

Doktori (PhD) értekezés tézisei

A talpi mechanoreceptorok jelentősége a poszturális kontrollban

Preszneré Domján Andrea

Vezető: Prof. Dr. Bódis József, MTA doktora

Programvezető: Prof. Dr. Kráncz János

Témavezető: Prof. Dr. Kráncz János

Pécsi Tudományegyetem
Egészségtudományi Doktori Iskola

Pécs
2013

1 Bevezetés

Az egyensúly fenntartása hétköznapi, funkcionális mozgásaink, fizikai aktivitásunk alapvető feltétele. Az emberi test egyensúlyi állapotának szabályozása és fenntartása összetett folyamat, mely magába foglalja a szenzoros információk (vizuális, vestibuláris, szomatoszenzoros rendszerek), a csont és izomrendszer, valamint a központi és perifériás idegrendszer összehangolt működését. Annak ellenére, hogy többszörös szenzoros bemenet áll a központi idegrendszer rendelkezésére, az általában egyidejűleg csak egyféle információra hagyatkozik az orientáció során, az információ pontosságán alapuló súlyozás révén.

A test pozíciójában nyugodt állás során bekövetkező változások és a talpi nyomásviszonyok változása összefüggenek egymással, így anatómiai helyzetüknek köszönhetően a talp bőrében található mechanoreceptorok részletes információt nyújtanak az alátámasztási felület tulajdonságairól, valamint a test helyzetéről és mozgásáról az alátámasztási felszínhez viszonyítva.

Az utóbbi években az egyensúllyal foglalkozó tudományos kutatások fókuszába egyre inkább a szomatoszenzoros rendszer, azon belül is a láb, a talp bőrében található mechanoreceptorok poszturális kontrollban betöltött szerepe került. Számos tanulmány igazolta a talp bőrében elhelyezkedő mechanoreceptorok részvételét a poszturális kontroll folyamatában, továbbá a talpi mechanikai stimuláció kedvező hatását a poszturális kontrollra, ugyanakkor nem tisztázott teljes egészében e stimulációs módok pontos hatásmechanizmusa. Nem találtunk a vonatkozó szakirodalomba adatot arra, hogy a manuális talpi ingerlés ízületi mobilizáció nélkül, mint mechanikai stimuláció önmagában, hogyan hat a poszturális stabilitásra, továbbá hatással van-e a talpi mechanoreceptorok érzékenységére, a talpi taktilis érzékszűzöbre.

A szomatoszenzoros rendszert érintő korfüggő változásokat vizsgálatok igazolják. Nem találtunk tanulmányt arra vonatkozóan, hogy mechanikai ingerléssel befolyásolható-e a talpi érzékenység idős korban, továbbá a romló szenzoros és motoros funkciók mellett a talp manuális stimulációjával javíthatóak-e az egyensúlyi paraméterek.

2 Célkitűzések

1. Munkánk célja a szomatoszenzoros rendszer, azon belül a talpi mechanoreceptorok poszturális kontrollban betöltött szerepének igazolása volt, egészséges fiatal és idős alanyok bevonásával. Feltételeztük, hogy a talpon alkalmazott mechanikai ingerlés hatására mindkét vizsgálati csoport egyensúlyi paraméterei javulnak, továbbá, hogy a mechanikai stimuláció hatása a vizuális információ hiányában érvényesül mindkét vizsgálati csoportban, azaz vizsgálatunk eredményei alátámasztják a szenzoros újrasúlyozás elméletét.
2. Vizsgálatunk az időskori, az egyensúlyi paramétereket és a talpi érzékenységet egyaránt érintő változások feltárását is célozta, feltételeztük, hogy az idős vizsgálati csoport szenzoros integrációjának és taktilis küszöbének vizsgálati eredményei alátámasztják a szenzoros rendszerek életkorfüggő változását.
3. Célunk volt továbbá kideríteni azt, hogy a manuális ingerlés milyen hatást gyakorol a talpi taktilis érzékenységre, igazolható-e olyan élettani változás, ami magyarázatot ad a stimuláció által előidézett pozitív egyensúlyi változásokra.

