

UTILIZAÇÃO DE SENSORES INERCIAIS NO TESTE *TIMED UP AND GO*: UMA REVISÃO NARRATIVA

Luísa Nascimento Sales¹

Vitor Sotero dos Santos²

SALES, L. N.; SANTOS, V. S. dos. Utilização de sensores inerciais no teste *Timed up and go*: uma revisão narrativa. *Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR*, Umuarama, v. 25, n. 3, p. 213-220, set./dez. 2021.

RESUMO: O teste funcional *Timed Up and Go* (TUG) é amplamente utilizado para avaliar o risco de queda, através do equilíbrio e mobilidade, por ser de fácil aplicação e boa reprodutibilidade na prática clínica. Porém, o TUG ainda possui algumas limitações, pois se concentra no tempo total em que o teste é realizado. Uma proposta de avaliação é através da utilização de sensores inerciais, baseados na tecnologia de sistemas microeletromecânicos, e vem sendo muito utilizados para análise do movimento humano. Logo, o objetivo desse estudo foi realizar uma revisão narrativa sobre o uso dos sensores inerciais nas medidas temporais e cinemáticas do TUG e suas subfases. Metodologia: Essa revisão narrativa foi realizada nas bases de dados PubMed, CENTRAL, BVS e PEDro, por meio do vocabulário MeSH entre o período de maio a junho de 2020. Os critérios de inclusão foram estudos que utilizaram sensores inerciais para avaliação de medidas temporais e cinemáticas do TUG e suas subfases. Resultados: Foram incluídos 11 artigos de um total de 2305 achados. Desses, 5 utilizaram os sensores de smartphones. Não houve padronização em relação à quantidade utilizada, nem à fixação e posicionamento. Os sensores conseguiram mostrar diferenças no TUG e suas subfases nas medidas temporais e cinemáticas nos diferentes grupos avaliados. Considerações Finais: Sensores inerciais são capazes de avaliar medidas temporais e cinemáticas do TUG e de suas subfases, mostrando serem ferramentas confiáveis. Entretanto, mesmo obtendo resultados satisfatórios, necessita-se de mais estudos abrangendo uma população maior.

PALAVRAS-CHAVE: Timed up and go. Sensor inercial. Análise de movimento.

USE OF INERTIAL SENSORS IN THE TIMED UP AND GO TEST: A NARRATIVE REVIEW

ABSTRACT: The Timed Up and Go (TUG) functional test is widely used to assess the risk of falling through balance and mobility since it is easy to apply and presents good reproducibility in clinical practice. However, the TUG test still has some limitations, as it focuses on the total time the test is performed. A proposal for evaluation is the use of inertial sensors, based on the microelectromechanical system technology, which has been widely used for the analysis of human movement. Therefore, the objective of this study was to carry out a narrative review on the use of inertial sensors in the temporal and kinematic measurements of TUG and its subphases. Methodology: This narrative review was carried out in the PubMed, CENTRAL, BVS, and PEDro databases using the MeSH vocabulary between the period of May to June 2020. The inclusion criteria were studies using inertial sensors to evaluate temporal and kinematic measurements of the TUG and its subphases. Results: A total of 11 articles were selected from 2305 hits. From these, five (5) used smartphone sensors. There was no standardization regarding the quantity used, nor their fixation and positioning. The sensors were able to show differences in the TUG and its subphases in the temporal and kinematic measurements in the different groups evaluated. Final Considerations: Inertial sensors are capable of evaluating temporal and kinematic measurements of the TUG and its subphases, showing that they are reliable tools. Nevertheless, although satisfactory results were obtained, further studies are needed covering a larger population.

KEY WORDS: Timed up and go. Inertial sensor. Motion analysis.

Introdução

Os déficits de equilíbrio podem ser causados por vários fatores, como perda de força muscular ou uma restrição no movimento (VERMA *et al.*, 2017). Um déficit no equilíbrio consegue causar um impacto negativo na vida de um indivíduo, como resultado os indivíduos podem sofrer de quedas, e esse impacto chega a piorar de acordo com a progressão de sua perda (TERFETILLER *et al.*, 2019).

Alguns testes específicos já são muito utilizados para a avaliação do equilíbrio, como o caso do Timed Up and Go (TUG), que é amplamente utilizado para avaliar equilíbrio e mobilidade, e se mostrou muito confiável em diferenciar as pessoas que possuem um maior risco de quedas (SILVA *et al.*, 2007). O TUG é um teste de fácil aplicação e boa reprodutibilidade na prática clínica, para a sua realização o indivíduo levanta de uma cadeira, anda 3 metros, faz o retorno e volta à posição sentada, sendo seu tempo mensurado em segundos (MARTINEZ *et al.*, 2016).

Apesar de seu amplo uso, o TUG ainda possui limitações, pois ele se concentra no tempo total para sua realização. Dessa forma, algumas modificações no teste já foram propostas, como avaliar as atividades separadamente para maior confiabilidade (FARIA *et al.*, 2012). Porém, suas adaptações continuavam em verificar o tempo, sem analisar deficiências no movimento, então outra forma de avaliação seria através de sensores inerciais (SALARIAN *et al.*, 2010).

