

# PRIMJENA STABILOMETRIJE U BOLESNIKA S OSTEoarTRITISOM KOLJENA

**Mateja Stiperski Matoc, dr. med.,  
specijalizantica fizikalna medicine i rehabilitacije,**

Zavod za fizikalnu i rehabilitacijsku medicinu s reumatologijom, Klinička bolnica Dubrava

## Uvod

Osteoartritis (OA) najčešća je bolest zglobova u odrasloj dobi te je jedan od vodećih uzroka invaliditeta u svijetu. Prevalencija OA značajno raste s dobi te se češće pojavljuje u žena. Ostali rizični čimbenici su pretilost, prethodne ozljede zgloba, varus i valgus deformiteti, ponavljajuća opterećenja zgloba i nasljedni čimbenici. Osteoartritis koljena najčešći je oblik OA te uzrokuje poteškoće pri hodu, penjanju uz i niz stepenice te ograničava oboljele u svakodnevnim aktivnostima (1).

Stabilnost koljenu pružaju zglobna kapsula, ligamenti, menisci i periartikularna miškulatura u kojima se nalaze mehanoreceptori (Ruffinijeva tjelešca, Pacinijeve stanice, Golgijevi završeci) koji su nužni za propriocepciju zgloba. Propriocepcija omogućuje osjet položaja zgloba (statička svjesnost položaja zgloba u prostoru), detekciju pokreta i ubrzanja zgloba (kinestezija) te refleksni odgovor na aktivnost koja regulira ukočenost mišića (eferentni refleks u zatvorenoj petlji). Središnji živčani sustav prima podražaj iz mehanoreceptora u zglobovima, ligamentima, tetivama, mišićima i koži koji omogućuju svjesnu percepciju položaja ekstremiteta u prostoru (2). Degenerativne i upalne promjene meniska i ligamenata oštećuju mehanoreceptore i aferentni dotok informacija o položaju i brzini pokreta u zglobu te posljedično smanjuju propriocepciju. Također je primijećen poremećaj propriocepcije u koljenima s izoliranim lezijama hrskavice (2,3).

Upala, izljev, laksitet i bol u zglobu pokreću refleksnu artrogenu inhibiciju mišića (engl. *arthrogenic muscle inhibition*, AMI). Promijenjeni podražaji aferentnih živaca mogu promijeniti podražljivost refleksnih puteva kralježnične moždine, čime smanjuju podražljivost alfa motoneurona kvadricepsa i sprječavaju supraspinalne centre da u potpunosti aktiviraju kvadricepse. Zbog toga se smanjuje dinamička stabilizacija koljena te se ubrzava atrofija mišića (4).

Osobe s OA koljena imaju poremećaj ravnoteže zbog smanjene propriocepcije, slabijih mišića kvadricepsa, srednjeg i velikog gluteusa, varus i valgus

deformiteta koljena te povećanog oslanjanja na vid. Zbog smanjene snage abduktora kuka, smanjena je stabilnost u frontalnoj ravnini, tj. povećana je mediolateralna nestabilnost i posturalno zanošenje. Također je smanjena ravnoteža u sagitalnoj ravnini zbog smanjene snage ekstenzora koljena. Deformiteti i bol u koljenu uzrokuju neravnomjernu bazu oslonca zbog rasterećenja bolnog ili deformiranog koljena. Asimetrično opterećenje povećava posturalno zanošenje i nestabilnost. Osobe s OA koljena zbog smanjenje propriocepcije oslanjanu se na vid, zbog čega u uvjetima smanjene vidljivosti teže održavaju ravnotežu. Manjak propriocepcije i posturalne kontrole značajno povećava rizik od pada u osoba s OA koljena (5).

## **Uloga stabilometrije u dijagnostici poremećaja ravnoteže**

Stabilometrija je zlatni standard laboratorijskog mjerenja posturalne kontrole. Stabilometrija određuje kretanje centra pritiska (engl. *center of pressure*, COP) unutar baze oslonca ispitanika i precizno kvantificira sposobnost održavanja posture u različitim senzornomotoričkim uvjetima. Kretanje centra pritiska mjeri se pomoću stabilometrijske platforme na kojoj ispitanik održava ravnotežu dok izvodi zadatak. Kako bi se procijenila sva tri sustava ravnoteže (vidni, somatosenzorni i vestibularni), posturalna kontrola može se ispitivati u različitim uvjetima, uključujući čvrstu i mekanu podlogu, otvorene i zatvorene oči te smanjenu bazu oslonca (5).

