



Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto

Instituto Politécnico do Porto

Ana Luísa Campos Martins Novais

Avaliação do Impacto da Marcha com Canadianas no
Dispêndio Energético: Análise Comparativa entre
Jovens e Idosos

2º Ano do Mestrado em Fisioterapia na Comunidade

Setembro de 2013

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DO PORTO
INSTITUTO POLITÉCNICO DO PORTO

Ana Luísa Campos Martins Novais

Avaliação do Impacto da Marcha com Canadianas no Dispêndio Energético: Análise Comparativa entre Jovens e Idosos

Dissertação submetida à Escola Superior de Tecnologia de Saúde do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Fisioterapia, realizada sob a orientação científica de Paula Clara Santos (Professora Adjunta da Área Científica de Fisioterapia), Cristina Argel de Melo (Professora Coordenadora da Área Técnico Científica de Fisioterapia), Cristina Carvalho Mesquita (Professora Adjunta da Área Científica de Fisioterapia) e Pedro Monteiro (Professor Coordenador da Área Técnico Científica de Ciências Funcionais).

Setembro, 2013

Avaliação do Impacto da Marcha com Canadianas no Dispêndio Energético: Análise Comparativa entre Jovens e Idosos

ANA LUÍSA NOVAIS¹

PAULA CLARA SANTOS¹

CRISTINA ARGEL DE MELO¹

CRISTINA CARVALHO MESQUITA¹

PEDRO MONTEIRO¹

¹ ESTSP – Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto / Instituto Politécnico do Porto

Resumo

Introdução: As canadianas são utilizadas em múltiplos quadros clínicos em que existe compromisso da marcha. No entanto, é fulcral considerar as diferentes exigências metabólicas associadas a cada auxiliar e tipo de marcha.

Objetivo: Avaliar o dispêndio energético (DE) na marcha normal (MN), com uma canadiana e com duas canadianas a 3 pontos e a 3 pontos modificada em jovens e idosos.

Metodologia: Estudo analítico transversal, composto por 21 indivíduos. As variáveis analisadas foram o volume de oxigénio inspirado (VO_2), volume de dióxido de carbono expirado (VCO_2) e quociente respiratório (QR), obtidas através do sistema portátil (*Cosmed K4b²*, *Cosmed*, Roma, Itália).

Resultados: Os participantes tinham idades entre 18 e 75 anos (11 jovens e 10 idosos). Os idosos apresentaram valores significativamente mais elevados que os jovens no DE na marcha com uma canadiana a 3 pontos ($p=0,009$) e com duas canadianas a 3 pontos ($p=0,008$), enquanto nas restantes marchas não houve diferenças estatisticamente significativas ($p>0,05$). A MN e a marcha com duas canadianas a 3 pontos foram os tipos de marcha com maior DE nos jovens, e nos idosos. Nos jovens, a MN apresentou 19% a 45% maior DE do que as restantes marchas, enquanto nos idosos verificou-se que todas as marchas (à exceção de uma canadiana a 3 pontos modificada) apresentaram um maior DE (entre 7 e 16%) comparativamente à MN.

Conclusão: Os idosos apresentaram valores significativamente mais elevados de DE que os jovens nas marchas uma e duas canadianas a 3 pontos. Na MN e na marcha uma canadiana a 3 pontos modificada existe uma tendência para os jovens apresentarem valores de DE superior aos idosos. A medição do DE fornece uma indicação precisa da eficiência da marcha, sendo útil como suporte para a decisão clínica e para uma adequada reabilitação.

Palavras-chave: Dispêndio energético, Marcha, Canadianas, Jovens, Idosos

Abstract

Background: Crutches are used in multiple clinical conditions in which there is a commitment of walking. However, it is crucial to consider the different metabolic requirements associated with each auxiliary device and type of walking.

Objective: Evaluate the energy expenditure (EE) during normal walking (NW), with one crutch, with two crutches to 3 points and to 3 points modified in young and elderly.

Methods: A broad-range analytical study, composed of 21 individuals. The variables analyzed were the volume of inspired oxygen (VO_2), volume of expired carbon dioxide (VCO_2) and respiratory exchange ratio (RER), obtained through the portable system (*Cosmed K4b²*, *Cosmed*, Rome, Italy).

Results: Participants were aged between 18 and 75 years (11 young and 10 elderly). The elderly had significantly higher values than the young at EE walking with one 3 points crutch ($p = 0,009$) and with two 3 points crutches ($p = 0,008$), while, in the other types of walking, no statistically significant differences ($p > 0,05$) were observed. The NW and walking with two 3 points crutches were the types of walking with higher EE in young and elderly. In young people, the NW showed 19% to 45% higher EE than other walking, while in the elderly it was found that all walking (except for a 3 points modified crutch) showed a higher EE (between 7 and 16%) compared to NW.

Key-Words: Energy expenditure, Walking, Crutch, Young, Elderly.

1. Introdução

A marcha é uma das tarefas sensoriomotoras realizadas mais frequentemente na vida diária. Baseia-se numa complexa interação entre o sistema motor, o controlo sensitivo e as funções cognitivas (Jahn, Zwergal & Schniepp, 2010). Permite uma progressão suave do corpo através do espaço com o menor dispêndio energético (DE) possível (Wearing, Hennig, Byrne, Steele & Hills, 2006).

Neste contexto, a marcha eficiente necessita da coordenação e integração simultânea de vários sistemas fisiológicos (neurológico, sensório-motor, músculo-esquelético, visual e vestibular) e desta forma numerosos fatores (físicos e psicológicos) podem ter influência fulcral no seu desempenho, contribuindo para as diferenças individuais observadas entre grupos etários ou géneros (Chiu & Wang, 2007; Chung & Wang, 2010). As características intrínsecas de cada género, tais como o alinhamento esquelético, a força muscular e o tamanho corporal, também podem influenciar o desempenho da marcha (Chung & Wang, 2010).

Nas patologias (músculo-esqueléticas, neurológicas, ortopédicas) em que existe compromisso da marcha, a utilização de auxiliares de marcha pode ser uma opção para permitir a manutenção da funcionalidade e fornecer assistência suplementar (Gooberman-Hill & Ebrahim, 2007). Estes são usados frequentemente pela população mais idosa e/ou

com diferentes quadros clínicos com o intuito de melhorarem a funcionalidade, mantendo o equilíbrio (Bateni & Maki, 2005) e compensando deficiências subjacentes (Allet, et al., 2009).

Desta forma, os auxiliares de marcha permitem fomentar o bem-estar global dos indivíduos ao trazerem uma panóplia de benefícios neuromusculoesqueléticos (melhoria do padrão de marcha, redução da carga sobre o membro inferior, aumento da base de suporte, melhoria da postura, aumento do feedback somatossensorial) e psicológicos, (aumento da confiança e da segurança, redução do medo e do risco de queda) (Bateni & Maki, 2005; Stowe, Hopes & Mulley, 2010).

No entanto, alguns estudos (Campbell, Borrie & Spears, 1989; Mahoney, 1994; Maki, Holliday & Topper, 1994; Morse, Tylko & Dixon, 1987) identificaram múltiplos fatores que apontam para a associação entre a utilização dos auxiliares da marcha e o risco de quedas podendo ser explicadas pelo aumento das exigências neuromotoras, metabólicas, fisiológicas e de atenção impostas pela utilização do auxiliar, bem como pelos efeitos biomecânicos destabilizadores e a coordenação (Bateni & Maki, 2005).

Desta forma, a escolha do tipo de marcha a adotar com o auxiliar de marcha apropriado a cada quadro clínico específico deve ser baseada numa análise objetiva sistemática e não só em parâmetros subjetivos (Melis, Torres-Moreno, Barbeau & Lemaire, 1999). Esta análise deve incluir uma avaliação do estado mental, coordenação, equilíbrio, força, amplitudes articulares e idade do paciente (O'Sullivan & Schmitz, 1988; Scully & Barnes, 1989). É fulcral também ponderar o consumo de oxigénio e o esforço cardiovascular que estão associados ao uso dos diferentes auxiliares na realização da marcha (Holder, Haskvitz & Weltman, 1993). No entanto, apesar de toda a informação disponível atualmente, existem ainda dúvidas relativamente ao tipo de marcha a realizar com auxiliar mais adequada para cada indivíduo e situação clínica em particular, considerando o DE associado.

A medição do DE durante a marcha é importante e atualmente o indicador mais utilizado na sua análise é o volume de oxigénio consumido (VO_2) (Abe, et al., 2004; Ayub & Bar-Or, 2003; Bernardi, et al., 1999; Bowen, Cooley, Castagno, Miller & Richards, 1998; Brisswalter & Mottet, 1996; Censi, Toti, Pastore & Ferro-Luzzi, 1998; Dejaeger, Willems & Heglund, 2001).

