

Avaliação proprioceptiva no Acidente vascular encefálico: uma revisão da literatura.

Roberta da Silva Aramaki
Faculdade de Engenharia Biomédica
Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia, Brazil
ORCID: 0000-0002-8343-1046

Najara Nader Zago Faculdade de
Engenharia Elétrica Universidade
Federal de Uberlândia Uberlândia,
Brazil ORCID: 0000-0002-1712-445

Gabriel Fernandes Cyrino Faculdade de
Engenharia Elétrica Universidade
Federal de Uberlândia Uberlândia,
Brazil ORCID: 0000-0001-7307-0171

Alcimar Barbosa Soares Faculdade de
Engenharia Elétrica Universidade
Federal de Uberlândia Uberlândia,
Brazil ORCID: 0000-0003-1100-3533

Resumo—Os déficits somatossensoriais causados após um acidente vascular encefálico são determinados pela localização do ictus. No entanto, falta uma compreensão detalhada do efeito de longo prazo das lesões no desempenho sensoriomotor. As avaliações de déficits proprioceptivos normalmente são realizadas de maneira quali- quantitativa por meio de escalas clínicas e a partir de observações de profissionais da área da saúde, tratando-se de um processo subjetivo que pode não ser sensível o suficiente para acompanhar adequadamente o progresso da terapia ou mesmo permitir diagnósticos mais precisos. Por isso tem-se cada vez mais integrado estas avaliações clínicas a dispositivos tecnológicos. Durante a busca na literatura, pesquisamos bancos de dados principais com os termos de pesquisa pertinentes a avaliação proprioceptiva. Da busca inicial foram 139, destes 23 foram duplicados ou títulos não coerentes, após esta primeira seleção, 52 foram excluídos pelos resumos e 41 não atenderam os critérios de inclusão como data de publicação. Ao final restaram 23 artigos que se encaixavam nos critérios iniciais. Dentre os artigos observamos a relevância das avaliações realizadas por unidades de medidas inerciais como única ou em conjunto com outras formas de avaliações. Portanto não existe uma medida única de avaliação proprioceptiva devido à complexidade dos processos neurofisiológicos que abrangem a própria propriocepção; por isso muitas vezes para avaliar esta perda faz-se necessário o uso de mais de uma técnica avaliativa. Mais recentemente, isso foi impulsionado pela investigação da capacidade dos sentidos proprioceptivos de serem melhorados por meio de treinamento sensorial específico ou regulação positiva por meio de estimulação aferente.

Keywords — Acidente vascular encefálico, propriocepção, avaliação, rastreamento de movimento e reabilitação.

I. INTRODUÇÃO

A propriocepção é definida como o senso de posição do corpo no espaço, e dos segmentos em relação aos demais, isto é, a percepção da posição e do movimento recebidos de informações sensoriais dos Órgãos Tendinosos de Golgi (OTG), dos Fusos musculares (receptores musculares) e dos receptores articulares e cutâneos que enviam respostas aferentes resultantes da execução dos comandos motores [1]. Aspecto vital do controle motor que quando alterada ou perdida pode ter um impacto profundo na função motora bem como no desempenho das atividades cotidianas, uma das patologias mais frequentes causadora deste mal é o Acidente