Statička posturografija mjeri srednju brzinu centra pritiska, srednju brzinu centra pritiska u anteroposteriornom i mediolateralnom smjeru, duljinu puta centra pritiska, površinu centra pritiska te asimetriju opterećenja (5,6). Dina-mička posturografija mjeri granice stabilnosti (vrijeme reakcije, srednju brzinu centra gravitacije, najveći doseg te usmjerenost pokreta) (7).

Srednja brzina centra pritiska je ukupna udaljenost koju prijeđe centar pritiska podijeljena s ukupnim vremenom ispitivanja. Brzina centra pritiska je pouzdana i osjetljiva mjera za procjenu posturalne ravnoteže u stabilometriji. U osoba s OA koljena primijećene su veće brzine centra pritiska u usporedbi sa zdravim skupinama. Veća srednja brzina centra pritiska pokazuje brže pomake centra pritiska i ukazuje na smanjenu sposobnost održavanja posturalne stabilnosti i ravnoteže. Smanjena posturalna kontrola povezana je s povećanim rizikom od pada u osoba s OA koljena. Također, u posturografijskom mjerenju sa zatvorenim očima zabilježene su veće brzine centra pritiska u usporedbi s otvorenim očima zbog izostanka vizualnog podražaja, čime je izražena posturalna nestabilnost (5,8,9,10).

Srednje brzine centra pritiska u anteroposteriornom (AP) i mediolateralnom (ML) smjeru su ukupne udaljenosti koje je centar pritiska prošao duž AP i ML osi tijekom ukupnog vremena ispitivanja. U osoba s OA koljena primijećene

su veće brzine centra pritiska u AP i ML smjeru u odnosu na zdravu populaciju. Brzina centra pritiska u ML smjeru osjetljivija je za posturalnu nestabilnost u osoba s OA koljena u usporedbi s AP smjerom. Velika brzina pomaka centra pritiska u ML smjeru ukazuje na nagla i brza posturalna zanošenja u lijevu i/ili desnu stranu osoba s OA koljena koja predstavljaju značajni poremećaj ravnoteže i sklonost padovima (5,8,9,11).

Duljina puta centra pritiska predstavlja ukupnu udaljenost koju centar pritiska prijeđe. Ona uključuje pokrete u AP i ML smjeru. U osoba s OA koljena uočena je veća duljina puta centra pritiska na posturografiji u usporedbi sa zdravim osobama. Bol, nestabilnost zgloba i mišićna slabost smanjuju posturalnu kontrolu i povećavaju duljinu puta centra pritiska. Duži put centra pritiska ukazuje na smanjenu ravnotežu, slabu posturalnu kontrolu i veće posturalno zanošenje, tj. odstupanje centra pritiska od njegovog idealnog položaja (5,12).

Površina centra pritiska je površina omeđena granicama kretanja centra pritiska. Jedan od načina izražavanja površine centra pritiska je 95 % elipsa koja prikazuje površinu unutar koje se nalazi 95 % mjernih točaka centra pritiska. Osobe s OA koljena imaju veću površinu centra pritiska u usporedbi sa zdravim pojedincima. Veća površina ukazuje na smanjenu posturalnu kontrolu. Također, veća površina centra pritiska posljedica je povećanog posturalnog zanošenja te je povezana s povećanim rizikom od pada. Povećanje površine postaje još izraženije u osoba s teškim oblikom OA (5,12,13).

U stabilometriji mjerenje opterećenja označava simetričnu raspodjelu težine između obje noge (svaka noga nosi približno 50 % ukupne tjelesne težine u zdravih pojedinaca). Odstupanje od simetrične raspodjele težine naziva se asimetrijom opterećenja te je česti nalaz u unilateralnom OA koljena. Asimetrija opterećenja ukazuje kako bolesnik ne opterećuje obje noge jednako, već preopterećuje zdravo koljeno, dok koljeno zahvaćeno OA-om preuzima manji dio opterećenja. Također je veća asimetrija opterećenja povezana s boli u koljenu i slabijim kvadricepsima (6,14).