Os sensores inerciais baseados na tecnologia de sistemas microeletromecânicos estão sendo cada vez mais incorporados na avaliação de movimentos (MOTA, 2017). Sensores inerciais, como acelerômetros e giroscópios estão sendo frequentemente usados para detecção de movimento do corpo humano, eles são fáceis de usar e os dados do movimento podem ser transmitidos sem fio para processamento ou visualização adicional (LIN *et al.*, 2018).

Os acelerômetros medem as forças de aceleração, e os giroscópios permitem medir velocidade angular (ALBERT; KORDING, 2011). Esses sensores já foram utilizados para a

DOI: <https://doi.org/10.25110/arqsaude.v25i3.2021.8367>

¹Fisioterapeuta formada pelo Centro Universitário Ruy Barbosa, pós-graduanda em Fisioterapia em Ortopedia e Traumatologia pela Faculdade Santa Casa da Bahia (FSC). Rua Adilson Pereira da Silva, 85 E - CEP: 41385130 - Sete de Abril, Salvador, BA, Brasil. E-mail: luisa.n.sales@gmail.com

²Fisioterapeuta formado pela Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública (EBMSP), Mestre em Mecatrônica pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). E-mail: vitor.ssantos@professores.uniruy.edu.br

avaliação do TUG em pacientes com déficit de equilíbrio, e conseguiram fornecer resultados quantitativos nas transições das tarefas, separando automaticamente os subcomponentes do teste (SALARIAN *et al.*, 2010). Porém esse teste ainda é muito utilizado clinicamente avaliando o tempo total de sua execução, mesmo seu desempenho envolvendo uma série de movimentos complexos.

Logo, esse estudo tomou como objetivo realizar uma revisão narrativa sobre o uso dos sensores inerciais nas medidas temporais e cinemáticas do TUG e suas subfases, pois assim o terapeuta possuirá uma ferramenta que não medirá somente o tempo, mas conseguirá reconhecer alterações no movimento, o que poderá ajudar na escolha de uma intervenção mais específica.

Materiais e Métodos

O estudo se caracterizou por ser uma revisão narrativa da literatura, os critérios de inclusão foram relatos de caso, séries de caso, estudos observacionais, estudos piloto e ensaios clínicos, na língua portuguesa, inglesa e espanhola, que utilizaram sensores inerciais para avaliação de medidas temporais e cinemáticas do TUG e suas subfases, sem restrições de data e publicação. Os critérios de exclusão foram estudos que não relataram análises de cada subfase, e estudos que avaliaram somente medidas temporais ou cinemáticas das subfases.

As buscas foram realizadas nas bases de dados *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (MEDLINE) através do *United State National Library of Medicine* (PubMed); *The Cochrane Central Register of Controlled Trials* *The Cochrane Library* (CENTRAL); Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e Banco de Dados de Evidência em Fisioterapia (PEDro), entre o período de maio a junho de 2020.

Os descritores foram utilizados por meio do vocabulário *Medical Subject Headings* (MeSh), e a combinação dos termos foram realizadas de forma dependente das bases de dados, as palavras foram combinadas utilizando os operadores booleanos AND e OR (BRASIL, 2012). Para as bases de dados PubMed, CENTRAL e BVS foi utilizada a seguinte estratégia de busca: (“*Wearable Electronic Devices*” OR “*Micro Electrical Mechanical Systems*” OR “*Monitoring*” OR “*Accelerometry*” OR “*Inertial Measurement Unit*” OR “*IMU*”) AND (“*Walking Speed*” OR “*Physical Functional Performance*” OR “*Timed up and go*” OR “*TUG*” OR “*iTUG*”). Na base de dados

PEDro, a combinação foi feita de forma independente das outras, utilizando-se de 2 termos para cada pesquisa, ficando da seguinte forma: *accelerometry**, *timed up and go**; *monitoring**, *timed up and go**; *inertial measurement unit**, *monitoring**; *accelerometry**, *monitoring**.

Inicialmente foram lidos os títulos e resumos e analisados de acordo com os critérios, em seguida, após a remoção das duplicatas, foram selecionados os artigos para a leitura na íntegra. Considerou-se como desfecho a análise das medidas temporais e cinemáticas do TUG e suas subfases usando os sensores inerciais.

Resultados

A busca realizada na literatura induziu a um achado de 2305 artigos, sendo destes 772 excluídos por duplicidade, 1451 artigos excluídos após a leitura dos títulos e resumos, restando 82 artigos que foram lidos na íntegra. Após a leitura destes, foram excluídos 71 artigos, restando um total de 11 artigos incluídos nesta revisão (Figura 1).