Vascular Encefálico (AVE). Estima-se que 60% dos sujeitos acometidos por acidente vascular encefálico possuem déficits proprioceptivos [2], e há evidências de que estes déficits proprioceptivos logo após o AVE se correlacionam com a recuperação motora do membro afetado [3], ou uma recuperação fraca da função motora [4]. Por isso uma avaliação detalhada e segura dos déficits proprioceptivos nesta patologia está ligado diretamente as perspectivas de recuperação funcional destes indivíduos, no entanto, a grande limitação de avaliar a propriocepção é o fato de ser trivialmente por meio de escalas clínicas onde aos resultados dependem da percepção dos examinadores, podendo apresentar vieses na aplicação e nos resultados inter-avaliadores, existem apenas duas escalas específicas para avaliação da função proprioceptiva, validadas no Brasil; a escala de avaliação de Fugl-Meyer [5], e a Avaliação Sensorial de Nottingham [6]. Estas escalas auxiliam na identificação precoce do comprometimento sensoriomotor em doenças cerebrovasculares [7][8][10]. Além disso, para aplicação destas escalas é necessário treinamento prévio à realização do procedimento avaliativo, o que dificulta a obtenção de resultados idênticos inter-avaliadores [11]. Outras maneiras de se medir propriocepção envolve o uso de técnicas de detecção de posição articular ativa [12][13] e detecção de posição articular passiva [14]. Estas avaliações clínicas comuns, onde os sujeitos são solicitados a discriminar ou detectar a direção do movimento articular do membro afetado ficando totalmente confiado ao entendimento do indivíduo testado [15]. No entanto, estas avaliações possuem baixa confiabilidade, e se baseiam em valores ordinais discretos e limitados (por exemplo, 0 é normal, 3 é anormal) [16][17]. Com os possíveis vieses apresentados pelas escalas clínicas, tem-se buscado cada vez mais utilizar as tecnologias, sensores inerciais e captura de imagem, auxiliando em uma avaliação proprioceptiva mais fidedigna.

Esta revisão sistemática teve como objetivo identificar ferramentas clinicamente relacionadas para medir a acuidade proprioceptiva, às ferramentas e percorrer sobre sua confiabilidade.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

A. Bases de dados

Para identificar as ferramentas de avaliação da propriocepção, foi realizada uma pesquisa sistemática da literatura. A estratégia de busca envolveu primeiramente uma pesquisa abrangente no banco de dados eletrônico. Em seguida, uma pesquisa secundária foi conduzida examinando as listas de referências de artigos que foram revisados em texto completo a partir da pesquisa no banco de dados.

Os bancos de dados incluíram: PUMED, BVS, PORTAL CAPES, LILACS e SciELO.

Os artigos selecionados foram com datas de início do banco de dados e as pesquisas foram concluídas até 2005. Os termos de pesquisa usados incluíram combinações de propriocepção, ou posição articular, movimento articular, avaliação proprioceptiva, medidas clínicas, sensibilidade e acidente vascular encefálico.

Para identificar as ferramentas de avaliação da propriocepção, foi realizada uma pesquisa sistemática na literatura. Como estratégia de busca, primeiramente, foi realizada uma pesquisa abrangente no banco de dados eletrônico com a utilização das palavras chaves e a combinações entre elas. Em seguida, foi feita a retirada de títulos não coerentes e duplicações, subsequentemente a análise dos resumos como critério de exclusão foi realizada e a posteriori examinando as listas de referências de artigos que foram revisados em texto completo a partir da pesquisa no banco de dados.

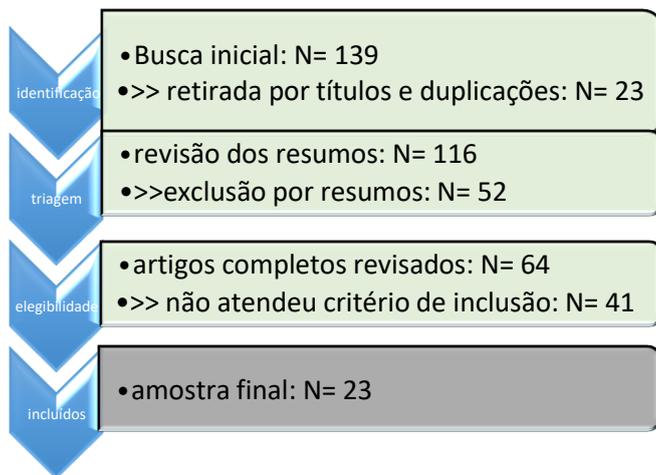


Figura 1. Fluxograma busca na literatura

III. RESULTADOS

A. Aplicações clínicas da propriocepção

Para investigar o impacto de uma perda de propriocepção na função, ou o grau de perda da patologia, pesquisadores desenvolveram muitas maneiras de capturar a acuidade proprioceptiva, impulsionados pela investigação da capacidade dos sentidos proprioceptivos de serem melhorados por meio de treinamento sensorial específico ou regulação positiva por meio de estimulação aferente que tem sido muito bem empregado pelos dispositivos robóticos[18]

