



Desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis de avaliação do equilíbrio e risco de quedas em idosos

Development of an application for mobile devices to evaluate the balance and risk of falls of the elderly

Luisa Veríssimo Pereira Sampaio¹
Leonardo Braga Castilho²
Gustavo de Azevedo Carvalho³

Resumo

Objetivo: desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis para avaliação do equilíbrio e risco de queda em idosos **Método:** estudo transversal para validação do mesmo, com 54 idosos submetidos a três testes de avaliação do equilíbrio e risco de queda: os testes *Timed Up and Go* (TUG) e Teste de Avaliação da Mobilidade Orientada pela Performance (POMA). **Resultado:** Os resultados apresentaram uma boa correlação, possibilitando agrupar os voluntários em três grupos de baixo, médio e alto risco de queda. Quando esses valores foram confrontados com as análises realizadas pelo aplicativo, parte da variação dos resultados do aplicativo não estava relacionada com os testes clássicos, de forma que o *software* conseguiu diferenciar os idosos com baixo e alto risco de quedas. **Conclusão:** O aplicativo desenvolvido foi capaz de verificar as oscilações presentes na manutenção do equilíbrio estático de idosos e diferenciar os resultados em grupos de baixo e alto risco de queda.

Palavras-chave:

Gerontologia. Acidentes por Quedas. Fisioterapia. Smartphone.

Abstract

Objective: to develop an application for mobile devices to evaluate the balance and risk of falls of the elderly. **Method:** A cross-sectional study with a sample composed of 54 elderly individuals with an average age of 71 years submitted to three balance and risk of falls evaluation tests, was performed. The Timed Up and Go (TUG) and Performance Oriented Mobility Assessment (POMA) tests were employed. **Results:** The results were closely correlated, identifying three groups of volunteers: low, medium and high risk of falls. When these values were compared with the analyzes performed by the application, some of the variations in the results generated by the application were not related to the

Keywords:

Gerontology. Accidental Falls. Physical Therapy. Smartphone.

¹ Universidade Católica de Brasília, Programa de mestrado em Gerontologia. Brasília, DF, Brasil.

² Universidade de Brasília, Departamento de Matemática. Planaltina, DF, Brasil.

³ Universidade Católica de Brasília, Programa de Mestrado e Doutorado, Brasília, DF, Brasil.

Financiamento de Pesquisa: Governo do Distrito Federal, Secretaria de Estado de Ciência Tecnologia e Inovação, Fundação de Apoio à Pesquisa (FAPDF). Edital 03/2014-PPSUS

Correspondência/Correspondence

Luisa Veríssimo Pereira Sampaio

E-mail:ft.luisa.verissimo@gmail.com

classic tests, as the software could discriminate between individuals with a high and low risk of falls. *Conclusion:* The developed application was able to verify the oscillations present in the maintenance of static balance of the elderly and could differentiate the results into two groups of high and low risk of falls.

INTRODUÇÃO

O envelhecimento é definido como um processo natural e fisiológico que acompanha progressivamente o ciclo de vida. Assim como complicações nos âmbitos psicossociais ocorrem as perdas físicas gerando assim raciocínio lento, depressão, incapacidade funcional, perda da resistência, inatividade e degeneração física. Sendo assim, o envelhecimento ativo contribui na manutenção da capacidade funcional, qualidade de vida e na independência dos idosos¹⁻³.

Uma população que cursa para o envelhecimento tem mais chance de apresentar comorbidades e incapacidades de toda ordem. As alterações funcionais inerentes ao processo de envelhecimento, como a diminuição da mobilidade e a força muscular, podem levar a situações de desequilíbrio e, conseqüentemente, aumentar o risco de queda de indivíduos idosos. Sabendo que as quedas em idosos estão associadas não só ao uso de medicamentos, mas também a fatores como fragilidade e perda funcional, é de grande importância a identificação do risco associado a esses eventos. Tais elementos podem ser classificados como intrínsecos quando estão relacionados às alterações fisiológicas do envelhecimento e extrínsecos quando relacionados às circunstâncias sociais e ambientais⁴⁻⁶.

