil-CoA e direcionada ao ciclo de Krebs para a formação do citrato (JEUKENDRUP, SARIS et al. 1998)

O incremento da oxidação de gordura durante o exercício pode promover mudanças a nível muscular, que favorecem um aumento na utilização de gorduras durante o exercício (MELANSON, GOZANSKY et al. 2009). Foi observado que o treinamento físico melhorou a eficiência do exercício e a quantidade de energia derivada da gordura durante o exercício moderado (AMATI, DUBE et al. 2008)

O treinamento aeróbio além de aumentar a capacidade músculo-esquelético para a oxidação de gordura incrementa a densidade mitocondrial, a atividade

enzimática envolvida na beta oxidação, e o transporte de oxigênio para o músculo (MELANSON, GOZANSKY et al. 2009). Um incremento na oxidação de gorduras pode ter implicações importantes para indivíduos que se exercitam para a saúde ou para a manutenção do peso corporal (STEVENSON, ASTBURY et al. 2009).

O incremento da oxidação de gordura é mediado a partir da ativação da enzima AMPK (AMP-activated protein kinase), no qual restaura o equilíbrio energético celular estimulando a captação da glicose pelo músculo, a oxidação de gorduras e inibindo processos de consumo, incluindo a síntese do glicogênio (GREENBERG and OBIN 2006; MORTENSEN, POULSEN et al. 2009). Assim o entendimento do papel da AMPK no controle da oxidação de ácidos graxos no músculo tem uma grande importância clínica (THOMSON, WINDER 2009).

A ativação da AMPK no fígado além de aumentar a oxidação de ácidos graxos, também inibe simultaneamente a lipogênese hepática, síntese do colesterol e produção de glicose, assim os estudos demonstram que a AMPK regula o metabolismo lipídico celular em grande parte através da estimulação da oxidação dos ácidos graxos (VIOLLET, GUIGAS et al. 2009).

A oxidação de ácidos graxos no músculo é complexo, pois envolve vários fatores como: frequência de transporte de ácidos graxos pela membrana plasmática, taxa de consumo de ácidos graxos pela membrana mitocondrial, transporte de ácidos graxos dentro do citosol entre outros (THOMSON and WINDER 2009).

O aumento da ativação da AMPK durante o exercício acontece de acordo com a intensidade, de modo que sua ativação aguda é observada em exercício aproximadamente acima de 60% da capacidade aeróbica máxima e em exercícios de baixa intensidade e longa duração (RICHTER and RUDERMAN 2009). Estas informações são apresentadas no estudo de Chen (Chen, Stephens et al. 2003), que analisou a ativação da AMPK durante o repouso, e exercício de baixa (40% $VO_{2máx}$), média (60% $VO_{2máx}$) e alta intensidade (80% $VO_{2máx}$). Foi verificado que atividade da AMPK não incrementa significativamente do repouso para o exercício de baixa intensidade, contudo, aumenta moderadamente na média intensidade, mantendo um platô na alta intensidade (Figura 1). A resposta da atividade da AMPK está inversamente correlacionada com a concentração de glicogênio muscular (CHEN, STEPHENS et al. 2003).

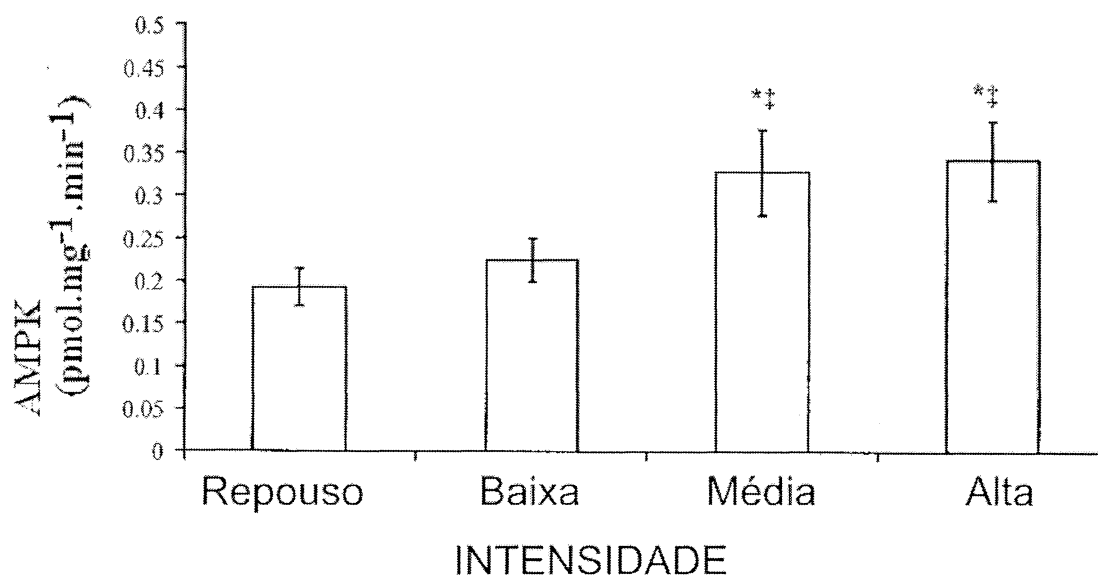


Figura 1. Ativação da AMPK durante o repouso e em diferentes intensidades de exercício (CHEN, STEPHENS et al. 2003)

Em mulheres a ativação da AMPK é menor em comparação a homens numa mesma intensidade relativa de exercício, devido a um menor stress metabólico durante o exercício (CHEN, STEPHENS et al. 2003)

O envelhecimento apresenta impactos na função mitocondrial, no qual pode prejudicar o fornecimento de energia, tais como: decréscimo na transferência de elétrons, incremento na permeabilidade de H⁺ na membrana interna, comprometimento de H⁺ na síntese de ATP (NAVARRO AND BOVERIS 2007).