3 Módszerek

3.1 Résztevők.

A vizsgálatban 50 [34 nő, 16 férfi, átlagéletkor 23 ± 2 ; átlagtestsúly 67 ± 9.5 kg, átlagtestmagasság 170 ± 7.1 cm, átlag BMI 22.81 ± 2.401 kg/m² (átlag \pm Standard Error)] egészséges, fiatal önkéntes, továbbá 50 [44 nő, 6 férfi, átlagéletkor 66 ± 5 ; átlagtestsúly 80 ± 16.56 kg, átlagtestmagasság 163 ± 8.34 cm, átlag BMI 29.85 ± 4.53 kg/m² (átlag \pm Standard Error)] egészséges, idős önkéntes vett részt. Egy résztvevő sem szenvedett akut betegségben, diagnosztizált neurológiai, vagy csont-, izomrendszeri megbetegedésben, nem volt ismert egyensúlyzavaruk, vagy károsodásuk és nem szedtek az egyensúlyt befolyásoló gyógyszereket. Valamennyi önkéntest tájékoztattuk a vizsgálat céljáról és folyamatáról, amely megfelelt intézményünk etikai előírásainak.

3.2 Vizsgálati módszerek

3.2.1 A statikus egyensúlyi paraméterek vizsgálata

A testtömeg-középpont (TTK) erőmérő platformra vetített, horizontális síkú kitérését a NeuroCom Basic Balance Masterrel, a CTSIB program segítségével mértük fel. A CTSIB négy vizsgálati kondíciót tartalmaz: nyitott szem, kemény felszín; nyitott szem, szivacs felszín; csukott szem, kemény felszín; csukott szem, szivacs felszín.

A statikus egyensúlyi paramétereket nyugodt állás közben fix erőmérő platformon vizsgáltuk. A TTK kitérését mind anteroposterior (AP), mind mediolaterális (ML) irányokban, valamennyi vizsgálati kondícióban megmértük. A TTK kitérését minden vizsgálati kondícióban háromszor, alkalmanként 10 másodpercen át rögzítettük. Vizsgálati alanyaink mezítláb álltak az erőmérő platformon, először kemény felszínen nyitott és csukott szemmel, majd szivacs felszínen (NeuroCom, 46 x 46 x 13 cm) nyitott és csukott szemmel. A szivacs felület alkalmazásával célunk a külső alátámasztás felől érkező taktilis és nyomási információk mennyiségének és pontosságának csökkentése volt.

Az egyensúlyvizsgálat során alanyaink nyugodt, kényelmes álló pozícióban helyezkedtek el a platformon, két karjuk lazán a törzs mellett, előre tekintettek. A vizuális információk nélkül végzett mérések alatt megkértük őket, hogy csukják be a szemüket. A lábak pozícióját a NeuroCom platform jelzései alapján állítottuk be, a sarkak középvonalának távolsága 22 és 30 cm között változott, a vizsgálati alany testmagasságától függően.

3.2.2 A talpi taktilis érzésküszöb vizsgálata

A SenseLab Aesthesiometer segítségével vizsgáltuk alanyaink talpi taktilis küszöbét. A meghatározott nominális erőt képviselő nylon monofilamentumok segítségével állapítottuk meg azt a legkisebb erőt, amivel a filamentum szálat a talp bőréhez nyomva, azt még érzi a vizsgálati alany. A taktilis küszöböt a manuális talpi ingerlést megelőzően és azt követően azonnal is meghatároztuk. A vizsgálatot a talp 6 pontján végeztük el - sarok, laterális talp él középső harmada, I. MTP, III. MTP, V. MTP, és a hallux párna.

3.3 A talpi mechanoreceptorok stimulálása

3.3.1 Stimuláló felület

Egy stimuláló hatású felület azonnali hatásának vizsgálata céljából egy speciális, vékony, gumitüskékkel ellátott felületet (a tüskék sűrűsége: 5 tüske/cm², egy tüske magassága 7mm, ármérője 2mm)

használtunk a statikus egyensúlyi paraméterek vizsgálata során, mely felületet a platformra, illetve a platformon elhelyezett szivacsra helyeztünk. Vizsgálatai alanyaink nem számoltak be kellemetlen vagy kényelmetlen érzésről a tüskés felület alkalmazása során. A tüskés felszín alkalmazása mellett megmértük a TTK kitérését mind kemény, mind szivacs felszínen, nyitott és csukott szemmel egyaránt. Minden kondícióban 3 mérést végeztünk, a mérések 10 másodpercen át tartottak.

3.3.2 Manuális stimuláció

A stimulálás során alkalmazott manuális technika statikus és csúszó nyomó fogásokból, dörzsölésből állt a lábak talpi felszínén, különösen a sarok és a metatarsus fejek területén, tehát a lábak támaszkodási pontjain. A talpi ingerlés 10 percen át tartott, egyidejűleg mindkét talpat stimuláltuk, eközben alanyunk kényelmes ülő helyzetben helyezkedett el, lábait alátámasztottuk. A stimulációt követően 20 másodpercen át nyugodtan állt alanyunk az egyensúlyvizsgálat előtt, hogy elkerüljük a hirtelen felállás vizsgálati eredményekre gyakorolt negatív hatását. A statikus egyensúlyi paramétereket a manuális ingerlés előtt és után megmértük. A stimuláció előtt mért értékeket tekintettük alapadatoknak, ezek szolgáltak kontroll adatként a vizsgálat során.

