



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU

FABIANA MENDES DE ALMEIDA

**Gameterapia interativa “wearable” por sensor inercial
no fortalecimento do CORE e equilíbrio do idoso.**

PROJETO DE PESQUISA PARA PÓS GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO

São Paulo
1 de Dezembro de 2016

Resumo

Muitos avanços na medicina de reabilitação se tornaram recentemente possíveis através da tecnologia “wearable” chamada “Physiological Interaction”, através dos Sistemas Microeletromecânicos triaxiais (MENs) de Unidade de Medida Inercial (UMI) aderidos ao corpo.

A eficiência desses sistemas “wearable” no equilíbrio e prevenção de queda do paciente idoso tem sido continuamente estudada [19] devido o número de mortes por queda entre 2005 e 2014, nesses indivíduos, ter crescido quase 40%. Baseado no crescimento dessa população estimado para 2030, espera-se um aumento de quase 70% no número de lesões por queda entre idosos [figura 1], justificando a atenção e preocupação da indústria “wearable” no assunto.

Esses dispositivos, além de estarem fundamentados para a avaliação funcional do movimento, também estão sendo desenvolvidos e estudados para o tratamento por “biofeedback” instantâneo [10,12,16,18,19,21,25,26]. Intervenções terapêuticas como os trajes robóticos [13]; vibração, som e impulsos elétricos usados para correção do gesto motor [12,19]; monitoramento dos sinais vitais [26], do risco de queda [19, 22], prevenção da fratura de quadril para o idoso restrito ao lar [22] e “gameterapia” interativa com sensor de movimento e realidade virtual [5], foco deste estudo, são exemplos “state-of-art” da tecnologia “wearable” em reabilitação.

Grande esforço da ciência e tecnologia “wearable” mais recente, tem buscado a integração dos sistemas MENs vestíveis e tecnologias de análise de dados para que a meta de monitoramento remoto e telepresença no ambiente doméstico em intervenções clínicas seja possível [26], como recurso pertinente e alinhado ao crescimento populacional, especialmente dos idosos.

Neste estudo, nos propomos a avaliar a gameterapia “wearable” interativa (Valedo Motion - Hocoma) por sensor de movimento e realidade virtual, desenvolvida para o tratamento da dor lombar, na estabilização do centro de força lombopélvico (CORE) e melhora do equilíbrio em idosos saudáveis.

Nossa hipótese é que esse programa de exercício se adeque a proposta de tratamento do equilíbrio, baseado em inúmeros estudos que correlacionam o fortalecimento do CORE com a melhora do equilíbrio e redução do risco de queda [1,8,9,17].

Pretendemos correlacionar os parâmetros clínicos e aferidos em laboratório (plataforma

de força, dinamometria isocinética e radiografia da pelve) antes e depois do tratamento, em comparação com os mesmos parâmetros aferidos de um segundo grupo controle tratado com fisioterapia convencional baseada no método Pilates e determinar a efetividade da Gameterapia, além de discutir a funcionalidade deste modelo de tratamento como recurso remoto supervisionado de "home/telerehabilitation".

Lista de abreviaturas e siglas

MENS	Sistema Microeletromecânico ("Micro-Electro-Mechanical Systems")
UMI	Unidade de medida Inercial

Sumário

1	INTRODUÇÃO	5
2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3	HIPÓTESE	10
4	JUSTIFICATIVA	11
5	METODOLOGIA	12
5.1	Tipo de Pesquisa	12
5.2	Casuística	12
5.3	Critérios de inclusão	12
5.4	Critérios de Exclusão	12
5.5	Riscos	12
5.6	Benefícios	12
5.7	Materiais	13
5.8	Procedimento	13
6	A ESCOLHA DOS RECURSOS AVALIATÓRIOS	15
7	BIBLIOGRAFIA	16
	ANEXOS	19

1 INTRODUÇÃO

Muitos avanços na medicina de reabilitação se tornaram recentemente possíveis através da tecnologia “wearable” chamada Physiological Interaction”. “Biofeedback” interativo e instantâneo agora é possível no tratamento, avaliação e monitoramento dos movimentos, por um custo viável, através dos Sistemas Microeletromecânicos triaxiais (MENS) de Unidade de Medida Inercial (UMI) aderidos ao corpo.