Recentes estudos têm demonstrado uma forte relação entre reduções associada ao envelhecimento da função mitocondrial, desregulação do metabolismo dos lipídeos e resistência a insulina. Assim, tem-se dado importância no papel da AMPK na regulação da oxidação de gordura e biogênese mitocondrial (REZNICK, ZONG et al. 2007).

Reznick (REZNICK, ZONG et al. 2007) sugere em seu estudo que o envelhecimento reduz a atividade da AMPK, podendo ser um fator contribuinte na redução da função mitocondrial, e na desregulação do metabolismo dos lipídeos com o envelhecimento.

2.3 Mudanças da utilização de substratos com o aumento da intensidade do exercício.

A literatura apresenta o carboidrato e as gorduras como principais fontes de produção de energia oxidativa durante o exercício (VENABLES, ACHTEN et al. 2005). A contribuição dos carboidratos e gorduras durante o exercício submáximo resulta da utilização de diferentes carboidratos (glicogênio muscular e glicose sanguínea) e gorduras como: ácidos graxos do plasma, ligados a albumina, ácidos graxos circulantes nas lipoproteínas de baixa, triglicerídeos intramusculares (ROEPSTORFF, STEFFENSEN et al. 2002). Vários estudos têm apresentado que a intensidade do exercício é o mais importante regulador da utilização desses substratos (JEUKENDRUP, ACHTEN 2001).

A relação de contribuição de energia a partir dos substratos oxidativos, em termos absolutos, ocorre quando a oxidação do carboidrato aumenta proporcionalmente com a intensidade do exercício (JEUKENDRUP, ACHTEN 2001). Durante o repouso e exercício, o músculo esquelético é o principal local para a oxidação de ácidos graxos. Quando o exercício é iniciado a frequência de lipólise e a utilização de ácidos graxos pelo tecido adiposo é incrementada, porém, decresce com a alta intensidade do exercício (figura 2). Durante o exercício moderado a lipólise incrementa devido, principalmente, a estimulação hormonal (JEUKENDRUP 2002).

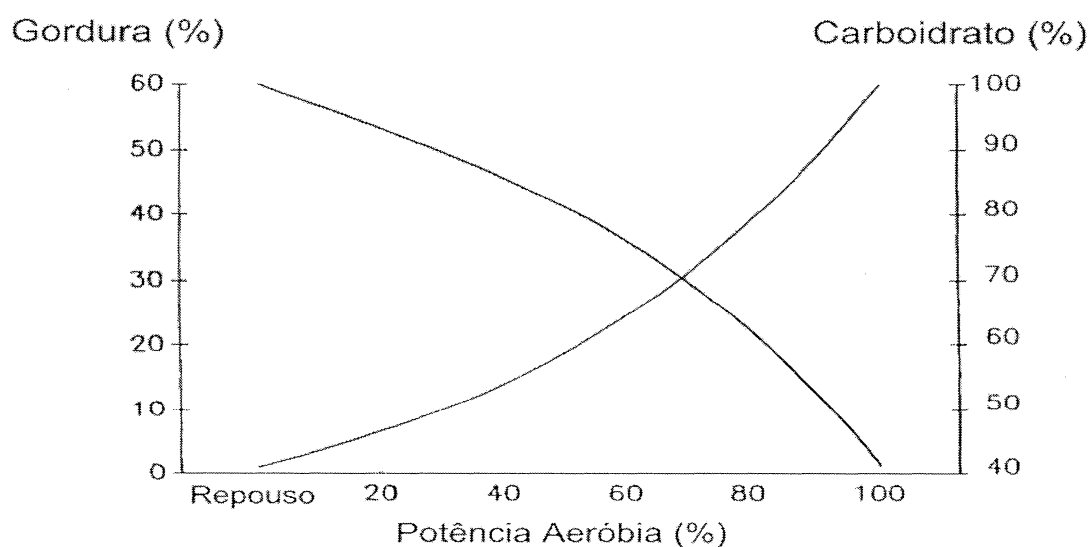


Figura 2. Mudança na utilização do substrato energético, de acordo com a intensidade do exercício (BROOKS and MERCIER 1994).

Com o aumento do fluxo de glicose ocorre a inibição do transporte de ácidos graxos de cadeia longa para dentro da mitocôndria e uma redução da oxidação dos ácidos graxos de cadeia longa. Há hipóteses que a redução do transporte de ácidos graxos de cadeia longa para dentro da mitocôndria ocorra devido a uma conseqüente redução do pH provocada pela acumulação de íons H^+ durante a alta intensidade do exercício. A diminuição do pH inibe a atividade da carnitina palmitol transferase, uma enzima reguladora do transporte dos ácidos graxos (VENABLES, ACHTEN et al. 2005).