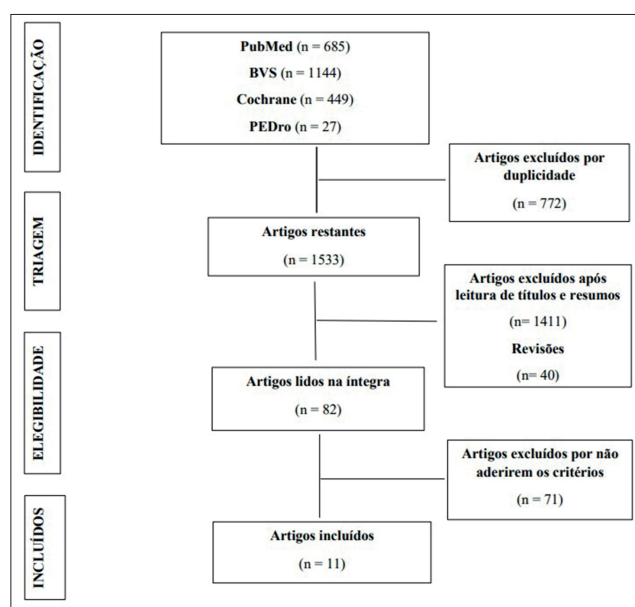


Figura 1: Fluxograma de Seleção de Artigos.

Fonte: autores.

Foram avaliadas um total de 806 pessoas, todos os inclusos eram pessoas saudáveis ou com algum tipo de patologia, como apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Informações sociodemográficas dos estudos.

Autor (ano)	População	Idade (anos)	Sexo	Amostra
Coni <i>et al.</i> (2015)	Idosos	65 a 93	M: 115; H: 99	214 pessoas
Coulthard <i>et al.</i> (2015)	Adultos jovens	Média de 22,5	M: 10; H: 10 mulheres	20 pessoas
Galán-Mercant e Cuesta-Vargas (2015)	Pessoas acima de 65 anos	GP 1 (média de 83,71); GP 2 (média de 70,25)	Grupo 1 (M: 10; H: 4); Grupo 2 (M: 10; H: 6)	30 pessoas
Lummel <i>et al.</i> (2016)	Pessoas com DP	Média de 67,1	M: 6; H: 22	28 pessoas
Vervoort <i>et al.</i> (2016)	Adultos saudáveis	GP 1 (18 a 45); GP 2 (46 a 75)	GP 1 (61% H); GP 2 (32% H)	55 pessoas

Wuest <i>et al.</i> (2016)	Idosos saudáveis e pessoas com AVC	Idosos saudáveis (média de 76,0); AVC (média de 67,4)	Idosos saudáveis (M: 17; H: 8); AVC (M: 2; H: 12)	39 pessoas
Caronni <i>et al.</i> (2018)	Pessoas com DP, AVC, polineuropatia de MMII, e outros	Média de 69	M: 70; H: 52	122 pessoas
Koop <i>et al.</i> (2018)	Pessoas com DP idiopática	Média de 61,9	M: 12; H: 18	30 pessoas
O'Brien <i>et al.</i> (2019)	Adultos saudáveis e um indivíduo com AVC	20 a 70	M: 25; H: 25	50 pessoas
Cimolin <i>et al.</i> (2019)	Mulheres obesas e saudáveis	GP experimental (média de 57,3); GP controle (média de 48,6)	M: 58	58 pessoas
Coni <i>et al.</i> (2019)	Idosos saudáveis	61 a 70	M: 87; H: 73	160 pessoas

Fonte: autores.

Legenda: **AVC**: Acidente Vascular Cerebral; **DP**: Doença de Parkinson; **GP**: grupo; **H**: homens; **M**: mulheres; **MMII**: Membros Inferiores

Os sensores demonstraram serem boas ferramentas na avaliação do teste TUG, as características dos estudos são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2: Características dos estudos

Autor (ano)	Sensor (es) utilizado (s)	Posicionamento	Instrumento (s) para comparação
Coni <i>et al.</i> (2015)	Acelerômetro e giroscópio (Samsung Galaxy S2 e S3®)	Cintura	N/A
Coulthard <i>et al.</i> (2015)	Acelerômetro, giroscópio e magnetômetro (OPAL®)	Nos 2 pulsos, no esterno, inferiormente na lombar e anteriormente em cada tornozelo	Cronômetro manual
Galán-Mercant e Cuesta-Vargas (2015)	Acelerômetro, giroscópio e magnetômetro (iPhone 4®)	Terço médio do esterno	Cronômetro manual
Lummel <i>et al.</i> (2016)	Acelerômetro e giroscópio (DynaPort Hybrid®)	Coluna lombar	Cronômetro manual
Vervoort <i>et al.</i> (2016)	Acelerômetro (iPod touch G4®)	Próximo ao nível da 3ª vértebra lombar	N/A
Wuest <i>et al.</i> (2016)	Acelerômetro e giroscópio (Physilog®)	Nos 2 pulsos, pernas e pé, tronco e 3ª vértebra lombar	Câmera de vídeo
Caronni <i>et al.</i> (2018)	Acelerômetro e giroscópio (mTUG device®)	2ª e 3ª vértebras lombares	Escala Mini BESTest
Koop <i>et al.</i> (2018)	Acelerômetro e giroscópio (iPad®)	Coluna lombar (próximo ao centro de massa)	Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson
O'Brien <i>et al.</i> (2019)	Acelerômetro e giroscópio (BioStampRC MC10®)	5ª vértebra lombar	N/A
Cimolin <i>et al.</i> (2019)	Acelerômetro, giroscópio e magnetômetro (BTS® G-Sensor)	2ª vértebra lombar	Cronômetro manual
Coni <i>et al.</i> (2019)	Acelerômetro e giroscópio (Samsung Galaxy S3®)	5ª vértebra lombar	Cronômetro manual

Fonte: autores

Legenda: N/A: não aplicável

Os estudos utilizaram (n = 7) acelerômetros e giroscópios dos smartphones (CONI *et al.*, 2015; GALÁN-MERCANT; CUESTA-VARGAS, 2015; CONI *et al.*, 2019) em sua grande maioria como sensores inerciais. Boa parte

dos estudos optaram por usar um único sensor, somente 2 estudos (COULTHARD *et al.*, 2015; WUEST *et al.*, 2016) usaram mais de um sensor.