Rombergov indeks je omjer mjere ishoda stabilometrije sa zatvorenim i otvorenim očima. Srednja brzina centra pritiska, duljina puta centra pritiska ili površina elipse izmjere se s otvorenim očima te potom sa zatvorenim očima kako bi se uklonio vidni podražaj. Pri zatvorenim očima je povećano zanošenje zbog poremećaja propriocepcije. Također se može provesti stabilometrija na mekanoj podlozi kako bi se još više povećala osjetljivost na proprioceptivne deficite. U zdravih pojedinaca Rombergov indeks je približno jedan ili je blago povišen. Visoki Rombergov indeks (značajno lošiji rezultat mjerenja sa zatvorenim očima u usporedbi s otvorenim očima) ukazuje na smanjenu propriocepciju zbog povećanog oslanjanja na vid. U osoba s OA koljena je viši Rombergov indeks u usporedbi sa zdravim pojedincima (15,16).

Uz statičku stabilometriju, preporuča se i dinamička stabilometrija kako bismo imali uvid u voljnu komponentu pokreta, tj. planiranje, započinjanje i usmjerenje pokreta. Granice stabilnosti (engl. *limits of stability*, LOS) mjere voljnu kontrolu pomaka centra gravitacije unutar granica stabilnosti. Ispitanik stoji s obje noge na stabilometrijskoj platformi te pomiče tijelo (bez pomicanja stopala) prema ciljevima u 8 smjerova prikazanih na ekranu. Stabilometrija mjeri vrijeme reakcije (vrijeme od pojave cilja na ekranu do početka pomaka ispitanika), srednju brzinu pomaka centra gravitacije, udaljenost doseg (postotak najvećeg doseg i postotak završnog doseg) i usmjerenost (postotak kretanja u smjeru cilja). U osoba s OA koljena primijećeno je dulje reakcijsko vrijeme (sporije započinjanje pokreta), smanjena srednja brzina pomaka centra gravitacije i manja udaljenost doseg (sporiji i manje učinkoviti pomaci) te slabija usmjerenost kretanja. Ishodi mjerenja u OA koljena ukazuju na dinamičku nestabilnost zbog perifernog proprioceptivnog deficita (7,17).

Stabilometrijska mjerenja provode se u kontroliranim uvjetima. Ispitanik treba biti bos s rukama uz tijelo te pogleda fiksiranog u jednu točku. Položaj stopala je simetrični, s istim međunožnim razmakom i kutom stopala (15° u vanjskoj rotaciji). Ispitanik ne bi trebao razgovarati tijekom mjerenja, pomaknuti pogled s fiksne točke ili pomicati rukama. Mjerenje se može prekinuti zbog vrtoglavice, gubitka ravnoteže ili akutne boli. Najčešće se mjerenje izvodi u dvonožnom stavu. Prvo mjerenje se provodi s otvorenim očima, a potom se ponovi sa zatvorenim očima. Najčešće je trajanje mjerenja u dvonožnom stavu od 30 do 60 sekundi, iako se preporuča duže trajanje (90 sekundi) zbog točnijih rezultata mjerenja. Mjerenje u jednonožnom stavu izvodi se rjeđe u osoba s OA koljena zbog zahtjevnosti izvođenja, iako je pri jednonožnom stajanju veća srednja brzina centra pritiska, brzina u AP i ML smjeru te je veća duljina puta centra pritiska u usporedbi s dvonožnim stajanjem. Trajanje mjerenja je između 10 i 30 sekundi po nozi. Izvodi se s otvorenim očima, a rjeđe sa zatvorenim zbog mogućeg ugrožavanja sigurnosti ispitanika. Također, mjerenje se može provoditi na mekanoj podlozi koja naglašava manjak propriocepcije. Stabilometrijsko mjerenje na uskoj bazi ili u tandem stavu može ukazati na manjak stabilnosti u mediolateralnom smjeru (5).

## **Stabilometrijska mjerenja u različitim stadijima OA**

Stabilometrijska mjerenja mogu se razlikovati u različitim stadijima OA koljena. Primijećena je smanjena stabilnost u uznapređovalom OA koljena (Kellgren-Lawrence 3 i 4) u usporedbi s početnim (Kellgren-Lawrence 1 i 2) pri mjerenju s otvorenim i zatvorenim očima. U uznapređovalom OA koljena uočeno je značajno veće mediolateralno ljuljanje pri mjerenju na mekanoj podlozi sa zatvorenim očima kada se ispitanik ne može osloniti na vid i plantarnu propriocepciju. Također je primijećena povezanost boli i smanjene

ravnoteže. Jača bol u koljenu povezana je s većim mediolateralnim posturalnim zanošenjem, posebice sa zatvorenim očima. Radiološki stupanj oštećenja nije jedini predikcijski čimbenik poremećaja ravnoteže. Na ravnotežu utječu i bol, dob te senzomotorni čimbenici (propriocepcija i vid) (5,18,19).