Outra hipótese para a diminuição da oxidação de ácidos graxos durante o exercício intenso é uma possível diminuição do fluxo sanguíneo no tecido adiposo, reduzindo a chegada de albumina livre no local. Os ácidos graxos livres não podendo ser transportados livremente no plasma seriam reesterificados (LIMA-SILVA, ADAMI 2006).

2.4 Máxima oxidação de gordura (Fat_{max})

A oxidação de gordura incrementa durante o exercício de baixa a moderada intensidade e decresce no exercício de moderada a alta intensidade, o Fat_{max} é a intensidade do exercício no qual acontece máxima oxidação de gordura (RIDDELL, JAMNIK et al. 2008)

Abaixo de 25% do VO_{2max} a gordura é considerada a principal fonte de energia para o músculo, descartando praticamente o uso do glicogênio. Acima desta intensidade de VO_{2max} a utilização do glicogênio aumenta, e se torna o combustível energético predominante, contudo, a oxidação de gordura também incrementa até que o Fat_{max} seja alcançado (figura 3), após, ocorre o decréscimo da utilização do metabolismo das gorduras como fonte energética (BRUN, ROMAIN et al. 2011).

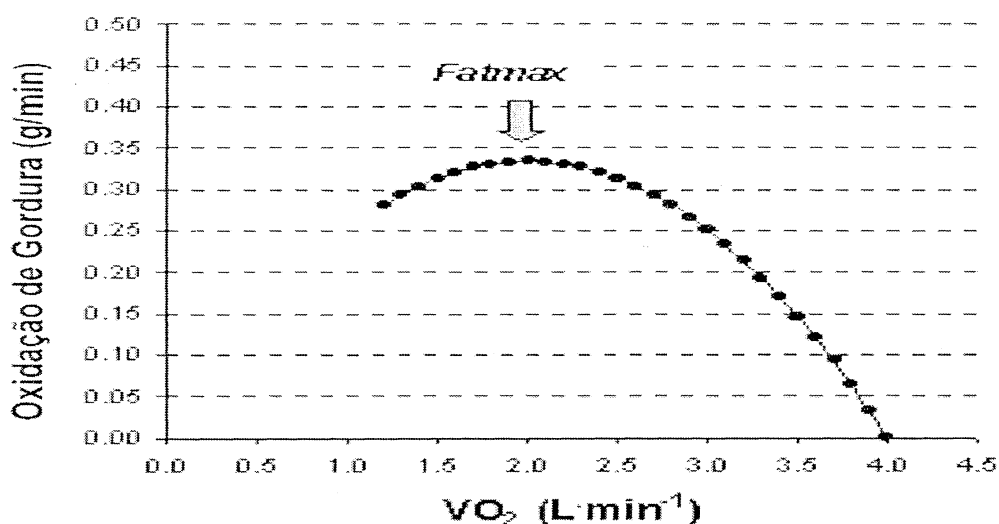


Figura 3. Curva teórica indicando a oxidação das gorduras em função da intensidade do exercício. O ponto mais alto é considerado o Fat_{max} (JEUKENDRUP, ACHTEN 2001).

Um programa de exercícios no qual enfatiza a máxima oxidação de gordura pode ser usual em uma variedade de condições e populações, como: tratamentos e

prevenções de doenças cardiovasculares, obesidade, hipertensão, indivíduos idosos, entre outras (JEUKENDRUP, ACHTEN 2001).

O Fat_{max} pode ocorrer entre 33 e 65% do $VO_{2máx}$ (ACHTEN, GLEESON et al. 2002). Vários estudos foram realizados buscando estabelecer o Fat_{max} . Em um estudo que verificou o Fat_{max} em adolescentes magros e obesos, do sexo masculino, com idade entre 12 e 17 anos, foi encontrado um Fat_{max} de 47% do $VO_{2máx}$ nos adolescentes obesos e 54% do $VO_{2máx}$ nos adolescentes magros (ZUNQUIN, THEUNYNCK et al. 2009). Outro estudo comparou o Fat_{max} entre ciclistas e corredores, moderadamente treinados, seus resultados encontram um Fat_{max} de 44% $VO_{2máx}$ para os ciclistas e 57 % do $VO_{2máx}$ para os corredores (CHENEVIERE, MALATESTA et al. 2010).

Evidências sugerem que a intensidade do exercício no qual ocorre o Fat_{max} pode ser afetada pelo sexo, dieta, status de treinamento, composição corporal, modelo de exercício e outros fatores.

A partir da determinação do Fat_{max} , também é determinada a zona de exercício no qual ocorre a maior oxidação de gordura (Fat_{zona}), representada pela figura 4.