Então podemos considerar que a propriocepção é um dos subsistemas dentro do sistema somatossensorial (junto com a dor, o toque e a sensação térmica), considerada interoceptiva porque a informação sensorial é derivada de mudanças nas estruturas internas. Esta classificação é diferente da exterocepção, onde o estímulo se origina de fora do corpo, como calor externo para termorrecepção ou estímulos luminosos para visão. No controle motor, a propriocepção, junto com os outros sentidos, é importante nas operações de feedback e feedforward e pode ser usada em combinação ou na ausência de outros sistemas sensoriais. Os proprioceptores desempenham um papel no planejamento motor (feedforward para antecipação, preparação e planejamento de resposta), bem como na conexão rápida com os mecanismos de adaptação para efetuar mudanças de desempenho durante a execução da tarefa (feedback). Os achados clínicos onde a propriocepção é observada classicamente resultam em perda de controle do movimento onde a pessoa deve então contar com a entrada visual para processos de feedforward e feedback. Isso pode resultar em dificuldade em aprender movimentos novos e também em melhorar a qualidade do movimento ou manter a qualidade ao longo de uma série de repetições devido à ausência de feedback para adaptação e refinamento da habilidade[19] Não apenas as tarefas de destreza são afetadas, mas também o equilíbrio e a locomoção, apesar do alto grau de redundância da visão e da entrada vestibular para essas atividades.

B. Escala de Fulg Meyer

Dentre os artigos selecionados 18 usaram a Fulg Meyer como instrumento avaliativo para propriocepção, sendo que utilizaram a Fulg Meyer como complementação de alguma tecnologia para a mesma avaliação. Também merece destaque como uma escala completa de avaliação motora, já que os ganhos proprioceptivos refletem nas melhoras motoras sendo extremamente utilizada para esse fim[20].

A Fulg Meyer tem por objetivo avaliar os padrões sinérgicos de sujeitos pós AVE, sendo uma das escala clínicas mais utilizada para pesquisas e para prática clínicas. Suas instruções são diretas e simples e não necessitam de equipamento especial para aplicação, quando comparado a outras escalas avaliativas, possui pontuações numéricas totalizando 226 pontos sendo distribuídos em 7 subquestos. O item II desta escala (sensibilidade), possui a avaliação da propriocepção, o objetivo desta pesquisa, onde avalia-se um total de oito articulações: ombro, cotovelo, punho, polegar, quadril, joelho, tornozelo e hálux, com máximo de 16 pontos. Para esta avaliação é pontuado (0) como nenhuma das respostas corretas, indicando ausência de sensação; (1) $\frac{3}{4}$ das respostas são corretas, mas há diferença entre o lado não afetado; e (2) pontos atribuídos quando todas as respostas estão corretas. Para essas respostas as articulações acima citadas são colocadas em uma posição passivamente e o próprio indivíduo que está sendo avaliado é questionado sobre a posição da articulação, ficando totalmente dependente do discernimento do indivíduo pós AVE. A figura abaixo representa a subescala de Fulg Meyer para propriocepção. A tabela abaixo representa a subescala de propriocepção da Fulg Meyer[18][5]

II Sensibilidade Exteriocepção: Membro Superior, Palma da Mão, Coxa e Sola do Pé Pont max(8)	0. Anestesia 1. Hipoestesia; diestesia 2. Normal
Propriocepção: ombro, cotovelo, punho, polegar, quadril, joelho, tornozelo e hálux Pont max(16)	0. nenhuma resposta correta 1. metade das respostas corretas 2. todas as respostas corretas