Coni *et al.* (2015) colocaram os sensores

posicionados na cintura, Caronni *et al.* (2018) colocaram entre a 2° e 3° vértebras lombares, mas sem relatarem como ocorreram a fixação. Coulthard *et al.* (2015) posicionaram os sensores nos 2 pulsos, no esterno, inferiormente na lombar e anteriormente em cada tornozelo fixados com tiras elásticas; Wuest *et al.* (2016) posicionaram os sensores nos 2 pulsos, pernas e pé, tronco e 3° vértebra lombar fixados com tiras elásticas hipoalergênicas. Galán-Mercant e Cuesta-Vargas (2015) colocaram os sensores no terço médio do esterno com uma pequena luva de Neoprene® fixada com fita elástica. Lummel *et al.* (2016) colocaram o sensor na coluna lombar fixado com um cinto, e Vervoort *et al.* (2016) posicionaram o sensor próximo a 3° vértebra lombar também com um cinto elástico. Koop *et al.* (2018) colocaram o sensor na coluna lombar, próximo ao centro de massa, com tiras personalizadas para acoplarem a cada participante. O'Brien *et al.* (2019), assim como Coni *et al.* (2019) colocaram os sensores na 5° vértebra lombar, acoplados a pele com uma fina camada de adesivo transparente e um elástico, respectivamente. Cimolin *et al.* (2019) posicionaram o sensor na 2° vértebra lombar com um cinto elástico.

Coni *et al.* (2015), Vervoort *et al.* (2016) e O'Brien *et al.* (2019) não utilizaram instrumentos para comparação com os sensores. Wuest *et al.* (2016) utilizaram uma câmera de vídeo permitindo uma inspeção posterior caso necessário, o que não ocorreu. Carroni *et al.* (2018) correlacionaram os valores com a Escala Mini BESTest, e Koop *et al.* (2018) correlacionaram os valores com a Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson. Coulthard *et al.* (2015), Galán-Mercant e Cuesta-Vargas (2015) e Lummel *et al.* (2016) usaram cronômetros manuais como instrumentos de comparação. Cimolin *et al.* (2019) e Coni *et al.* (2019) também utilizaram cronômetros manuais para comparação.

Coni *et al.* (2015) conseguiram detectar diferenças no TUG e em suas subfases com os sensores nas diferentes faixas etárias no grupo de idosos; Vervoort *et al.* (2016) perceberam diferenças no TUG e em suas subfases nas diferentes faixas etárias avaliadas; O'Brien *et al.* (2019) também avaliaram o TUG de acordo com idade, e viram que os sensores mostraram diferenças no teste correlacionadas com a idade, e também no paciente com acidente vascular cerebral (AVC). Galán-Mercant e Cuesta-Vargas (2015) viram que os sensores mostraram diferenças significativas no teste e nas suas subfases, entre os grupos de idosos frágeis e não frágeis, Coni *et al.* (2019) também perceberam que os sensores mostraram diferenças no TUG e nas subfases de acordo com a classificação do status funcional entre os grupos de idosos.

Lummel *et al.* (2016) perceberam que houve uma confiabilidade intra e interexaminadores para o TUG e suas subfases em pessoas com Doença de Parkinson (DP), porém a confiabilidade teste-reteste foi menor em relação ao tempo total e das subfases. Wuest *et al.* (2016) viram que os sensores foram capazes de mostrar diferenças significativas do teste e suas subfases nos idosos com AVC em relação aos idosos saudáveis. Caronni *et al.* (2018) notaram que os sensores detectaram diferenças no TUG e em suas subfases no grupo avaliado. Koop *et al.* (2018) viram que os sensores mostraram diferenças no TUG e nas subfases nos pacientes com DP idiopática durante o estado On da medicação.

Coulthard *et al.* (2015) notaram que os sensores

foram capazes de mostrar diferenças significativas nas variáveis durante o teste convencional em relação ao teste com protocolo de dupla tarefa realizados pelos adultos jovens. Cimolin *et al.* (2019) viram que os sensores foram capazes de mostrar diferenças significativas do TUG e de suas subfases entre os grupos de mulheres obesas e saudáveis.

Discussão

Nessa revisão narrativa, verificou-se o uso dos sensores inerciais na avaliação das medidas temporais e cinemáticas do TUG e suas subfases, mostrando ser uma alternativa de ferramenta para esse tipo de avaliação.