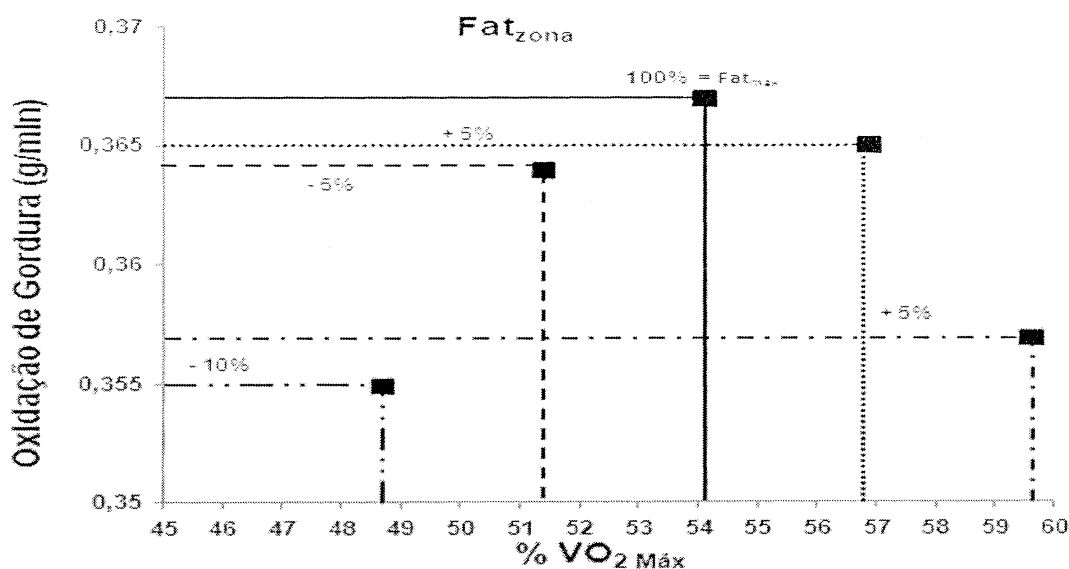


Figura 4. Zona de exercício no qual ocorre a maior oxidação de gordura (Fat_{zona}).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Sujeitos

Participaram do presente estudo, 23 mulheres idosas com idade entre 60 e 75 anos. O recrutamento das possíveis participantes foi realizado através de convites pessoais e anúncios impressos, fixados em murais de grupos comunitários e centros de convivências de igrejas. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFPR. Cada participante assinou um termo de consentimento livre esclarecido após da explicação dos objetivos, procedimentos experimentais, possíveis riscos e benefícios.

Foram estabelecidos os seguintes critérios de inclusão: (a) condição de previamente sedentária, indicado por uma participação inferior a 30 minutos de atividade física moderada em três ou mais dias da semana (b) totalidade das respostas negativas ao *Physical Activity Readiness Questionnaire* (PARQ); (c) não ingestão de medicamentos que influencia as funções metabólicas ou cognitivas; (d) serem eumenorrêicas a pelo menos seis meses; e (e) não ser usuário de tabaco nos últimos seis meses.

3.2 Delineamento experimental

A presente investigação utilizou um delineamento *ex post facto* (THOMAS, NELSON et al. 2005). Cada participante realizou duas sessões experimentais programadas em dias distintos. Durante a primeira sessão, os indivíduos foram submetidos a uma triagem inicial, familiarização com a esteira e mensurações antropométricas. A realização da segunda sessão envolveu um teste incremental até a exaustão para determinação das variáveis fisiológicas utilizadas no presente estudo. Todos os experimentos foram conduzidos pela manhã (entre 8 e 12 horas) e sobre condições ambientais similares 21°C e 55% de umidade relativa). Todos os participantes foram instruídos a abster-se de exercícios e evitar produtos que

continham cafeína nas 24 horas antes dos testes e apresentar-se no laboratório após um período de 10-12 horas de jejum noturno.

3.3 Instrumentos e procedimentos

3.3.1 Mensurações antropométricas

Estatura (cm; estadiômetro Sanny™, São Paulo, Brasil) e a massa corporal (kg; balança Toledo™, São Paulo, Brasil) foram mensurados de acordo com as técnicas descritas por Gordon et al. (GORDON, CHUMLEA et al. 1988). O índice de massa corporal (IMC, $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) foi calculado com a massa corporal dividida pela estatura ao quadrado.

3.3.2 Teste incremental até a exaustão

O teste incremental até a exaustão em esteira foi realizado utilizando o protocolo padrão proposto por Bruce (BRUCE, KUSUMI et al. 1973), utilizando estágios de 3 minutos para avaliação do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$. Os participantes foram verbalmente encorajados a continuar o exercício até o ponto de exaustão. O critério para alcançar o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ exigia dos sujeitos atenderem um destes critérios: a) Um platô de $\dot{V}O_2$ (mudanças $< 150 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$), b) razão de troca respiratória (RER) $\geq 1,10$ e (c) a frequência cardíaca (FC) dentro de 10 bpm do nível máximo previsto pela idade (MIDGLEY, MCNAUGHTON et al. 2007).

A FC (bpm) foi mensurada a cada 5 segundos utilizando um sistema de monitoramento Polar (Polar Electro™, Oy, Finlândia). Um sistema metabólico-respiratório de circuito aberto (True Max 2400, Parvo Medics™, Salt Lake City, EUA) foi usado para mensurar $\dot{V}O_2$, produção de dióxido de carbono ($\dot{V}CO_2$) e ventilação pulmonar ($\dot{V}E$, STPD), a cada 20 seg., durante todo o teste. Anteriormente a cada

determinação do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, o analisador de gases foi calibrado com concentrações conhecidas de gases.

3.3.3 Calorimetria indireta e cálculos

Para realização dos cálculos, uma média de cada minuto foi realizada para o $\dot{V}O_2$ ($L \cdot \text{min}^{-1}$) e $\dot{V}CO_2$ ($L \cdot \text{min}^{-1}$) obtidos durante os estágios do teste incremental até a exaustão, para os valores obtidos até o $RER \leq 1,0$. A oxidação da gordura e do carboidrato foi calculada usando uma equação estequiométrica (FRAYN 1983), com a suposição de que a taxa de excreção de nitrogênio pela urina foi insignificante.