O termo DE refere-se à quantidade de energia (calorias) que uma pessoa utiliza para a respiração, para a circulação sanguínea, para a digestão de comida, para as atividades do cotidiano e para ser fisicamente ativo (McArdle, Katch & Katch, 2006). O DE durante uma atividade pode ser medido em quilojoules (kJ) ou quilocalorias (Kcal) (Renni, Hennings, Mitchell & Wareham, 2001). Para compreendermos a utilização do VO_2 na avaliação do DE é necessário conhecermos qual o nutriente oxidado. A marcha seleciona preferencialmente o “combustível” das gorduras e não os hidratos de carbono (Abadi, Muhamad & Salamuddin, 2010). Múltiplos estudos versando a temática da marcha sugerem que a velocidade é selecionada com base no princípio da minimização do gasto metabólico (Dal, Erdogan, Resitoglu & Beydagi, 2010). A energia metabólica em conjunto com o trabalho mecânico realizado é um indicador da eficiência da marcha permitindo monitorizar a evolução da condição clínica dos pacientes ao longo do tempo (Bowen, et al., 1988; Brehm, Knol & Harlaar, 2008).

A verificação do DE em função do auxiliar de marcha e o tipo de marcha é de grande relevância dado que auxiliam os profissionais de saúde no aconselhamento adequado dos auxiliares (de acordo com as necessidades individuais). Para que isto seja possível, torna-se fundamental conhecer com precisão qual o DE inerente a cada uma dessas situações para podermos avaliar com rigor o desempenho e o esforço exigido. Para muitos pacientes, o esforço/gasto energético da marcha é uma preocupação constante e frequentemente limita o tipo e a duração das atividades de vida diária. Tratando-se do principal tipo de atividade física no cotidiano de muitos indivíduos (Macpheson, Purcell, & Bulley, 2009), a avaliação da marcha é um pré-requisito para monitorizar a saúde da população e para serem estabelecidas intervenções efetivas (Titze, Martin, Seiler, Stronegger & Marti, 2001; Manini, 2010).

Este estudo é pertinente uma vez que a escolha adequada do tipo de marcha a realizar com o auxiliar pode ser um facilitador para a reabilitação ou manutenção da marcha podendo contribuir para a promoção de saúde. Assim, é necessário gerar informação que facilite a seleção adequada do tipo de marcha e auxiliar.

Neste sentido, o objetivo geral desta investigação é comparar o DE na MN e em diferentes padrões de marcha realizados com uma canadiana e duas canadianas, em jovens e idosos. Adicionalmente definiu-se como objetivo secundário analisar a influência do género no DE e a relação entre o índice de massa corporal e o DE.

2. Metodologia

2.1 Amostra

Realizamos um estudo analítico transversal numa amostra, constituída por 21 voluntários: 11 jovens da Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto - Instituto Politécnico do Porto (ESTSP- IPP) e 10 idosos membros do projeto Viva o Mo(vi)mento, implementado numa Associação de Moradores no Porto.

Os critérios de inclusão foram ter capacidade de realizar marcha independente, os jovens terem idades compreendidas entre 18 e os 25 anos e os idosos terem idade superior a 60 anos. Os critérios de exclusão foram: a presença de patologias neurológicas, músculo-esqueléticas ou cardiorrespiratórias, cirurgia ortopédica com compromisso dos membros nos últimos 3 meses ou não conseguirem tolerar o uso de máscara.

2.2 Instrumentos

Medidas antropométricas:

A altura foi medida em centímetros (cm) na posição vertical com os participantes descalços e pés juntos sendo utilizado o estadiómetro seca® 214 (*Sede Vila Verde, Sintra, Portugal*) com precisão de 1cm. O peso foi medido em quilogramas (Kg) com os participantes vestidos com roupas leves com recurso ao uso de uma balança seca® 760 (*Seca - Medical Scales and Measuring Systems®, Birmingham, United Kingdom*) com precisão 0,1kg. E o Índice de Massa Corporal (IMC) foi calculado através da seguinte fórmula: (peso (Kg) /altura (m²)).

Parâmetros metabólicos:

Para medição do volume de oxigénio inspirado (VO₂), volume de dióxido de carbono expirado (VCO₂) e medição do quociente respiratório (QR) foi usado o sistema portátil (*Cosmed K4b², Cosmed, Roma, Itália*), sendo as medições dos parâmetros metabólicos obtidas através da análise dos gases expirados a cada ciclo respiratório. Este demonstrou ser um método eficaz para avaliação do VO₂ e VCO₂ numa ampla faixa de intensidades de exercício (Hausswirth, Bigard & Le Chevalier, 1997; McLaughlin, King, Howley, Basset & Ainsworth, 2001). Este equipamento foi validado e apresenta boa precisão e fiabilidade (Coeficiente de correlação intraclasse 0,7-0,9) (Duffield, Dawson, Pinnington & Wong, 2004).

2.3 Procedimentos

A parte experimental do trabalho foi realizada no Centro de Estudos e Movimento de Atividade Humana (CEMAH), na ESTSP- IPP (recolha dos dados dos jovens) e na Associação de Moradores no Porto (recolha dos dados dos idosos).

A cada sujeito foi permitido um período inicial de familiarização com a área de teste, equipamentos e procedimentos. Adicionalmente, procedeu-se à recolha dos dados demográficos e antropométricos dos sujeitos e à determinação do membro dominante (pedindo ao indivíduo para chutar uma bola) (Hoffman, Schrader, Applegate & Koceja, 1998). O membro dominante foi escolhido para simulação do membro inferior lesado durante a recolha de dados com recurso às canadianas.

Procedeu-se também ao ajuste do comprimento do auxiliar com o indivíduo na posição bípede, estando o apoio inferior afastado 15 cm do bordo lateral dos dedos do pé, a pega do auxiliar ao nível do grande trocânter e o cotovelo a 20° a 30° de flexão (Lam, 2007; O'Sullivan & Schmitz, 2001). Uma demonstração e explicação dos tipos de marcha com os diferentes auxiliares foi efetuada pelo fisioterapeuta, que foi seguida pelo ensino do tipo de marcha a realizar com o auxiliar aos indivíduos.

Em todas as recolhas, após um período de aquecimento de 30 minutos, o $K4b^2$ COSMED foi calibrado de acordo com as instruções do fabricante (manual de utilizador $K4b^2$, (2010). XXI edição, 56–66, Cosmed Srl, Itália). Inicialmente as variáveis VO_2 e VCO_2 foram recolhidas em repouso durante um período de 3 minutos com os indivíduos sentados, posteriormente os sujeitos realizaram marcha normal (MN) durante 10 minutos num percurso oval de 10 metros a uma velocidade de marcha confortável, auto-selecionada pelo indivíduo, conforme descrito na literatura (Dal, et al., 2010; Morris, Pollard, Everitt & Chave, 1980; Murtagh, Boreham & Murphy, 2002; Racic, Pavic & Brownjohn, 2009; Spelman, Pate, Macera & Ward, 1993; Water & Mulroy, 1999).

Foram efetuadas por ordem aleatória de modo a (reduzir os efeitos da aprendizagem) as seguintes marchas: marcha com uma canadiana a 3 pontos (1C), marcha com uma canadiana a 3 pontos modificada (1CM), marcha com duas canadianas a 3 pontos (2C) e marcha com 2 canadianas a 3 pontos modificada (2CM) (Gibbons, Fruchter, Sloan & Levy, 2001; Guyatt, et al., 1985; Hamilton & Haennel, 2000; Knox, Morrison & Myers, 1988).

Os diferentes tipos de marcha consistem no seguinte: na marcha com 2C e com 1C, o membro dominante avança com a(s) canadiana(s) e o contralateral faz uma pausa na

mesma direção do membro dominante, não devendo este ultrapassar a extremidade inferior da canadiana. Na marcha com 2CM e com 1CM, o membro dominante avança com a(s) canadiana(s) e o membro contralateral deverá ultrapassar o membro dominante. Na marcha com 1C e 1CM, esta é colocada no lado contralateral ao membro dominante (Cress, 1982; Joyce & Kirby, 1991; Lyu, Ogata & Hoshiko, 2000; Stowe, et al., 2010). Durante a marcha, os sujeitos foram acompanhados e poderiam parar caso sentissem alguma dor ou desconforto. Contudo, nenhum dos participantes interrompeu o teste.

Entre cada tipo de marcha, o sujeito fez repouso na posição de sentado durante 3 minutos (Fox, Bowers & Foss, 1993), e entre cada indivíduo procedeu-se à desinfecção da turbina e da máscara.

De salientar que dos 10 minutos de marcha foram eliminados os dados dos primeiros 4 minutos de recolha dado que foi definido o *steady-state* a partir dos 4 minutos (Matarese, 1997; McClave, et al., 2003; Reeves, Davies, Bauer & Battistutta, 2004).

Numa primeira instância foi feita uma análise exploratória dos dados obtidos no Microsoft Excel e de seguida foi calculado o valor médio dos 4-10 min para o VO_2 , VCO_2 e QR e posteriormente retirado os valores extremos (*outliers*).

A variável VO_2 foi convertida em kJ/min, normalizada para a massa corporal e assim transformada em dispêndio energético (kJ/min/Kg). Para calcular o DE nas diferentes marchas foi subtraído o DE em repouso (Baker, Hausch, McDowell, 2001; McDowell, McLanghlan, Maguire & Baker, 2001; Scwartz, Koop, Bourke & Baker, 2006).