Percebeu-se que a maior parte dos estudos utilizaram sensores baseados em smartphones (CONI *et al.*, 2015; GALÁN-MERCANT; CUESTA-VARGAS, 2015; CONI *et al.*, 2019), e isso pode ser explicado devido ao fácil acesso a esses aparelhos e por possuir uma confiabilidade para avaliação (MELLONE; TACONNI; CHIARI, 2012). No estudo de Chan *et al.* (2016), eles examinaram a medição do TUG com um aplicativo para o smartphone Samsung Note II®, em um grupo de idosos, e compararam com a condição de referência e concluíram que a consistência da medição entre o sensor e a de referência foi excelente. Guzmán, Silva e Guzmán-Venegas (2017) também avaliaram a reprodutibilidade de um sensor do iPhone4® no tempo de cada subfase do TUG de 3 metros em idosos de uma comunidade, e compararam com as medidas obtidas por 2 avaliadores, e viram que o tempo medido com os sensores foram confiáveis.

Nota-se também que grande parte dos estudos optaram por usar um único sensor, posicionado principalmente na coluna lombar (LUMMEL *et al.* 2016; VERVOORT *et al.* 2016; CARONNI *et al.* 2018; KOOP *et al.* 2018; O'BRIEN *et al.* 2019; CIMOLIN *et al.* 2019; CONI *et al.* 2019), essa escolha pode ser explicada à confiabilidade que um único sensor é capaz de fornecer, como visto no estudo de Lummel *et al.* (2013), o qual colocaram um único sensor (DynaPort®) na região lombar, em grupo de idosos e adultos jovens, durante a realização do teste de sentar e levantar para avaliação de duração e velocidade angular máxima entre os grupos, e conseguiram perceber que as durações eram mais longas para o grupo de idosos, e a velocidade angular máxima foi menor para os idosos durante a realização da flexão. Dos estudos incluídos, somente um colocou um único sensor fixado no esterno (GALÁN-MERCANT; CUESTA-VARGAS, 2015), essa escolha pode ser explicada através do estudo de Zijlstra e Hof (2003), onde mostraram que sensores colocados a nível do esterno, fornecem dados confiáveis sobre análise da marcha com relação a padrões de aceleração do tronco. Por fim, 2 estudos (COULTHARD *et al.*, 2015; WUEST *et al.*, 2016) optaram por usar mais de um sensor. Esse método foi utilizado por Salarian *et al.* (2010), que posicionaram 6 sensores para análise automática do TUG, e cada subfase do teste foi detectada com a escolha de cada subconjunto único de sensores.

Não houve predominância em relação à fixação dos sensores ao corpo dos participantes, observando a escolha de tiras elásticas ou cinto, somente um (GALÁN-MERCANT; CUESTA-VARGAS, 2015) colocou o sensor numa luva de Neoprene®. No estudo de Galán-Mercant *et*

al. (2014) utilizaram 2 sensores (iPhone4® e Inertiacube3®) em uma pequena luva de Neoprene® e verificaram que, comparando os 2 tipos de sensores, houve uma leve tendência de subestimação dos dados em não permanecer no zero durante a subfase do girar. Essa diferença estaria relacionada ao movimento da pele ou da roupa, ou até mesmo ao desalinhamento do sensor, o que pode ser uma explicação para esse método não ter sido escolhido nos outros estudos desta revisão. Dois estudos (O'BRIEN *et al.*, 2019; CONI *et al.*, 2019) acoplaram os sensores à pele com uma fina camada de adesivo, e somente um (KOOP *et al.*, 2018) utilizou tiras personalizadas para cada participante, para tentar uma melhor precisão na avaliação. Essa escolha de acoplamento pode ser explicada no estudo de Hellmers *et al.* (2018), no qual posicionaram o sensor com um cinto entre as vértebras lombares L3 e L5 num grupo de pessoas idosas, e adaptaram individualmente em cada participante para garantir um alinhamento correto, conseguindo realizar o reconhecimento completo do teste e a classificação dos seus componentes com alta precisão.

Somente o estudo de Wuest *et al.* (2016) utilizou uma câmera de vídeo durante a realização do teste, porém com o objetivo de uma inspeção caso fosse necessária, o que não ocorreu. Cinco estudos (COULTHARD *et al.*, 2015; GALÁN-MERCANT; CUESTA-VARGAS, 2015; LUMMEL *et al.*, 2016; CIMOLIN *et al.*, 2019; CONI *et al.*, 2019) usaram cronômetros manuais como instrumento de comparação com os sensores por ser o sistema de referência. Corroborando com os achados, Hellmers *et al.* (2018), compararam o tempo total do TUG de um sensor com um cronômetro, e concluíram que houve uma correlação significativa entre os 2 métodos, onde a comparação entre os tempos tendeu a ficar próximas do zero.

Um estudo (KOOP *et al.*, 2018) comparou o TUG com a Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson (UPDRS) nos participantes durante os estados On e Off da medicação, mostrando uma melhora na realização do teste e na escala durante o período On. Um estudo realizado por McManus *et al.* (2019), mediu a resposta de um programa de exercício em pessoas com DP, utilizando o TUG com sensor e a escala UPDRS. Eles verificaram que houve uma melhora nas medidas do TUG, porém as pontuações da escala não mudaram significativamente, o que mostra uma falta de sensibilidade nela para responder as mudanças na mobilidade. Nesta revisão, somente um estudo (CARONNI *et al.*, 2018) comparou os resultados do sensor com a Escala Mini BESTest, e concluíram que somente a duração da subfase do girar foi uma medida válida. O'Hoski *et al.* (2015) validaram essa escala em idosos, que viviam numa comunidade, comparando com medidas de equilíbrio, e mostraram que as medidas da escala possuíam uma associação moderada com o TUG. Esse resultado pode ser uma justificativa da escala não ter sido escolhida em outros estudos para comparação com sensores inerciais.