Para cada indivíduo uma curva polinomial ajustada foi construída apresentando a taxa de oxidação de gordura (expressada em g/min.) versus a intensidade do exercício (expressada em $\% \dot{V}O_{2\text{máx}}$).

Para cada indivíduo a curva foi usada para a obtenção das seguintes variáveis: (a) máxima oxidação de gordura (MOG); (b) Fat_{max} , intensidade do exercício no qual a MOG foi observada; e (c); e (d) zonas do Fat_{max} , intervalo de intensidades de exercícios com as taxas de oxidação de gordura dentro de 10% de variação das taxas da MOG (ACHTEN, GLEESON et al. 2002; ACHTEN and JEUKENDRUP 2003; VENABLES, ACHTEN et al. 2005).

3.3.4 Análises estatísticas

Os dados descritivos foram expressos em médias \pm desvio padrão (DP) e médias \pm erro padrão da média (EPM). Todos os dados foram analisados usando o SPSS para Windows versão 18.0 (SPSS, Inc., Chicago, USA) software package.

4 RESULTADOS

A tabela 1 apresenta as características antropométricas e aptidão cardiorrespiratória dos participantes do estudo. Os participantes apresentam média de IMC entre 24 e 29 kg·m⁻². Mulheres com idade acima de 65 anos com IMC dentro deste limite são consideradas mulheres de peso normal.

Tabela 1. Características físicas e fisiológicas dos sujeitos

	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Idade	60,00	75,00	66,74	7,43
MC	51,20	85,30	68,38	9,52
EST	1,47	1,70	1,55	0,05
IMC	22,73	34,45	28,22	3,18
VO ₂ máx	11,72	29,58	21,33	4,44

Na figura 5 estão apresentados o Fat_{max} e a MOG determinados individualmente a partir dos dados do teste incremental. Com os resultados obtidos individualmente foi realizado a média do grupo e determinada a Fat_{zona} com as taxas de oxidação de gordura dentro de 10% de variação das taxas da MOG.

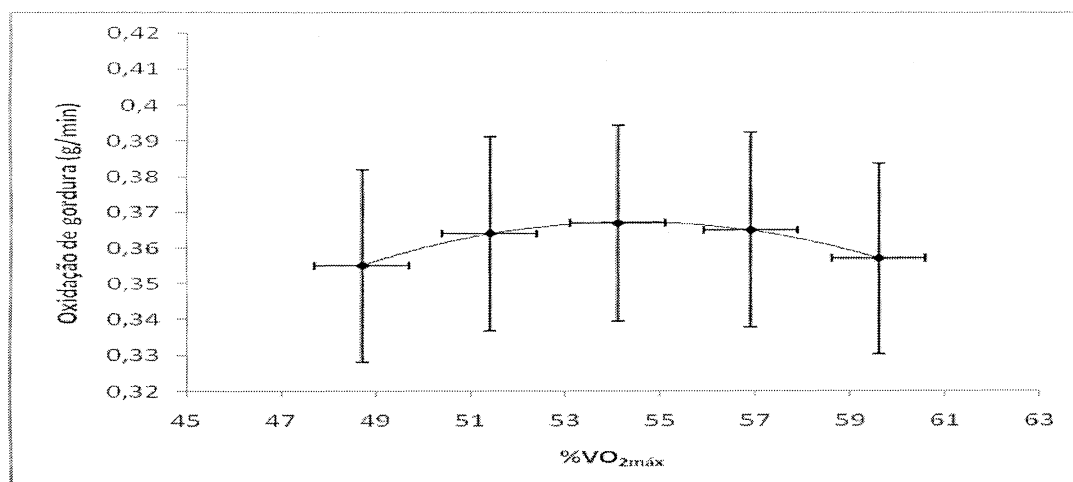


Figura 5. Média do Fat_{max}, MOG e determinação da Fat_{zona}

5 DISCUSSÃO

O conceito de Fat_{max} foi introduzido por Jeukendrup e Achten (JEUKENDRUP and ACHTEN 2001) objetivando expandir as perspectivas atuais relacionadas ao exercício e o metabolismo de gordura. Pesquisas têm sido direcionadas ao estudo do Fat_{max} em diversas populações, contudo, nenhum estudo buscou determinar o Fat_{max} em mulheres idosas.

Os principais resultados do presente estudo foram que mulheres idosas apresentam o Fat_{max} em uma intensidade de 54% do $\% \dot{V}O_{2m\acute{a}x}$, com uma MOG de $0,367 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1}$. Em um prévio estudo realizado por Stisen et al. (STISEN, STOUGAARD et al. 2006), os quais avaliaram mulheres treinadas e destreinadas foi observado que o Fat_{max} não apresentou diferenças entre os grupos (53% e 56% do $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ para mulheres destreinadas e treinadas, respectivamente). Apesar da idade dos participantes não ser apresentada no estudo, seus resultados foram semelhantes ao do presente estudo. Similarmente, Venables et al. (VENABLES, ACHTEN et al. 2005) utilizando 300 sujeitos saudáveis (157 homens e 143 mulheres) observou que mulheres e homens adultos apresentaram um Fat_{max} de 52% e 45% do $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$, respectivamente.

