

TEMPO DE REAÇÃO E EQUILÍBRIO ENTRE IDOSOS DA COMUNIDADE E INSTITUCIONALIZADOS

REACTION TIME AND BALANCE BETWEEN COMMUNITY AND INSTITUTIONALIZED ELDERLY PEOPLE

Adrielli C. N. Reis¹, Carla A. G. P. Souza¹, Ricardo S. Alves²

Resumo | O envelhecimento proporciona efeitos neurodegenerativos que afetam percepção, acuidade visual e equilíbrio. Com isso pode resultar em atrasos na ativação muscular após perturbações inesperadas, o que é particularmente notável em idosos, devido à recuperação mais lenta do equilíbrio, podendo levar a quedas. **Objetivos:** Comparar tempo de reação do quadril e equilíbrio postural entre idosos que vivem na comunidade e institucionalizados. **Metodologia:** Estudo comparativo, transversal e controlado. Foram avaliados 34 voluntários idosos alocados em 2 grupos: grupo idoso comunidade (GIC) (idade $68,63 \pm 5,353$ anos; IMC $27,464 \pm 3,185$ kg/m²) e Grupo Idoso Institucionalizado (GII) (idade $72,080 \pm 5,123$ anos; IMC $26,091 \pm 4,189$ kg/m²). Todos foram avaliados quando ao equilíbrio postural por meio de teste de Apoio Unipodal (TAU) direito e esquerdo, com e sem visão e tempo de reação por meio do dispositivo *PhysioPlay*, equipado com o sensor Kinect® (Microsoft, USA), na abdução quadril. **Resultados:** Foi observado uma diferença significativa entre os grupos no TAU com os olhos abertos (Esquerdo: GII= $6,980 \pm 8,774$ s; GIC= $17,564 \pm 12,204$ s; $p=0,004$; Direito: GII= $5,450 \pm 5,256$ s; GIC= $18,470 \pm 11,833$ s; $p=0,001$) e olhos fechados (Esquerdo: GII= $2,566 \pm 2,097$ s; GIC= $5,495 \pm 6,768$ s; $p=0,044$; Direito: GII= $2,865 \pm 2,368$ s; GIC= $5,081 \pm 3,759$ s; $p=0,037$). O tempo de reação de abdução de ambos os quadris, não apresentou diferenças significativas entre os grupos. **Conclusão:** O GII apresentou menor tempo de equilíbrio em apoio unipodal em ambos os membros em comparação com GIC, sem apresentar diferenças no tempo de reação de abdução de quadril.

Palavras-chave: Equilíbrio postural, tempo de reação, idosos.

Abstract | Aging leads to neurodegenerative effects that impact perception, visual acuity, and balance. This can result in delays in muscle activation following unexpected disturbances, which are particularly pronounced in the elderly due to slower balance recovery, potentially leading to falls. **Objectives:** To compare hip reaction time and postural balance between community-dwelling and institutionalized elderly individuals. **Methodology:** A comparative, cross-sectional, controlled study was conducted. Thirty-four elderly volunteers were assessed and allocated to two groups: the Community-Dwelling Elderly Group (CDEG) (age 68.63 ± 5.353 years; BMI 27.464 ± 3.185 kg/m²) and the Institutionalized Elderly Group (IEG) (age 72.080 ± 5.123 years; BMI 26.091 ± 4.189 kg/m²). All participants were evaluated for postural balance using right and left single-leg stance tests, both with and without vision, and hip abduction reaction time using the *PhysioPlay* device equipped with the Kinect® sensor (Microsoft, USA). **Results:** A significant difference between the groups was observed in single-leg stance time with eyes open (Left: IEG = 6.980 ± 8.774 s; CDEG = 17.564 ± 12.204 s; $p=0.004$; Right: IEG = 5.450 ± 5.256 s; CDEG = 18.470 ± 11.833 s; $p=0.001$) and with eyes closed (Left: IEG = 2.566 ± 2.097 s; CDEG = 5.495 ± 6.768 s; $p=0.044$; Right: IEG = 2.865 ± 2.368 s; CDEG = 5.081 ± 3.759 s; $p=0.037$). The reaction time for hip abduction in both hips did not show significant differences between the groups. **In conclusion:** the IEG exhibited a shorter single-leg stance time in both legs compared to the CDEG, without displaying differences in hip abduction reaction time.