3.4 Statisztikai analízis

3.4.1 Talpi taktilis küszöb

A monofilamentumok átmérőjének megfelelően nominális nyomóerő diszkrét szám, így a talpi régióknét mért minimális nominális erő mediánját határoztuk meg és tekintettük alanyaink talpi taktilis küszöbének. A Statistica 8. programot, a Wilcoxon Signed Ranks tesztet használtuk a fiatal és idős csoport taktilis érzésküszöbének a normál talpi taktilis küszöbvel (0,21 g) történő összehasonlításához, valamint a manuális stimulációt megelőzően és azt követően mért talpi taktilis küszöb összehasonlítására.

3.4.2 Lengési út

A TTK erőmérő platform által, század-másodpercenként rögzített helyzetéből a TTK kitérését számszerűsítő lengési utat számoltunk valamennyi szenzoros kondícióban. A lengési utat mind ML (x), mind AP (y) irányban a következő képlet (1 és 2) alapján számoltuk, ahol n a vizsgált alanyok száma, i a számozás, s_y a TTK kitérésének hossza AP irányban és s_x laterális, azaz ML irányban:

$$s_x = \sum_{i=1}^{n-1} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2} \quad (1)$$

$$s_y = \sum_{i=1}^{n-1} \sqrt{(y_{i+1} - y_i)^2} \quad (2)$$

A kapott adatokat variancia analízisnek vetettük alá a Statistica program segítségével, hogy összehasonlítsuk a különböző stimuláció típusokat és a vizsgálati kondíciókat, mint független változókat. Két-utas ANOVA segítségével analizáltuk a lengési adatokat kemény és szivacs felszínen a fő hatások igazolására, továbbá az interakciók kimutatására a két vizuális faktor (nyitott és csukott szem) és a három stimuláció faktor (alapadatok – stimuláció nélkül, manuális ingerlés, tüskés felület) között. Post hoc összehasonlításakor a Newmann-Keuls tesztet használtuk. Az adatelemzés során $p < 0,05$ szignifikancia szintet fogadtunk el.

4 Eredmények

4.1 A 10 perces manuális stimuláció és a stimuláló felület hatása az egyensúlyi paraméterekre kemény és szivacs felszínen a fiatal vizsgálati csoportban

A kiinduló mérések során a vizuális információ főhatását észleltük mindkét felszínen mindkét irányban (AP $p < 0,001$; ML $p < 0,001$), azaz a vizuális információk hiányában szignifikánsan megnőtt a lengési út. Ezek a változások kemény felszínen eltűntek a manuális ingerlést követően mind AP, mind ML irányban, a tüskés felület alkalmazásakor pedig ML irányban. Eredményeink szerint szignifikáns interakció igazolódott a stimuláció és a vizuális információ között mind AP ($p < 0,001$), mind ML ($p < 0,001$) irányban kemény felszínen, azaz a mechanikai stimuláció hatása a vizuális információ hiányában érvényesült. Ugyanakkor szivacs felszínen az analízis nem igazolt interakciót a stimuláció és a vizuális információ között.

Kemény felszínen, csukott szemmel vizsgálva a poszturális stabilitást, a manuális talpi ingerlés főhatását észleltük mind AP ($p < 0,001$), mind ML ($p < 0,001$) irányban, azaz a kiinduló mérés adataival összehasonlítva szignifikánsan csökkent a lengési út.

A stimuláció további főhatásaként jelent meg, hogy a tüskés felület alkalmazása szignifikánsan csökkentette a lengési utat mindkét irányban AP ($p < 0,001$), ML ($p < 0,001$), amikor a vizuális információ nem volt elérhető. Ez a hatás ML irányban volt jelentősebb, a tüskés felület hatása kompenzálta a vizuális információk hiányát. Szivacs felszínen a tüskés felület nem befolyásolta a lengési utat. Az általunk alkalmazott stimulációk egyike sem okozott változást a lengési útban vizuális információk mellett sem AP, sem ML irányban.

