

Artigo Revisão de Literatura

Relação dos parâmetros de avaliação da marcha com a bomba muscular periférica dos membros inferiores

Relation of gait evaluation parameters with the lower limbs peripheral muscle pump

Margarida Florindo ^{1*}

¹ Escola Superior de Saúde da Cruz Vermelha Portuguesa, Área de Ensino de Fisioterapia, 1350-125, Lisboa, mflorindo@esscvp.eu

A posição vertical e a atividade da marcha exigem do sistema cardiovascular alterações rápidas, relacionadas com a influência da gravidade e com o recrutamento muscular. A avaliação dos parâmetros espaço-temporais da marcha e a identificação do seu contributo na microcirculação dos membros inferiores pode ajudar a desenvolver programas de atividade física para benefício vascular periférico. Este estudo pretende associar parâmetros da marcha com os músculos de referência da bomba muscular periférica dos membros inferiores uma vez que a contração muscular parece ter correspondência com o mecanismo de ativação e quantificação do refluxo venoso. Foi realizada uma revisão de literatura que permitiu identificar os parâmetros espaço-temporais da marcha avaliados em estudos experimentais, através de análise cinemática e cinética e relacioná-los com a dinâmica da microcirculação dos membros inferiores. Os estudos suportam a importância da avaliação de parâmetros espaço-temporais da marcha, havendo uma relação entre a ativação muscular durante o ciclo de marcha e a circulação periférica.

Vertical position and gait activity require rapid changes in the cardiovascular system related to the influence of gravity and muscle recruitment. The evaluation of the spatiotemporal parameters of the gait and the identification of its contribution in the microcirculation of the lower limbs can develop physical activities programs for peripheral vascular benefit. The aim of this study is to associate gait parameters with the peripheral muscle pump of the lower limbs, since the quantification of venous reflux may correspond to the mechanisms of muscular activation. A literature review was carried out to identify the spatiotemporal gait parameters evaluated in experimental studies, through kinematic and kinetic analysis and its correlation with lower limb microcirculation; the studies support the importance of

spatiotemporal parameters in gait evaluation and a close relationship between muscle activation during the gait cycle and peripheral circulation.

PALAVRAS-CHAVE: *Ciclo de marcha; marcha; bomba muscular periférica; cinemática; parâmetros espaço-temporais; sinergias musculares.*

KEY WORDS: *Cycle gait; walking; calf muscle pump; kinematics; spatiotemporal parameters; muscle synergies.*

Submetido em 24 janeiro 2018; Aceite em 20 fevereiro 2018; Publicado em 31 março 2018.

* **Correspondência:** Margarida Florindo.

Morada: 1350-125, Lisboa, Av. Ceuta, Edifício Urbiceuta, Piso 6. **Email:** mflorindo@esscvp.eu

INTRODUÇÃO

A marcha é uma atividade funcional complexa, composta por um conjunto de fases e sub-fases, coordenadas em simultâneo por diferentes sistemas, e influenciadas por mecanismos sensoriais de feedback e feedforward¹⁻⁵. O padrão de marcha pode sofrer alterações associadas à disfunção dos sistemas musculo esquelético, neurológico e cardiovascular, ou estar alterado em indivíduos que apresentam características específicas de obesidade⁶ (a Sociedade Portuguesa para o estudo da obesidade estima a existência de cerca de 1 milhão de adultos obesos); sedentarismo⁷ (segundo a Fundação Portuguesa de Cardiologia, mais de 50% dos portugueses são sedentários); e de velhice (o Instituto Nacional de Estatística⁸ identificou 20,3% da população idosa, em 2014). Na presença destas disfunções podem surgir alterações relacionadas com componentes automáticos de organização motora e manifestados por desvios do padrão de normalidade da marcha⁹. Há cerca de cinco décadas eram utilizados filmes cinematográficos para distinguir padrões de marcha, medindo os parâmetros espaço-temporais, pelo tempo de cada fase de contato com o chão¹⁰. Posteriormente com a introdução de instrumentos de medição da força de reação ao solo em plataforma, o comportamento do centro de massa e a cinemática, passam a permitir um registo do movimento de todo o corpo, numa relação com a base de apoio e a reconhecer a especificidade de cada indivíduo, durante a marcha.