Key Words: Postural balance, reaction time, elderly.

¹discentes do curso de Fisioterapia - Universidade do Vale do Sapucaí (UNIVÁS), Pouso Alegre (MG), Brasil.

²docente do curso de Fisioterapia - Universidade do Vale do Sapucaí (UNIVÁS), Pouso Alegre (MG), Brasil.

Correspondência para: Ricardo da Silva Alves Curso de Fisioterapia - Universidade do Vale do Sapucaí (UNIVÁS), Pouso Alegre (MG), Brasil

INTRODUÇÃO

Mundialmente, o envelhecimento populacional vem aumentando de forma constante e rápida há décadas¹. Biologicamente, o corpo humano possui um declínio natural de suas funções fisiológicas, metabólicas e funcionais com o avançar do tempo. Esse processo gera ao idoso uma série de consequências ligadas ao aumento da dependência, à diminuição da massa muscular, à diminuição da mobilidade, à redução da massa óssea, à diminuição da resistência física e à maior propensão a enfermidades crônicas².

Uma das principais preocupações nessa população é o risco de quedas. Foi observado que um terço dos idosos relatam ao menos uma queda por ano, impactando diretamente na qualidade de vida aumentando significativamente com a idade. Idosos que residem na comunidade apresentam incidência de quedas por ano de cerca de 30%, sendo que destes, 45% sofrem quedas recorrentes. Enquanto que aqueles que residem em Instituições de Longa Permanência para Idosos (ILPI) a incidência é por volta de 40%, sendo que até 66% destes sofrem quedas recorrentes. As possíveis explicações para tais achados associam que idosos que vivem em ILPI apresentam maiores níveis de fragilidade, dependência funcional, debilidade, bem como sintomas depressivos, solidão, dor, desnutrição, baixas condições socioeconômicas e educacionais³.

Quando uma perturbação externa ao equilíbrio vertical é aplicada, o sistema nervoso central (SNC), inicia respostas posturais para corrigir o deslocamento do centro de massa (COM) em relação aos limites da base de apoio⁴. Essas ações variam em complexidade e normalmente envolvem contrações dos músculos ao redor das articulações do tornozelo e/ou quadril, gerando um momento de magnitude suficiente para manter o equilíbrio^{5,6}. A capacidade de organizar as respostas posturais a distúrbios inesperados para manter o equilíbrio é importante na prevenção de quedas⁷.

A resposta evocada depende de vários fatores, incluindo a intensidade da perturbação e do ambiente, restrições físicas⁸. Dentre elas sabemos que idosos apresentam deficiências fisiológicas, como deficiência no equilíbrio, marcha prejudicada, fraqueza muscular e tempo de reação voluntários lentos. O tempo de reação é definido como o tempo desde o início da sinalização até o primeiro movimento pré-estabelecido, é o tempo necessário para que um indivíduo perceba um estímulo externo e responda a ele⁹. No entanto, com o envelhecimento, ocorre neurodegeneração relacionado à idade, como alterações perceptivas e da acuidade visual, sistema vestibular, bem como no sistema nervoso central, com diminuição da condução nervosa e processamento central. Com isso, ao tempo de reação declina lentamente nos anos da meia idade e rapidamente na velhice^{10,7}, manifestado por atraso no início da ativação muscular tardia, medida após uma perturbação postural inesperada. Esse atraso pode ser significativo em idosos, pois a recuperação do equilíbrio são mais lentas e menos eficientes⁷.

A plataforma de força é utilizada para mensurar as fases da marcha, forças de reação, tempo de resposta motora, associadas ao movimento humano. São plataformas que operam com sensores piezoelétricos geralmente, exclusivamente dinâmicas e de operação mais complexa devido à sua alta sensibilidade¹¹. Entretanto, no contexto clínico esses instrumentos de avaliação não são viáveis, pois apresentam custos elevados, *softwares* específicos, salas amplas, bem como profissionais treinados para aquisição e interpretação dos dados¹². Nesse sentido, são necessários instrumentos mais acessíveis e fácil manuseio para avaliação do tempo de reação.

Sendo assim, envolve a identificação, interpretação e preparação da resposta, bem como a própria ação motora¹³. Com o envelhecimento, o equilíbrio postural é afetado, devido as alterações musculoesqueléticas, afetando o desempenho muscular e mobilidade articular¹⁴. Essas condições impactam

negativamente na responsividade postural, manifestado como um atraso na resposta motora. Nesse sentido, torna-se importante avaliar o tempo de reação postural desses idosos para identificar e prescrever estratégias para prevenir quedas.