Embora diversos estudos tenham sido destinados a investigar os efeitos da realização do exercício físico sobre o Fat_{max} , cabe ressaltar que até o momento, nenhuma pesquisa foi realizada buscando estudar mulheres idosas, desta maneira, torna-se difícil a comparação com as prévias investigações. Em geral, pode se observar que o Fat_{max} de mulheres idosas sedentárias foi similar ao verificado em prévios estudos realizados com outras populações, sendo classificado de acordo com o Colégio Americano de Medicina do Esporte, um exercício de intensidade moderada (NELSON, REJESKI et al. 2007).

Outro resultado a se destacar foi que a zona de máxima oxidação de gordura (Fat_{zona}), parâmetro de grande utilidade na prescrição de exercícios aeróbios com o intuito de priorizar a oxidação de gordura, apresentou-se entre 48 e 59% do $VO_{2m\acute{a}x}$. No gráfico 1, pode ser observado que na Fat_{zona} , a variação na oxidação de gordura foi pequena em relação à MOG. Desta forma, o conhecimento da faixa do Fat_{zona} pode ser empregado com mais facilidade no âmbito da prescrição do exercício, em especial para indivíduos idosos, visto a possibilidade dos mesmos

oscilarem dentro de uma faixa de ~10% do $VO_{2m\acute{a}x}$ possibilitando assim alternâncias em intensidade mais elevadas e mais baixas dentro de uma zona que ainda otimiza a gordura como substrato energético.

O valor encontrado para MOG entre as mulheres idosas do presente estudo foi de $0,367 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1}$. Comparar este resultado com investigações prévias torna-se difícil, devido à presença de variáveis intervenientes, como diferentes níveis de condicionamento, e utilização de protocolos em cicloergômetro. Apesar das diferenças verificadas entre o presente estudo e o realizado por Stisen et al. (STISEN, STOUGAARD et al. 2006), verificou-se valores similares para MOG, entre mulheres treinadas e destreinadas. Outros estudos apresentam resultados controversos, Achten (ACHTEN and JEUKENDRUP 2003; ACHTEN, VENABLES et al. 2003) realizou uma série de estudos com ciclista moderadamente treinados, e verificou diferentes valores na MOG ($0,56$; $0,48$; e $0,52 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1}$), resultados superiores ao presente estudo.

Estas controvérsias observadas podem ser justificadas pelos achados de Stisen et al. (STISEN, STOUGAARD et al. 2006), que observaram que em intensidades similares do $VO_{2m\acute{a}x}$, indivíduos treinados tem uma oxidação de gorduras maior que os destreinadas, devido à maior atividade enzimática que favorece a oxidação da gordura durante o exercício. Além disso, Bogdanis et al. (BOGDANIS, VANGELAKOUDI et al. 2008) identificou que mulheres inativas com sobrepeso apresentam uma baixa oxidação de gordura ($0,20 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1}$) durante uma caminhada em intensidade moderada ($5,0 - 5,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Outro fator que dificulta a comparação e possibilita diferenças na MOG é a utilização de diferentes protocolos de exercício. Esta diferença foi reportada por Achten et al. (ACHTEN, GLEESON et al. 2002; ACHTEN and JEUKENDRUP 2003), que observaram uma maior MOG durante exercício realizado em esteira comparado ao realizado em ciclo ergômetro.

Desta forma, para uma análise mais precisa da influência da idade sobre a MOG, futuros estudos devem levar em conta o controle de variáveis como o nível de condicionamento dos participantes, protocolo de exercícios utilizado, além e outros possíveis fatores intervenientes a fim de obter resultados fidedignos, comparando com outras faixas etárias em protocolo similar. Além disso, cabe ressaltar que futuros estudos utilizando protocolo em esteira, com esta população, são necessários, devido à grande popularidade da caminhada entre indivíduos idosos.

5 CONCLUSÃO

Pode-se verificar que mulheres idosas apresentam o Fat_{max} em uma intensidade moderada de caminhada. Além disso, foi observado que mulheres idosas apresentam o Fat_{max} em uma intensidade semelhante a outras populações do mesmo gênero. No âmbito prático, a utilização da Fat_{zona} como ponto de referência para prescrição da intensidade de exercício apresenta-se como uma ferramenta útil, quando o principal objetivo da atividade é otimizar a utilização de gordura como substrato, favorecendo a perda e/ou manutenção do peso corporal. Além disso, o estudo da MOG verificada em mulheres idosas necessita ser mais investigada, visto as discrepâncias observadas na comparação com outras pesquisas. Desta forma, a necessidade de futuros estudos investigando os efeitos do envelhecimento sobre a MOG, controlando fatores como o nível de condicionamento dos participantes e o protocolo de exercícios utilizado fazem-se necessários.