Os estudos que utilizaram os sensores na população idosa (CONI *et al.*, 2015; GALÁN-MERCANT; CUESTA-VARGAS, 2015; CONI *et al.*, 2019) durante o teste, com o objetivo de analisar o declínio funcional, perceberam que houve detecção significativa tanto do TUG como de suas subfases, sendo capazes de mostrar diferenças relacionadas com a idade. Esses resultados mostram que a utilização

dos sensores é uma forma eficaz de diferenciar grupos de acordo com a faixa etária de 65 a 95 anos. Nguyen *et al.* (2015) realizaram um estudo com o objetivo de reconhecer e segmentar o TUG modificado num grupo de idosos saudáveis com dados de sensores inerciais. Eles conseguiram detectar as atividades com 100% de sensibilidade e especificidade, e analisaram todas as transições entre as subfases, onde também perceberam que a duração do sentar era mais divergente durante uma análise visual entre 2 examinadores do que com os sensores.

Os estudos em pacientes neurológicos (LUMMEL *et al.*, 2016; KOOP *et al.*, 2018; CARONNI *et al.*, 2018; KOOP *et al.*, 2018) também mostraram que a avaliação com sensores consegue detectar diferenças nesses grupos durante o teste, o que já foi demonstrado em estudos anteriores. Salarian *et al.* (2010) compararam o TUG convencional, com o instrumentado, em um grupo de indivíduos com DP não medicados no estágio inicial da doença com indivíduos saudáveis pareados por idade. Não se verificou diferença entre o tempo total do teste nos grupos com o uso dos 2 métodos, porém os sensores mostraram diferenças na cadência, duração do giro, balanço do braço e rotação do tronco entre os grupos, sendo menores nos indivíduos com DP.

Um único estudo (COULTHARD *et al.*, 2015) que avaliou o TUG instrumentado, de forma convencional e com protocolos de dupla tarefa em indivíduos saudáveis, mostrou que as variáveis como a duração, amplitude de movimento (ADM) e velocidade aumentavam durante as duplas tarefas. Corroborando com os achados Shumway-Cook, Brauer e Woollacot (2000) em seu estudo, perceberam que o tempo para concluir o TUG era maior durante o protocolo de dupla tarefa em 2 grupos de idosos, com e sem histórico de quedas. Mesmo a avaliação convencional com dupla tarefa sendo uma medida confiável, os sensores podem acrescentar mais informações sobre os indivíduos.

Cimolin *et al.* (2016) validaram um dispositivo vestível durante a marcha em grupo de adolescentes saudáveis e obesas, e perceberam que as participantes obesas tinham uma caminhada e fase de apoio duplo mais longas que as saudáveis. Esse achado pode explicar o estudo de Cimolin *et al.* (2019), o qual mostrou que os sensores detectaram diferenças na duração das subfases e angulação durante os movimentos de levantar e sentar entre grupos de mulheres obesas e saudáveis durante a realização do TUG, porém necessita-se de mais evidências nesses grupos.

Considerações Finais

Verificou-se, nesta revisão, que um sensor inercial é capaz de avaliar medidas temporais e cinemáticas do teste TUG, assim como as de suas subfases. Os estudos divergiram sobre a quantidade de sensores usados, porém sendo mais escolhido um único sensor, e embora não tenha ocorrido predominância também em relação ao posicionamento e fixação, eles conseguiram mostrar diferenças nos diversos grupos avaliados durante o teste.

A avaliação foi realizada principalmente nos sensores baseados em smartphones, visto que são ferramentas confiáveis e de fácil acessibilidade nos dias atuais, o que o torna mais um recurso a ser escolhido. A maioria dos

estudos optou por realizar comparação com cronômetros manuais, por serem instrumentos de referências. Os sensores mostraram bons resultados quando comparado seus valores aos cronômetros mostrando que há pertinência em sua utilização.

Entretanto, embora os resultados sejam satisfatórios, necessita-se mais estudos e com uma população maior.

Referências

ALBERT, M. V.; KORDING, K. P. Determining posture from physiological tremor. **Experimental brain research**, v. 215, n. 3-4, p. 247-255, dez. 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21997329/>. Acesso em: 19 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia. **Diretrizes metodológicas: elaboração de revisão sistemática e metanálise de ensaios clínicos randomizados**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2012. 92 p. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_metodologicas_elaboracao_sistematica.pdf. Acesso em: 19 abr. 2020.

CARONNI, A. *et al.* Criterion validity of the instrumented Timed Up and Go test: a partial least square regression study. **Gait e Posture**, Amsterdam, v. 61, n. 1, p. 287-293, mar. 2018. Disponível em: [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966-6362\(18\)30026-2](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966-6362(18)30026-2). Acesso em: 21 maio 2020.