Uma alternativa para avaliação do tempo de reação é por meio do sensor Kinect™, que apresentou excelentes níveis de confiabilidade inter e intraexaminador para avaliação do tempo de reação por meio de testes e retestes¹³. O sensor Kinect™ usa um ambiente tridimensional virtual que promove a integração sensorial e motora de um paciente através do sensor. O sistema apresenta uma ferramenta inovadora, simples, prática, funcional e de baixo custo, além de ser facilmente transportável, com o objetivo de ser utilizado como ferramenta de avaliação física e intervenção¹³. Além de possibilitar seu uso em ambiente clínico ou mesmo nos lares de idosos⁹. Portanto, o objetivo deste estudo foi comparar equilíbrio postural em apoio unipodal e tempo de reação do quadril de idosos que vivem na comunidade e institucionalizados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Desenho do estudo e aspectos éticos

Trata-se de um estudo transversal, comparativo e controlado. Os voluntários foram alocados por conveniência em dois grupos: Grupo Idoso Comunidade (GIC), composto por idosos que residem na comunidade, e Grupo Idoso Institucionalizado (GII), formado por idosos que residem na instituição de longa permanência do idoso (ILPI). Este estudo encontra-se aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Vale do Sapucaí (CEP-Univás), sob parecer nº: 5.969.599.

Amostra

Foram elegíveis para o estudo 37 voluntários, de ambos os sexos. As avaliações foram realizadas entre março a maio de 2023.

Foram incluídos voluntários, idosos de ambos os sexos, com idade entre 60 e 80 anos, residentes na comunidade e nas ILPIs da cidade de Pouso Alegre e região. Foram excluídos voluntários de ambos os sexos, que apresentaram dificuldades de compreensão com os instrumentos de avaliação que foram submetidos, função cognitiva comprometida avaliado pelo Mini Exame do Estado Mental (MEEM), disfunções que comprometessem movimentos dos membros superiores e membros inferiores, com alterações reconhecidos de estrutura, doenças infectocontagiosas e aqueles que recusaram a assinar o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

Foram excluídos três voluntários do grupo ILPI por apresentar comprometimento cognitivo, dificuldades de audição e linguagem, assim como uso de medicamentos que podiam afetar o tempo de resposta. Dessa maneira, as coletas foram realizadas com 34 idosos, sendo 17 voluntários no GIC e 17 voluntários no GII.

Mensurações

Todos os voluntários foram avaliados pelo questionário Mini Exame do Estado Mental (MEEM) para avaliação da saúde mental e cognitiva, teste de Apoio Unipodal (TAU) para equilíbrio e o dispositivo *PhysioPlay*, para estimar o tempo de resposta motora.

Procedimento

O Mini Exame do Estado Mental trata-se de um teste breve de rastreio cognitivo para identificação de demência. Os itens avaliados pelo MEEM são: Orientação; Memória Imediata; Atenção e Cálculo; Memória de Evocação e Linguagem. A pontuação máxima é de 30 pontos que pode ser influenciada pela escolaridade do indivíduo. Assim, 20 pontos para analfabetos; 25 pontos para pessoas com escolaridade de 1 a 4 anos; 26,5 para 5 a 8 anos; 28 para aqueles com 9 a 11 anos e 29 para mais de 11 anos, considerando a recomendação de

utilização dos escores de cortes mais elevados¹⁵.

Para avaliar o equilíbrio postural foi utilizado o teste de Apoio Unipodal (TAU), bilateral. Foi solicitado ao voluntário permanecer em pé com os membros inferiores em posição de repouso, alinhados, com os braços ao lado do corpo e com olhar para o horizonte. Foi solicitado que permaneça em apoio em uma perna, realizando a flexão de joelho com a perna contralateral. Foi cronometrado o período de 30s, iniciando quando o indivíduo tira um pé do chão e é interrompida quando coloca o pé suspenso no chão ou atinge um tempo máximo de 30 segundos. Foram realizadas as avaliações nas

condições de olhos aberto e fechados. Foram realizadas três medidas e considerado o melhor tempo¹⁶.