O ciclo de marcha está dividido em duas fases (fase de apoio e fase de oscilação) e pode ser definido como um conjunto de eventos que decorrem entre dois contactos do mesmo calcanhar no chão¹¹. A análise do movimento humano requer um modelo biomecânico de análise cinemática e cinética dos vários segmentos e articulações para análise sistemática da orientação do corpo, velocidade e aceleração dos segmentos¹². Nesta perspetiva todas as manobras de estabilidade e de força são geradas de forma global, em que a velocidade e a variabilidade angulares determinam a própria estabilidade dinâmica para a realização da tarefa. Um importante objetivo da marcha é a deslocação do centro de massa (CoM). Este segmento, na direção em que progride, movimenta-se ciclicamente no espaço em três dimensões, numa relação entre a velocidade e as flutuações dessa velocidade¹³⁻¹⁴.

A avaliação da marcha é uma ferramenta fundamental para a identificação das capacidades funcionais e de autonomia em condições normais e em condições fisiopatológicas¹. A variabilidade do padrão da marcha depende de características individuais, do conjunto de forças ativadas e dos constrangimentos ambientais em que a tarefa é realizada¹⁵. A dinâmica da marcha pode ser influenciada e influenciar mecanismos fisiológicos vasculares¹⁶, numa escala macro dinâmica em que, a atividade de grupos musculares e a exposição dos membros inferiores à influência da gravidade, podem estar na base da saúde vascular periférica do indivíduo.

Vários sistemas estão ativos ou são ativados com o

ciclo de marcha, permitindo que a tarefa se desenvolva de forma eficaz e harmoniosa. A contração muscular tem correspondência com o mecanismo da bomba muscular dos membros inferiores realçando a sua importância no fluxo sanguíneo. As bombas musculares periféricas dos membros inferiores estão situadas na região posterior da perna e da coxa sendo as primeiras, as de maior importância e eficácia na facilitação do fluxo venoso, durante a sua contração¹⁷. Fatores como o estilo de vida ou a situação de doença podem levar ao decréscimo da atividade física manifestada pela diminuição da produção de força, pelo aparecimento de edemas ou por alterações de outras funções fisiológicas¹⁶. Com a atividade física são ativadas vários sistemas de regulação que, de acordo com as exigências energéticas do músculo parecem ser mecanismos reguladores da microcirculação^{5,18-19}.

Na perspectiva de compreender a organização da marcha e as suas características cinemáticas e cinéticas, este estudo tem como objetivo associar parâmetros da marcha com os músculos de referência da bomba muscular periférica dos membros inferiores uma vez que a contração muscular parece ter correspondência com o mecanismo de ativação e quantificação do refluxo venoso. Para tal foi realizada uma revisão da literatura sobre os parâmetros avaliados na marcha, identificando os principais componentes motores e relacionando-os com estudos sobre a microcirculação dos membros inferiores.

MÉTODO

Os estudos foram recolhidos eletronicamente a partir de uma pesquisa nas bases de dados bibliográficas PubMed/MEDLINE e PLOS e realizada uma criteriosa análise aos títulos e resumos. A um total de 423 artigos identificados, foram adicionados 18 por pesquisa suplementar das referências dos estudos encontrados. Da totalidade de 441 artigos foram retirados as duplicações e posteriormente selecionados 54 através da leitura do título e do resumo. Na pesquisa inicial foram utilizadas as seguintes palavras-chave: human gait; walking; calf muscle pump; kinematics; spatiotemporal

parameters; muscle synergies. Do total de 54 artigos foram excluídos os estudos realizados em crianças, estudos radiológicos, estudos assistidos por robótica, estudos realizados em animais e estudos que não apresentassem análise aos parâmetros cinéticos ou cinemáticos da marcha. A amostra ficou em 36 estudos experimentais. Os 36 estudos selecionados foram lidos na íntegra e, de acordo com os critérios, foram eliminados 21, ficando a amostra final com 15 artigos.