Intervenções terapêuticas como os trajes robóticos [13]; vibração, som e impulsos elétricos usados para correção do gesto motor [12] ; monitoramento dos sinais vitais, do risco de queda [19, 22], prevenção da fratura de quadril para o idoso restrito ao lar [22] e “gameterapia” interativa com sensor de movimento e realidade virtual [5], foco deste estudo, são exemplos “state-of-art” da tecnologia “wearable” para reabilitação.

Os Sensores “wearables” MENS são dispositivos portáteis de IMUs que contêm acelerômetros, giroscópios e magnetômetros individuais ou combinados em até três dimensões (3D). Esses sensores funcionam como um transdutor massa-mola inercial grudado ao corpo, sensível aos mínimos movimentos de aceleração, rotação e vibração nos três planos (x, y e z). Os acelerômetros detectam a aceleração do movimento num espaço tridimensional; os giroscópios medem a extensão de rotação e trazem maior sensibilidade aos acelerômetros e os magnetômetros fornecem a direção e medidas angulares absolutas em relação ao campo magnético da Terra [19].

GRIMM e BOLINK, 2016, num estudo de revisão de literatura sobre a eficiência desses sistemas “wearable” de IMUs para a avaliação funcional do paciente idoso, observaram que estes sensores permitem avaliação objetiva, fiável, discriminativa e sensível da função física do idoso durante os testes funcionais de caminhada, subir e descer escadas ou sentado para de pé [10], inclusive conforme autorelato aferido de testes clínicos, como observado também num estudo realizado em 2015 [27].

No monitoramento da marcha e do equilíbrio postural, esses sensores provaram ser compatíveis com o sistema tradicional de análise por vídeo com vantagem em relação à praticidade, portabilidade e custo inferior [10, 12], conforme relatado também em estudos piloto no Brasil [16, 18].

Outras vantagens foram observadas, segundo HORACK et al, 2015, em relação a métrica objetiva e precisa desses sensores, que se mostraram melhores como ferramenta para inferir o mecanismo e o motivo da lesão, auxiliar na tomada de decisão para terapia, por poderem ser usados para a marcha e o equilíbrio como “biofeedback” instantâneo de tratamento, por terem maior sensibilidade para documentar deficiência leve e sua mudança com a reabilitação e por sua possibilidade de uso futuro em

telereabilitação [12].

Apesar desses dispositivos estarem fundamentados cientificamente para a avaliação funcional do idoso, e monitoramento do movimento durante a marcha e equilíbrio, pouco se sabe sobre a sua função no tratamento do equilíbrio do idoso por gameterapia Interativa.

A figura 1) demonstra o crescimento no número de mortes por queda entre os anos de 2005-2014 nos Estados Unidos. Com o aumento da população idosa, a expectativa estimada no gráfico 2 para 2030, é que esse número cresça de 29 milhões, para 49 milhões de idosos mortos por queda até 2030.