4.2 A 10 perces manuális stimuláció és a stimuláló felület hatása az egyensúlyi paraméterekre kemény és szivacs felszínen az idős vizsgálati csoportban

Kemény felszínen stimuláció nélkül vizsgálva a poszturális stabilitás alakulását, a vizuális információ főhatása igazolódott, a szem becsukása jelentősen növelte a lengési utat AP irányban ($p < 0,004$), ez a szignifikáns növekedés azonban a manuális ingerlést követően már nem látható, azaz a talpi stimuláció részben pótolta a hiányzó vizuális információt.

Szivacs felszínen mindkét irányban és valamennyi stimulációs kondíció esetén igazolódott a vizuális információ főhatása, azaz a szem becsukására szignifikánsan növekedett a lengési út. A manuális ingerlést követően, csukott szemmel vizsgálva mindkét irányban AP ($p < 0,032$), ML ($p < 0,014$) megfigyelhető a talpi manuális stimuláció főhatása, azaz a kiinduló adatokkal összehasonlítva szignifikánsan csökkent a lengési út.

A stimuláló, tüskés felület nem bizonyult hatékonynak, egyik felszínen sem csökkentette a kitérést. Az alkalmazott stimulációk egyike sem okozott jelentős változást a lengési útban vizuális információk mellett, sem AP, sem ML irányban.

4.3 A fiatal és idős vizsgálati csoport talpi taktilis érzékenysége és annak változása a manuális stimulációt követően

A két csoport talpi tapintási érzésküszöbét számszerűsítő nominális nyomóerőt összehasonlítva igazolódott, hogy az egészséges, ép szomatoszenzóriummal rendelkező idős alanyok talpi érzékenysége minden vizsgált talpi ponton jelentősen csökkent a fiatal alanyok talpi érzékenységéhez képest, azaz a mért, még éppen érzékelt legkisebb nyomóerő az idősek esetén lényegesen magasabb, a talp bőrében elhelyezkedő mechanoreceptorok érzésküszöbe megemelkedett.

A fiatal vizsgálati csoportban a manuális ingerlés hatására a talp valamennyi vizsgált pontján szignifikánsan csökkent a még érzékelt nominális nyomóerő (I. MTP $p < 0,002$; hallux $p < 0,002$; III. MTP $p < 0,000$; V. MTP $p < 0,011$; laterális $p < 0,000$; sarok $p < 0,001$), azaz a talp egészén a tapintási érzékszűb csökkenése, a talpi érzékenység fokozódása igazolódott.

Az idős vizsgálati csoportban a manuális ingerlést követően a talp három vizsgált pontján szignifikánsan csökkent a taktilis érzékszűb (I. MTP $p < 0,018$; hallux $p < 0,026$; V. MTP $p < 0,041$), míg a másik három ponton bekövetkezett csökkenés nem szignifikáns. Eredményeink szerint a stimuláció hatására részben fokozódott a talp taktilis érzékenysége.

5 Megbeszélés és következtetések

Vizsgálatunk igazolta, hogy a talp 10 perces manuális stimulációja megnöveli az alátámasztási felszín felől érkező nyomási információk jelentőségét a poszturális kontroll során, ezáltal facilitálva a stabilitást. Eredményeink szerint a talp manuális stimulációja javulást eredményezett a poszturális kontrollban, ha a vizuális információ nem volt hozzáférhető, tehát a plantáris mechanoreceptorok 10 percen át tartó manuális stimulálása képes részlegesen kompenzálni a vizuális információ hiányát, továbbá a szivacs alátámasztási felszín felől érkező pontatlan mechanikai információ zavaró jellegét. Vizsgálatunkban a lengési út csökkenése a csukott szemes kondícióban, a manuális stimulációt követően, a központi idegrendszer alkalmazkodó mechanizmusát igazolja, amikor is a facilitált plantáris mechanoreceptorokból érkező információkat, mint alternatív szenzoros bemenetet használta a poszturális stabilitás és orientáció fenntartásához.

Idős alanyaink esetében, szemben a fiatalokkal, a manuális stimuláció hatékonysága leginkább szivacs felszínen vizsgálva mutatkozott meg. A talp manuális stimulációja csukott szemmel, szivacs felszínen vizsgálva mindkét irányban szignifikánsan csökkentette a lengési utat. Úgy véljük, ez az eredmény alátámasztja idős alanyaink esetén a vesztibuláris rendszer öregedését, hiszen abban a kondícióban tudták legjobban hasznosítani a manuális stimuláció hatását, ahol csak a vesztibuláris rendszerből érkező információ állt rendelkezésükre.