## **Stabilometrija u praćenju napretka rehabilitacije**

Stabilometrija omogućuje praćenje napretka u rehabilitaciji mjerenjem srednje brzine centra pritiska, srednje brzine centra pritiska u AP i ML smjeru, duljine puta centra pritiska, površine centra pritiska, asimetrije opterećenja nogu te granica stabilnosti. Mjerenja se trebaju provoditi uvijek u istim uvjetima. S obzirom na to da nestabilnost može biti izraženija ujutro te u prisutnosti bolova, važno je mjerenja provoditi u isto doba dana te uz analgeziju po potrebi (5,6,8).

Stabilometrijska mjerenja nakon 8 tjedana multimodalne fizikalne terapije (FT) pokazala su poboljšanje posturalne ravnoteže koja je bila očuvana do 4 tjedna nakon završene FT. Multimodalna FT uključivala je vježbe snage, ravnoteže i propriocepcije. Izmjereno je smanjenje brzine centra pritiska u AP i ML smjeru, kraća duljina puta centra pritiska te manja površina centra pritiska. Ishodi mjerenja posebno su bili izraženi u zahtjevnim uvjetima poput zatvorenih očiju i na mekanoj podlozi. Brzina centra pritiska i površina centra pritiska najbolje su korelirali s posturalnim zanošenjem ispitanika te je brzina centra pritiska bila najpouzdanija mjera za procjenu posturalne ravnoteže (8). U ispitanika koji su provodili samo vježbe propriocepcije kroz 4 tjedna smanjeno je posturalno zanošenje te je poboljšana statička ravnoteža (20).

U osoba s OA koljena preporuča se multimodalni trening koji uključuje vježbe ravnoteže, propriocepcije i snage u trajanju od najmanje 8 tjedana. Ključne su vježbe snaženja ekstenzora koljena, abduktora i ekstenzora kuka, trupa i potkoljeničnih mišića. Kvadricepsi utječu na AP stabilnost, a abduktori kuka na ML stabilnost i posturalno zanošenje (8,20).

Također je primijećeno poboljšanje propriocepcije i statičke ravnoteže nakon totalne endoplastike koljena. Na stabilometriji je zabilježena smanjena brzina, duljina puta i površina centra pritiska. Najveće poboljšanje je izmjereno između trećeg i 12. mjeseca nakon operativnog liječenja (21).

## **Uloga stabilometrije u rehabilitaciji poremećaja ravnoteže**

Na stabilometrijskoj platformi može se provoditi trening ravnoteže s vizualnim biofeedbackom na ekranu. Preporuča se vježbe provoditi u trajanju od 20 do 30 minuta dva do tri puta tjedno kroz ukupno šest do osam tjedana. Postoji više različitih vrsta zadataka, poput pomicanja težišta tijela prema metama koje se naizmjenično pokazuju u različitim smjerovima. Cilj vježbe je što brže

i točnije doći do mete te se mjeri vrijeme reakcije, brzina pomaka centra gravitacije i ukupni doseg. U drugoj vrsti zadatka je cilj zadržati određeni položaj tijela kroz 15 do 30 sekundi, čime se vježba posturalna ravnoteža i smanjuje se posturalno zanošenje. Vježbe ravnoteže na stabilometriji su progresivno teže, npr. vježbe s zatvorenim očima, na mekanoj podlozi, na uskoj bazi te jednonožno. Stabilometrija bilježi točnost i koordinaciju pokreta u biofeedback vježbama ravnoteže (npr. postotak točno pogodjenih meta).

Nakon tri mjeseca vježbi ravnoteže na stabilometriji u osoba s OA koljena smanjio se promjer posturalnog zanošenja za 30 %, povećao se koordinacijski indeks i smanjila se učestalost posrtanja u usporedbi s grupom koja je provodila standardne vježbe na tlu. U usporedbi s klasičnim vježbama ravnoteže, stabilometrija omogućuje povećanu preciznost pomaka centra gravitacije, koordinacije i smanjeni promjer zanošenja. Ipak, u Testu ustajanja i kretanja (engl. *Timed Up and Go Test*, TUG) rezultati su bili slični za klasične vježbe ravnoteže i stabilometrijske vježbe (22).