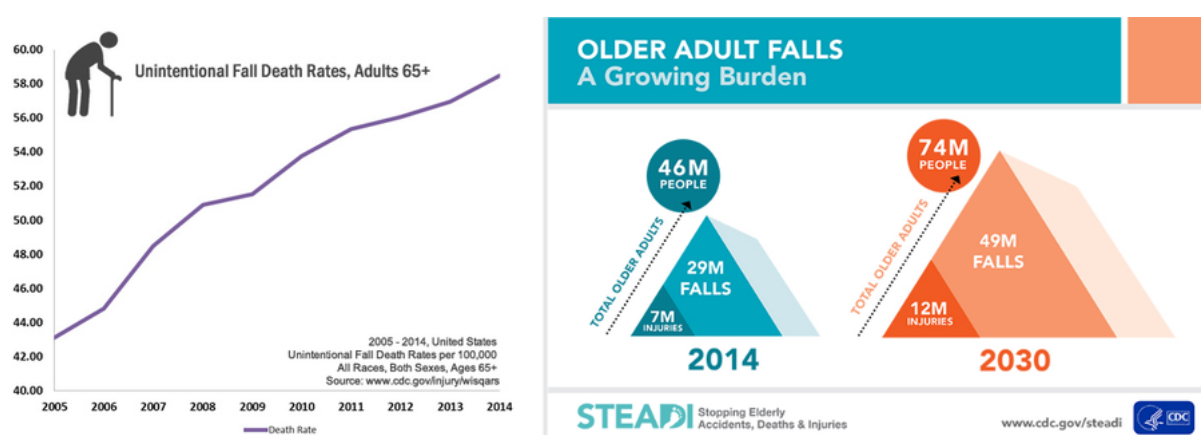


figura 1. Crescimento do número de quedas entre os anos 2005-2014 e a projeção para 2030 retirado de “Centers for Disease Control and Prevention (CDC)”

A prevenção e o cuidado de saúde dessa população em crescimento, demanda uma atenção mundial e representa, principalmente em países com baixo desenvolvimento socioeconômico como o Brasil [6], um grande desafio de saúde pública [26].

Uma entre quatro pessoas acima de 65 anos cai a cada ano [29]. Quando um idoso cai uma vez, sua chance de cair novamente dobra [24]. Queda da própria altura é responsável por comorbidades com grave impacto na qualidade de vida, autonomia e independência social e psicológica dos idosos [6, 14, 3], sendo motivadora de 95% dos casos de fraturas de quadril [11] provocadas por desequilíbrio lateral com choque direto sobre o trocanter do fêmur em 80% dos casos [25].

O controle postural e a prevenção de queda envolve a coordenação de estratégias de movimento para estabilizar o centro de massa corporal (COP) dentro da base de apoio, ao mesmo tempo que se realiza o alinhamento ativo do tronco e cabeça para orientação espacial [15].

A instabilidade do centro de força muscular, o CORE, o aumento no tempo de resposta ao desequilíbrio (medido pelo deslocamento do COP) e a ativação reversa do mecanismo de controle postural do tornozelo (quando ele ocorre antes da ativação

muscular do CORE), foram considerados em estudos recentes, os principais causadores de desequilíbrio postural em idosos com história pregressa de queda [8], indicando que o fortalecimento do CORE muscular e o treinamento da sua ativação adequada são pontos estratégicos para melhorar o equilíbrio em idosos.

O'CONNOR, et al., 2009, num estudo com 10 adultos saudáveis, investigaram durante a caminhada com interferência de perturbações de baixa frequência em um corredor virtual que o controle postural é direção dependente e que a maior oscilação médio-lateral, maior largura da base de apoio e variabilidade da posição dos pés durante a passada está relacionada ao desequilíbrio. Sugeriram também que o controle ântero-posterior durante a caminhada é um componente principalmente passivo de estabilização do cair-seguir no modelo pêndulo invertido, sem grande participação do sistema nervoso e "feedback sensorial integrativo, mas que, o controle da oscilação médio-lateral envolve controle motor através de correções de torques posturais do tronco e escolha ativa da posição dos pés durante a passada [23].

O CORE pode ser entendido como uma "caixa" muscular que envolve a coluna e traz a estabilidade proximal necessária para o início funcional das atividades, com a máxima transferência de forças para os membros funcionais, e mínima absorção dessas forças compressivas e transversais pela coluna e pelve. Compõem esta "caixa" 29 pares de músculos, basicamente os abdominais na frente, paraespinais e glúteos atrás, o diafragma como teto e o assoalho pélvico e cinto muscular do quadril como base. Sem essa cintura muscular formada pelo CORE, a região lombopélvica suportaria uma carga máxima na ordem de 90N apenas, sendo que, no entanto, somente o peso da parte superior do corpo produz mais que o dobro dessa carga [1].