Eredményeink tehát az idős csoport esetén is jelentős interakciót mutatnak a manuális ingerlés és a vizuális kondíció között, igazolják a poszturális stabilitás befolyásolásának lehetőségét, továbbá alátámasztják a szenzoros újraszűlyözés fennállását idős korban is, annak ellenére, hogy a korfüggő változások következményeként a szenzoros információk pontatlanok, vagy csökkentek.

Eredményeink szerint, fiatal korban egy tűskés felület képes hozzájárulni a statikus egyensúlyi paraméterek javulásához kemény alátámasztási felszínen. Ugyanakkor, szemben a manuális ingerléssel, a tűskés felület hatástalannak bizonyult szivacs felszínen, illetve idős korban. A rövid ideig ható és kevésbé intenzív behatás nem volt képes kompenzálni a fiatalok esetén a szivacs felszín nyomási impulzusokat lecsökkentő tulajdonságát. Idős alanyaink számára a stimuláló felület által biztosított szomatosenzoros információ a rövid hatóidő következtében hatástalan maradt, ami összefűgésbe hozható a korfüggő csökkent perifériás szenzitivitással.

Fiatal alanyaink esetén alacsony taktilis küszűböt mértünk kiinduló adatként, mely minden vizsgálati ponton szignifikánsan csökkent a mechanikai stimulációt követően. Eredményeink igazolják tehát azt a feltételezésünket, miszerint a manuális stimuláció a talpi érzékenység fokozásán keresztül, a növekvő szomatosenzoros afferentáció révén fejt ki pozitív hatását a poszturális kontrollra.

Az idős vizsgálati csoportban emelkedett taktilis küszűböt tapasztaltunk valamennyi vizsgált ponton a kiinduló mérés során. A stimuláció hatására valamennyi vizsgált ponton csökkent az érzékszűb, a hatból három ponton (I. MTP, hallux, V. MTP) statisztikailag jelentős csökkenést tapasztaltunk.

Kutatásunk bizonyította a szomatoszenzoros rendszer korfüggő változását. A talp érzékenysége az idős csoportban lényegesen alatta maradt a fiatalokra jellemző értékeknek. Eredményeink alátámasztják, hogy a manuális ingerlés a talpi érzékenység fokozásán keresztül tette lehetővé az alátámasztási felület nyomási információinak nagyobb mérvű hasznosulását. Ez a hatás olyan szenzoros kondíciókban érvényesült leginkább, ahol az egyéb érzékszervek által felvett és közvetített információ hiányzott, vagy pontatlan volt.

A manuális stimuláció egy egyszerű beavatkozás, amely minden fizioterapeuta rendelkezésére áll. Ugyan további vizsgálatot igényel annak feltárása, hogy a stimuláció érzékenységnövelő hatása meddig marad fenn, az mindenképpen kijelenthető, hogy alkalmas kiegészítő eszköze lehet a poszturális kontroll fejlesztésének, az elesések prevenciójának.

6 Irodalomjegyzék

Abdelhafiz AH, Austin CA (2003) Visual factors should be assessed in older people presenting with falls or hip fracture. *Age Ageing* 32: 26–30

Abrahamová D, Hlavačka F (2008) Age-related changes of human balance during quiet stance. *Physiol. Res.* 57: 957-964

Allison LK, Kiemel T, Jeka JJ (2006) Multisensory reweighting of vision and touch is intact in healthy and fall-prone older adults. *Exp Brain Res* 175: 342–352

Ángyán Lajos Dr: Az emberi test mozgástana. (2005) Motio Kiadó, Pécs

Aniss AM, Gandevia SC, Burke D (1992) Reflex responses in active muscles elicited by stimulation of low-threshold afferents from the human foot. *J Neurophysiol* 67:1375-1384

Bell-Krotoski JA, Fess EE, Figarola JH, Hiltz D (1995) Threshold detection and Semmes-Weinstein monofilaments. *J Hand Ther* 8:155–162

Benjuya E, Melzer I, Kaplanski J (2004) Aging-Induced shifts: From a reliance on sensory input to muscle cocontraction during balanced standing. *J Gerontol Med Sci* 59:166–171

Berg J (1989) Balance and its measure in the elderly: a review. *Physiotherapy Canada* 42:240-246

Berne RM, Levy MN, Koeppen BM, Stanton BA Principles of Physiology, 4th ed. (2006) Elsevier Mosby

Bernard-Demanze L, Vuillerme N, Berger L, Rougier P (2006) Magnitude and duration of the effects of plantar sole massages on the upright stance control mechanism of healthy individuals. *Int SportMed J* 7:154–169