Torna-se relevante o desenvolvimento de medidas preventivas relacionando os fatores risco para essa ocorrência. A abordagem clínica deve conter um bom histórico relacionado a quedas passadas e, adicionalmente, a avaliação da força muscular e da amplitude de movimento assim como realizar testes de marcha e equilíbrio. A aplicação dos testes funcionais tem o intuito de auxiliar a avaliação clínica fornecendo dados da capacidade de mobilidade do paciente e revelando possíveis deficit de equilíbrio. Desta forma, os principais testes de campo são: teste *Timed Up and Go*, escala de equilíbrio de Berg, Teste de alcance funcional e a avaliação da marcha e equilíbrio orientado pelo desempenho (POMA)^{7,8}.

Em relação à aplicabilidade de testes funcionais, apesar de muitos apresentarem a sua devida validação, é necessário a aplicação combinada de dois ou mais instrumentos para maior precisão dos dados. Sugere-se, ainda, o uso de ferramentas de maior precisão para verificar o equilíbrio dessa população. O avanço tecnológico permite a atualização de técnicas e procedimentos utilizados por profissionais da saúde como, por exemplo, a utilização de dispositivos móveis como dispositivos de apoio. Os smartphones têm um grande potencial por serem aparatos acessíveis, práticos e portáteis, podendo auxiliar desde procedimentos de coleta de dados até no diagnóstico de doenças, além de assessorar no tratamento^{9,10}.

A utilização dos smartphones na área da saúde está em crescente expansão, haja vista proporcionarem aos profissionais mais agilidade desde o momento da coleta de dados até o uso de aplicações para auxiliar na avaliação do paciente. Os sensores embutidos nesses dispositivos estão sendo cada vez mais utilizados na avaliação do equilíbrio e da marcha. Um desses sensores é o acelerômetro com potencial para auxiliar procedimentos clínicos, oferecendo dados quantitativos para avaliação e treinamento do equilíbrio e da marcha¹¹⁻¹³.

Diante deste cenário, este estudo tem como objetivo desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis de avaliação do equilíbrio e risco de queda em idosos bem como comparar os resultados apresentados pela aplicação com os achados dos testes *Timed Up and Go* (TUG) e Avaliação do Equilíbrio Orientada Pelo Desempenho (POMA).

MÉTODO

O presente estudo de caráter experimental desenvolveu-se por meio das seguintes etapas: Desenvolvimento do aplicativo e teste.

Primeira etapa - desenvolvimento do aplicativo

Uma empresa especializada foi contratada para desenvolver um aplicativo de smartphone capaz de captar e quantificar as oscilações anteroposteriores e laterais do corpo humano em posição ortostática para ser utilizada por profissionais da saúde. No pedido de serviço, foram solicitados: área de reconhecimento de usuário com *log-in* e senha; local de cadastro de paciente contendo os campos: nome, telefone, data de nascimento, altura e peso; Espaço destinado para acessar e armazenar as informações do paciente; tela para realizar uma nova análise e apresentação dos resultados.

Segunda etapa – teste do aplicativo

Essa etapa do estudo foi realizada em um Centro de convivência localizado na Asa Sul em Brasília, DF, a qual atende cerca de 300 idosos. Essa instituição disponibiliza atividades de hidroginástica, natação, dança, pilates, RPG, aulas de costura, informática e idiomas para a comunidade onde encontram-se idosos ativos e sedentários. Os interessados em participar desta pesquisa foram orientados a comparecer nas datas agendadas, no período de agosto a setembro de 2015, em uma sala localizada no próprio centro de convivência, com roupa de ginástica ou que permitisse a mobilidade dos membros inferiores.

A amostra desta pesquisa foi selecionada por conveniência. Com base no critério de inclusão, foram aceitos homens e mulheres ativos, capazes de compreender as instruções do avaliador para realização dos procedimentos. Foram excluídos voluntários que apresentaram limitações físicas e sensoriais que dificultasse a realização dos testes funcionais de equilíbrio e marcha, assim como dependentes de auxílio para manter-se em equilíbrio, ou seja, acuidades visual e auditiva grave, amputações de membros inferiores, uso de próteses ou discrepância de membros inferiores, doenças neurológicas e impossibilidade de deambular sem auxílio. O nível de significância para as análises estatísticas foi de 95%.

A seleção dos voluntários foi realizada através de um questionário, aplicado por um avaliador devidamente treinado para a ocasião, contendo as seguintes informações: nome, número de identificação, idade, sexo, prática ou não de atividade

física, histórico clínico, relato de queda nos últimos três anos e medo de cair em uma escada entre 0 e 10.