Foram encontradas evidências na comparação entre homens e mulheres jovens e mulheres e atletas jovens que a fraqueza do CORE está associada ao desenvolvimento de lesões nos membros inferiores e que a menor capacidade de gerar força em rotação externa do quadril pode ser considerada um preditor útil do status de lesão [17]. Além disso, existem inúmeras evidências de que indivíduos com dor lombar e sacroilíaca crônica, possuem fraqueza e recrutamento inadequado dos músculos do CORE durante suas atividades. Essas evidências são reforçadas pela observação do aumento da fadiga, diminuição do diâmetro de secção, e infiltração gordurosa encontrada nos músculos paravertebrais desses pacientes com dor lombar [1].

De uma revisão sistemática feita da seleção de 582 artigos das databases Pub-Med e Web of Science entre 1972 e 2013, foram incluídos 20 artigos para análise sobre o fortalecimento do tronco, equilíbrio, e risco de queda em idosos. O fortalecimento do CORE por Pilates provou ser um tratamento eficiente para melhorar o equilíbrio e reduzir o risco de queda, com aproximadamente 30% de melhora nos parâmetros de força do tronco e equilíbrio, alta taxa de aderência ao tratamento, além da facilidade do

tratamento poder ser aplicado de forma coletiva [9] .

A partir dessas evidências, neste estudo pretendemos avaliar a gameterapia “wearable” interativa (Valedo Motion - Hocoma) para a estabilização do centro de força lombopélvico (CORE) em idosos saudáveis, em comparação com um grupo controle sob tratamento tradicional baseado no Método Pilates. Pretendemos correlacionar os parâmetros clínicos aferidos em laboratório (plataforma de força, dinamometria isocinética e radiografia da pelve) antes e depois do tratamento, para determinar a efetividade da Gameterapia com sensor de movimento no tratamento do equilíbrio em idosos.

2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1) Dimensificar a evolução de ambas abordagens de tratamento sobre a condição funcional de equilíbrio dos idosos e redução do risco de queda (Grupo Controle e Gameterapia Interativa), através da comparação dos parâmetros clínicos aferidos antes e após o tratamento.

2) Avaliar a eficácia clínica da gameterapia interativa por aplicativo móvel e sensor inercial ("Valedo Motion/Hocoma") em comparação com tratamento tradicional já estabelecido, e discutir sua funcionalidade como recurso de "home rehabilitation" como alternativa de maior abrangência na prevenção de queda em idosos.

3 HIPÓTESE

Nossa hipótese é que a Gameterapia Interativa Valedo Motion, desenvolvida para tratamento da dor lombar, seja eficiente para fortalecer a musculatura lombopélvica (CORE) e melhorar o equilíbrio dos idosos estudados, tanto quanto o tratamento tradicional baseado no Método Pilates.

Se essa hipótese for confirmada, poderemos considerar a Gameterapia Interativa uma ferramenta alternativa importante para o tratamento do equilíbrio, pelos seus aspectos de baixo custo e possibilidade de ser realizada em casa, ainda sob supervisão.

Hipóteses futuras poderão ser levantadas sobre a viabilidade dos jogos com sensores em telereabilitação e reabilitação em casa, como recurso para expandir o tratamento preventivo contra quedas em idosos tratados remotamente.

4 JUSTIFICATIVA

Nosso trabalho se justifica pela relevância alcançada pela tecnologia MENS vestível como recurso de vanguarda em avaliação e tratamento na medicina de reabilitação e também pela necessidade de novos recursos na abordagem preventiva do equilíbrio e redução de quedas voltados para a população idosa em franco crescimento.

5 METODOLOGIA

5.1 Tipo de Pesquisa

Trata-se de um estudo clínico com intervenção terapêutica, randomizado e cego, de acordo com as normas da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa envolvendo seres humanos.