A análise dos estudos permitiu relacionar a importância dos parâmetros analisados no sentido de identificar os aspetos da marcha mais valorizados e considerados como indicadores do padrão de normalidade desta tarefa. A identificação dos parâmetros da marcha permitiu uma discussão que pretendeu relacioná-los com a atividade da bomba muscular periférica dos membros inferiores, com destaque para os músculos gastrocnémios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os estudos apresentaram uma amostra de indivíduos saudáveis, considerada por alguns autores, a forma de identificação de dados normativos da tarefa e uma referência de avaliação da mesma^{1,20}. A interpretação das alterações do padrão de marcha permite, na prática clínica, diagnosticar limitações com origens distintas e que vão muito além das patologias musculoesqueléticas²¹. Os estudos recolhidos tendem a indicar a existência de evidência para o estudo dos parâmetros espaço-temporais da marcha, na identificação da qualidade de vida, em indivíduos saudáveis, em situações de risco de queda e na presença de défice funcional^{3,20}.

Foram identificados vários parâmetros de acordo com os objetivos de cada estudo, todos avaliados por dispositivos cinemáticos ou por plataforma que mede a força de reação ao solo. O conjunto de dados retirados da avaliação dos estudos permitiu relacionar alguns componentes e fases da marcha com a atividade dos principais músculos responsáveis pela bomba muscular dos membros inferiores. Num membro saudável, a contração dos músculos

gastrocnêmios e o solhar, permitem aumentar o volume venoso entre 40% e 60%¹⁸ e mesmo durante um curto período após o final da contração muscular, pode ainda haver fluxo sanguíneo impulsionado por um gradiente de pressão¹⁹.

Velocidade da marcha

Um dos principais resultados deste estudo é a forte concordância em atribuir à velocidade da marcha o papel de principal indicador do padrão de normalidade, uma vez que é avaliada em todos os artigos deste estudo^{1,9,11,14,22-28}. A velocidade é referida também noutros estudos como sendo uma das principais informações clínicas de avaliação, monitorização e diagnóstico funcional², permitindo identificar de forma consistente a evolução da patologia ou mesmo do processo de recuperação²⁹⁻³². Estudos recentes apontam para a relação entre a velocidade e a exigência física durante a marcha, cuja variabilidade depende de muitos fatores, nomeadamente das competências físicas do indivíduo, fatores ambientais e da seletividade exigida entre agonistas, antagonistas e estabilizadores³²⁻³³. Um dos estudos³⁴ refere que a velocidade lenta, leva a uma maior variação temporal do passo podendo este fator estar associado à diminuição dos movimentos articulares e ao conjunto integrado de movimentos entre as articulações do joelho e tornozelo. Fatores como a mudança de velocidade e a preferência do indivíduo pela velocidade, podem ter implicações no comportamento da marcha. Um dos estudos refere ser necessário maior esforço para uma marcha de velocidade lenta imposta²⁴, do que para a velocidade mais rápida. No entanto, segundo outro estudo²³ é provável que a energia exigida em curtas distâncias seja menor, pois as pessoas preferem andar mais devagar em distâncias mais curtas. Existem poucos estudos que relacionam a qualidade da oxigenação do tecido muscular de acordo com a velocidade da marcha¹⁶ e com o padrão individual.

A constante variação do corpo no espaço em associação com o *timing* em que cada músculo ou grupo muscular é recrutado, desencadeia um mecanismo de troca de energias que determinam as necessárias alterações de velocidade na marcha²³⁻²⁴.

Este fator tem como base a otimização da tarefa em que é utilizada a energia mínima para resolver um problema de controlo³⁵. Estes autores defendem ainda que, independentemente de cada passo, é atribuído um maior custo metabólico para a marcha de velocidade oscilante e com flutuações de energia cinética, do que para a marcha de velocidade constante. No entanto, a marcha de velocidade oscilante pode iniciar padrões de ativação diferentes dos que estavam previstos, o que parece mais compatível com a imprevisibilidade das atividades da vida diária. Na perspetiva hemodinâmica, um dos primeiros resultados deste estudo parece apontar para o ambiente em que a avaliação se processa e para a preferência da velocidade da marcha, pelo indivíduo. Assim, se durante a avaliação o indivíduo for percorrer uma curta distância deve ser identificada a sua preferência de velocidade e de acordo com o objetivo da avaliação, haver a indicação para uma velocidade constante ou variada.