2.4 Ética

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética da ESTSP-IPP. Os participantes assinaram o consentimento informado, segundo a Declaração de Helsínquia (datada de 1964). Foi garantido o anonimato e a confidencialidade dos dados recolhidos através da atribuição aleatória de um número de identificação a cada participante.

2.5 Estatística

Para efeitos de análise estatística inferencial recorreu-se ao Microsoft Excel e ao software estatístico “ Statistical Package for the Social Sciences” (IBM SPSS Statistics®, versão 19.0.) e fixou-se o nível de confiança de 95%.

No sentido de avaliar a distribuição das variáveis da amostra, atendendo a que se tratam de variáveis quantitativas e a amostra é inferior a 50 indivíduos, aplicou-se o teste de

Shapiro-Wilk. Para comparar as diferentes variáveis entre jovens e idosos, utilizou-se o Teste T para duas amostras independentes (para distribuições normais). Para comparar cada variável em cada tipo de marcha, aplicou-se o Teste Anova de Medições Repetidas (se a variável apresenta distribuição normal) ou o teste não paramétrico de Friedman. Por sua vez, para avaliar a existência de diferenças no DE entre os gêneros utilizou-se o Test T (se a variável apresenta distribuição normal) ou o teste de Mann-Whitney (variável sem distribuição normal). Para avaliar a existência de alguma relação entre o DE e o IMC e o DE e o sexo, aplicou-se o Coeficiente de Correlação de Pearson (variáveis quantitativas).

3. Resultados

A estatística descritiva dos dados demográficos e antropométricos da amostra está sumariada (na tabela 1).

Tabela 1: Dados demográficos e antropométricos da amostra

	Jovens	Idosos	P
Número, (n)	11	10	---
Sexo, M/F, (n)	4/7	5/5	---
Idade, anos *	18,91±1,38, 18-22	70,0±4,52, 62-75	---
Altura, cm *	170,36±10,70, 157-188	162,5± 10,84, 145-179	0,111
Peso, kg *	66,45±13,0, 50-86	70,70 ±11,44, 54-92	0,439
IMC, kg/m ² *	22,27±3,64, 17-28	26,65 ±2,18, 22,7-30	0,012

Legenda: M - Masculino; F – Feminino; IMC – Índice de massa corporal; * - Os valores apresentados correspondem à média±desvio-padrão, valor mínimo e valor máximo, respectivamente.

Foi efetuada uma análise para avaliar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os 2 grupos, nas 3 variáveis antropométricas avaliadas (peso, altura, IMC). Apenas se verificaram diferenças estatisticamente significativas na variável IMC, com os jovens a apresentarem valores inferiores aos idosos ($t=-2,781$, $p=0,012$).

3.1 Análise comparativa entre jovens e idosos

Dispêndio Energético

Na análise comparativa do DE, verificamos que existem diferenças estatisticamente significativas entre grupos. Os jovens apresentaram valores de DE mais baixos que os idosos nas marchas 1C ($t=-2,909$, $p=0,009$) e 2C ($t=-2,972$, $p=0,008$).

No caso do DE na MN ($t= 0,192$, $p = 0,849$) e 1CM ($t=-0,800$, $p= 0,434$), não houve diferenças estatisticamente significativas entre jovens e idosos, embora exista uma

tendência para que a mediana do DE dos jovens seja ligeiramente superior ao dos idosos (Tabela 2).

Na marcha 2CM não houve diferenças estatisticamente significativas entre os jovens e os idosos ($U = 37,0$, $W = 92,0$, $p = 0,326$).

Tabela 2: Valores de DE por participante em repouso e nas diferentes marchas e mediana por grupo (kJ/min/kg)

Participante	Rep	MN	1C	1CM	2C	2CM	
Jovens	P1	0,11	0,18	0,18	0,21	0,19	0,22
	P2	0,12	0,12	0,21	0,23	0,24	0,24
	P3	0,10	0,23	0,25	0,33	0,27	0,37
	P4	0,08	0,17	0,17	0,20	0,19	0,24
	P5	0,13	0,19	0,28	0,30	0,25	0,29
	P6	0,09	0,20	0,17	0,22	0,15	*
	P7	0,12	0,17	0,25	0,27	0,24	0,25
	P8	0,13	0,13	0,26	0,29	0,28	0,27
	P9	0,10	0,17	0,23	0,24	0,24	0,24
	P10	0,08	0,12	0,14	0,14	0,18	0,18
	P11	0,14	0,20	0,24	0,28	0,26	0,29
Mediana	0,11	0,17	0,10	0,14	0,12	0,14	
Intervalo Interquartis	0,04	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04	
Idosos	P12	0,14	0,14	0,27	0,29	0,31	0,29
	P13	0,16	0,15	0,29	0,41	0,26	0,38
	P14	0,10	0,22	0,19	0,22	0,24	0,31
	P15	0,14	0,12	0,36	0,32	0,33	0,31
	P16	0,14	0,20	0,35	0,26	0,30	0,30
	P17	0,09	0,25	0,35	0,33	0,28	0,39
	P18	0,12	0,12	0,28	0,23	0,27	0,25
	P19	0,13	0,14	0,28	0,23	0,24	0,23
	P20	0,13	0,11	0,24	0,26	0,31	0,24
	P21	0,16	0,23	0,32	0,30	0,40	0,32
Mediana	0,13	0,15	0,16	0,13	0,17	0,16	
Intervalo Interquartis	0,03	0,10	0,09	0,07	0,06	0,09	

Legenda: P – Participante; Rep – Repouso; MN – Marcha normal; 1C – Marcha com uma canadiana a 3 pontos; 1CM – Marcha com uma canadiana a 3 pontos modificada; 2C – Marcha com duas canadianas a 3 pontos.

Após análise das medianas do DE nos jovens nos diferentes tipos de marcha e diferentes auxiliares face à MN observou-se que todos apresentavam um menor DE, dado que a variação face à MN situou-se entre os 19% para a marcha 1CM e 2CM e 45% para a marcha 1C (Figura 1). Por outro lado, verificou-se um DE superior face à MN para os idosos em todas as marchas exceto para a marcha 1CM sendo a variação face à MN entre 7% para a marcha 1C e 2CM e de 16% para a marcha 2C (Figura 2).



Figura 1: Dispêndio energético dos jovens percentagem de variação face à marcha normal

Legenda: 1C – Marcha com uma canadiana a 3 pontos; 1CM – Marcha com uma canadiana a 3 pontos modificada; 2C – Marcha com duas canadianas a 3 pontos; 2CM – Marcha com duas canadianas a 3 pontos modificada.

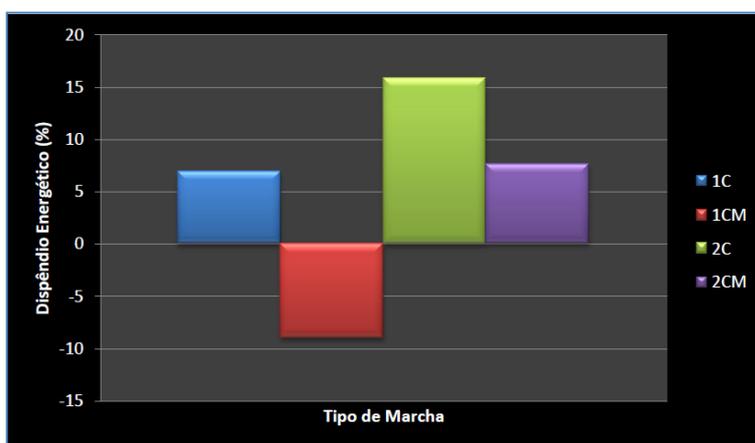


Figura 2: Dispêndio energético dos idosos percentagem de variação face à marcha normal

Legenda: 1C – Marcha com uma canadiana a 3 pontos; 1CM – Marcha com uma canadiana a 3 pontos modificada; 2C – Marcha com duas canadianas a 3 pontos; 2CM – Marcha com duas canadianas a 3 pontos modificada.

Volume de CO₂ expirado

Verificou-se que apenas em repouso ($t=3,488$, $p=0,002$) e na marcha normal ($t=2,168$, $p=0,043$) houve diferenças estatisticamente significativas no VCO₂ entre jovens e idosos, com os jovens a apresentarem valores significativamente superiores. Efetuando uma análise descritiva dos valores da mediana para cada marcha verificou-se um VCO₂ inferior para todas as marchas, comparativamente à MN (embora sem significância estatística). Esta diferença variou, nos jovens, entre 2% para a marcha a 2C e 22% para a marcha a 1C e nos idosos entre 4% para a marcha a 2C e 12% para a marcha a 1CM (Tabela3).