Na coleta de dados foram utilizados: smartphone modelo Moto X Play, bolsa com uma cinta regulável para fixação do dispositivo no voluntário e os materiais necessários para aplicar os testes TUG e POMA.

O teste POMA (avaliação da marcha e equilíbrio orientado pelo desempenho) é utilizado para avaliar o risco de quedas em idosos por meio de tarefas que envolvem equilíbrio estático, dinâmico, marcha e giro. Cada atividade tem uma determinada pontuação que varia de 0 a 28 pontos no total. O avaliado é classificado em uma das três categorias: normal, adaptativo e anormal¹⁴.

O teste TUG (*Timed Up And Go*) avalia a mobilidade, equilíbrio e o risco de quedas através dos movimentos sentar, levantar, caminhar, giro e sentar-se. O avaliado é classificado com base no tempo levado para realizar o teste sendo então classificado em um dos três grupos: independente (10 segundos ou menos), dependentes para transferências básicas (20 segundos ou menos) e muito dependente (mais que 20 segundos)^{15,16}. Os questionários e as avaliações foram aplicados pela própria autora deste estudo.

Estando apto para participar da pesquisa, o voluntário passou por duas fases de coleta de dados: Na primeira, o participante foi orientado a posicionar-se com os pés paralelos e manter-se nessa posição durante o tempo da análise, com duração de 20 segundos. O avaliador posicionou a bolsa com o cinto regulável centralizada na posição referente ao centro de massa localizado anteriormente ao primeiro ou segundo segmento sacral¹¹, assim como demonstra a Figura 1. Após a fixação do dispositivo, o aplicativo foi acionado pelo avaliador para iniciar a coleta de dados. A duração da análise foi cronometrada pelo próprio software demonstrando o início e o final do procedimento. Coletado esse dado, a bolsa foi retirada do voluntário, este foi conduzido para a segunda fase da coleta que consistiu em aplicar o teste POMA e após um minuto de descanso, realizou-se o teste TUG.

Este trabalho foi submetido ao comitê de Ética da Universidade Católica de Brasília e encontra-se aprovado de acordo com a resolução CNS 466/2012 e suas complementares, sob o número do parecer: 681.473.

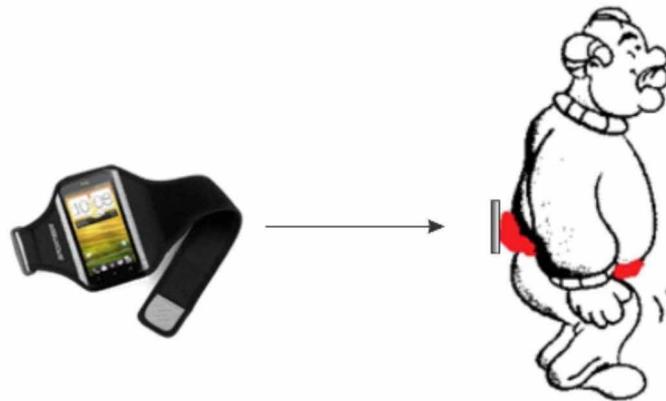


Figura 1. Modo de fixação do dispositivo utilizando uma bolsa com cinta regulável. Brasília, DF, 2016.

Os dados referentes à avaliação obtidos com o aplicativo foram armazenados e acessados pelo sistema de gerenciamento de banco de dados *Query language* (SQL), visualizados no próprio dispositivo, enquanto os dados referentes aos testes POMA e TUG foram registrados para posterior análise estatística.

A diferença entre as médias dos resultados do aplicativo entre os três grupos de risco foi testada com um cálculo de análise de variância (ANOVA). Um teste de componentes principais (PCA) foi realizado com os métodos TUG, POMA e resultados do aplicativo. A correlação das três variáveis juntamente aos mesmos fatores indica que o aplicativo está de acordo com os métodos consagrados.