CHAN, A. W. *et al.* SPIRIT 2013 Statement: Defining Standard Protocol Items for Clinical Trials. **Annals of Internal Medicine**, v. 158, n. 3, p. 200-207, fev. 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5114123/pdf/nihms6040.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2020.

CHAN, M. H. M. *et al.* A validation study of a smartphone application for functional mobility assessment of the elderly. **Hong Kong Physiotherapy Journal**, v. 35, n. 1, p. 1-4, dez. 2016. Disponível em: <https://www.cochranelibrary.com/central/doi/10.1002/central/CN-01337425/full>. Acesso em: 28 jul. 2020.

CIMOLIN, V. *et al.* Computation of spatio-temporal parameters in level walking using a single inertial system in lean and obese adolescents. **Biomedical Engineering / Biomedizinische Technik**, Berlin, v. 62, n. 5, p. 505-511, out. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27898396/>. Acesso em: 31 jul. 2020.

CIMOLIN, V. *et al.* Do wearable sensors add meaningful information to the timed up and go test? A study on obese women. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 44, n. 1, p. 78-85, fev. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S105064111830405X>. Acesso em: 21 maio 2020.

CONI, A. *et al.* Influence of age and gender on sensor-based functional measures: a factor analysis approach. *In*:

ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY, 37., 2015, Milano. **Proceedings** Milano: IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2015, p. 5054-5057. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26737427/>. Acesso em: 21 maio 2020.

CONI, A. *et al.* Comparison of standard clinical and instrumented physical performance tests in discriminating functional status of high-functioning people aged 61-70 years old. **Sensors**, Basel, v. 19, n. 3, p. 449-461, fev. 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6387343/pdf/sensors-19-00449.pdf>. Acesso em: 17 maio 2020.

COULTHARD, J. T. *et al.* Evaluation of an inertial sensor system for analysis of timed-up-and-go under dual-task demands. **Gait e Posture**, Amsterdam, v. 41, n. 4, p. 882-887, maio 2015. Disponível em: <https://europepmc.org/article/med/25827680>. Acesso em: 21 maio 2020.

FARIA, C. D. *et al.* Expanded timed up and go test with subjects with stroke: reliability and comparisons with matched healthy controls. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 93, n. 6, p. 1034-1308, jun. 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22381595/>. Acesso em: 19 abr. 2020.

GALÁN-MERCANT, A. *et al.* Reliability and criterion-related validity with a smartphone used in timed-up-and-go test. **Biomedical engineering online**, v. 13, n. 1, p. 1-11, dez. 2014. Disponível em: <https://biomedical-engineering-online.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-925X-13-156>. Acesso em: 28 jul. 2020.

GALÁN-MERCANT, A.; CUESTA-VARGAS, A. Clinical frailty syndrome assessment using inertial sensors embedded in smartphones. **Physiological measurement**, v. 36, n. 9, p. 1929-1942, set. 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26245213/>. Acesso em: 20 maio 2020.

GUZMÁN, J. C.; SILVA, R. G.; GUZMÁN-VENEGAS, R. Reproducibilidad de los tiempos de ejecución de la prueba de timed up and go, medidos con acelerómetros de smartphones en personas mayores residentes en la comunidade. **Revista Española de Geriatria y Gerontología**, v. 52, n. 5, p. 249-252, set./out. 2017. Disponível em: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-geriatria-gerontologia-124-linkresolver-reproducibilidad-tiempos-ejecucion-prueba-timed-S0211139X17300653>. Acesso em: 12 ago. 2020.

HELLMERS, S. *et al.* Towards an automated unsupervised mobility assessment for older people based on inertial tug measurements. **Sensors**, Basel, v. 18, n. 10, p. 3310-3312, out. 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6210927/pdf/sensors-18-03310.pdf>. Acesso: 26 jul. 2020.

KOOP, M. M. Quantifying turning behavior and gait

in Parkinson's disease using mobile technology. **IBRO Reports**, v. 5, n. 1, p. 10-16, dez. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2451830118300013>. Acesso em: 21 maio 2020.

LIN, L. F. *et al.* Feasibility and efficacy of wearable devices for upper limb rehabilitation in patients with chronic stroke: a randomized controlled pilot study. **European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine**, v. 54, n. 3, p. 388-396, jun. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28627862/>. Acesso em: 19 abr. 2020.

LUMMEL, R. C. van *et al.* Automated approach for quantifying the repeated sit-to-stand using one body fixed sensor in young and older adults. **Gait e Posture**, Amsterdam, v. 38, n.1, p. 153-156, maio 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23195854/>. Acesso em: 28 jul. 2020.

LUMMEL, R. C. van *et al.* Intra-rater, inter-rater and test-retest reliability of an instrumented timed up and go (iTUG) Test in patients with Parkinson's disease. **PloS one**, [San Francisco], v. 11, n. 3, p. 1-11, mar. 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4801645/>. Acesso em: 1 jul. 2020.

MALTA, M. *et al.* STROBE initiative: guidelines on reporting observational studies. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 44, n. 3, p. 559-565, jun. 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/rsp/v44n3/en_21.pdf. Acesso em: 3 jun. 2020.