Para estimar o tempo de resposta motora, foi utilizado o dispositivo *PhysioPlay* (Figura 1- Imagem A) interligado ao sensor Kinect® (Microsoft, USA), para capturar os movimentos corporais¹⁷. Esse *software* permite que o indivíduo controle e interaja com o jogo por meio de *feedback visual*, possibilitando analisar habilidades motoras como o *feedforward*, goniometria e propriocepção. Para a avaliação, este dispositivo foi que possibilitou que fossem capturados os movimentos corporais do idoso.

Figura 1- Demonstração do *exergaming* pelo *software PhysioPlay*.



Legenda: Imagem A: layout do *physioplay*; Imagem B: atividade realizada pelo jogador; Imagem C: tela vista pelo jogador.

O voluntário foi posicionado a uma distância de dois metros do sensor Kinect, considerada a distância ótima para captação do movimento e imagem do jogador⁹. A avaliação consistiu em mensurar o tempo de resposta motora para os movimentos de abdução do quadril de ambos os membros inferiores (Figura 1- Imagem B). Foram realizadas três avaliações para todos os voluntários. Todos os voluntários foram previamente instruídos por meio de comandos verbais e sessões de demonstração do movimento a ser realizado. Em seguida os voluntários foram instruídos a realizar, com intuito de familiarização com o instrumento de avaliação. Em todas as

tentativas, os voluntários receberam o comando verbal: “suba a perna” ou “desça a perna”.

Com o voluntário posicionado em pé de frente ao sensor e ao monitor, era registrado o ângulo-alvo a ser atingido. Foram padronizados os seguintes ângulos de abdução de quadril: 0, 10, 20 e 30 graus, cada um com um tempo total de coleta de 30 segundos, com frequência de gravação dos registros em 0,1 ms. Foram realizadas três coletas de cada quadril. Assim, foi possível determinar o registro do ângulo-alvo determinado pelo *software* e o movimento realizado pelo voluntário para atingir o ângulo-alvo (Figura 1- Imagem C). Para interpretação do tempo de reação total, foi

considerado a diferença entre o ângulo-alvo solicitado pelo dispositivo. Até o voluntário atingir o ângulo-alvo, realizando o movimento de abdução de quadril. Para avaliar o desempenho dos voluntários durante o jogo, os dados foram exportados em uma planilha a partir do Microsoft Office Excel 2007.

Para análise estatística foi utilizado o *software Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS, IBM Corp. Chicago, IL, USA) v. 20.0 para Windows. As variáveis quantitativas teste de apoio unipodal e o tempo de resposta motora de ambos os quadris (em ms) dos voluntários foram expressas em média e desvio padrão. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, sendo considerado $p > 0,05$ como distribuição normal.

Para comparar as diferenças entre os grupos (GIC x GII), os dados seriam submetidos ao teste t-independente, caso apresentassem distribuição não normal os dados seriam submetidos ao teste de Mann-Whitney. Em todas as análises, foi considerado um nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Na tabela 1 são apresentados os resultados sociodemográficos dos participantes do estudo. Nota-se que não houve diferenças significativas das variáveis entre os grupos.

Tabela 1- Dados de média e desvio padrão das variáveis sociodemográficas dos grupos.

Variáveis	GII (n= 17)	GIC (n=17)	Valor de p
Idade (anos)	72,080 ± 5,123	68,63 ± 5,353	0,108
Massa (kg)	65,117 ± 13,756	71,864 ± 10,032	0,143
Altura (m)	1,575 ± 0,111	1,616 ± 0,076	0,189
IMC (kg/m ²)	26,091 ± 4,189	27,464 ± 3,185	0,179
Atividade Física (x/sem)	1,235 ± 1,751	1,647 ± 1,902	0,586

Legenda: GII: Grupo Idoso Institucionalizado; GIC: Grupo Idoso da Comunidade; n: número; kg: quilograma; m: metros; IMC: índice de massa corporal; kg/m²: quilograma por metro ao quadrado; x/sem: frequência por semana.

Na tabela 2 são apresentados os resultados dos testes bilaterais de apoio unipodal e tempo de reação de quadris. Observa-se que para os testes de apoio unipodal, o GIC apresentou aumentos significativos do tempo de apoio unipodal em

ambos os membros quando comparados ao grupo GII. No entanto, não houve diferença significativa do tempo total de reação de ambos os quadris entre os grupos.