Tabela 1. Subescala proprioceptiva Fulg Meyer

C. Escala de Nottinham

Dentre a seleção obtida apenas 2 artigos fizeram utilização da escala de Nottinham, é uma escala que avalia puramente déficits sensoriais e se diferencia das outras escalas devido a possibilidade de testar todos os segmentos corporais, além de apresentar um baixo custo[6]

Trata-se de um instrumento também validado no Brasil[6], no qual possui um objetivo de identificar déficits sensoriais nas regiões de face, tronco, ombro, cotovelo, punho, mão, quadril, joelho, tornozelo e pé em sujeitos pós AVE e monitorar sua recuperação. Podemos hipotetizarmos sua baixa utilização por ser uma escala sensitiva e a patologia AVE assume déficits sensoriomotor, sendo preferencial uma escala que faça as duas avaliações como a Fulg Meyer.

A escala apresenta um total de 20 itens, divididos em 4 subescalas: Sensibilidade tátil (varia de 0 a 90 pontos para o lado não acometido e 0 a 108 pontos para o lado acometido); Propriocepção (varia de 0 a 21 pontos, pontuado com 0 – propriocepção ausente, a 3 – propriocepção normal); Estereognosia (0 a 22 pontos), onde infere o reconhecimento de 11 objetos, pontuado com 0 – quando o paciente não reconhece o objeto solicitado a ele, a 2 pontos para estereognosia normal; e Discriminação entre dois pontos (0 a 4 pontos), sendo 0 – indicando tato discriminativo ausente, e 2 pontos com função normal.

O subitem propriocepção, avalia a execução e direção do movimento, e posição articular apenas do hemisfério acometido, sendo que cada item apresenta uma pontuação de 0 a 3 pontos, sendo: (0) indica propriocepção ausente; (1) direção errada da execução do movimento; (2) direção do movimento maior que 10° graus; (3) normal ou posição articular menor que 10° graus; e pontuações entre 4 a 10 pontos são descritos nesta escala como não testáveis, sendo que: (4) incapaz de detectar pressão; (5) motivos físicos, como deficiência motora que impede localização tátil; (6) incapaz de acessar devido à vestimenta; (7) problemas de comunicação; (8) problemas cognitivos; (9) dor ou tônus elevado; (10) sonolência ou incapacidade de concentração [6][21][22]A tabela abaixo demonstra as pontuações atribuídas dentro da escala de Nottinham

Sensação tátil e estereognosia	Propriocepção	Discriminação entre 2 pontos
0. ausente	0. ausente	0. ausente
1. alterado	1. direção errada	1. >3mm e >8mm mão
2. normal	2. direção de movimento (>10 graus)	2. <3mm e < 8mm mão
4 a 9. Não testável	3. normal ou posição articular < 10 graus	4 a 9. Não testável
	4 a 9. Não testável	

Tabela 2. Pontuação da escala de Nottinham

D. Testes Passivos e Ativos

Os testes diferenciaram funções proprioceptivas principais - detecção de posição estática e detecção de movimento. Este último é ainda dividido no limite de detecção de movimento, ou seja, a quantidade / velocidade limite de movimento necessária para que a detecção ocorra e, em segundo lugar, a direção de movimento (por exemplo, flexão ou extensão), que é considerada uma tarefa de discriminação. Esses 2 testes são geralmente realizados de forma passiva e clínica e são administrados no dedão do pé de uma forma não padronizada. A detecção da posição foi realizada por meio de tarefas de cópia de posição ou correspondência de posição que podem ser feitas ativas ou passivamente. Para refinar ainda mais os testes, muitas vezes também são feitas tentativas para reduzir a estimulação cutânea durante a detecção de movimento ou posição. No entanto os artigos selecionados não fizeram utilização destes testes [23]