Local do Estudo

O estudo será desenvolvido no Laboratório do Estudo do Movimento (LEM) do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas de São Paulo – IOT-HC-FMUSP

5.2 Casuística

Serão avaliados e submetidos ao tratamento do equilíbrio 42 idosos saudáveis de ambos os sexos, entre 60 e 80 anos, divididos aleatoriamente e cegamente em dois grupos: "Gameterapia Interativa Wearable" (GIW) e Grupo Controle (GC).

5.3 Critérios de inclusão

Idosos independentes entre 60 e 80 anos, de ambos os sexos, com condição clínica e mental para prática de exercícios físicos supervisionados, meios próprios, interesse e comprometimento com o tratamento e projeto de pesquisa propostos.

5.4 Critérios de Exclusão

Presença de patologia e/ou diagnóstico funcional relacionado aos sistemas auditivo, vestibular, proprioceptivo-motor, neurológico e mental que contraindique a prática de fisioterapia para o equilíbrio.

5.5 Riscos

Riscos mínimos, próprios da terapia física coletiva supervisionada, tais como acidente durante a sessão, mal estar, dor moderada por acúmulo de lactato, sensação de cansaço, etc.. que serão minimizados por seleção, avaliação, e supervisão criteriosa dos voluntários.

5.6 Benefícios

Os voluntários irão receber "biofeedback" sobre sua condição clínica antes e após o tratamento, segundo resultados aferidos da pesquisa. Espera-se que ambos

os grupos apresentem melhora do equilíbrio e redução do risco de queda após o tratamento.

Esse ensaio clínico sobre a “gameterapia por sensores do movimento” irá contribuir na compreensão do potencial da tecnologia MENs, como ferramenta de baixo custo, para reabilitação aplicada à população idosa.

5.7 Materiais

Plataforma de força, equipamento isocinético, equipamento de RX, tablet ou computador, cadeiras, colchonetes, bolas suíças, fita métrica, cronômetro, rolo de apoio, travesseiros, uma maca, kit Valedo Motion com 2 sensores inerciais e jogo de realidade virtual para aplicativo (adquirido por meios próprios).

5.8 Procedimento

Os voluntários serão selecionados a partir do banco de dados do Laboratório (LEM-USP) e Universidade Aberta à Terceira Idade - USP.

A primeira triagem será feita por contato telefônico e questionário online sobre identificação (dados pessoais e sociodemográficos) e avaliação geral (grau de independência, doenças pregressas, doenças atuais, histórico familiar, hábitos de vida, histórico de queda e medicamentos em uso).

Os voluntários escolhidos passarão por breve exame físico, assinarão o Termo de Consentimento, e serão aleatoriamente divididos (sorteio), em 2 grupos: Gameterapia Interativa “Wearable” (GIW) e Grupo Controle (GC).

Todos os testes clínicos e laboratoriais pré tratamento serão aplicados em 2 dias de avaliação coletiva com horários agendados. O objetivo será determinar a condição funcional do equilíbrio e risco de queda de cada indivíduo.

Durantes estes testes avaliatórios 10 pacientes sorteados aleatoriamente, estarão usando os dispositivos MENs colados ao corpo, para aferição e posterior comparação do COP e angulações pélvicas entre meios convencionais (plataforma de força e radiografia) x dispositivos MENs.

O tratamento do GC será aplicado sob supervisão do fisioterapeuta em sessão agendada de 40 min, 2 x semana (para 7 indivíduos de cada vez - 3 grupos de 7). A abordagem da terapia será coletiva, na forma de circuito e rodízio dos recursos. O tratamento do GC será concluído em 5 semanas.

Para os indivíduos submetidos à GIW, o tratamento será individual supervisionado (podendo coincidir com a terapia coletiva) e constará de 10 sessões de 40 minutos, 2 x semana. Serão necessárias 15 semanas para conclusão desse grupo.

Ao final do tratamento de cada grupo, o mesmo procedimento da avaliação será repetido.