RESULTADOS

As médias dos resultados do aplicativo foram diferentes para os três grupos de risco ($F=17.142,40$; $p<0,000,1$). No entanto, apenas a média dos idosos de baixo risco foi diferente dos outros dois, as médias dos idosos de médio e alto risco não diferiram (Teste Tukey: médio-baixo= $39,45$, $p<0,0001$; alto-baixo= $41,23$, $p<0,001$; alto-médio= $1,78$, $p=0,98$). Os métodos de avaliação do equilíbrio de idosos se correlacionaram fortemente com o primeiro componente principal (TUG: $r=0,88$, $p<0,00001$; POMA: $r=-0,92$, $p<0,0001$; App: $r=0,77$, $p<0,0001$). No entanto, os valores do aplicativo também se correlacionaram relativamente forte com o segundo componente ($r=-0,62$, $p=0,00001$), isso corrobora os resultados da ANOVA.

Primeira etapa: desenvolvimento do aplicativo

O aplicativo foi desenvolvido utilizando a ferramenta *Virtual Studio* e *Xamarin Studio* em linguagem C# com *Framework.NET*. Essa ferramenta apresenta uma tela de identificação e autenticação do usuário que deve ser realizada por meio de um cadastro contendo *log in* e senha. Após acessar o sistema, o avaliador tem a opção de acessar o banco de dados contendo resultados previamente coletados ou realizar uma nova análise.

Ao escolher a opção *nova análise*, o avaliador poderá determinar o tempo da análise em segundos. A posição do acelerômetro nos três eixos perpendiculares entre si é utilizada para formar uma esfera cujo centro é a posição inicial do dispositivo fixado no paciente. Várias esferas diferentes são criadas para cada paciente ao longo da análise. Portanto, o aumento do desvio-padrão dos raios dessas esferas representa o aumento da oscilação do indivíduo e um crescimento do risco de queda. Desta forma, o aplicativo é efetivo em classificar essas análises em baixo e alto risco de queda.

Para obter os resultados, aplicou-se inicialmente o raio da esfera com a fórmula:

$$R_2 = 2(x - x_0) + 2(y - y_0) + 2(z - z_0)$$

Onde:

R = raio da esfera; x_0 , y_0 , z_0 = coordenadas do centro da esfera no plano cartesiano; e x , y , z = amostra obtida na análise.

Ao obter o raio de todas as amostras, calculou-se a média e o desvio-padrão, através das fórmulas abaixo:

$$R = 1/N \sum_{i=1}^N Ri \text{ (média)}$$

$$\sigma = [1/N \sum_{i=1}^N (Ri - R)^2]^{1/2} \text{ (desvio médio)}$$

Onde:

N = número de amostras; P = Raio médio da análise; Ri = Raio da amostra; e σ = desvio médio.

Verificou-se, após os cálculos, que os resultados se apresentaram na ordem de 10^{-2} . Por isso, fez o produto do resultado pela constante 10^3 , visando facilitar a visualização do usuário.

Analisando-se os dados pela distribuição, considerou-se que 35 é um bom valor para classificar

os grupos de modo que, resultados abaixo desse valor são interpretados como baixo risco de queda.

Segunda etapa - teste do aplicativo

Participaram deste estudo 54 idosos, sendo 6 homens (11,11%) e 48 mulheres (88,88%), idade média igual a 71,3 (dp \pm 7,41) anos (Máx. 91 e Min. 60 anos). Em relação ao histórico de quedas, 25 participantes (46,29%) negaram eventos de queda nos últimos três anos, enquanto 8 voluntários (14,81%) relataram 4 ou mais eventos de queda. Questionados sobre o medo de cair, utilizando uma escala de 0 a 10, onde 0 representa pouco e 10 muito medo, 13 idosos (24,07%) negam medo de cair e 8 (14,81%) voluntários têm muito medo de cair (nota 10 na escala) de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1. Dados gerais da amostra referente ao presente estudo. Brasília, DF, 2016.

Variável	N (%)
Idade (anos)	
60 a 69	19 (35,18%)
70 a 79	28(51,85%)
80 a 89	6 (11,11%)
90 ou mais	1 (1,85%)
Evento de queda	
Nenhum evento	25 (46,29%)
1 evento	13 (24,07%)
2 eventos	3 (5,55%)
3 eventos	5 (9,25%)
4 ou mais	8 (14,81%)
Medo de cair	
Nenhum (0)	13 (24,07%)
Um pouco (1 a 4)	13 (24,07%)
Moderado (5 a 8)	16 (29,62%)
Muito (9 a 10)	12 (22,22%)
Prática de exercício físico	
Sim	45 (83,33%)
Não	9 (16,66%)
Frequência (vezes na semana)	
1 vez durante a semana	3 (6,81%)
2 vezes durante a semana	11 (25%)
3 vezes durante a semana	5 (11,36%)
4 vezes durante a semana	11 (25%)
5 vezes durante a semana	14 (31,81%)