Ângulos articulares e comprimento do passo

Outro dos resultados deste estudo evidencia a complexidade da convergência dinâmica em que diferentes músculos, localizados em regiões diferentes do membro inferior contribuem para objetivos motores comuns. Os músculos atuam e variam em ângulos e graus de amplitude com propriedades não lineares, em que alguns abrangem múltiplas articulações^{2,4-5}. Nesta complexidade, é possível que alguns músculos, ao acelerarem ou desacelerarem o movimento, influenciem segmentos e articulações, com os quais não têm uma relação anatómica direta^{2,9}. Segundo um dos estudos²⁰, a análise da energia cinética nas diferentes fases da marcha, está relacionada com as variações das forças de propulsão, com o tempo de contração muscular e com a deslocação do corpo e membros. Uma quantidade de trocas energéticas é realizada durante todo o ciclo de marcha que se reflete na qualidade do passo e no seu comprimento do passo¹¹.

Dos estudos avaliados é de salientar que oito referem o comprimento do passo e a importância dos ângulos articulares para a referência normal da marcha. Nesta

avaliação são propostos vários métodos para medir o comprimento do passo, como a distância entre os dois momentos de impacto do mesmo calcanhar, no solo.^{25,34,36} Outra razão para valorizar o comprimento do passo é a sua variação face à necessidade de mudar de direção, em que a trajetória obriga a uma nova orientação de todo o corpo. Nestas situações o passo exterior é maior do que o passo realizado com o membro interno à curva, revelando grande importância do tempo em que cada pé está em apoio¹³. Por outro lado existe a referência para a diminuição do comprimento do passo, associada ao aumento da largura do mesmo, quando a marcha se realiza em pisos irregulares²⁶ ao contrário do que acontece na marcha lenta. Existe evidência que mostra a relativa invariabilidade cinemática dos membros durante uma sequência ritmada de passos, enquanto são necessários variadíssimos padrões de atividade muscular para produzir essa cinemática⁵.

Força de reação ao solo

Vários estudos referem o contacto do pé com o solo e a distribuição da pressão plantar no solo^{14,23,28}, como parâmetros importantes de avaliação durante a marcha, considerando o papel importante do centro de pressão como uma referência para a ativação dos músculos do joelho que permitem aceitar o peso do corpo. De acordo com outros estudos, os períodos de contacto do pé com o solo são os momentos em que o indivíduo interage com o ambiente e como tal considerados de grande referência propriocetiva para a manutenção da posição ereta e para a progressão na marcha¹⁰. Para além da informação inconsciente, instantes da marcha como a saída e o contacto do calcanhar no chão, ocorrem com o objetivo de redirecionar a velocidade do CoM durante a transição de cada passo^{3,23}. A força aplicada no solo é necessária para a progressão na marcha e em simultâneo ativa alterações da pressão vascular periférica pelo impacto. O plexo plantar venoso é comprimido durante as fases de apoio do pé no solo, o que desencadeia uma ação de bombagem de sangue a qual pensa-se ser também, um estímulo para a bomba muscular periférica da perna^{17,37}.