Bernard-Demanze L, Vuillerme N, Ferry M, Berger L (2009) Tactile plantar stimulation improve postural control of persons with superficial plantar sensory deficit? *Aging Clin Exp Res* 21:62–68

Brandt T, Daroff RB (1979) The multisensory physiological and pathological vertigo syndromes. *Ann Neurol* 7:195-197

Brandt T, Paulus W, Straube A (1986) Vision and posture. In: Bles W, Brandt T (eds) *Disorders of posture and Gait*. Elsevier, Amsterdam, 157–175

Caruso G, Nilsson J, Crisci C, (1993) Sensory nerve findings by tactile stimulation of median and ulnar nerves in healthy subjects of different ages. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 89:392–398

Corbin DM, Hart JM, McKeon PO, Ingersoll CD, Hertel J (2007) The effect of textured insoles on postural control in double and single limb stance. *J Sport Rehabil* 16:363-72

Creath R, Kiemel T, Horak F, Peterka R, Jeka J (2005) A unified view of quiet and perturbed stance: simultaneous co-existing excitable modes. *Neurosci Lett* 377:75–80

- Cuypers K, Levin O, Thijs H, Swinnen SP, Meesen RLJ (2010) Long-Term TENS treatment improves tactile sensitivity in MS patients *Neurorehab Neural Repair* 24:420-427
- Dhruv NT, Niemi JB, Harry JD, Lipsitz LA, Collins JJ (2002) Enhancing tactile sensation in older adults with electrical noise stimulation. *NeuroReport* 13:597-600
- Dyck PJ, O'Brien PC, Kosanke JL, Gillen DA, Karnes JL (1993) A 4, 2, and 1 stepping algorithm for quick and accurate estimation of cutaneous sensation threshold. *Neurology* 43:1508–1512
- Fallon JB, Bent LR, McNulty PA, Macefield VG (2005) Evidence for strong synaptic coupling between single tactile afferents from the sole of the foot and motoneurons supplying leg muscles. *J Neurophysiol* 94: 3795–3804
- Fonyó Attila *Az orvosi élettan tankönyve – Sensoros működések – A somatosensoros rendszer* (2003) Medicina könyvkiadó RT. Budapest
- Gibbs J, Harrison LM, and Stephens JA (1995) Cutaneomuscular reflexes recorded from the lower limb in man during different tasks. *J Physiol* 487: 237–242
- Goldreich D, Kanics IM (2003) Tactile acuity is enhanced in blindness. *J Neurosci* 23:3438–3445
- Hayashi R, Miyake A, Watanabe S (1988) The functional role of sensory inputs from the foot: stabilizing human standing posture during voluntary and vibration-induced body sway. *Neurosci Res* 5:203–213
- Henry SM, Fung J, Horak FB (2001) Effect of stance width on multidirectional postural responses. *J Neurophysiol* 85:559–570
- Horak FB, Diener HC, Nashner LM (1989) Influence of central set on human postural responses. *J Neurophysiol* 62:841-853
- Horak FB, Nashner LM, Diener HC (1990) Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. *Exp Brain Res* 82:167–177
- Horak FB, Macpherson JM (1996) Postural orientation and equilibrium. In: Shephard J, Rowell L, eds. *Handbook of physiology, section 12. Exercise: regulation and integration of multiple systems*. New York, Oxford University, 1996:255-292
- Ivers RQ, Norton R, Cumming RG, Butler M, Campbell AJ. (2000) Visual impairment and hip fracture. *Am J Epidemiol* 152: 663–9
- Iwasaki T, Goto N, Goto J, Ezure, H, Moriyama, H (2003) The aging of human Meissner's corpuscles as evidenced by parallel sectioning. *Okajimas Folia Anat Jpn* 79:185–189
- Jacobs JV, Horak FB (2007) Cortical control of postural responses. *J Neural Transm* 114:1339-1348
- Jeka JJ, Easton RD, Bentzen BL, Lackner JR (1996) Haptic cues for orientation and postural control in sighted and blind individuals. *Percept Psychophys* 58:409–423
- Johansson RS (1978) Tactile sensibility in the human hand: receptive field characteristics of mechanoreceptive units in the glabrous skin area. *J Physiol* 281: 101-123
- Kalish T, Ragert P, Schwenkreis P, Dinse HR, Tegenthoff M, (2009) Impaired tactile acuity in old age is accompanied by enlarged hand representations in somatosensory cortex. *Cereb Cortex* 19:1530-1538
- Karlsson A & Frykberg G (2000) Correlations between force plate measurements for assessment of balance. *Clin Biomech* 15:365-369.
- Kavounoudias A, Roll R, Roll JP (1998) The plantar sole is a 'dynamometric map' for human balance control. *Neuroreport* 9:3247–3252
- Kelly JW, Riecke B (2008) Visual control of posture in real and virtual environments *Perception & Psychophysics* 70: 158-165