Tabela 3: Valores do VCO₂ por participante em função do tipo de marcha e mediana dos valores de VCO₂ em função do tipo de marcha (ml/ min/Kg)

	Participante	Rep	MN	1C	1CM	2C	2CM
Jovens	P1	4,78	10,41	7,19	7,85	7,35	8,77
	P2	4,85	9,86	7,87	8,67	8,83	8,67
	P3	4,06	12,89	8,84	12,36	10,12	14,29
	P4	4,55	10,55	7,89	8,83	8,35	10,64
	P5	4,37	11,56	11,39	12,19	10,38	11,93
	P6	4,20	12,62	7,29	9,21	6,55	*
	P7	4,46	11,56	9,94	11,27	10,64	10,96
	P8	5,44	10,01	10,08	11,37	10,55	10,05
	P9	4,26	11,18	8,71	9,65	9,57	10,00
	P10	3,88	8,41	5,97	6,10	7,39	7,52
	P11	6,51	14,47	10,12	11,88	10,86	12,34
Mediana		4,46	11,18	8,71	9,65	9,57	10,35
Intervalo Interquartis		0,65	2,61	2,79	3,21	3,16	3,28
Idosos	P12	3,58	8,79	8,12	9,54	8,85	9,72
	P13	4,91	10,85	10,52	13,52	8,53	11,18
	P14	2,92	10,61	6,27	7,37	8,57	10,50
	P15	3,83	9,22	10,99	10,33	11,43	9,30
	P16	3,47	11,61	11,05	8,35	8,78	9,08
	P17	2,98	11,13	10,33	10,66	9,27	11,12
	P18	4,03	8,20	8,93	7,67	8,84	8,71
	P19	3,78	8,52	9,41	7,42	7,92	6,96
	P20	3,07	6,50	7,45	7,69	9,85	7,82
	P21	3,80	11,10	9,08	9,77	11,79	10,13
Mediana		3,68	9,92	9,25	8,95	8,85	9,51
Intervalo Interquartis		0,83	2,67	2,69	2,8	1,69	2,17
*valor em falta							

Legenda: P – Participante; Rep – Repouso; MN – Marcha normal; 1C – Marcha com uma canadiana a 3 pontos; 1CM – Marcha com uma canadiana a 3 pontos modificada; 2C – Marcha com duas canadianas a 3 pontos.

Quociente Respiratório

Analisando o QR, verificou-se que existem diferenças significativas no QR entre jovens e idosos em repouso ($t=6,235$, $p<0,001$), na MN ($t=6,916$, $p<0,001$), na marcha a 1C ($t=7,618$, $p<0,001$), na marcha a 1CM ($t=10,779$, $p<0,001$), na marcha a 2C ($t=7,846$, $p<0,001$) e na marcha a 2CM ($t=8,111$, $p<0,001$) com os jovens a apresentarem valores significativamente mais elevados que os idosos (Tabela 4).

Tabela 4: Valores do QR por participante em função do tipo de marcha e mediana dos valores do QR em função do tipo de marcha

	Participante	Rep	MN	1C	1CM	2C	2CM
Jovens	P1	,94	,77	,82	,81	,80	,80
	P2	,82	,83	,78	,79	,78	,77
	P3	,82	,80	,75	,78	,80	,81
	P4	*	,89	,97	,92	,93	,94
	P5	,70	,74	,86	,85	,85	,86
	P6	,99	,91	,88	,89	,91	*
	P7	,78	,85	,84	,90	,92	,92
	P8	,85	,80	,80	,82	,79	,79
	P9	,92	,88	,81	,83	,85	,85
	P10	,99	,89	,88	,89	,87	,89
	P11	,96	,88	,90	,89	,87	,89
	Mediana	0,89	0,85	0,84	0,85	0,85	0,86
	Intervalo Interquartis	0,16	0,09	0,08	0,08	0,11	0,10
Idosos	P12	,55	,65	,62	,70	,60	,69
	P13	,62	,74	,75	,69	,70	,61
	P14	,58	,69	,70	,68	,75	,73
	P15	,55	,72	,65	,68	,73	,64
	P16	,52	,71	,67	,66	,61	,64
	P17	,67	,69	,62	,66	,69	,61
	P18	,69	,72	,68	,69	,68	,74
	P19	,63	,67	,69	,68	,68	,63
	P20	,49	,59	,66	,62	,68	,68
	P21	,50	,60	,59	,69	,61	,67
		Mediana	0,57	0,69	0,66	0,68	0,68
	Intervalo Interquartis	0,12	0,08	0,07	0,03	0,09	0,08

*valor em falta

Legenda: P – Participante; Rep – Repouso; MN – Marcha normal; 1C – Marcha com uma canadiana a 3 pontos; 1CM – Marcha com uma canadiana a 3 pontos modificada; 2C – Marcha com duas canadianas a 3 pontos.

3.2 Análise comparativa do DE entre marchas

Através da aplicação do teste de Friedman, verificou-se que existem diferenças significativas no DE dos jovens entre as várias marchas ($\chi^2(4)=25,749$, $p<0,001$), com a seguinte ordem crescente de DE: 1C, 2C, 1CM, 2CM e MN.

No grupo de idosos, através da aplicação do teste de Friedman, verificou-se que não existem diferenças significativas nas várias marchas ($\chi^2(4)=3,040$, $p=0,551$).

3.3 Análise comparativa do VCO₂ entre marchas

Com o intuito de comparar o VCO₂ nas diferentes marchas nos jovens foi utilizado o Teste Anova de Medições Repetidas e observaram-se diferenças significativas ($F=11,405$, $p<0,001$), sendo que, pelas comparações múltiplas, tem-se que as diferenças significativas são as seguintes: a MN é significativamente superior a 1C, 1CM e 2C. A marcha 1C é significativamente inferior a 1CM, 2C e 2CM. Por último, a marcha 2C é significativamente inferior a 2CM.

No grupo de idosos, através da aplicação do teste de Friedman, verificou-se que não existiam diferenças estatisticamente significativas no VCO₂ entre as várias marchas ($\chi^2(4)=1,680$, $p=0,794$).

3.4 Análise comparativa do QR entre marchas

Através da aplicação do Teste Anova de Medições Repetidas, verificou-se que não existem diferenças estatisticamente significativas no QR das diferentes marchas, no grupo dos jovens ($F=0,668$, $p=0,618$).

No grupo de idosos, aplicou-se o teste de Friedman e também não foram detetadas diferenças significativas nas diferentes marchas ($\chi^2(4)=0,640$, $p=0,959$).

3.5 Relação entre o DE nas diferentes marchas e o Sexo

Foram também analisadas as diferenças no DE entre os sexos, através da aplicação do Teste T para duas amostras independentes (MN, 1C, 1CM e 2C), e do teste de Mann-Whitney à variável 2CM. Não foram detetadas quaisquer diferenças estatisticamente significativas entre os sexos nas diferentes marchas ($p>0,05$). No entanto, se fizermos uma análise descritiva, vemos que existe uma tendência para um DE superior no sexo masculino na MN, 1C, 2C e 2CM, enquanto na marcha 1CM existe uma tendência para um DE superior no sexo feminino (Figura 3).

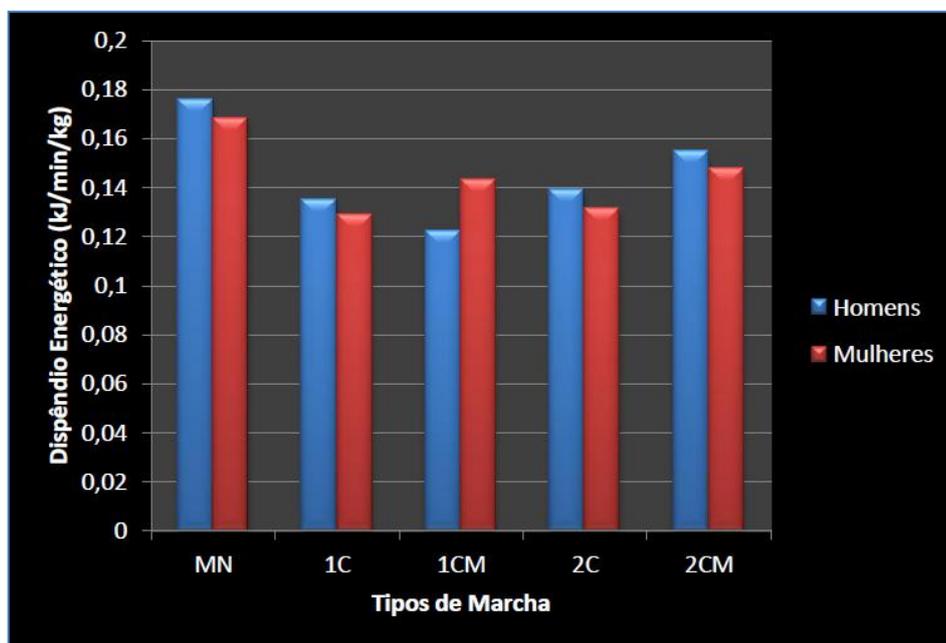


Figura 3: Relação entre o Sexo e o DE.

Legenda: P – Participante; Rep – Repouso; MN – Marcha normal; 1C – Marcha com uma canadiana a 3 pontos; 1CM – Marcha com uma canadiana a 3 pontos modificada; 2C – Marcha com duas canadianas a 3 pontos.

3.6 Relação entre o DE nas marchas e IMC

O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para avaliar a existência de alguma correlação significativa entre o DE nas marchas e o IMC, não tendo sido detetada qualquer correlação significativa ($p > 0,05$, tabela 5).