C. Medidas inerciais

Da seleção literária realizada foram 3 artigos selecionados que se encaixavam nos critérios pretendidos. As unidades de medida inercial (IMUs) são cada vez mais usadas para estimar a qualidade e a quantidade do movimento para inferir a natureza do comportamento motor, portanto os sensores inerciais têm a finalidade de reconstruir a cinemática do movimento dando aos avaliadores mais confiabilidade nos achados e assim construir protocolos mais fidedignos. Os sensores inerciais demonstraram além de apresentar uma maior sensibilidade para análise da propriocepção quando comparado aos resultados obtidos das escalas avaliativas quali-quantitativas comumente utilizadas em clínicas, também apresentaram como de fácil manuseio e interpretação o que podemos inferir sua utilização como forma de complementar as avaliações proprioceptivas [24] O rastreamento da cinemática corporal realizado com sensores inerciais demonstrou grande eficácia para avaliação quantitativa dos déficits neurológicos aqui pesquisados o que também pode auxiliar na proposta de tratamento e acompanhamento da evolução do quadro destes sujeitos. A figura abaixo sugere posicionamentos para a colocação dos sensores para membros superiores e inferiores [25][26][27]

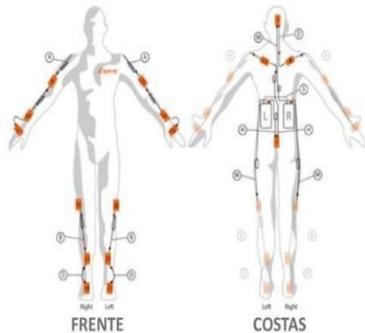


Figura1. Posicionamento dos sensores

A tabela abaixo representa a comparação entre os métodos avaliativos.

Métodos avaliativos	Aplicabilidade	Confiabilidade
Fugl Meyer	Treinamento prévio/ interpretação do avaliador/ subjetividade	Médio/ dependente da interpretação do avaliador
Nottingham	Treinamento prévio/ interpretação do avaliador/ subjetividade	Médio/ dependente da interpretação do avaliador
Testes passivos/ativos	Dependente do entendimento do avaliado/ pistas sensitivas cutâneas.	Baixo/ dependente da interpretação do indivíduo avaliado
Sensores inerciais	Fácil manuseio/ interpretação.	Alto/ rastreamento da cinemática corporal

Tabela3.comparação dos métodos avaliativos da propriocepção.

IV. CONCLUSÃO

Na prática clínica é essencial a quantificação da propriocepção de forma mais viável, clara e objetiva. A mensuração quantitativa tem uma importância tanto para o diagnóstico clínico quanto para o plano de tratamento a curto e longo prazo, conduzindo um tratamento mais apropriado e um acompanhamento da evolução clínica. as informações colhidas por esta revisão esta diretamente relacionada com a prática clínica para comparar e contrastar suas necessidades de teste e, portanto, selecionar a ferramenta mais apropriada para a reabilitação destes indivíduos, seja qual for a necessidade, as ferramentas proprioceptivas geralmente são mal avaliadas em ambientes clínicos e mais pesquisas são necessárias para estabelecer a confiabilidade e a validade como ponto de partida nos testes existentes. Os entendimentos atuais de propriocepção da literatura de pesquisa precisam ser aplicados na prática clínica para implementar a avaliação baseada em evidências e, portanto, a reabilitação. **A importância de uma avaliação proprioceptiva detalhada e precisa são preditores de uma melhor recuperação funcional para estes indivíduos que sofreram AVE por isso tecnologias que auxiliem nesta mensuração, demonstram ser fundamental para a prática clínica com redução de erros durante o processo avaliativo e que possibilite resultados fidedignos e precisos, tendo em vista que em torno de 60% os sujeitos pós AVE apresentaram prejuízos proprioceptivos, indicando que este é um problema comum nesta patologia e requer atenção da reabilitação, salientando que a propriocepção é de extrema importância para as atividades de vida diária (AVD's), auxiliando nas habilidades motoras e capacidades de interação com o meio ambiente [28].**

[1] DUKELOW, S. P. et al. **Quantitative Assessment of Limb Postion Sense Following Stroke. Neurorehabilitation and Neural Repair**, v. 24, n. 2, p. 178–187, 2010. <https://doi.org/10.1177/1545968309345267>.