Tabela 2- Análise comparativa da média e desvio padrão dos testes de apoio unipodal de ambos os membros e tempo de reação bilateral de quadril.

Variáveis		GII (n= 17)	GIC (n=17)	Valor de p
TAU (OA) (em s)	D	5,450 ± 5,256	18,470 ± 11,833	0,001
	E	6,980 ± 8,774	17,564 ± 12,204	0,004
TAU (OF) (em s)	D	2,865 ± 2,368	5,081 ± 3,759	0,037
	E	2,566 ± 2,097	5,495 ± 6,768	0,044
Tempo total de reação (em s)	QD	2,687 ± 1,160	2,129 ± 1,011	0,117
	QE	2,367 ± 1,402	2,349 ± 1,286	0,744

Legenda: GII: Grupo Idoso Institucionalizado; GIC: Grupo Idoso da Comunidade; n: número; TAU: teste de Apoio Unipodal; AO: olho aberto; OF: olho fechado; s: segundos.

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo demonstram que os idosos apresentam desequilíbrios, com maior risco de quedas no GII se comparado ao GIC. Esses achados estão de acordo com a literatura que mostra que o ambiente que o idoso vive associado aos fatores de risco contribuem para o aumento do risco de quedas³. Os idosos que vivem no ILPI, são caracterizados pelo aumento do sedentarismo, a perda da autonomia e a ausência de familiares, além das influências de fatores biológicos, doenças e outras causas externas comuns a essa fase de envelhecimento, contribuem para o maior risco de quedas nessa população¹⁸.

Neste estudo, é possível observar que o ambiente que o idoso vive tem impacto negativo sobre a condição de equilíbrio. Foi atribuído que fatores, como a falta de estímulo cognitivo, isolamento social, baixa frequência de atividade física como o que pode ter influenciado nos resultados. Nesse sentido, a prática regular de atividades físicas traz diversos benefícios à saúde, como redução de taxas de incidência de doenças crônicas, distúrbios cognitivos e melhora a força muscular, preservando a função, a mobilidade e reduz a incidência de quedas³.

No teste de apoio unipodal, salientamos que os grupos avaliados apresentam alterações do equilíbrio em ambos os membros inferiores nas duas condições visuais. Esses testes funcionais são relevantes para determinar o desempenho físico do indivíduo, por incorporar habilidades físicas, como força, resistência, flexibilidade e coordenação¹⁹. Considerando que os idosos apresentam reduções importantes dessas habilidades necessárias para manter-se em apoio unipodal, os resultados devem ser interpretados com cautela. Por esse teste envolver outros parâmetros no controle postural pode apresentar desvantagens na identificação de distúrbio de equilíbrio, principalmente nas avaliações clínicas de idosos¹⁹.

Outra possível explicação para os resultados pode estar associada a alterações biomecânicas observadas em idosos. Sabe-se

que idosos apresentam alterações dos mecanismos de controle do equilíbrio, como aumento da atividade de estratégia do quadril, balanços descoordenados da cabeça e do quadril²⁰. Portanto, com essas alterações biomecânicas provocam maior tendência a essas oscilações, que associado com a coordenação motora reduzida, a correção do equilíbrio por meio do tempo de reação pode ficar prejudicada.

Foi observada que ambos os grupos não apresentaram diferenças significativas do tempo de reação. Atribuímos a isso, a neurodegeneração relacionada a idade, manifestado por modificações da percepção, acuidade visual, sentido vestibular, bem como no sistema nervoso central, com diminuição da condução nervosa e processamento central. Com isso, pode ter um impacto negativo na responsividade postural, manifestado como um atraso no início da ativação muscular tardia medida após uma perturbação postural inesperada. Esse atraso pode ser significativo em idosos, pois a recuperação do equilíbrio e tempo de reação são mais lentas e menos eficientes⁷.

Os reflexos posturais são iniciados quando o sistema nervoso detecta uma ameaça postural e ativa os músculos estabilizadores para resistir às forças impostas. O fato dos idosos realizarem o movimento de abdução de quadril a partir da informação visual exige ativações aferentes e eferentes. Como a ativação de curta latência, que se origina na medula espinhal e não é suficiente para estabilizar o equilíbrio, as ativações de média e longa latência envolvem sistemas neurais superiores (por exemplo, tronco cerebral e córtex motor) contribuem para a ativação motora⁷. Atribuímos que esses reflexos posturais comprometidos em ambos os grupos, sugerem que os idosos necessitam de maior tempo para iniciar a atividade muscular precedendo as respostas cinemáticas adequadas.