Tabela 5: Valores do coeficiente de correlação de Pearson entre o DE nas diferentes marchas e o IMC

Marcha	R	p	Teste
MN	0,172	0,456	NS
1C	0,191	0,408	NS
1CM	0,155	0,503	NS
2C	0,147	0,526	NS
2CM	0,417	0,068	NS

Legenda: Legenda: P – Participante; Rep – Repouso; MN – Marcha normal; 1C – Marcha com uma canadiana a 3 pontos; 1CM – Marcha com uma canadiana a 3 pontos modificada; 2C – Marcha com duas canadianas a 3 pontos; NS – Não significativo; R – Coeficiente de Correlação de Pearson; p – Valor de teste.

4. Discussão

Ao compararmos o dispêndio energético (DE) entre jovens e idosos, verificou-se um maior DE nos idosos nas marchas com uma canadiana (1C) e duas canadianas a 3 pontos (2C). Os resultados do nosso estudo vão de encontro ao que referem múltiplos estudos prévios que demonstram que o custo metabólico aumenta com a idade (Malatesta, et al., 2003; Mian, Thom, Ardigo, Morse, Narici, & Minetti, 2007; Ortega & Farley, 2007; Ortega, Fehlman & Farley, 2008; Paterson, Jones & Rice, 2007; Peterson & Martin, 2010; Thomas, De Vito, & Macaluso, 2007).

Com o envelhecimento ocorrem adaptações na marcha que refletem as mudanças associadas à idade no sistema neuromuscular e estas adaptações podem conduzir a uma redução no desempenho da marcha (DeVita & Hortobágyi, 2000; Hortobágyi, Finch, Solnik, Rider & DeVita, 2011; Malatesta, Simar & Dauvilliers, 2004; Schmitz, Silder, Heiderscheit, Mahoney & Thelen, 2008; Wert, Brach, Perera, VanSwearingen, 2010). Contudo, apesar dessas adaptações, o custo metabólico da marcha aumenta com a idade.

Este aumento pode ter como principais determinantes não só um aumento do custo para gerar força para suportar o peso do corpo nos idosos, como também uma maior co-contracção dos músculos antagonistas nesta população (Ortega, et al., 2008). Em primeiro lugar, devido à possível redução de 20-30% na força gerada por área transversal de músculo nos idosos, comparativamente aos jovens (Frontera, Hughes, Lutz & Evans, 1991; Morse, Thom, Reeves, Birch & Narici, 2005), estes provavelmente têm de recrutar mais

unidades motoras e uma maior fração da área transversal total de cada músculo durante a marcha. Em segundo lugar, o maior DE na marcha do idoso pode ser causado pela maior co-contracção dos pares de músculos antagonistas (Mian, Thom, Ardigo, Narici & Minetti, 2006). Deste modo, há um aumento do DE porque cada músculo agonista tem de produzir força extra e consome mais energia metabólica para ultrapassar a força oposta dos músculos antagonistas (Hortobágyi & De Vita, 2006; Ortega, et al., 2008).

Ao compararmos o DE entre os jovens e os idosos, verificou-se que nos jovens os valores mais elevados do DE são os da marcha normal (MN) e nos idosos os valores mais elevados são os da marcha 2C.

Os estudos com canadianas apresentaram resultados semelhantes aos nossos nos idosos, com um aumento do DE na marcha com canadianas (Hinton & Cullen, 1982; McBeath, Bahrke & Balke, 1974; Waters, Perry, Antonelli & Hislop, 1976).

No nosso estudo, os jovens apresentaram valores mais elevados de DE na MN comparativamente com as marchas com canadianas, ao contrário do que está descrito na literatura (Atamaz, Kirazli & Akkoc, 2006; Dounis, Rose, Wilson, & Steventon, 1980; Thys, Willems & Saels, 1996).

Um estudo avaliou o DE na marcha com canadianas em indivíduos saudáveis que foram treinados para usar canadianas e em indivíduos com lesões desportivas que estavam a usar canadianas há pelo menos seis semanas. O DE foi duas a três vezes maior do que quando se fazia marcha sem canadianas (Thys, et al., 1996). Outro estudo acerca da utilização de canadianas em jovens também demonstrou um aumento no DE na marcha com canadianas, em comparação com a marcha sem canadianas, juntamente com a redução da distância percorrida e um aumento da percepção de esforço entre estes indivíduos (Dounis, et al., 1980). Uma duplicação do DE durante a marcha com canadianas (comparativamente à marcha sem canadianas) foi também descrita noutra estudo em indivíduos saudáveis (Atamaz, et al., 2006).

Estas diferenças poderão ser explicadas pelo facto da velocidade da marcha ter sido autoseleccionada pelo indivíduo dado que esta variável não foi controlada no estudo.

A velocidade de marcha auto-seleccionada diminui com a idade (Alexander, 1996; Dingwell & Marin, 2006; Kerrigan, et al., 2001; Teixeira-Samela, et al., 2008), sendo que os idosos tendem a caminhar mais devagar e com passos mais curtos (Ko, Ling, Winters & Ferrucci, 2009). Segundo Himann, Cunningham, Rechnitzer & Paterson, (1988); Oberg,

karsznia & Oberg, (1993) e Samson, Crowe, de Vreede, Dessens, Duursma & Verhaar, (2001) a velocidade de marcha autoseleccionada é reconhecidamente baixa nos idosos. Estudos anteriores têm demonstrado uma diminuição de cerca de 7-8% entre os 20 e os 60 anos. Depois dos 60 anos, a taxa de declínio aumenta para 16% nos homens e 12% nas mulheres (Bassey, Macdonald & Patrick, 1982; Himann, et al., 1988).

Os idosos com velocidades de marcha mais baixas têm aumento do custo energético (Hortobágyi, et al., 2011; Malatesta, et al., 2003; Mian, et al., 2007; Wert, et. al., 2010). Neste contexto, é provável que os idosos tenham adotado uma velocidade mais baixa nas marchas 1C e 2C visto que estas não se assemelham tanto com a MN, o que exige uma maior concentração na utilização do auxiliar, alterando o carácter automático da marcha. Logo, os indivíduos são incapazes de alcançar a cadência preferencial sendo forçados a realizar marcha na faixa energeticamente mais dispendiosa (Waters & Mulroy, 1999).

Isto vai de encontro ao estudo de McBeath, et al., (1974), no qual as velocidades de marcha auto-seleccionadas na marcha com canadianas estavam diminuídas, mas mesmo com velocidades mais baixas, a taxa de consumo de oxigénio estava aumentada.

Outro fator potencial que pode contribuir para que nos idosos a marcha com maior DE tenha sido a 2C (ao contrário dos jovens em que foi a MN) poderá estar relacionado com a falta de familiaridade (Hinton & Cullen, 1982) e desconforto inicial dos idosos com as canadianas. No caso dos jovens, a adaptação poderá ter sido mais rápida, facilitando a execução adequada da marcha, o que poderá explicar parcialmente os nossos resultados.

Por conseguinte, segundo Saunders, Inman & Eberhart, (1953) e Inman, Ralston & Todd, (1981) a interrupção do ciclo da MN resulta num maior DE. Contudo, em resposta a alterações da marcha, o indivíduo irá adaptar-se, efetuando substituições compensatórias para minimizar o aumento do DE adicional. A efetividade das compensações depende da severidade do distúrbio e da aptidão cardiovascular e músculo-esquelética do indivíduo (Waters & Mulroy, 1999). Neste contexto, as próprias alterações e adaptações do padrão de marcha com o uso de canadianas pode ter contribuído para as alterações do DE observadas no nosso estudo. Para além disso, a capacidade cognitiva e de coordenação poderá estar diminuída nos idosos, o que poderá conduzir a uma maior ansiedade, o que também pode contribuir para o DE observado.

Analisando agora a influência do género no DE, não se verificam diferenças significativas entre géneros no nosso estudo. Contudo, observamos que existe uma

tendência para um DE superior no sexo masculino em todas as marchas exceto para a marcha 1CM. Os resultados dos estudos prévios são controversos nesta temática. Vários investigadores reportaram taxas mais altas de consumo de oxigénio na marcha dos homens (Corcoran & Gelmann, 1970; Cotes & Meade, 1960). Outros reportam valores mais altos em mulheres ou a inexistência de diferenças significativas (Booyens & Keatingue, 1957; Gleim, Stachenfeld & Nicholas, 1990; Maffeis, Schutz, Schena, Zaffanello & Pinelli, 1993; Mahadeva, Passmore & Woff, 1953). Em concordância com os resultados do nosso estudo, Abadi, et al., (2010) referem que em adultos a normalização do dispêndio energético para a massa corporal elimina as diferenças entre géneros e que na maioria dos estudos não foram encontradas nenhuma diferença consistentes no dispêndio energético (por kg) entre adultos baseados na idade e no sexo.

Vários estudos revelaram que os valores absolutos do volume total de oxigénio e do consumo de oxigénio associado apenas a atividade foram significativamente mais elevados nos homens, comparativamente às mulheres (Rose & Gamble, 2006; Waters & Mulroy, 1999). Segundo Abadi, et al., (2010), o comprimento da perna e a altura são geralmente maiores nos homens comparando com as mulheres, o que pode explicar as pequenas diferenças do DE.