continua

Continuação da Tabela 1

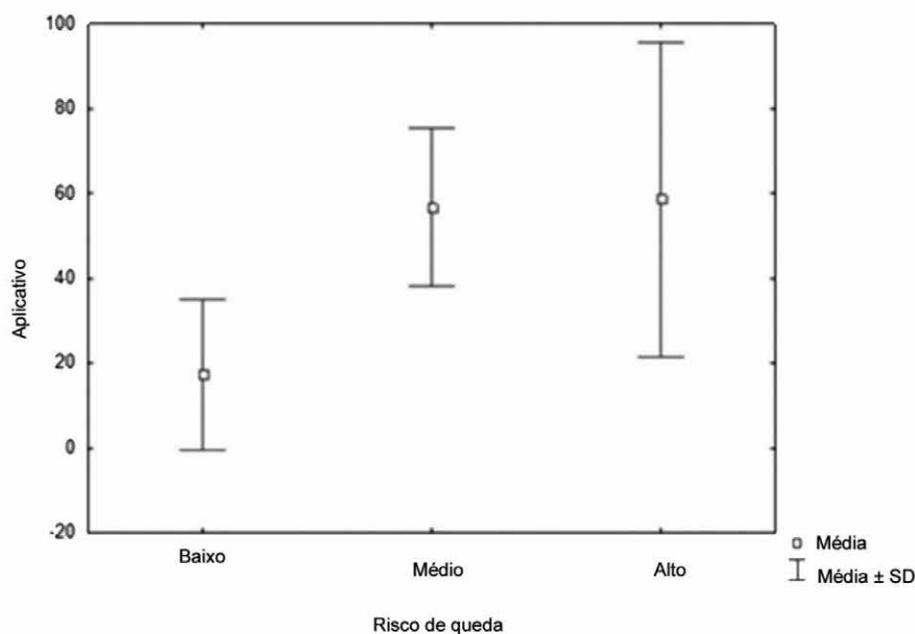
Variável	N (%)
Modalidades	
Pilates	5(7,57%)
Hidroginástica	22 (33,33%)
Caminhada	14 (21,21%)
Academia	11 (16,66%)
Outro (Capoeira, natação, dança, ioga, alongamento, treinamento funcional)	14 (21,21%)

Os resultados encontrados pela aplicação dos testes TUG e POMA apresentaram uma boa correlação, possibilitando agrupar os voluntários em três grupos de baixo, médio e alto risco de queda. Quando esses valores foram confrontados com as análises realizadas pelo aplicativo, parte dos resultados do aplicativo não estava relacionada com os testes clássicos, de forma que o *software* não consegue diferenciar entre idosos de médio e alto

risco. Esses resultados são representados a seguir pela tabela 2, apresentando os resultados de risco de queda e figura 2 que denota um gráfico de *boxplot*, com os resultados do aplicativo para os idosos que foram classificados em cada um dos três grupos de risco pelos testes clássicos. Os quadrados representam as médias obtidas pelo aplicativo e as linhas representam a média acrescida de +1 desvio-padrão ou -1 desvio-padrão.

Tabela 2. Resultado dos testes de risco de queda com os testes TUG e POMA e o Aplicativo. Brasília, DF, 2016.

Risco de queda	Teste TUG	Teste Poma	Aplicativo
Baixo risco de queda	39 (72,22%)	39 (72,22%)	28 (65,11%)
Médio risco de queda	9 (16,66%)	9 (16,66%)	
Alto risco de queda	6 (11,11%)	6 (11,11%)	15 (34,88%)

**Figura 2.** Diferença entre a oscilação medida através de um aplicativo para celular em idosos classificados em três classes de risco pelos testes POMA e TUG. Brasília, DF, 2016.

DISCUSSÃO

As alterações funcionais inerentes ao processo de envelhecimento como a diminuição da mobilidade e força muscular podem levar a situações de desequilíbrio e, conseqüentemente, aumentar o risco de queda de indivíduos idosos. O equilíbrio humano é complexo, em posição ortostática, o corpo está em constante movimento oscilatório mantendo-se em situação de equilíbrio através da compensação inversa e no mesmo plano dos constantes desequilíbrios ocorridos nessa posição^{17,18}.