6 A ESCOLHA DOS RECURSOS AVALIATÓRIOS

Os parâmetros clínicos e os instrumentos que serão investigados neste estudo, segundo estudos científicos [2, 7, 21], têm o potencial de, juntos, determinar a capacidade funcional de equilíbrio, força do CORE e risco de queda em idosos; sendo aplicados antes e depois, podem determinar a evolução do tratamento.

1- Angulações pélvicas por análise radiográfica e sensores inerciais: pretende-se inferir da comparação dos ângulos de inclinação pélvica se existe alguma correlação entre postura pélvica e desequilíbrio.

2- MiniBESTest”: com o uso dessa ferramenta clínica pretende-se caracterizar de forma não instrumentada a condição funcional do equilíbrio dos voluntários. 4, 7, 15

3-Torque lateral do quadril (TLQ) e extensão do tronco (ET): com as medidas de força desses grupos pretende-se quantificar o fortalecimento do CORE antes e depois do tratamento. Sabe-se que a menor capacidade de torque de extensão de coluna e rotação lateral de quadril estão relacionados ao desequilíbrio postural, dores lombares, risco aumentado para lesões em membros inferiores e risco de queda em idosos.

4- Oscilação espontânea lateral como preditor de risco de queda: O deslocamento espontâneo médio-lateral do Centro de Pressão Corporal (COP) em plataforma de força foi considerada o melhor preditor de risco de queda futuro, mesmo nos indivíduos sem história recente de queda. 20

7 BIBLIOGRAFIA

Figura 1) A FALL, What Can Happen After. Important Facts about Falls. Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Injury Prevention and Control, Division of Unintentional Injury Prevention, 2016, website: www.cdc.gov/steady.

1. AKUTHOTA, Venu et al. Core stability exercise principles. *Current sports medicine reports*, v. 7, n. 1, p. 39-44, 2008.
2. ALONSO, Angélica Castilho et al. Functional balance assessment: review. *MedicalExpress*, v. 1, n. 6, p. 298-301, 2014.
3. AMBROSE, Anne Felicia; PAUL, Geet; HAUSDORFF, Jeffrey M. Risk factors for falls among older adults: a review of the literature. *Maturitas*, v. 75, n. 1, p. 51-61, 2013.
4. BAMBIRRA, Carla; DE CASTRO MAGALHÃES, Livia; RODRIGUES-DE-PAULA, Fátima. Confiabilidade e validade do BESTest e do MiniBESTest em hemiparéticos crônicos. *Rev Neurocienc*, v. 23, n.1, p. 30-40, 2015.
5. BAUER, C. et al. Technical validation of a new movement therapy system for treatment of low back pain. *Gait & Posture*, v. 36, p. S40-S41, 2012.
6. FABRÍCIO, Suzele Cristina Coelho; RODRIGUES, Rosalina A. Partezani; DA COSTA JUNIOR, Moacyr Lobo. Causas e conseqüências de quedas de idosos atendidos em hospital público. *Revista de saúde Pública*, v. 38, n. 1, p. 93-99, 2004.
7. FRANCHIGNONI, Franco et al. Using psychometric techniques to improve the Balance Evaluation Systems Test: the mini-BESTest. *Journal of Rehabilitation Medicine*, v. 42, n. 4, p. 323-331, 2010.
8. GRANACHER, Urs et al. Effects of core instability strength training on trunk muscle strength, spinal mobility, dynamic balance and functional mobility in older adults. *Gerontology*, v. 59, n. 2, p. 105-113, 2012.
9. GRANACHER, Urs et al. The importance of trunk muscle strength for balance, functional performance, and fall prevention in seniors: a systematic review. *Sports medicine*, v. 43, n. 7, p. 627-641, 2013.
10. GRIMM, Bernd; BOLINK, Stijn. Evaluating physical function and activity in the elderly patient using wearable motion sensors. *EFORT Open Reviews*, v. 1, n. 5, p. 112-120, 2016.
11. HAYES, Wilson C. et al. Impact near the hip dominates fracture risk in elderly nursing home residents who fall. *Calcified tissue international*, v. 52, n. 3, p. 192-198,

1993.