Foi também avaliada a existência de correlação entre o IMC e o DE. No nosso estudo, não se verificou existir correlação entre o IMC e o DE (normalizado para a massa corporal). Estes resultados vão de encontro ao de estudos prévios (Ayub & Bar-Or, 2003; Browning & Kram, 2005) que demonstraram que quando a taxa metabólica é expressa por quilograma de peso corporal, a diferença entre indivíduos obesos e normoponderais é bastante reduzida, o que sugere que o peso corporal total é o determinante primário da taxa metabólica da marcha.

Analisando agora os valores obtidos do Quociente Respiratório (QR), verificou-se que os jovens apresentavam valores significativamente superiores tanto em repouso como nos diferentes tipos de marchas comparativamente aos idosos.

Estes valores indicam que o metabolismo aeróbio foi o principal contribuinte para a produção de energia durante a marcha. Segundo Aitken & Thompson, (1988), foi demonstrado que os valores do QR variam com a idade e com o estado de aptidão física do indivíduo.

O consumo máximo de oxigénio diminui com a idade (Carmeli, Orbach, Lowenthal, Merrick, & Coleman, 2003; Hawkins & Wiswell, 2003; Tanaka & Seals, 2008) e, como o metabolismo das gorduras está associado com o VO_2 , este pode igualmente diminuir. Outros autores corroboram estes achados, demonstrando que o metabolismo das gorduras é inferior nos idosos comparando com os jovens (Blaak, 2000; Calles-Escandon & Poehlman, 1997; Levadoux et al., 2001; Limprasertkul, Nadine, Awad, & Pendergast, 2011; Sial, Coggan, Hickner, & Klein, 1998).

A inatividade física pode afetar o metabolismo das gorduras e o consumo máximo de oxigénio (Rimbert, Boirie, Bedu, Hocquette, Ritz, & Morio, 2004). Estudos demonstram que os idosos que são praticantes regulares de exercício físico têm um aumento dos níveis de VO_2 máximo (Carmeli, et al., 2003; Boon, et al., 2007). Adicionalmente, o VO_2 máximo, o peso corporal magro e a capacidade muscular intrínseca para a metabolização de gorduras podem aumentar com o treino de exercício (Calles-Escandon & Poehlman, 1997).

De forma consistente com estas revisões, vários estudos prévios (incluindo um de indivíduos idosos) têm relatado o aumento da oxidação de gorduras rápidas com aumento do exercício, secundariamente a um aumento da massa muscular e da atividade das enzimas oxidativas de gordura no músculo (Holloszy, 1990; Hurley, Nemeth, Martin III, Hagberg, Dalsky & Holloszy, 1986; Tremblay, et al., 1990). O envelhecimento acarreta a perda de fibras rápidas e o aumento de fibras lentas (Markson, 1997). As fibras rápidas estão melhor equipadas para metabolizar hidratos de carbono do que gorduras. O recrutamento aumentado das fibras rápidas resulta num maior metabolismo de hidratos de carbono e num menor metabolismo de gordura (Brooks & Mercier, 1994).

Desta forma, os nossos resultados poderão ser explicados pelo facto dos nossos idosos serem praticantes de exercício físico regularmente, com conseqüente aumento do metabolismo de gorduras e do consumo de oxigénio máximo. Outro fator potencial a ter em conta nas diferenças encontradas para um QR superior nos jovens pode estar relacionado com a ingestão de alimentos ou bebidas ricas em hidratos de carbono antes do exercício (Powers & Howley, 2004). Estes dados sugerem que a alimentação pode desempenhar um papel importante nas diferenças de QR entre jovens e idosos no nosso estudo.

Relativamente às possíveis limitações deste estudo, estas incluem a dimensão reduzida da amostra e o facto de os nossos idosos poderem não ser representativos da população idosa na sua globalidade, uma vez que todos os sujeitos tinham um estilo de vida ativo.

Uma outra limitação prende-se com o facto de não termos ajustado o DE à distância percorrida e não termos controlado a velocidade.

Relativamente a possíveis trabalhos futuros, poderá ser interessante reformular este estudo de forma a incluir uma avaliação da distância percorrida e da velocidade. Outras sugestões poderão consistir em avaliar o DE sob o ponto de vista mecânico e analisar a influência dos parâmetros espaço-temporais da marcha no DE. Será também importante controlar eventuais efeitos confundidores tais como a carga aplicada no auxiliar, a cinética do membro superior e ainda a influência do grau de experiência dos sujeitos na utilização do auxiliar. Poderá também ser relevante prolongar o tempo de seguimento, para avaliar o possível impacto no DE do tempo de utilização do auxiliar (e da consequente adaptação do indivíduo).

5. Conclusão

Os nossos resultados demonstram que existe um DE inferior nos jovens na marcha 1C e 2C, enquanto na MN e 1CM existe uma tendência para os jovens apresentarem valores de DE superior aos idosos. Relativamente aos vários tipos de marcha, a MN e a 2C foram as que apresentaram um maior DE nos jovens e idosos, respetivamente.

A medição do DE proporciona uma informação precisa a respeito da eficiência da marcha, sendo o VO_2 um indicador preciso desta. Desta forma, esta medição é útil como suporte para a decisão clínica e consequentemente para o sucesso da reabilitação. Isto pode levar a práticas de prescrição clínica mais cuidadas, melhorando as guidelines para a utilização segura dos auxiliares de marcha, sempre tendo em consideração as necessidades de cada indivíduo.

Agradecimentos

Agradece-se aos participantes a sua contribuição para a realização do estudo.

Referências Bibliográficas

- Abadi, F.H., Muhamad, T.A. & Salamuddin, N. (2010). Energy Expenditure Through Walking: Meta Analysis on Gender. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 7(C), 512-521.
- Abe, D., Yanagawa, K. & Niihata, S. (2004). Effects of load carriage, load position, and walking speed on energy cost of walking. *Applied Ergonomics*, 35, 329-335.
- Aitken, J.C. & Thompson, J. (1988). The respiratory VCO_2/VO_2 exchange ratio during maximum exercise and its use as predictor of maximum oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology*, 57, 714-19.
- Alexander, N.B. (1996). Gait disorders in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 44, 343-351.
- Allet, L., et al., (2009). Effect of different walking aids on walking capacity of patients with poststroke hemiparesis. *Arch Phys Med Rehabil*, 90, 1408-13.
- Atamaz, F., Kirazli, Y. & Akkoc, Y. (2006). A comparison of two different intra-articular hyaluronan drugs and physical therapy in the management of knee osteoarthritis. *Rheumatol Int*, 6(10), 873-8.
- Ayub, B.V. & Bar-Or, O. (2003). Relative contribution of body mass and adiposity in energy cost of walking in children. *Pediatric Exercise Science*, 11, 79-80.
- Baker, R., Hausch, A. & McDowell, B. (2001). Reducing the variability of oxygen consumption measurements. *Gait & Posture*, 13(3), 202-209.
- Bassey, E.J., Macdonald, I.A. & Patrick, J.M. (1982). Factors affecting the heart rate during self-paced walking. *Eur J Appl Physiol*, 48, 105-115.
- Bateni, H. & Maki, B. E. (2005). Assistive devices for balance and mobility: benefits, demands, and adverse consequences. *Arch Phys Med Rehabil*, 86, 134-45.
- Blaak, E. E. (2000). Adrenally stimulated fat utilization and ageing. *Ann Med.*, 32(6), 380-2.
- Bendall, M.J., Bassey, E.J. & Pearson, M.B. (1989). Factors affecting walking speed of elderly people. *Age Ageing*, 18,327-332.
- Bernardi, M., et al. (1999). Cost of walking and locomotor impairment. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 9, 149-157.
- Boon, H., et al., (2007). Substrate source use in older, trained males after decades of endurance training. *Med Sci Sports Exerc*, 39 (12), 2160-70.
- Booyens, J. & Keatinge, W.R. (1957). The expenditure of energy by men and women walking. *J Appl Physiol*, 73, 200-206.
- Bowen, T. R., Cooley, S., Castagno, P., Miller, F. & Richards, J. (1998). A method of normalization of oxygen cost and oxygen consumption in normal children while walking. *Journal of Pediatric Orthopedics*, 18, 589-593.
- Brehm, M.A., Knol D.L. & Harlaar, J. (2008). Methodological considerations for improving the reproducibility of walking efficiency outcomes in clinical gait studies. *Gait & Posture*, 27, 196-201.
- Brisswalter, J. & Mottet, D. (1996). Energy cost and stride duration at preferred transition gait speed between walking and running. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 21, 471-480.
- Brooks, G. & Mercier, J. (1994). Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: The “crossover” concept. *Journal of Applied Physiology*, 76, 2253-61.