[2] WINWARD, C. E.; HALLIGAN, P. W.; WADE, D. T. **The Rivermead Assessment of Somatosensory Performance (RASP): standardization and reliability data.** Clinical rehabilitation, v. 16, n. 5, p. 523–533, 2005.

[3] AU-YEUNG, S. S. Y.; HUI-CHAN, C. W. Y. **Predicting recovery of dextrous hand function in acute stroke. Disability and Rehabilitation**, v. 31, n. 5, p. 394–401, 2009. <https://doi.org/10.1080/09638280802061878>

[4] MORRIS, J.H.et al. **Predicting health related quality of life 6 months after stroke: the role of anxiety and upper limb dysfunction. Disability and rehabilitation**,v.35, n.4, p.2919,12fev.2013.<https://doi.org/10.3109/09638288.2012.691942>.

[5] MAKI, T. et al. **Estudo de confiabilidade da aplicação da escala de Fugl-Meyer no Brasil. Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 10, n. 2, p. 177–183, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1413-35552006000200007>

[6] LIMA, D. H. F. et al. **Versão Brasileira da Avaliação Sensorial de Nottingham: validade, concordância e confiabilidade.** Brazilian Journal of Physical Therapy, v. 14, n. 2, p. 166–174, abr. 2010. <https://doi.org/10.1590/S1413-35552010005000006>

[7] CONNELL, L. A. **Sensory Impairment and recovery After Stroke. 2007. University of Nottingham**, 2007.

[8] OLIVEIRA, R. DE; CACHO, E. W. A.; BORGES, G. **Post-stroke motor and functional evaluations: a clinical correlation using Fugl-Meyer assessment scale, Berg balance scale and Barthel index.** Arquivos de Neuro-Psiquiatria, v. 64,n.3b,p.731–735, set. 2006. <https://doi.org/10.1590/S0004-282X2006000500006>

[9] PADOVANI, C.et al.**Application of the Fugl-Meyer Assessment(FMA)and the Wolf Motor Function Test (WMFT)in the recovery of upper limb function in patients after chronic stroke: a literature review.** Acta Fisiátrica, v. 20, n.1,p.4249,2013.<https://doi.org/10.5935/01047795.20130008>

[10] TUROLLA, A. et al. **Virtual reality for the rehabilitation of the upper limb motor function after stroke: a prospective controlled trial.** Journal of neuroengineering and rehabilitation,v.10,p. 85, 2013. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-10-85>

[11] HUGHES, C. M. L. et al. **Upper Extremity Proprioception in Healthy Aging and Stroke Populations, and the Effects of Therapist- and Robot-Based Rehabilitation Therapies on Proprioceptive Function.** Frontiers in Human Neuroscience,v.9,n.March,p.1–11,2015. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00120>

[12] DUKELOW, S. P. et al. **Quantitative Assessment of Limb Postion Sense Following Stroke. Neurorehabilitation and Neural Repair**, v. 24, n. 2, p. 178–187, 2010. <https://doi.org/10.1177/1545968309345267>

[13] HOBBS, A. J. et al. **Comparison of Lumbar Proprioception as Measured in Unrestrained Standing in Individuals With Disc Replacement, With Low Back Pain and Without Low Back Pain.** Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, v. 40, n. 7, p. 439–446, 2010. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.40.7.439>