A marcha é habitualmente definida em termos espaço-temporais por componentes que indicam o tempo em que cada evento da marcha ocorre² e qual a posição e orientação dos membros e articulações no espaço³⁴. Seis dos artigos analisados neste estudo^{14,23,25,28-34} referem a necessidade de avaliar os movimentos articulares calculados com o método de dinâmica inversa, usando os dados medidos a partir da força de reação ao solo. Um dos estudos³⁰ considera este componente de pequena magnitude, sugerindo que não afeta de forma significativa os movimentos articulares. Sendo o pé e o tornozelo estruturas multiarticulares condicionadas pelo uso de amplitudes em vários planos, por vezes as alterações do padrão de marcha e a velocidade podem estar associados à diminuição dos movimentos³⁴ articulares nesta região. É abordado na generalidade dos estudos analisados, a importância da mobilidade e do conjunto de forças desenvolvidas na região do tornozelo. Em dois estudos os autores consideram o pé como um segmento marcador da análise do ciclo de marcha, em que a conjugação de movimentos realizados apresenta uma correlação positiva entre o tornozelo e o joelho²⁸⁻³⁴. Outros autores referem como principais indicadores biomecânicos da marcha as sinergias existentes no final da fase de apoio, com a atividade dos flexores plantares a contribuírem para o suporte do corpo seguida da propulsão^{2,3}.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A marcha é habitualmente definida por componentes que indicam o tempo em que cada evento da marcha ocorre e qual a posição e orientação dos membros e articulações no espaço (parâmetros espaço-temporais). Destaca-se a velocidade de acordo com os fatores cognitivos e voluntários, articulados ao seu automatismo e numa relação permanente com exigências musculares energéticas. A correlação de outros componentes como o comprimento do passo e a força de reação do solo parecem ter uma forte influência no padrão do movimento e desencadear atividade nos grupos musculares envolvidos diretamente nas bombas musculares venosas dos membros inferiores (flexão plantar, a flexão dorsal e a flexão do joelho). Durante a marcha, a pressão

exercida pelo apoio do pé, torna-se uma fase importante não só no estímulo da atividade de todo o membro inferior mas também no estímulo hemodinâmico da perna e da coxa. São necessários estudos que possam identificar as consequências de défices vasculares no recrutamento muscular.