REFERÊNCIAS

- Achten, J., M. Gleeson, et al. (2002). "Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation." Med Sci Sports Exerc **34**(1): 92-97.
- Achten, J. and A. E. Jeukendrup (2003). "Maximal fat oxidation during exercise in trained men." Int J Sports Med **24**(8): 603-608.
- Achten, J., M. C. Venables, et al. (2003). "Fat oxidation rates are higher during running compared with cycling over a wide range of intensities." Metabolism **52**(6): 747-752.
- Amati, F., J. J. Dube, et al. (2008). "Separate and combined effects of exercise training and weight loss on exercise efficiency and substrate oxidation." J Appl Physiol **105**(3): 825-831.
- Bogdanis, G. C., A. Vangelakoudi, et al. (2008). "Peak fat oxidation rate during walking in sedentary overweight men and women." J Sports Sci Med **7**: 525-531.
- Bonifácio N. P., César T.B. (2005). "Metabolismo dos lípidos durante exercício físico." R. Bras. Ci e Mov 2005; 13(4): 101-106.
- Brooks, G. A. and J. Mercier (1994). "Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the "crossover" concept." J Appl Physiol **76**(6): 2253-2261.
- Bruce, R. A., F. Kusumi, et al. (1973). "Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease." Am Heart J **85**(4): 546-562.
- Brun, J. F., A. J. Romain, et al. (2011). "Maximal lipid oxidation during exercise (Lipox(max)): From physiological measurements to clinical applications. Facts and uncertainties." Science & Sports **26**(2): 57-71.
- Carmeli, E., R. Coleman, et al. (2002). "The biochemistry of aging muscle." Exp Gerontol **37**(4): 477-489.
- Carvalho, R., A. E. F. Neto, et al. (2003). "Silicon Uptake and Translocation by Eucalyptus Seedlings Cultivated in Latosol (Oxisol) and Cambisol (Inceptisol)." Ciencia E Agrotecnologia **27**(3): 491-500.
- Cheneviere, X., D. Malatesta, et al. (2010). "Differences in whole-body fat oxidation kinetics between cycling and running." European Journal of Applied Physiology **109**(6): 1037-1045.
- Chen, Z. P., T. J. Stephens, et al. (2003). "Effect of exercise intensity on skeletal muscle AMPK signaling in humans." Diabetes **52**(9): 2205-2212.

- Chodzko-Zajko, W. J., D. N. Proctor, et al. (2009). "American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults." Med Sci Sports Exerc **41**(7): 1510-1530.
- Curi, Lagranha et al. (2003). Ciclo de Krebs como fator limitante na utilização de ácidos graxos durante o exercício aeróbico. Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia, v. 47, n. 2, p. 135-143, 2003.
- Elmadfa, I. and A. L. Meyer (2008). "Body composition, changing physiological functions and nutrient requirements of the elderly." Ann Nutr Metab **52 Suppl 1**: 2-5.
- Faulkner, J. A., L. M. Larkin, et al. (2007). "Age-related changes in the structure and function of skeletal muscles." Clin Exp Pharmacol Physiol **34**(11): 1091-1096.
- Fleg, J. L., C. H. Morrell, et al. (2005). "Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults." Circulation **112**(5): 674-682.
- Frayn, K. N. (1983). "Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange." J Appl Physiol **55**(2): 628-634.
- Gillette-Guyonnet, S. and B. Vellas (2003). "Body composition and age-related diseases." Mech Ageing Dev **124**(3): 247-248.
- Gordon, C. C., W. C. Chumlea, et al. (1988). Stature, recumbent length and weight. Anthropometric standardization reference manual. T. G. Lohman, A. F. Roche and R. Martorell. Champaign: IL, Human Kinetics: 3-8.
- Greenberg, A. S. and M. S. Obin (2006). "Obesity and the role of adipose tissue in inflammation and metabolism." Am J Clin Nutr **83**(2): 461S-465S.
- Hawkins, S. and R. Wiswell (2003). "Rate and mechanism of maximal oxygen consumption decline with aging: implications for exercise training." Sports Med **33**(12): 877-888.
- Jackson, A. S., X. Sui, et al. (2009). "Role of lifestyle and aging on the longitudinal change in cardiorespiratory fitness." Arch Intern Med **169**(19): 1781-1787.
- Jakicic, J. M. (2009). "The effect of physical activity on body weight." Obesity (Silver Spring) **17 Suppl 3**: S34-38.
- Jakicic, J. M., B. H. Marcus, et al. (2003). "Effect of exercise duration and intensity on weight loss in overweight, sedentary women: a randomized trial." JAMA **290**(10): 1323-1330.
- Jeukendrup, A. E. (2002). "Regulation of fat metabolism in skeletal muscle." Ann N Y Acad Sci **967**: 217-235.
- Jeukendrup, A. E. and J. Achten (2001). "Fatmax: A new concept to optimize fat oxidation during exercise?" Eur J Sport Sci **1**(5): 1-5.