12. HORAK, Fay; KING, Laurie; MANCINI, Martina. Role of body-worn movement monitor technology for balance and gait rehabilitation. *Physical therapy*, v. 95, n. 3, p. 461-470, 2015.

13. JAYARAMAN, PT Arun; RYMER, William Z. Exoskeletons for Rehabilitation and Personal Mobility: Creating Clinical Evidence. In: *Wearable Robotics: Challenges and Trends*. Springer International Publishing, 2017. p. 21-24.

14. KANNUS, Pekka et al. Fall-induced deaths among elderly people. *American journal of public health*, v. 95, n. 3, p. 422-424, 2005.

15. KING, Laurie; HORAK, Fay. On the mini-BESTest: scoring and the reporting of total scores. *Physical therapy*, v. 93, n. 4, p. 571-575, 2013.

16. LEITE, W. et al. Avaliação cinemática comparativa da marcha humana por meio de unidade inercial e sistema de video. In: *XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica—CBEB 2014*. p. 35.

17. LEETUN, Darin T. et al. Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 36, n. 6, p. 926-934, 2004.

18. LIMA, Jeferson J. et al. Dispositivo para Análise Dinâmica da Marcha Humana Utilizando Sensores Inerciais MEMS. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 5, n. 3, p. Páginas 122-131, 2013.

19. MA, Christina Zong-Hao et al. Balance improvement effects of biofeedback systems with state-of-the-art wearable sensors: a systematic review. *Sensors*, v. 16, n. 4, p. 434, 2016.

20. MAKI, Brian E.; HOLLIDAY, Pamela J.; TOPPER, Anne K. A prospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. *Journal of gerontology*, v. 49, n. 2, p. M72-M84, 1994.

21. MANCINI, Martina; HORAK, Fay B. The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, v. 46, n. 2, p. 239, 2010.

22. NYAN, M. N.; TAY, Francis EH; MURUGASU, E. A wearable system for pre-impact fall detection. *Journal of biomechanics*, v. 41, n. 16, p. 3475-3481, 2008.

23. O'CONNOR, Shawn M.; KUO, Arthur D. Direction dependent control of balance during walking and standing. *Journal of neurophysiology*, v. 102, n. 3, p. 1411-1419, 2009.

24. O'LOUGHLIN, Jennifer L. et al. Incidence of and risk factors for falls and

injurious falls among the community-dwelling elderly. American journal of epidemiology, v. 137, n. 3, p. 342-354, 1993.

25. PARKKARI, J. et al. Majority of hip fractures occur as a result of a fall and impact on the greater trochanter of the femur: a prospective controlled hip fracture study with 206 consecutive patients. Calcified Tissue International, v. 65, n. 3, p. 183-187, 1999.

26. PATEL, Shyamal et al. A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation. Journal of neuroengineering and rehabilitation, v. 9, n. 1, p. 1, 2012.

27. REGTERSCHOT, G. Ruben H. et al. Sensor-based monitoring of sit-to-stand performance is indicative of objective and self-reported aspects of functional status in older adults. Gait & posture, v. 41, n. 4, p. 935-940, 2015.

28. SCHÜLL, Natasha Dow. Data for life: Wearable technology and the design of self-care. BioSocieties, 2016.

29. TINETTI, Mary E.; WILLIAMS, Christianna S. Falls, injuries due to falls, and the risk of admission to a nursing home. New England journal of medicine, v. 337, n. 18, p. 1279-1284, 1997.