Neste estudo não foram encontradas diferenças entre os grupos para o tempo de reação. Tal resultado pode ser decorrente de modificações no processamento mental, no

tempo de condução nervosa aferente, tempo de análise de movimento e tempo de resposta do dispositivo²¹. Outra explicação plausível pode estar associar a estratégia compensatória em que os voluntários com problemas de equilíbrios, não conseguem reagir rapidamente e com segurança ao estímulo, por não serem capazes de controlar o centro de gravidade sobre a pequena base de apoio unipodal durante o movimento do membro contralateral. Isso pode estar associado a que idosos apresentam redução da força muscular de tornozelo quando comparado a indivíduos mais jovens, bem com a falta de coordenação ou anormalidades sensoriais²². Estudos demonstram que o uso de medicamentos podem afetar o equilíbrio e tempo de reação^{23,13}, aumentando o risco de quedas²⁴. Salientamos que o uso de medicamentos aqui não foram avaliados.

Além disso, deve ser levado em consideração os equipamentos utilizados para avaliação e a experiência dos voluntários com essas ferramentas. O instrumento utilizado neste estudo apresenta excelentes níveis confiabilidade inter e intraexaminadores para avaliação do tempo de reação quando comparados a acelerometria¹³. Erros de medição devem ser considerados, visto que o sensor Kinect apresenta um delay na aquisição de dados, processamento de vídeo e exibição. Outra explicação, se deve ao fato dos idosos não possuírem experiência com o sensor Kinect, pode ser atribuída pelos resultados obtidos, demonstrando a dificuldade em responder a um estímulo, o que pode levar a possibilidade de quedas⁹.

Este estudo apresenta algumas limitações. O primeiro se deve ao fato do número amostral reduzido de voluntários da ILPI, pois muitos se encontram em cadeira de rodas e/ou déficit cognitivo que dificultou a obtenção de número amostral maior. Outra limitação encontrada se deve ao espaço físico para realização das coletas no âmbito domiciliar, em que muitas vezes espaço físico era reduzido, necessitando de ajustes no ambiente ou transferir para outros locais para realizar a coleta. Outra dificuldade que deve ser levada em consideração em estudos futuros, o

controle do ambiente e da vestimenta adequada que pode garantir outros resultados.

CONCLUSÃO

Conclui-se que nas condições de olhos abertos e olhos fechados, os grupos GIC e GII apresentaram diminuição no tempo de permanências em apoio unipodal, em ambos os membros, com redução significativa no GII quando comparado com GIC. Quanto ao tempo de reação com o *Physioplay*, não foram encontradas diferenças entre os grupos em ambos os quadris. Entretanto, é necessário que mais estudos sejam desenvolvidos para melhor compreensão desses fatores em torno desses indivíduos.

REFERÊNCIAS

1. Wu H, Wei Y, Miao X, Li X, Feng Y, Yuan Z, et al. Characteristics of balance performance in the Chinese elderly by age and gender. *BMC Geriatrics*. 2021;21(1):596.
2. Ferreira MJR, Rodrigues JA, Rezende AES, Pereira ACMS, Lemos LR, Cunha LA, et al. Intrinsic risk factors for falls among institutionalized older adults. *Acta Fisiátrica*. 2023;30(2):73-80.
3. Huang TY, Chou MY, Liang CK, Lin YT, Chen RY, Wu PH. Physical activity plays a crucial role in multidomain intervention for frailty prevention. *Aging Clinical and Experimental Research*. 2023;35(6):1283–92.
4. Maki BE, McIlroy WE. Cognitive demands and cortical control of human balance-recovery reactions. *Journal of Neural Transmission*. 2007;114(10):1279–96.
5. Horak FB, Nashner LM. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *Journal of Neurophysiology*. 1986;55(6):1369–81.
6. Horak FB, Diener HC, Nashner LM. Influence of central set on human