- Kennedy PM, Inglis JT (2002) Distribution and behaviour of glabrous cutaneous receptors in the human foot sole. *J Physiol* 538:995–1002
- Lee DL, Lishman JR (1975) Visual proprioceptive control of stance. *J Hum Mov Studies* 1:87-95
- Lee DL, Lishman JR (1977) Vision, the most efficient source of proprioceptive information for balance control. *Agressologie* 18:83–94
- Lord, S. R. és Dayhew, J. (2001) Visual risk factors for falls in older people. *Journal of the American Geriatrics Society*, 49: 508–515
- Madhavan S, Shields RK (2005) Influence of age on dynamic position sense: evidence using a sequential movement task. *Exp Brain Res* 164:18-28
- Magnusson M, Enbom H, Johansson R, Pyykko I (1990) Significance of pressor input from the human feet in anterior-posterior postural control. The effect of hypothermia on vibration induced body sway. *Acta Otolaryngol Stockh* 110:182–188
- Maki BE, McIlroy WE (1996) Postural control in the older adult. *Clin Geriatr Med* 12:635–658
- Maki BE, McIlroy WE (1997) The role of limb movements in maintaining upright stance: the “change in support” strategy. *Phys Ther* 77:488–507
- Maki BE, Perry SD, Norrie RG, McIlroy WE (1999) Effects of facilitation of sensation from plantar foot-surface boundaries on postural stabilization in young and older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 54:281–287
- Massion J (1994) Postural control system. *Current Opinion in Neurobiol* 6:877-887
- Maurer C, Mergner T, Bolha B, Hlavacka F (2001) Human balance control during cutaneous stimulation of the plantar soles. *Neurosci Lett* 302:45–48
- Mauritz KH, Dietz V (1980) Characteristics of postural instability induced by ischemic blocking of leg afferents. *Exp Brain Res* 38:117–119
- Meyer PF, Oddson LI, De Luca CJ (2004) The role of plantar cutaneous sensation in unperturbed stance. *Exp Brain Res* 156:505–512
- Nagy E, Toth K, Janositz G, Kovacs G, Feher-Kiss A, Angyan L, Horvath G (2004) Postural control in athletes participating in an ironman triathlon. *Eur J Appl Physiol* 92:407–413
- Nagy E, Feher-Kiss A, Barnai M, Preszner-Domján A, Angyan L, Horvath G (2007) Postural control in elderly subjects participating in balance training. *Eur J Appl Physiol* 100:97–104
- Nashner LM (1982) Adaptation of human movement to altered environments. *Trends Neurosci* 5:351–361
- Nashner LM, Black FO, Wall C (1982) Adaptation to altered support and visual conditions during stance: patients with vestibular deficits. *J Neurosci* 5:117–124 *Eur J Appl Physiol*
- Nashner LM, McCollum G (1985) The organization of human postural movements: A formal basis and experimental synthesis. *Behav Brain Sci* 8:135-172
- Nurse MA, Hulligar M, Wakeling JM, Nigg BM, Stefanyshyn DJ (2005) Changing the texture of footwear can alter gait patterns. *J Electromyogr Kinesiol* 15:496–506
- Oie KS, Kiemel T, Jeka JJ (2002) Multisensory fusion: simultaneous re-weighing of vision and touch for the control of human posture. *Cog Brain Res* 14:154–176
- Palluel E, Nougier V, Olivier I (2008) Do spike insoles enhance postural stability and plantar-surface cutaneous sensitivity in the elderly? *Age* 30:53–61
- Palluel E, Nougier V, Olivier I (2009) The lasting effects of spike insoles on postural control in the elderly. *Behav Neurosci* 123:1141–1147