REFERÊNCIAS

1. Donath, Faude, Lichtenstein, Nüesch, Mndermann. Validity and reliability of a portable gait analysis system for measuring spatiotemporal gait characteristics: cComparison to an instrumented treadmill. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation* [online]. 2016 [citado 2018 Jan 24]; 13: 6. Disponível em: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12984-016-0115-z?site=jneuroengrehab.biomedcentral.com>
2. McGowan, Neptune, Clark, Kautz. Modular control of human walking: Adaptations to altered mechanical demands. *Journal of biomechanics*. 2010; 43: 412-9.
3. Neptune, Clark, Kautz. Modular control of human walking: A simulation study. *Journal of biomechanics*. 2009; 42: 1282-7.
4. Oliveira, Gizzi, Kersting, Farina. Modular organization of balance control following perturbations during walking. *JNeurophysiol* [online]. 2012 [citado 2018 jan 24]; 108: 1895-906. Disponível em: <https://www.physiology.org/doi/pdf/10.1152/jn.00217.2012>
5. Ivanenko, Poppele, Lacquaniti. Five basic muscle activation patterns account for muscle activity during human locomotion. *JPhysiol* [online]. 2004 [citado 2018 jan 24]; 556: 267-82. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1113/jphysiol.2003.057174/epdf>
6. Sociedade Portuguesa para o estudo da Obesidade. Prevalência e monitorização da obesidade e do controlo do peso [Internet]. c2008 [citado 2018 jan 24]. Disponível em: [http://www.speoobesidade.pt/Files/DocsPublico/Files/Prevalencia_Monitorizacao_Obesidade_Jan08_\(SPEO\).pdf](http://www.speoobesidade.pt/Files/DocsPublico/Files/Prevalencia_Monitorizacao_Obesidade_Jan08_(SPEO).pdf)
7. Fundação Portuguesa de Cardiologia. Sedentarismo [página inicial na Internet]. C2017 [citado 2018 jan 24]. Disponível em: <http://www.fpcardiologia.pt/saude-do-coracao/factores-de-risco/sedentarismo/>
8. Instituto Nacional de Estatística. Estatísticas demográficas 2014 [página inicial na Internet]. Citado 2018 jan 24. Disponível em: https://www.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBou i=244482483
9. Ferrari, Ginis, Hardegger, Casamassima, Rocchi, Chiari. A mobile Kalman-filter based solution for the real-time estimation of spatio-temporal gait parameters. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* [periódico online]. 2016 [citado 2018 jan 24]; 24: 764-73. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7173053>
10. Lee, Comanescu, Butcher, Bertram. A comparative collision-based analysis of human gait. *Proc R Soc B* [periódico online]. 2013 [citado 2018 jan 24]; 280: 20131779. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3790481/pdf/rspb20131779.pdf>
11. Takeda, Lisco, Fujisawa, Gastaldi, Tohyama, Tadano. Drift removal for improving the accuracy of gait parameters using wearable sensor systems. *Sensors* [periódico online]. 2014 [citado 2018 jan 24]; 14: 23230-247. Disponível em: <http://www.mdpi.com/1424-8220/14/12/23230>
12. Ambrósio, Abrantes, Lopes. Spatial reconstruction of human motion by means of a single camera and a biomechanical model. *Human movement science*. 2001; 206: 829-51.
13. Sabatini, Mannini. Ambulatory assessment of instantaneous velocity during walking using inertial sensor measurements. *Sensors*. 2016; 16: 2206.
14. Sanjari, Boozari, Jamshidi, Nikmaram. Fatigue effect on linear center of pressure measures during gait in people with flat feet. *Asian Journal of Sports Medicine*. 2016; 7: e34832.
15. Santello, Lang. Are movement disorders and sensorimotor injuries pathologic synergies? When normal multi-joint movement synergies become pathologic. *FrontHum Neurosc* [periódico online]. 2015 [citado 2018 jan 24]; 8. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2014.01050/full>
16. Stoller, Stoller, Seiler. Physical exercise and quantitative lower limb collateral function. *Open Heart* [periódico online]. 2016 [citado 2018 jan 24]; 3: e000355. Disponível em: <http://openheart.bmj.com/content/openhrt/3/1/e000355.full.pdf>
17. Recek. Calf pump activity influencing venous hemodynamics in the lower extremity. *Int J Angiol*. 2013; 22: 23-30.
18. Jacob, Chappell, Becker. Regulation of blood flow and volume exchange across the microcirculation. *Critical Care* [periódico online]. 2016 [citado 2018 jan 24]; 20: 319. Disponível em: <https://ccforum.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s13054-016-1485-0?site=ccforum.biomedcentral.com>
19. ResearchGate. Venodynamics in healthy subjects and in patients with venous dysfunction [Internet]. c1998 [citado 2018 jan 24]. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228481929_Venodynamics_in_healthy_subjects_and_in_patients_with_venous_dysfunction
20. Köse, Cereatti, Della Croce. Bilateral step length estimation using a single inertial measurement unit attached to the pelvis. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation* [periódico online]. 2012 [citado 2018 jan 24]; 9: 9. Disponível em: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1743-0003-9-9?site=jneuroengrehab.biomedcentral.com>