## Zaključak

Stabilometrija je zlatni standard mjerenja posturalne ravnoteže u osoba s OA koljena. Mjere ishoda poput srednje brzine centra pritiska, brzine centra pritiska u AP i ML smjeru, duljine puta i površine centra pritiska ukazuju na oscilacije centra pritiska i omogućuju preciznu procjenu poremećaja ravnoteže. Dinamički pokazatelji poput reakcijskog vremena, brzine pomaka centra gravitacije, dosega pomaka i usmjerenosti nadopunjuju statičke pokazatelje ravnoteže. Stabilometrijsko mjerenje omogućuje procjenu ravnoteže te praćenje napretka tijekom rehabilitacije. Vježbe ravnoteže i propriocepcije na stabilometrijskoj platformi uz biofeedback smanjuju posturalne oscilacije, zanošenje te povećavaju posturalnu stabilnost. Uz stabilometrijske vježbe ravnoteže preporuča se provoditi i vježbe snage u osoba s OA koljena kroz najmanje 8 tjedana za poboljšanje ravnoteže. Stabilometrija je objektivna i osjetljiva dijagnostička i terapijska metoda za procjenu i ciljano poboljšanje ravnoteže te je stoga nezamjenjiva u rehabilitaciji osoba s OA koljena.

## Literatura

1. GBD 2021 Osteoarthritis Collaborators. Global, regional, and national burden of osteoarthritis, 1990-2020 and projections to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet Rheumatol.* 2023 Aug 21;5(9):e508-e522. doi: 10.1016/S2665-9913(23)00163-7. PMID: 37675071; PMCID: PMC10477960.
2. Salamanna F, Caravelli S, Marchese L, Carniato M, Vocale E, Gardini G, et al. Proprioception and Mechanoreceptors in Osteoarthritis: A Systematic Literature Review. *J Clin Med.* 2023 Oct 19;12(20):6623. doi: 10.3390/jcm12206623. PMID: 37892761; PMCID: PMC10607296.

3. Rice DA, McNair PJ. Quadriceps arthrogenic muscle inhibition: neural mechanisms and treatment perspectives. *Semin Arthritis Rheum*. 2010 Dec;40(3):250-66. doi: 10.1016/j.semarthrit.2009.10.001. Epub 2009 Dec 2. PMID: 19954822.
4. Al-Dadah O, Shepstone L, Donell ST. Proprioception deficiency in articular cartilage lesions of the knee. *Knee Surg Relat Res*. 2020 May 27;32(1):25. doi: 10.1186/s43019-020-00042-7. PMID: 32660559; PMCID: PMC7251730.
5. Lawson T, Morrison A, Blaxland S, Wenman M, Schmidt CG, Hunt MA. Laboratory-based measurement of standing balance in individuals with knee osteoarthritis: a systematic review. *Clin Biomech (Bristol)*. 2015 May;30(4):330-42. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2015.02.011. Epub 2015 Feb 21. PMID: 25735929.
6. Christiansen CL, Stevens-Lapsley JE. Weight-bearing asymmetry in relation to measures of impairment and functional mobility for people with knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010 Oct;91(10):1524-8. doi: 10.1016/j.apmr.2010.07.009. PMID: 20875509; PMCID: PMC2948025.
7. Raizah A, Reddy RS, Alshahrani MS, Tedla JS, Dixit S, Gular K, et al. Investigating Knee Joint Proprioception and Its Impact on Limits of Stability Using Dynamic Posturography in Individuals with Bilateral Knee Osteoarthritis-A Cross-Sectional Study of Comparisons and Correlations. *J Clin Med*. 2023 Apr 7;12(8):2764. doi: 10.3390/jcm12082764. PMID: 37109102; PMCID: PMC10146398.
8. Sazo-Rodríguez S, Méndez-Rebolledo G, Guzmán-Muñoz E, Rubio-Palma P. The effects of progressive neuromuscular training on postural balance and functionality in elderly patients with knee osteoarthritis: a pilot study. *J Phys Ther Sci*. 2017 Jul;29(7):1229-1235. doi: 10.1589/jpts.29.1229. Epub 2017 Jul 15. PMID: 28744054; PMCID: PMC5509598.
9. Takacs J, Carpenter MG, Garland SJ, Hunt MA. Test re-test reliability of centre of pressure measures during standing balance in individuals with knee osteoarthritis. *Gait Posture*. 2014;40(1):270-3. doi: 10.1016/j.gaitpost.2014.03.016. Epub 2014 Mar 27. PMID: 24746407.
10. Pirayeh N, Shaterzadeh-Yazdi MJ, Negahban H, Mehravar M, Mostafae N, Saki-Malehi A. Examining the diagnostic accuracy of static postural stability measures in differentiating among knee osteoarthritis patients with mild and moderate to severe radiographic signs. *Gait Posture*. 2018 Jul;64:1-6. doi: 10.1016/j.gaitpost.2018.04.049. Epub 2018 May 12. PMID: 29778898.
11. Clark RA, Seah FJ, Chong HC, Poon CL, Tan JW, Mentiplay BF, et al. Standing balance post total knee arthroplasty: sensitivity to change analysis from four to twelve weeks in 466 patients. *Osteoarthritis Cartilage*. 2017 Jan;25(1):42-45. doi: 10.1016/j.joca.2016.08.009. Epub 2016 Aug 27. PMID: 27577930.
12. Hunt MA, McManus FJ, Hinman RS, Bennell KL. Predictors of single-leg standing balance in individuals with medial knee osteoarthritis. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2010 Apr;62(4):496-500. doi: 10.1002/acr.20046. PMID: 20391504.
13. Moreira ACSDS., Santos GM. (2017). Balance postural assessments and functional mobility in subjects with knee osteoarthritis. *Manual Therapy, Posturology & Rehabilitation Journal*. 2017 Dec:1-9. DOI:https://doi.org/10.17784/mtprehabjournal.2017.15.515.
14. Lim KB, Lee HJ. Computerized posturographic measurement in elderly women with unilateral knee osteoarthritis. *Ann Rehabil Med*. 2012 Oct;36(5):618-26. doi: 10.5535/arm.2012.36.5.618. Epub 2012 Oct 31. PMID: 23185725; PMCID: PMC3503936.
15. Tjernström F, Björklund M, Malmström EM. Romberg ratio in quiet stance posturography--Test to retest reliability. *Gait Posture*. 2015 Jun;42(1):27-31. doi: 10.1016/j.gaitpost.2014.12.007. Epub 2014 Dec 11. PMID: 25891528.
16. Park HJ, Ko S, Hong HM, Ok E, Lee JI. Factors related to standing balance in patients with knee osteoarthritis. *Ann Rehabil Med*. 2013 Jun;37(3):373-8. doi: 10.5535/arm.2013.37.3.373. Epub 2013 Jun 30. PMID: 23869335; PMCID: PMC3713294.