- Browning, R., & Kram, R. (2005). Energetic cost and preferred speed of walking in obese vs. normal weight women. *Obes Res.*, 13, 891-899.
- Buchfuhrer, M.J., Hansen, J.E., Robinson, T.E., Sue, D.Y., Wasserman, K. & Whipp, B.J. (1983). Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol*, 55, 1558–1564.
- Calles-Escandon, J. & Poehlman, E.T. (1997). Aging, fat oxidation and exercise. *Aging (Milano)*, 9(1-2), 57-63.
- Campbell, A.J., Borrie, M.J. & Spears, G.F. (1989). Risk factors for falls in a community based prospective study of people 70 years and older. *J Gerontol*, 44 (4), M112-7.
- Carmeli, E., Orbach, P., Lowenthal, D.T., Merrick, J. & Coleman, R. (2003). Longterm effects of activity status in the elderly on cardiorespiratory capacity, blood pressure, blood lipids, and body composition: a five-year follow-up study. *Sci W J*, 3, 751-67.
- Censi, L., Toti, E., Pastore, G. & Ferro-Luzzi, A. (1998). The basal metabolic rate and energy cost of standardised walking of short and tall men. *European Journal of Clinical Nutrition*, 52(6), 441-446.
- Chiu, M.C. & Wang, M.J. (2007). The effect of gait speed and gender on perceived exertion, muscle activity, joint motion of lower extremity, ground reaction force and heart rate during normal walking. *Gait & Posture*, 25 (3), 385-392.
- Chung, M.J. & Wang, M.J. (2010). The change of gait parameters during walking at different percentage of preferred walking speed for healthy adults aged 20-60 years. *Gait & Posture*. 31(1),131-135.
- Corcoran, P.J. & Gelmann, B. (1970). Oxygen uptake in normal and handicapped subjects in relation to the speed of walking beside a velocity-controlled cart. *Arch, Phys Med Rehabil*, 51,78-87.
- Cotes, J.E. & Meade, F. (1960).The energy expenditure and mechanical energy demand in walking. *Ergonomics*, 3, 97.
- Cress, R.H. (1982). Ambulation aids for the elderly. *Med Inst*, 16, 169-172.
- Cunningham, D.A., Rechnitzer, P.A., Pearce, M.E. & Donner, A.P. (1982). Determinants of self-selected walking pace across ages 19 to 66. *J Gerontol* , 37, 560–564.
- Dal, U., Erdogan, T., Resitoglu, B. & Beydagi, H. (2010). Determination of preferred walking speed on treadmill may lead to high oxygen cost on treadmill walking. *Gait & Posture*, 31(3), 366-369.
- Dejaeger, D., Willems, P. A. & Heglund, N. C. (2001). The energy cost of walking in children. *European Journal of Applied Physiology*, 441, 538-543.
- DeVita, P. & Hortobágyi, T., (2000). Age causes a redistribution of joint torques and powers during gait. *J. Appl. Physiol.*, 88, 1804–1811.
- Dingwell, J.B., & Marin, L.C. (2006). Kinematic variability and local dynamic stability of upper body motions when walking at different speeds. *Journal of Biomechanics*, 39 (3), 444-452.
- Donelan J.M., Shipman, D.W., Kram, R. & Kuo, A.D. (2004). Mechanical and metabolic requirements for active lateral stabilization in human walking. *J Biomech*, 37, 827–835.
- Dounis, E., Rose, G.K., Wilson, R.S. & Steventon, R.D. (1980). A comparison of efficiency of three types of crutches using oxygen consumption. *Rheumatol Rehabil*, 19(4), 252–5.
- Duffield, R., Dawson, B., Pinnington, H. C. & Wong, P. (2004). Accuracy and reliability of a Cosmed K4b2 portable gas analysis system. *Journal of Science Medicine and Sport*, 7(1), 11-22.

- Fox, E.L., Bowers, R.W. & Foss, M.L. (1993). *The physiology basis for exercise and sport*. Madison: Brown and Benchmark.
- Frontera, W. R., Hughes, V.A., Lutz, K.J. & Evans, W.J. (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.
- Gibbons, W.J, Fruchter, N., Sloan, S. & Levy, R.D. (2001). Reference values for a multiple repetition 6-minute walk test in healthy adults older than 20 years. *J Cardiopulm Rehabil*, 21(2), 87-93.
- Glein, G.W., Stachenfeld, N.S. & Nicholas, J.A. (1990). The influence of flexibility on the economy of walking and jogging. *J Orthop Res*, 8, 814-823.
- Goberman-Hill, R. & Ebrahim, S. (2007). Making decisions about simple interventions: Older people's use of walking aids. *Age and Ageing*, 36(5), 569-573.
- Guyatt, G.H., et al. (1985). The 6-minute walk: a new measure of exercise capacity in patients with chronic heart failure. *Can Med Assoc J*, 132, 919-22.
- Hamilton, D.M. & Haennel, R.G. (2000). Validity and reliability of the 6-minute walk test in a cardiac rehabilitation population. *J Cardiopulm Rehabil*, 20, 156-64.
- Hausswirth, C., Bigard, A.X. & Le Chevalier, J.M. (1997). The Cosmed K4 telemetry system as an accurate device for oxygen uptake measurements during exercise. *Int J Sports Med*, 18 (6), 449-53.
- Hawkins, S. & Wiswell, R. (2003). Rate and mechanism of maximal oxygen consumption decline with aging: implications for exercise training. *Sports Med.*, 33(12), 877-88.
- Himann, J.E., Cunningham, D.A., Rechnitzer, P.A. & Paterson, D.H. (1988). Age-related changes in speed of walking. *Med Sci Sports Exerc*, 20,161-166.
- Hinton, C.A. & Cullen, K. E. (1982). Energy Expenditure During Ambulation with Ortho Crutches and Axillary Crutches. *Phys Ther.*, 62, 813-819.
- Hoffman, M., Schrader, J., Applegate, T & Kocejka, D. (1998). Unilateral postural control of the functionally dominant and nondominant extremities of healthy subjects. *J Athl Train*, 33(4), 319-22.
- Holder, C.C., Haskvitz, E.M., Weltman, A. (1993). Cost, Cardiovascular Stress, and Perception of Nonweight-Bearing Ambulation. *JOSPT*, 18 (4).
- Holloszy, J.O. (1990). Utilization of fatty acids during exercise. *Biochemistry of Exercise. VIII. International Series on Sports Sciences*. Champaign, IL: Human Kinetic Books, 319-327.
- Hortobágyi, T. & DeVita, P. (2006). Mechanisms responsible for the age-associated increase in coactivation of antagonist muscles. *Exerc Sport Sci Rev*, 34, 29-35.
- Hortobágyi, T., Finch, A., Stanislaw, S., Patrick, Rider. & DeVita, P. (2011). Association Between Muscle Activation and Metabolic Cost of Walking in Young and Old Adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 66 A (5), 541-547.
- Hurley, B. F., Nemeth, P. M., Martin III, W. H., Hagberg, J. M., Dalsky, G. P. & Holloszy, J. O. (1986). Muscle triglyceride utilization during exercise: effect of training. *J Appl. Physiol.*, 60 (2), 562-567.
- Inman, V.T., Ralston, H.J., Todd, F. (1981). *Human Walking*. Baltimore, London: Williams and Wilkins.
- Jahn, K., Zwergal, A. & Schniepp, R. (2010). Gait disturbances in old age: classification, diagnosis, and treatment from a neurological perspective. *Dtsch Arztebl Int.*, 107(17), 306-315.
- Joyce, B.M. & Kirby, R.L. (1991). Canes, crutches and walkers. *Am Fam Physician*, 43, 535-542.

- Kerrigan, D.C., Lee, L.W., Collins, J.J., Riley, P.O. & Lipsitz, L.A. (2001). Reduced hip extension during walking: healthy elderly and fallers versus young adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82 (1), 26-30.
- Knox, A.J., Morrison, J.F.J. & Myers, M.F. (1988). Reproducibility of walking test results in chronic obstructive airways disease. *Thorax*, 43, 388–92.
- Ko, S. U., Ling, S. M., Winters, J. & Ferrucci, L. (2009). Age-related mechanical work expenditure during normal walking: The Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Journal of Biomechanics*, 42, 1834-1839.
- Lam, R. (2007). Choosing the correct walking aid for patients. *Can Fam Physician*, 53, 2115–2116.
- Levadoux, E., et al. (2001). Reduced whole-body fat oxidation in women and in the elderly. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 25(1), 39-44.
- Limprasertkul, A., Nadine, M. F., Awad, A.B. & Pendergast, A. B. (2011). The Respiratory Exchange Ratio Is Higher in Older Subjects, but is Reduced by Aerobic Exercise Training. *Endocrinol Metab*, 9 (1), 264-270.
- Lyu, S.R., Ogata, K. & Hoshiko, I. (2000). Effects of a cane on floor reaction force and center of force during gait. *Clin Orthop Relat Res*, 375, 313-319.
- Macpherson, C., Purcell, C. & Bulley, C. (2009). Energy expended when walking 10,000 steps at different speeds. *Advances in Physiotherapy*, 11(4), 179-185.
- Maffeis, C., Schutz, Y., Schena, F., Zaffanello, M., Pinelli, L. (1993). Energy expenditure During walking and running in obese and non-obese prepubertal children. *J Pediatr*, 123, 193-199.
- Mahadeva, K., Passmore, R. & Woolf, B. (1953). Individual variations in the metabolic cost of standardized exercises: the effects of food, age, sex, and race. *J. Physiol*, 121-225.
- Mahoney, J. (1994). Risk of falls after hospital discharge. *J Am Geriatr Soc*, 42, 269-74.
- Maki, B.E., Holliday, P.J. & Topper, A.K. (1994). A prospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. *J Gerontol*, 49, M72-84.
- Malatesta, et al. (2003). Energy cost of walking and gait instability in healthy 65- and 80-yr-olds. *J Appl Physiol*, 95(6), 2248–56.
- Malatesta, D., Simar, D. & Dauvilliers, Y., 2004. Energy cost of walking and gait instability in healthy 65–80-yr-olds. *J. App. Physiol*, 95, 2248–2256.
- Manini, T.M. (2010). Energy expenditure and aging. *Ageing Research Reviews*, 9, 1-11.
- Markson, E.W., (1997). Functional, social, and psychological disability as causes of loss of weight and independence in older community living people. *Clin Geriatr Med*, 13, 639–652.
- Matarese, L. E. (1997). Indirect calorimetry: technical aspects. *J Am Diet Assoc*, 97, S154–S160.
- McArdle, W.D., Katch, F.I. & Katch, V.L. (2006). *Essentials of exercise physiology*. Lippincott Williams & Wilkins.
- McBeath, A. A., Bahrke, M. & Balke, B. (1974). Efficiency of assisted ambulation determined by oxygen consumption measurement. *J Bone Joint Surg*, 56, 994-1000.
- McClave, et al. (2003). Achievement of steady state optimizes results when performing indirect calorimetry. *J Parenter Enteral Nutr*, 27, 16–20.
- McDowell, B.C., McLanghlan, L., Maguire, S. & Baker, R.J. (2001). Five reasons to measure net rather than gross oxygen cost. *Gait Posture*, 14(2), S138.