CUOMO, F.; BIRDZELL, M. G.; ZUCKERMAN, J. D. **The**

- effect of degenerative arthritis and prosthetic arthroplasty on shoulder proprioception. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, v. 14, n. 4, p. 345–348, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2005.07.009>
- [14] CUOMO, F.; BIRDZELL, M. G.; ZUCKERMAN, J. D. **The effect of degenerative arthritis and prosthetic arthroplasty on shoulder proprioception.** *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, v. 14, n. 4, p. 345–348, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2005.07.009>
- [15] LINCOLN, N. B. et al. **The unreliability of sensory assessments.** *Clinical Rehabilitation*, v. 5, n. 4, p. 273–282, 1 nov. 1991. <https://doi.org/10.1177/026921559100500403>
- [16] CAREY, L.; MATYAS, T.; OKE, L. **Evaluation of impaired fingertip texture discrimination and wrist position sense in patients affected by stroke: comparison of clinical and new quantitative measures.** *Journal of Hand Therapy*, 2002. <https://doi.org/10.1053/hanthe.2002.v15.01571>
- [17] CONNELL, L.; LINCOLN, N.; RADFORD, K. **Somatosensory impairment after stroke: frequency of different deficits and their recovery.** *Clinical rehabilitation*, v. 22, n. 8, p. 75867, 2008a. <https://doi.org/10.1177/0269215508090674>
- [18] Katia Daniele Rech, MSc, Ana Paula Salazar, PhD, Ritchele Redivo Marchese, MSc, Giulia Schifino, MSc, Veronica Cimolin, PhD, Aline Souza Pagnussat, PhD. **Fugl-Meyer Assessment Scores Are Related With Kinematic Measures in People with Chronic Hemiparesis after Stroke.** Published: November 15, 2019 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.strokecerebrovasdis.2019.104463>
- [19] Bonnyaud C, Pradon D, Vaugier I, Vuillerme N, Bensmail D, Roche N. **Timed Up and Go test: Comparison of kinematics between patients with chronic stroke and healthy subjects.** *Gait Posture*. 2016 Sep;49:258-263. doi: 10.1016/j.gaitpost.2016.06.023. Epub 2016 Jun 18. PMID: 27472822
- [20] Subramanian SK, Yamanaka J, Chilingaryan G, Levin MF. **Validity of movement pattern kinematics as measures of arm motor impairment poststroke.** *Stroke*. 2010 Oct;41(10):2303-8. doi: 10.1161/STROKEAHA.110.593368. Epub 2010 Sep 2. PMID: 20814001.
- [21] CONNELL, L. A.; LINCOLN, N. B.; RADFORD, K. A. **Somatosensory impairment after stroke: frequency of different deficits and their recovery.** *Clinical rehabilitation*, v. 22, n. 8, p. 758–67, ago. 2008
- [22] FAGUNDES, J. S. et al. **Instrumentos de avaliação sensorial pós-acidente vascular encefálico (AVE) descritos em português: uma revisão sistemática.** *Fisioterapia e Pesquisa*, v. 22, n. 4, p. 435–442, 2015.
- [23] Hillier S, Immink M, Thewlis D. **Assessing Proprioception: A Systematic Review of Possibilities.** *Neurorehabil Neural Repair*. 2015 Nov-Dec;29(10):933-49. doi: 10.1177/1545968315573055. Epub 2015 Feb 23. PMID: 25712470
- [24] Garcia FDV, da Cunha MJ, Schuch CP, Schifino GP, Balbinot G, Pagnussat AS. **Movement smoothness in chronic post-stroke individuals walking in an outdoor environment-A cross-sectional study using IMU sensors.** *PLoS One*. 2021 Apr 22;16(4):e0250100. doi: 10.1371/journal.pone.0250100. PMID: 33886640; PMCID: PMC8061986
- [25] Bonnyaud C, Pradon D, Vaugier I, Vuillerme N, Bensmail D, Roche N. **Timed Up and Go test: Comparison of kinematics between patients with chronic stroke and healthy subjects.** *Gait Posture*. 2016 Sep;49:258-263. doi: 10.1016/j.gaitpost.2016.06.023. Epub 2016 Jun 18. PMID: 27472822
- [26] GONÇALVES, C. **Protocolo 3D para avaliação quantitativa de déficits proprioceptivos**, dissertação de mestrado. Programa de pós graduação em Engenharia Biomédica. Uberlândia-MG, 2018.
- [27] Fuentes CT, Bastian AJ. **Where is your arm? Variations in proprioception across space and tasks.** *J Neurophysiol*. 2010 Jan;103(1):164-71. doi: 10.1152/jn.00494.2009. Epub 2009 Oct 28. PMID: 19864441; PMCID: PMC4116392