MARTINEZ, B. P. *et al.* Segurança e reprodutibilidade do teste timed up and go em idosos hospitalizados. **Revista Brasileira Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 22, n. 5, p. 408-411, out. 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-86922016000500408&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 18 abr. 2020.

MCMANUS, K. *et al.* Impact of exercise intervention in Parkinson's disease can be quantified using inertial sensor data and clinical tests. *In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY*, 41., 2019, Berlin. **Proceedings ...** Berlin: IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers, jul. 2019, p. 3507-3510. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8857162>. Acesso em: 26 jul. 2020.

MELLONE, S.; TACONNI, C.; CHIARI, L. Validity of a smartphone-based instrumented timed up and go. **Gait e Posture**, Amsterdam, v. 36, n.1, p. 163-165, maio, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0966636212000574?via%3Dihub>. Acesso em: 11 ago. 2020.

MOTA, F. A. **Aplicação de rede de sensores sem fio para a análise do movimento humano**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2017. Disponível em: <https://www.ppgee.ufmg.br/>

defesas/1364M.PDF. Acesso em: 19 abr. 2020.

O'BRIEN, M. K. *et al.* augmenting clinical outcome measures of gait and balance with a single inertial sensor in age-ranged healthy adults. **Sensors**, Basel, v. 19, n. 20, p. 4537-4565, out. 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6832985/pdf/sensors-19-04537.pdf>. Acesso em: 16 maio 2020.

O'HOSKI, S. *et al.* Construct validity of the BESTest, mini-BESTest and briefBESTest in adults aged 50 years and older. **Gait e Posture**, Amsterdam, v. 42, n. 3, p. 301-305, set. 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26183191/>. Acesso em: 29 jul. 2020.

NGUYEN, H. P. *et al.* Auto detection and segmentation of physical activities during a Timed-Up-and-Go (TUG) task in healthy older adults using multiple inertial sensors. **Journal of neuroengineering and rehabilitation**, v. 12, n. 1, p. 1-12, abr. 2015. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4403848/pdf/12984_2015_Article_26.pdf. Acesso em: 26 jul. 2020.

RILEY, D. S. CARE guidelines for case reports: explanation and elaboration document. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 89, n. 1, p. 217-235, maio 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28529185/>. Acesso em: 3 jun. 2020.

SALARIAN, A. *et al.* ITUG, a sensitive and reliable measure of mobility. **IEEE Transactions On Neural Systems And Rehabilitation Engineering**, v. 18, n. 3, p. 303-310, jun. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20388604/>. Acesso em: 15 abr. 2020.

SANTOS, C. M. C.; PIMENTA, C. A. M.; NOBRE, M. R. C. A estratégia PICO para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências. **Rev. Latino-Am. Enfermagem**, Ribeirão Preto, v. 15, n. 3, p. 508-511, maio/jun. 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-11692007000300023&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 19 abr. 2020.

SCHULZ, K. F. *et al.* Consort 2010 Statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 8, n. 18, p.1-9, mar. 2010. Disponível em: <http://www.consort-statement.org/Media/Default/Downloads/CONSORT%202010%20Statement/CONSORT%202010%20Statement%20-%20BMC%20Medicine.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2020.

SHUMWAY-COOK, A.; BRAUER, S.; WOOLACOTT, M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up Go Test. **Physical therapy**, v. 80, n. 9, p. 896-903, set. 2000. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10960937/>. Acesso em: 31 jul. 2020.

SILVA, A. da *et al.* Equilíbrio, coordenação e agilidade de idosos submetidos à prática de exercícios físicos

resistidos. **Rev Bras Med Esporte**, Niterói, v. 14, n. 2, p. 88-93, abr. 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922008000200001&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 18 abr. 2020.

VERMA, S. *et al.* A low-cost Adaptive balance training platform for stroke patients: a usability study. **IEEE Engineering in Medicine and Biology Society**, v. 25, n.7 p. 935-944, jul. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28207400/>. Acesso em: 18 abr. 2020.

VERVOORT, D. *et al.* Multivariate analyses and classification of inertial sensor data to identify aging effects on the Timed-Up-and-Go Test. **PloS one**, v. 11, n. 6, p. 1-17, jun. 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4894562/>. Acesso em: 21 maio 2020.

TERFETILLER, C. *et al.* Results from a randomized controlled trial to address balance deficits after traumatic brain injury. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 100, n. 8, p. 1409-1416, abr. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31009598/>. Acesso em: 18 abr. 2020.

WUEST, S. *et al.* Reliability and validity of the inertial sensor-based Timed “Up and Go” test in individuals affected by stroke. **Journal of rehabilitation research and development**, v. 53, n. 5, p. 599-610, abr. 2016. Disponível em: <https://www.rehab.research.va.gov/jour/2016/535/pdf/JRRD-2015-04-0065.pdf>. Acesso em: 20 maio 2020.

ZIJLSTRA, W.; HOF, A. T. Assessment of spatio-temporal gait parameters from trunk accelerations during human walking. **Gait e Posture**, Amsterdam, v. 18, n. 2, p. 1-10, out. 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096663620200190X>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Recebido em: 23-12-2020

Aceito em: 30-04-2021