- McLaughlin, J.E., King, G.A., Howley, E.T., Basset, D. R. & Ainsworth, B.E. (2001). Validation of the COSMED K4 b2 portable metabolic system. *Int J Sports Med.*, 22(4), 280-284.
- Melis, E.H., Torres-Moreno, R., Barbeau, H. & Lemaire, E.D. (1999). Analysis of assisted gait characteristics in persons with incomplete spinal cord injury. *Spinal Cord*, 37, 430–439.
- Mian, O.S., Thom, J.M., Ardigo, L.P., Narici, M.V. & Minetti, A.E. (2006). Metabolic cost, mechanical work, and efficiency during walking in young and older men. *Acta Physiol*, 186 (2), 127–39.
- Mian, O.S., Thom, J.M., Ardigo, L.P., Morce, C.I., Narici, M.V. & Minetti, A.E. (2007). Effect of a 12-month physical conditioning programme on the metabolic cost of walking in healthy older adults. *European Journal of Applied Physiology*, 100, 499-505.
- Morris, N., Pollard, R., Everitt, M., Chave, S. (1980). Vigorous exercise in leisure -time: protection against coronary heart disease. *Lancet*, 2, 1207- 1210.
- Morse, J.M., Tylko, S.J. & Dixon, H.A. (1987). Characteristics of the fall-prone patient. *Gerontologist*, 27, 516-22.
- Morse, C.I., Thom, J.M., Reeves, N.D. Birch, K.M. & Narici, M.V. (2005). In vivo physiological cross-sectional area and specific force are reduced in gastrocnemius of elderly men. *Journal of Applied Physiology*, 99, 1050-1055.
- Murtagh, E.M., Boreham, C.A., Murphy, M.H. (2002). Speed and exercise intensity of recreational walkers. *Prevention in Medicine*, 35(4), 397-400.
- Oberg, T., Karsznia, A. & Oberg, K. (1993). Basic gait parameters: reference data for normal subjects, 10–79 years of age. *J Rehabil Res Dev*, 30, 210–223.
- Ortega, J.D. & Farley, C.T. (2007). Individual limb work does not explain the greater metabolic cost of walking in elderly adults. *J Appl Physiol*, 102(6), 2266–73.
- Ortega, J.D., Fehlman, L.A. & Farley, C.T. (2008). Effects of aging and arm swing on the metabolic cost of stability in human walking. *J. Biomech*, 41, 3303-3308.
- O'Sullivan S.B. & Schmitz, T.I. (1988). *Physical Rehabilitation: Assessment and Treatment*, pp 293-306. Philadelphia: F.A. Davis Company.
- O'Sullivan, S.B. & Schmitz, T.J. (2001). *Assistive devices and gait patterns. Physical rehabilitation: assessment and treatment. 4. Philadelphia, PA: FA Davis Company* pp. 425–34.
- Powers, S.K. & Howley, E.T. (2004). *Fisiologia do exercício. Teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho.* (5ª edição). São Paulo: Manole.
- Racic, V., Pavic, A. & Brownjohn, J.M.W. (2009). Experimental identification and analytical modelling of human walking forces: Literature review. *Journal of Sound and Vibration*, 326, (1-2), 1-49.
- Reeves, M.M., Davies, P.S.W., Bauer, J. & Battistutta, D. (2004). Reducing the time period of steady state does not affect the accuracy of energy expenditure measurements by indirect calorimetry. *J Appl Physiol*, 97, 130–134.
- Rennie, et al. (2001). Estimating energy expenditure by heart rate monitoring without using individual calibration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6), 939- 945.
- Rimbert, V., Boirie, Y., Bedu, M., Hocquette, J., Ritz, P. & Morio, B. (2004). Muscle fat oxidative capacity is not impaired by age but by physical inactivity: association with insulin sensitivity. *FASEB j*, 18 (6), 737.
- Rose, J. & Gamble, J. (2006). *Human Walking.* (Third Edition). Lippincott Williams & Wilkins. USA.

- Samson, M.M., Crowe, A., de Vreede, P.L., Dessens, J.A., Duursma, S.A. & Verhaar, H.J. (2001). Differences in gait parameters at a preferred walking speed in healthy subjects due to age, height and body weight. *Aging (Milano)*, 13, 16–21.
- Saunders, J.B., Inman, V.T. & Eberhart, H.D. (1953). The major determinants in normal and pathological gait. *J Bone Joint Surg, Am*, 35(3), 543–57.
- Schwartz, M.H., Koop, S.E., Bourke, J.L. & Baker, R. (2006). A nondimensional normalisation scheme for oxygen utilization data. *Gait Posture*, 24, 14–22.
- Schmitz, A., Silder, A., Heiderscheid, B., Mahoney, J. & Thelen, D.G. (2008). Differences in lower-extremity muscular activation during walking between healthy older and young adults. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, 19, 1085–1091.
- Scully, R.M. & Barnes, M.R.: *Physical Therapy*, pp 1062- 1072. Philadelphia: J. P. Lippincott Company, 1989.
- Sial, S., Coggan, A.R., Hickner, R.C. & Klein, S. (1998). Training-induced alterations in fat and carbohydrate metabolism during exercise in elderly subjects. *American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism*, 274, E785-90.
- Spelman, C., Pate, R., Macera, C., Ward, D. (1993). Self-selected exercise intensity of habitual walkers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(10), 1174-1179.
- Stowe, S., Hopes, J. & Mulley, G. (2010). Gerotechnology series: 2. Walking aids. *European Geriatric Medicine*, 1, 122-127.
- Tanaka, H. & Seals, D.R. (2008). Endurance exercise performance in Masters athletes: age-associated changes and underlying physiological mechanisms. *J Physiol*, 586 (1), 55-63.
- Teixeira-Salmela, L.F., Nadeau, S., Milot, M.H., Gravel, D. & Requião, L.F. (2008). Effects of cadence on energy generation and absorption at lower extremity joints during gait. *Journal of Clinical Biomechanics*, 23 (6), 769-778.
- Thomas, E.E., De Vito, G. & Macaluso, A. (2007). Speed training with body weight unloading improves walking energy cost and maximal speed in 75- to 85-year-old healthy women. *J Appl Physiol*, 103, 1598–1603.
- Thys, H., Willems, P.A. & Saelens, P. (1996). Energy cost, mechanical work and muscular efficiency in swing-through gait with elbow crutches. *J Biomech*, 29(11), 1473–82.
- Titze, S., Martin, B.W., Seiler, R., Strongegger, W. & Marti, B. (2001). Effects of a lifestyle physical activity intervention on stages of change and energy expenditure in sedentary employees. *Psychology of Sport and Exercise*, 2(2), 103-116.
- Tremblay, A., et al. (1990). Effect of intensity of physical activity on body fatness and fat distribution. *Am J Clin Nutr*, 51, 153–157.
- Waters R.L., Perry, J., Antonelli, D. & Hislop, H. (1976). Energy cost of walking of amputees: The influence of level of amputation. *J Bone Joint Surg*, 58, 42-46.
- Waters, R.L. & Mulroy, S. (1999). The energy expenditure of normal and pathologic gait. *Gait and Posture*, 9, 207–231.
- Wearing, S.C., Hennig, E. M., Byrne, N.M., Steele, J.R. & Hills, A.P. (2006). The biomechanics of restricted movement in adult obesity. *Obes Rev*, 7, 13–24.

Wert, D.M., Brach, J., Perera, S. & VanSwearingen, J.M., (2010). Gait biomechanics, spatial and temporal characteristics, and the energy cost of walking in older adults with impaired mobility. *Phys. Ther.*, 90, 977–985.