- Jeukendrup, A. E., W. H. Saris, et al. (1998). "Fat metabolism during exercise: a review--part II: regulation of metabolism and the effects of training." Int J Sports Med **19**(5): 293-302.
- Krause, M. P. Buzzachera C, F. et al. Influência do nível de atividade física sobre a aptidão cardiorrespiratória em mulheres idosas. Rev Bras Med Esporte. 2007, vol.13, n.2
- Levadoux, E., B. Morio, et al. (2001). "Reduced whole-body fat oxidation in women and in the elderly." Int J Obes (Lond) **25**(1): 39-44.
- Manini, T. M. (2010). "Energy expenditure and aging." Ageing Res Rev **9**(1): 1-11.
- Martins, R. A., M. T. Verissimo, et al. (2010). "Effects of aerobic and strength-based training on metabolic health indicators in older adults." Lipids Health Dis **9**: 76.
- Mazzeo, R. S. and H. Tanaka (2001). "Exercise prescription for the elderly: Current Recommendations." Sports Med **31**(11): 809-818.
- Matsudo, S.M., Matsudo, V.K.R. et al. Impacto do envelhecimento nas variáveis antropométricas, neuromotoras e metabólicas da aptidão física. Rev. Bras. Ciên. e Mov. 8 (4): 21-32, 2000.
- McArdle, A., A. Vasilaki, et al. (2002). "Exercise and skeletal muscle ageing: cellular and molecular mechanisms." Ageing Res Rev **1**(1): 79-93.
- Melanson, E. L., W. S. Gozansky, et al. (2009). "When energy balance is maintained, exercise does not induce negative fat balance in lean sedentary, obese sedentary, or lean endurance-trained individuals." J Appl Physiol **107**(6): 1847-1856.
- Midgley, A. W., L. R. McNaughton, et al. (2007). "Criteria for determination of maximal oxygen uptake: a brief critique and recommendations for future research." Sports Med **37**(12): 1019-1028.
- Morio, B., J. F. Hocquette, et al. (2001). "Muscle fatty acid oxidative capacity is a determinant of whole body fat oxidation in elderly people." Am J Physiol Endocrinol Metab **280**(1): E143-149.
- Mortensen, B., P. Poulsen, et al. (2009). "Genetic and metabolic effects on skeletal muscle AMPK in young and older twins." Am J Physiol Endocrinol Metab **297**(4): E956-964.
- Navarro, A. and A. Boveris (2007). "The mitochondrial energy transduction system and the aging process." Am J Physiol Cell Physiol **292**(2): C670-686.
- Nelson, M. E., W. J. Rejeski, et al. (2007). "Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association." Med Sci Sports Exerc **39**(8): 1435-1445.

- Paterson, D. H., G. R. Jones, et al. (2007). "Ageing and physical activity: evidence to develop exercise recommendations for older adults." Can J Public Health **98 Suppl 2**: S69-108.
- Raguso, C. A., U. Kyle, et al. (2006). "A 3-year longitudinal study on body composition changes in the elderly: Role of physical exercise." Clin Nutr **25**(4): 573-580.
- Ravagnani, F.C.P. Coelho, C.F. et al. Declínio do consumo máximo de oxigênio em função da idade em indivíduos adultos do sexo masculino submetidos ao teste ergoespirométrico. R. Bras. Ci e Mov 2005; 13(2): 7-15.
- Reznick, R. M., H. Zong, et al. (2007). "Aging-associated reductions in AMP-activated protein kinase activity and mitochondrial biogenesis." Cell Metab **5**(2): 151-156.
- Richter, E. A. and N. B. Ruderman (2009). "AMPK and the biochemistry of exercise: implications for human health and disease." Biochem J **418**(2): 261-275.
- Riddell, M. C., V. K. Jamnik, et al. (2008). "Fat oxidation rate and the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation decreases with pubertal status in young male subjects." J Appl Physiol **105**(2): 742-748.
- Roepstorff, C., C. H. Steffensen, et al. (2002). "Gender differences in substrate utilization during submaximal exercise in endurance-trained subjects." Am J Physiol Endocrinol Metab **282**(2): E435-447.
- Sieck, G. C. (2003). "Physiology of aging." J Appl Physiol **95**(4): 1333-1334.
- St-Onge, M. P. and D. Gallagher (2010). "Body composition changes with aging: the cause or the result of alterations in metabolic rate and macronutrient oxidation?" Nutrition **26**(2): 152-155.
- Stevenson, E. J., N. M. Astbury, et al. (2009). "Fat oxidation during exercise and satiety during recovery are increased following a low-glycemic index breakfast in sedentary women." J Nutr **139**(5): 890-897.
- Stisen, A. B., O. Stougaard, et al. (2006). "Maximal fat oxidation rates in endurance trained and untrained women." Eur J Appl Physiol **98**(5): 497-506.
- Thomas, D. R. (2007). "Loss of skeletal muscle mass in aging: examining the relationship of starvation, sarcopenia and cachexia." Clin Nutr **26**(4): 389-399.
- Thomas, J. R., J. Nelson, et al. (2005). Research Methods in Physical Activity. Champaign, IL, Human Kinetics.
- Thomson, D. M. and W. W. Winder (2009). "AMP-activated protein kinase control of fat metabolism in skeletal muscle." Acta Physiol (Oxf) **196**(1): 147-154.

- Tucker, M. Z. and L. P. Turcotte (2003). "Aging is associated with elevated muscle triglyceride content and increased insulin-stimulated fatty acid uptake." Am J Physiol Endocrinol Metab **285**(4): E827-835.
- Venables, M. C., J. Achten, et al. (2005). "Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study." J Appl Physiol **98**(1): 160-167.
- Viollet, B., B. Guigas, et al. (2009). "AMP-activated protein kinase in the regulation of hepatic energy metabolism: from physiology to therapeutic perspectives." Acta Physiol (Oxf) **196**(1): 81-98.
- Weinert, B. T. and P. S. Timiras (2003). "Invited review: Theories of aging." J Appl Physiol **95**(4): 1706-1716.
- Zunquin, G., D. Theunynck, et al. (2009). "Comparison of fat oxidation during exercise in lean and obese pubertal boys: clinical implications." British Journal of Sports Medicine **43**(11): 869-870.