A respeito do uso de dispositivos móveis como instrumento para auxiliar na avaliação funcional de idosos, foram desenvolvidos aplicativos que auxiliam a execução e interpretação de testes de equilíbrio estático, equilíbrio dinâmico e teste de marcha. Assim como no presente estudo, com o intuito avaliar o equilíbrio estático captando as oscilações existentes na manutenção da postura ortostática, foram fixados sensores similares aos encontrados nos dispositivos móveis no tornozelo. O voluntário foi orientado a permanecer parado durante o teste. Após essa etapa, foi aplicado um teste clínico modificado de interação sensorial do equilíbrio corporal. A ferramenta mostrou-se efetiva com um grande potencial para uso na avaliação do equilíbrio¹⁹.

Em relação ao equilíbrio estático, um trabalho comparou o resultado dos testes de equilíbrio através de três instrumentos: a plataforma de estabilometria, plataforma de equilíbrio e um aplicativo desenvolvido para essa finalidade. Os participantes foram orientados a segurar o aparelho contra o peito enquanto adotaram diferentes posturas para a avaliação. Os resultados mostraram que o aplicativo foi eficaz sugerindo ser um método válido e consistente²⁰.

Similar ao estudo anterior, um aplicativo foi desenvolvido para auxiliar a avaliação do equilíbrio unipodal. Os voluntários foram orientados a segurar o dispositivo contra o tronco enquanto mantinham-se apoiados em uma perna (sem auxílio das mãos), em uma plataforma de estabilometria. A comparação entre os dois métodos também foi positiva. Da mesma maneira, outro trabalho comparou os resultados obtidos através de 5 posições para avaliação do equilíbrio (pés paralelos, calcanhar-dedo e apoio em

uma perna) com os dados obtidos por um aplicativo e também se mostrou confiável^{21,22}.

Com o objetivo de comparar a fotogrametria computadorizada e o acelerômetro na avaliação de equilíbrio, esta pesquisa revelou que o acelerômetro presente no smartphone foi efetivo para avaliar o equilíbrio estático de idosos bem como a utilização desse instrumento pode descrever o progresso de pacientes e auxiliar no plano de tratamento do fisioterapeuta²³.

Com o objetivo de desenvolver um aplicativo que além de avaliar possibilitasse o treinamento do equilíbrio, os autores verificaram os resultados obtidos pelo dispositivo e através de 7 posições para avaliação do equilíbrio no solo e sobre uma espuma. Os autores concluíram que o aplicativo foi eficaz na avaliação e no treino de equilíbrio para voluntários adultos jovens²⁴.

Com o intuito de desenvolver uma aplicação de smartphone para detectar, reduzir e eliminar a subjetividade dos testes clínicos, foi realizado um estudo envolvendo 20 idosos que realizaram os testes de Tinetti e *Timed Get Up and Go* utilizando um smartphone acoplado na cintura para coleta de dados. Os autores concluíram que os resultados foram válidos auxiliando o examinador a detectar características de fragilidade melhorando, desta forma, a precisão em seu diagnóstico^{25,26}.

Semelhante a este estudo, foi investigada a confiança dos dados coletados através de uma aplicação para Iphone 4 na realização do teste *Timed Get Up and Go*. Cada participante realizou o teste 3 vezes vestindo sensores posicionados no terço médio do esterno. Concluiu-se, também, que os sensores incorporados ao Iphone 4 são confiáveis na identificação de padrões cinemáticos existentes nesse teste²⁷.

Da mesma forma, 30 voluntários, dos quais 14 apresentavam sinais de fragilidade, foram testados em 5 etapas diferentes: transferência de sentado para de pé, marcha para ir virar, marcha para voltar e virar para sentar. Os dados coletados pelo smartphone foram analisados posteriormente. Desta forma, concluiu-se que os sensores presentes no Iphone

4 são capazes de verificar e analisar as diferentes subfases presentes no teste *Timed up and go* em idosos frágeis e não frágeis²⁸.

Com o propósito de analisar a capacidade de uma aplicação para smartphone na avaliação dos testes sentar e levantar e Equilíbrio em uma perna os autores fixaram o dispositivo móvel em diferentes seguimentos. O primeiro estudo²⁹ na região superior do tronco e, o segundo³⁰ estudo na coluna lombar. Ambos obtiveram resultados positivos comparando-se com outras formas de avaliação.