17. Pickerill ML, Harter RA. Validity and reliability of limits-of-stability testing: a comparison of 2 postural stability evaluation devices. *J Athl Train.* 2011 Nov-Dec;46(6):600-6. doi: 10.4085/1062-6050-46.6.600. PMID: 22488184; PMCID: PMC3418936.
18. Kim HS, Yun DH, Yoo SD, Kim DH, Jeong YS, Yun JS, Hwang DG, Jung PK, Choi SH. Balance control and knee osteoarthritis severity. *Ann Rehabil Med.* 2011 Oct;35(5):701-9. doi: 10.5535/arm.2011.35.5.701. Epub 2011 Oct 31. PMID: 22506194; PMCID: PMC3309250.
19. Hirata RP, Jørgensen TS, Rosager S, Arendt-Nielsen L, Bliddal H, Henriksen M, Graven-Nielsen T. Altered visual and feet proprioceptive feedbacks during quiet standing increase postural sway in patients with severe knee osteoarthritis. *PLoS One.* 2013 Aug 22;8(8):e71253. doi: 10.1371/journal.pone.0071253. PMID: 23990940; PMCID: PMC3750025.
20. Chen Z, Ye X, Wang Y, Shen Z, Wu J, Chen W, Jiang T, Wu H, Xu X. The Efficacy of Backward Walking on Static Stability, Proprioception, Pain, and Physical Function of Patients with Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2021 Jun 11;2021:5574966. doi: 10.1155/2021/5574966. PMID: 34221078; PMCID: PMC8213492.
21. Xue YY, Shi JN, Zhang K, Zhang HH, Yan SH. The effects of total knee arthroplasty on knee proprioception of patients with knee osteoarthritis: a meta-analysis. *J Orthop Surg Res.* 2022 May 7;17(1):258. doi: 10.1186/s13018-022-03142-0. PMID: 35526039; PMCID: PMC9077928.
22. Sadura-Sieklucka T, Czerwosz LT, Kądalska E, Kożuchowski M, Księżopolska-Orłowska K, Targowski T. Is Balance Training Using Biofeedback Effective in the Prophylaxis of Falls in Women over the Age of 65? *Brain Sci.* 2023 Apr 6;13(4):629. doi: 10.3390/brainsci13040629. PMID: 37190594; PMCID: PMC10136542