21. Dickinson, Farley, Full, Koehl, Kram, Lehman. How animals move: An integrative view. *Science*. 2000; 288: 100-6.
22. Geerse, Coolen, Roerdink. Kinematic validation of a multi-kinect v2 instrumented 10-meter walkway for quantitative gait assessments. *PLOS ONE* [periódico online]. 2015 [citado 2018 jan 24]; 10: e0139913. Disponível em: <http://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0139913&type=printable>
23. Seethapathi, Srinivasan. The metabolic cost of changing walking speeds is significant, implies lower optimal speeds for shorter distances, and increases daily energy estimates. *Biol Lett*. 2015; 11: 20150486. Disponível em: <http://rsbl.royalsocietypublishing.org/content/roybiolett/11/9/20150486.full.pdf>
24. Beauchet, Annweiler, Lecordroch, et al.. Walking speed-related changes in stride time variability: Effects of decreased speed. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation* [periódico online]. 2009 [citado 2018 jan 24]; 6: 32. Disponível em: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1743-0003-6-32?site=jneuroengrehab.biomedcentral.com>
25. Dijkstra, Gutierrez-Farewik. Computation of ground reaction force using Zero Moment Point. *Journal of Biomechanics* [periódico online]. 2015 [citado 2018 jan 24]; 48: 3776-81. Disponível em: [http://www.jbiomech.com/article/S0021-9290\(15\)00527-8/pdf](http://www.jbiomech.com/article/S0021-9290(15)00527-8/pdf)
26. Richardson, Thies, DeMott, Ashton-Miller. A comparison of gait characteristics between older women with and without peripheral neuropathy in standard and challenging environments. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2004; 52: 1532-7.
27. Banks, Chang, Xu, Chang. Using horizontal heel displacement to identify heel strike instants in normal gait. *Gait & Posture* [periódico online]. 2015 [citado 2018 jan 24]; 42: 101-3. Disponível em: [http://www.gaitposture.com/article/S0966-6362\(15\)00095-8/pdf](http://www.gaitposture.com/article/S0966-6362(15)00095-8/pdf)
28. Svoboda, Janura, Kutilek, Janurova. Relationships between movements of the lower limb joints and the pelvis in open and closed kinematic Chains during a gait cycle. *Journal of Human Kinetics* [periódico online]. 2016 [citado 2018 jan 24]; 51: 37-43. Disponível em: <http://www.johk.pl/files/10078-51-2016-v51-2016-04.pdf>
29. Jarvis, Nester, Bowden, Jones. Challenging the foundations of the clinical model of foot function: Further evidence that the root model assessments fail to appropriately classify foot function. *Journal of Foot and Ankle Research* [periódico online]. 2017 [citado 2018 jan 24]; 10:7. Disponível em: <https://footankleres.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s13047-017-0189-2?site=jfootankleres.biomedcentral.com>
30. Nester, Jarvis, Jones, Bowden, Liu. Movement of the human foot in 100 pain free individuals aged 18-45: Implications for understanding normal foot function. *Journal of Foot and Ankle Research* [periódico online]. 2014 [citado 2018 jan 24]; 7: 51. Disponível em: <https://footankleres.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s13047-014-0051-8?site=jfootankleres.biomedcentral.com>
31. Clark, Vernon, Mentiplay, et al. Instrumenting gait assessment using the Kinect in people living with stroke: Reliability and association with balance tests. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation* [periódico online]. 2015 [citado 2018 jan 24]; 12: 15. Disponível em: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12984-015-0006-8?site=jneuroengrehab.biomedcentral.com>
32. Torres-Oviedo, Ting. Muscle synergies characterizing human postural responses. *J Neurophysiol* [periódico online]. 2007 [citado 2018 jan 24]; 98: 2144-56. Disponível em: <https://www.physiology.org/doi/pdf/10.1152/jn.01360.2006>
33. Coscia, Monaco, Martelloni, Rossi, Chisari, Micera. Muscle synergies and spinal maps are sensitive to the asymmetry induced by a unilateral stroke. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [periódico online]. 2015 [citado 2018 jan 24]; 12: 39. Disponível em: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12984-015-0031-7?site=jneuroengrehab.biomedcentral.com>
34. Kwon, Son, Lee. Changes of kinematic parameters of lower extremities with gait speed: A 3D motion analysis study. *J Phys Ther Sci* [periódico online]. 2015 [citado 2018 jan 24]; 27: 477-9. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/27/2/27_jpts-2014-485/_pdf-char/en
35. Ackermann, van den Bogert. Optimality principles for model-based prediction of human gait. *Journal of Biomechanics*. 2010; 43: 1055-60.
36. Springer, Seligmann. Validity of the kinect for gait assessment: A focused review. *Sensors* [periódico online]. 2016 [citado 2018 jan 24]; 16: 194. Disponível em: <http://www.mdpi.com/1424-8220/16/2/194>
37. Meissner, Moneta, Burnand, et al. The hemodynamics and diagnosis of venous disease. *Journal of Vascular Surgery* [periódico online]. 2007 [citado 2018 jan 24]; 46: 4S-24S. Disponível em: [http://www.jvascsurg.org/article/S0741-5214\(07\)01529-7/pdf](http://www.jvascsurg.org/article/S0741-5214(07)01529-7/pdf)