A respeito dos testes funcionais aplicados para comparação dos resultados apresentados pelos dispositivos móveis, não houve consonância entre os estudos. Da mesma forma, não existe um consenso sobre a necessidade ou não de um acessório de fixação do dispositivo assim como a melhor região a ser fixada.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados deste estudo foi possível concluir que o aplicativo desenvolvido, em sua versão final, é capaz de verificar as oscilações presentes na manutenção do equilíbrio estático de idosos e diferenciar os resultados em dois grupos de alto e baixo risco de queda. Apesar dos resultados positivos, mais testes devem ser realizados para implementação de novas funcionalidades e ajustes técnicos para a melhoria desse *software*.

Os dispositivos móveis têm grande potencial como ferramenta de apoio para profissionais da área da saúde. Torna-se ainda relevante destacar a importância desses profissionais para a gerontecnologia com o objetivo de desenvolver e validar ferramentas confiáveis. Sendo assim, novas pesquisas mostram-se necessárias para comprovar a confiabilidade e validação dos resultados.

REFERÊNCIAS

1. Neto MP. O estudo da velhice: histórico, definição do campo e termos básicos. In: Freitas EV, Py L, Cançado FAX, Doll J, Gorzoni ML. Tratado de geriatria e gerontologia. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2011. Cap. 1, p. 2-22.
2. Santos SSC. A gerontologia à luz da complexidade de Edgar Morin. Rev Eletr Mestr Educ Ambient. 2004;V. Esp:1-14.
3. Souza MAH, Porto EF, Souza EL, Silva KI. Perfil do estilo de vida de longevos. Rev Bras Geriatr Gerontol [Internet]. 2016 [acesso em 04 nov. 2016];19(5):819-26. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-98232016000500819&lng=en&nrm=iso&tlng=pt
4. Miranda GMD, Mendes ACG, Silva ALA. Population aging in Brazil: current and future social challenges and consequences. Rev Bras Geriatr Gerontol [Internet]. 2016 [acesso em 06 nov. 2016];19(3):507-19. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-98232016000300507&lang=pt
5. Cruz DT, Duque RO, Leite ICG. Prevalência do medo de cair em uma população de idosos da comunidade. Rev Bras Geriatr Gerontol [Internet]. 2017 [acesso em 01 ago. 2017];20(3):309-18. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-98232017000300309&lng=en&nrm=iso&tlng=pt
6. Alves RLT, Silva CFM, Pimentel LN, Costa IA, Souza ACS, Coelho LAF. Avaliação dos fatores de risco que contribuem para queda em idosos. Rev Bras Gerontol Gerontol [Internet]. 2017 [acesso em 05 ago. 2017];20(1):59-69. Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/4038/403850707006/>
7. Gravasso WC, Beltrame V. Capacidade funcional e morbidades referidas: Uma análise comparativa em idosos. Rev Bras Geriatr Gerontol [Internet]. 2017 [acesso em 20 ago. 2017];20(3):399-409. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/rbgg/v20n3/pt_1809-9823-rbgg-20-03-00398.pdf
8. Neri AL. Palavras chave em gerontologia. Campinas: Alínea; 2008.
9. Nakamura EF. Computação móvel: novas oportunidades e novos desafios. T&C Amazônia. 2003;1(2):16-28.
10. Mosa MAS, Yoo I, Sheets L. A systematic review of healthcare applications for smartphones. BMC Med Inform decis mak. 2012;12:1-37.
11. Sabbatini RME. Telemedicina e Informatização em Saúde. In: Siqueira E, Organizador. Technologies That Change Our Lives. São Paulo: Saraiva; 2007. Cap. 5, p. 147-79.
12. Culhane KM, Connor MO, Lyons D, Lyons GM. Accelerometers in rehabilitation medicine for older adults. Age Ageing. 2005;34(6):556-60.