Anexos

Quadro 1 – Physical therapy, v. 93, n. 4, p. 571-575, 2013.a

1. Sit to Stand	Note the initiation of the movement and the use of the subject's hands on the seat of the chair, the thighs, or the thrusting of the arms forward.
2. Rise to Toes	Allow the subject two attempts. Score the best attempt. (If you suspect that subject is using less than full height, ask the subject to rise up while holding the examiners' hands.) Make sure the subject looks at a nonmoving target 4–12 feet away.
3. Stand on One Leg	Allow the subject two attempts and record the times. Record the number of seconds the subject can hold up to a maximum of 20 seconds. Stop timing when the subject moves hands off of hips or puts a foot down. Make sure the subject looks at a nonmoving target 4–12 feet ahead. Repeat on other side.
4. Compensatory Stepping Correction–Forward	Stand in front of the subject with one hand on each shoulder and ask the subject to lean forward (make sure there is room for the subject to step forward). Require the subject to lean until the subject's shoulders and hips are in front of toes. After you feel the subject's body weight in your hands, very suddenly release your support. The test must elicit a step. NOTE: Be prepared to catch subject.
5. Compensatory Stepping Correction–Backward	Stand behind the subject with one hand on each scapula and ask the subject to lean backward (Make sure there is room for the subject to step backward.) Require the subject to lean until the shoulders and hips are in back of the heels. After you feel the subject's body weight in your hands, very suddenly release your support. Test must elicit a step. NOTE: Be prepared to catch subject.
6. Compensatory Stepping Correction–Lateral	Stand to the side of the subject, place one hand on the side of the subject's pelvis, and have the subject lean the whole body into your hands. Require the subject to lean until the midline of the pelvis is over the right (or left) foot and then suddenly release your hold. NOTE: Be prepared to catch subject.
7. Stance (Feet Together); Eyes Open, Firm Surface	Record the time the subject was able to stand with feet together up to a maximum of 30 seconds. Make sure subject looks at a nonmoving target 4–12 feet away.
8. Stance (Feet Together); Eyes Closed, Firm Surface	Use medium-density Temper® foam, 4 inches thick. Assist subject in stepping onto foam. Record the time the subject was able to stand in each condition to a maximum of 30 seconds. Have the subject step off of the foam between trials. Flip the foam over between each trial to ensure the foam has retained its shape.
9. Incline–Eyes Closed	Aid the subject onto the ramp. Once the subject closes eyes, begin timing and record time. Note if there is excessive sway.
10. Change in Gait Speed	Allow the subject to take 3–5 steps at normal speed, and then say "fast." After 3–5 fast steps, say "slow." Allow 3–5 slow steps before the subject stops walking.
11. Walk With Head Turns–Horizontal	Allow the subject to reach normal speed, and give the commands "right, left" every 3–5 steps. Score if you see a problem in either direction. If subject has severe cervical restrictions, allow combined head and trunk movements.
12. Walk With Pivot Turns	Demonstrate a pivot turn. Once the subject is walking at normal speed, say "turn and stop." Count the number of steps from "turn" until the subject is stable. Imbalance may be indicated by wide stance, extra stepping, or trunk motion.
13. Step Over Obstacles	Place the box (9 inches or 23 cm height) 10 feet away from where the subject will begin walking. Two shoe boxes taped together works well to create this apparatus.
14. Timed Up & Go With Dual Task	<i>Use the TUG time to determine the effects of dual tasking. The subject should walk a 3-meter distance. TUG:</i> Have the subject sitting with the subject's back against the chair. The subject will be timed from the moment you say "Go" until the subject returns to sitting. Stop timing when the subject's buttocks hit the chair bottom and the subject's back is against the chair. The chair should be firm without arms. <i>TUG With Dual Task:</i> While sitting, determine how fast and accurately the subject can count backwards by threes starting from a number between 90 and 100. Then, ask the subject to count from a different number and after a few numbers say "Go." Time the subject from the moment you say "Go" until the subject returns to the sitting position. Score dual task as affecting counting or walking if speed slows (>10%) from TUG and or new signs of imbalance.

KING, Laurie; HORAK, Fay. On the mini-BESTest: scoring and the reporting of total scores. Physical therapy, v. 93, n. 4, p. 571-575, 2013.