- postural responses. *Journal of Neurophysiology*. 1989;62(4):841–53.
7. Phu S, Sturnieks DL, Lord SR, Okubo Y. Impact of ageing, fall history and exercise on postural reflexes following unpredictable perturbations: A systematic review and meta-analyses. *Mechanisms of Ageing and Development*. 2022;203:111634.
 8. Inkol KA, Vallis LA. Modelling the dynamic margins of stability for use in evaluations of balance following a support-surface perturbation. *Journal of Biomechanics*. 2019;95:109302.
 9. Ejupi A, Gschwind YJ, Brodie M, Zagler WL, Lord SR, Delbaere K. Kinect-based choice reaching and stepping reaction time tests for clinical and in-home assessment of fall risk in older people: a prospective study. *European Review of Aging and Physical Activity*. 2016;13(1).
 10. Rossato LC, Contreira AR, Corazza ST. Análise do tempo de reação e do estado cognitivo em idosas praticantes de atividades físicas. *Fisioterapia e Pesquisa*. 2011;18(1):54–9.
 11. Duarte M, Freitas SMSF. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. *Revista Brasileira de Fisioterapia*. 2010;14(3):183–92.
 12. Ernandes RDC, Brech GC, Luna NMS, Nunes MF, Greve IMD, Leme LEG, et al. Relationship of force platform with the clinical balance evaluation systems test in older adults. *Acta Ortopédica Brasileira*. 2020;28(3):111–3.
 13. Anciães J da C, Alves R da S, Silva Pereira P de P, Nascimento ESFS do, Iunes DH, Bressan PA, et al. Reliability of the PhysioPlay™ device for assessing the reaction time of cancer patients. *Acta Fisiátrica*. 2020;27(4):242–7.
 14. Fang Q, Ghanouni P, Anderson SE, Touchett H, Shirley R, Fang F, et al. Effects of Exergaming on Balance of Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Games for Health Journal*. 2020;9(1):11–23.
 15. Nitrini R, Caramelli P, Bottino CM de C, Damasceno BP, Brucki SMD, Anghinah R. Diagnóstico de doença de Alzheimer no Brasil: avaliação cognitiva e funcional. *Recomendações do Departamento Científico de Neurologia Cognitiva e do Envelhecimento da Academia Brasileira de Neurologia*. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*. 2005;63(3a):720–7.
 16. Brasileira R, Pavanate A, Hauser E, Kruger Gonçalves C E Giovana A, Mazo Z. Avaliação do equilíbrio corporal em idosas praticantes de atividade física segundo a idade. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*. 2018;40(4):404–9.
 17. Ferreira DM, Carvalho LC, Ko-sour C, Santos ATS, Marin LF, San-tos GX, et al. Inter-and intrarater analysis of hemiparetic shoulder abduction using PhysioPlay™: sof-tware for measuring range of mo-tion. *Acta Fisiátrica*. 2019;26(3):123-6.
 18. Alves-Silva JD, Scorsolini-Comin F, Santos MA dos. Idosos em instituições de longa permanência: desenvolvimento, condições de vida e saúde. *Psicologia: Reflexão e Crítica*. 2013;26(4):820–30.
 19. Gil AWO, Oliveira MR, Coelho VA, Carvalho CE, Teixeira DC, Silva Jr RA da. Relationship between force platform and two functional tests for measuring balance in the elderly. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2011;15(6):429–35.
 20. Oliveira A, Taiza E. G. Santos-Pontelli, José Fernando Colafêmina, Oliveira A, Ferriolli E. A pilot study on the evaluation of postural strategies in young and elderly subjects using a tridimensional electromagnetic system. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. 2013;79(2):219–25.

21. Badau D, Baydil B, Badau A. Differences among Three Measures of Reaction Time Based on Hand Laterality in Individual Sports. *Sports*. 2018;6(2):45.
22. Alves R da S, Pereira IC, Iunes DH, Rocha CBJ, Botelho S, Carvalho LC. Análise intra e interavaliadores da projeção do centro de massa do corpo obtido por fotogrametria. *Fisioterapia e Pesquisa [Internet]*. 2017;24(4):349–55.
23. Hartshorn A, Kobylarz E, Andrew AS, Jobst BC, Bujarski K. Balance and reaction time do not rapidly improve off antiseizure drugs. *Epilepsy & Behavior*. 2019;97:158–60.
24. Nakagawa HB, Ferraresi JR, Prata MG, Scheicher ME. Postural balance and functional independence of elderly people according to gender and age: cross-sectional study. *Sao Paulo Medical Journal*. 2017;135:260–5.