13. Hlavačka F, Bzdúšková D, Halická Z, Lobotková J, Szathmáry V. Assessment of Human Balance during Stance using Accelerometer Sensors. In: Measurement. Proceedings of the 8th International Conference; 2011 Apr. 27-30; Smolenice Castle, Slovakia. Slovakia: Institute of Measurement Science; 2011.
14. Brandão AKU, Pessoa AB, Cardoso JM, Meireles FMM, Nascimento PRM, Duarte DM, et al. Uso de instrumentos para investigação do equilíbrio postural em tarefas funcionais. *Fisioter Bras.* 2016;17(6):585-95.
15. Rodrigues MMP, Falcão RMM, Veras RFS, Barbosa KTF, Oliveira FMRL, Pereira MA, et al. Timed Up And Go predictor of falls in elderly people residing in the community? *Int Arch Med.* 2017;10(146):1-6.
16. Guerra HS, Bernardes DCF, Santana JA, Barreira LM, Sousa RA, Neves CM. Avaliação do risco de quedas em idosos da comunidade. *Rev saúde.com.* 2017;13(2):879-86.
17. Lima JP, Farense B. Aplicação do teste Poma para avaliar o risco de quedas em idosos. *Geriatr Gerontol.* 2012;6:200-11.
18. Bienfait M. Os Desequilíbrios estáticos: Filosofia, patologia e tratamento fisioterápico. Angela S, tradutora. 4ª ed. São Paulo: Summus; 1995. Cap. 2, Fisiologia estática e suas perturbações; p. 24-9.
19. Vieira JC. Sistema de mensuração da oscilação dos membros inferiores para testes de equilíbrio corporal [Trabalho de conclusão de curso]. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2015
20. Rohleder PA. Validation of balance assessment measures of an accelerometric mobile device application versus a balance platform [Thesis Internet]. Wichita: Wichita state University; 2012 [acesso em 20 nov. 2016] disponível em: <https://swaymedical.com/wp-content/themes/sway/library/files/research/VALIDATION-OF-BALANCE-FROM-MOBILE-DEVICE-APPLICATION-VERSUS-A-BALANCE-PLATFORM.pdf>
21. Patterson JA, Amik RZ, Thummar T, Rogers ME. Validation of measures from the smartphone sway balance application: a pilot study. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9(2):135.
22. Amik RZ, Chaparro A, Patterson JA, Jorgensen MJ. Test-retest reliability of the sway balance mobile application. *J Mobile Technol Med.* 2015;4(2):40-7.
23. Oliveira DS, Oltramari G, Shuster RC, De Oliveira DTC. Comparação do equilíbrio estático de idosas avaliadas por meios de dois métodos: fotogrametria computadorizada e acelerômetro. *Fisioter Mov.* 2015;28(2):349-56.
24. Franco C, Fleury A, Guméry P, Diot B, Demongeot J, Vuillerme N. iBalance-ABF: a smartphone-based Audio-Biofeedback Balance System. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2013;60(1):211-5.
25. Fontecha J, Hervás R, Bravo J, Navarro FJ, Sánchez L. A proposal for elderly frailty detection by using accelerometer-enabled smartphones. In: 5th international symposium of Ubiquitous Computing and Place Intelligence, 2008; Oslo. UIC; 2011.
26. Fontecha J, Hervás R, Bravo J, Navarro FJ. A mobile and ubiquitous approach for supporting frailty assessment in elderly people. *J med Internet res [Internet].* 2013 [acesso em 12 maio 2015];15(9):197. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3785993/><https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3785993/>
27. Mercant AG, López FJB, Manzanares MTL, Vargas AIC. Reliability and criterion-related validity with a smartphone used in timed up and go test. *Biomed. Eng [Internet].* 2014 [acesso em 12 maio 2015];13:1-14. Disponível em: <https://biomedical-engineering-online.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-925X-13-156>.
28. Ferreira MIT. O uso do smartphone na avaliação do risco de queda associado ao envelhecimento [dissertação]. Porto: Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto, Instituto Politécnico do Porto; 2013.
29. Tarrío I, Melo CA, Montes AM, Castro C, Santos MR. O uso do smartphone na avaliação do risco de queda associado ao envelhecimento [Dissertação]. Porto: Escola superior de tecnologia da saúde do Porto; 2013.
30. Cerrito A, Bichsel L, Radlinger L, Schmid S. Reliability and validity of a smartphone-based application for the quantification of the sit-to-stand movement in health seniors. *Gait Posture.* 2015;41(2):409-13.

Recebido: 16/02/2017

Revisado: 03/07/2017

Aprovado: 11/10/2017