- Park JJ, Tang Y, Lopez I, Ishiyama A (2001) Age-related change in the number of neurons in the human vestibular ganglion. *J Comp Neurol* 431: 437–443
- Perry SD, McIlroy WE, Maki BE (2000) The role of plantar cutaneous mechanoreceptors in the control of compensatory stepping reactions evoked by unpredictable, multi-directional perturbation. *Brain Res* 877:401-406
- Perry SD (2006) Evaluation of age-related plantar- surface insensitivity and onset age of advanced insensitivity in older adults using vibratory and touch sensation tests. *Neurosci Lett* 392:62–67
- Peterka RJ, Black FO (1990) Age-related changes in human posture control: sensory organization test. *J Vestib Res* 1:73-85
- Pitts DG (1982) The effects of aging on selected visual function: dark adaptation, visual acuity, stereopsis and brightness contrast. In: *Aging and Human Visual Function*, Szekely R, Kline DW, Dismukes K, New York: A.R. Liss. 135-159
- Porter MM, Vandervoort AA, Lexell J (1995) Aging of human muscle: structure, function, and adaptability. *Scand J Med Sci Sports* 5:129–142.
- Priplata AA, Niemi JB, Harry JD, Lipsitz LA, Collins JJ (2003) Vibrating insoles and balance control in elderly people. *Lancet* 362:1123–1124
- Schiebler TH, Junqueira LC, Carneiro J (1996) *Histologie - Zytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg- New York
- Rosenhall U, Rubin W (1975) Degenerative changes in the human vestibular sensory epithelia. *Acta Otolaryngol* 79:67-80
- Shumway-Cook A, Horak FB (1986) Assessing the influence of sensory interaction on balance: suggestion from the field. *Phys Ther* 66:1548–1550
- Shumway-Cook A, Horak FB (1989) Vestibular rehabilitation: an exercise approach to managing symptoms of vestibular dysfunction. *Semin Hearing* 10:196-205
- Shumway-Cook A, Woollacott M.H. *Motor Control – Translating Research into clinical practice – Normal Postural Control* (2012) Lippincott Williams&Wilkins
- Schlee G, Sterzing T, Milani TL (2009) Foot sole skin temperature affects plantar foot sensitivity. *Neurophysiology*, 120:1548-1551
- Stål F, Fransson PA, Magnusson M, Karlberg M (2003) Effects of hypothermic anesthesia of the feet on vibration-induced body sway and adaptation. *J Vestib Res* 13:39–52
- Taylor PK (1984) Non-linear effects of age on nerve conduction in adults. *J Neurol Sci* 66:223–234.
- Teasdale N, Stelmach GE, Breunig A, Meeuwse HJ Res (1991) Age differences in visual sensory integration. *Exp Brain* 85:691-696
- Vaillant J, Vuillerme N, Janvey A, Louis F, Braujou R, Juvin R, Nougier V (2008) Effect of manipulation of the feet and ankles on postural control in elderly adults. *Brain Res Bull* 75:18–22
- Vaillant J, Rouland A, Martigne P et al (2009) Massage and mobilization of the feet and ankles in elderly adults: effect on clinical balance performance. *Man Ther* 14:661–664
- Valerio BC, Nobrega JA, Tilbery CP (2004) Neural conduction in hand nerves and the physiological factor of age. *Arq Neuropsiquiatr* 62:114–118
- Vandervoort AA, McComas AJ (1986) Contractile changes in opposing muscles of the human ankle joint with aging. *J Appl Physiol* 61:361–367
- Vedel JP, Roll JP (1982) Response to pressure and vibration of slowly adapting cutaneous mechanoreceptors in the human foot. *Neurosci Lett* 34:289–294

- Verrillo RT, Bolanowski SJ, Gescheider GA (2002) Effect of aging on the subjective magnitude of vibration. *Somatosens Mot Res* 19:238–244
- Visser JE, Bloem BR (2005) Role of the basal ganglia in the balance control. *Neural Plasticity* 2-3:161-174
- Vuillerme N, Pinsault N (2007) Re-weighting of somatosensory inputs from the foot and the ankle for controlling posture during quiet standing following trunk extensor muscles fatigue. *Exp Brain Res* 183:323–327
- Vuillerme N, Chenu O, Pinsault N, Fleury A, Demongeot J, Payan Y (2008) Can a plantar pressure-based tongue-placed electrotactile biofeedback improve postural control under altered vestibular and neck proprioceptive conditions? *Neuroscience* 155:291–296
- Wade MG, Lindquist R, Taylor JR, Treat-Jacobson D (1995) Optical flow, spatial orientation, and the control of posture in the elderly. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 50:51-58
- Winter DA (1995) Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture* 3:193–214
- Winter DA, Prince F, Stergiou P, Powell C (1993) Medial-lateral and anterior-posterior motor responses associated with center of pressure changes in quiet standing. *Neurosci Res Comm* 12:141–148
- Winter DA, Prince F, Frank JS Powell C, Zabjek KF (1996) Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance. *J Neurophysio* 75:2334–2343
- Wolfson L, Judge, J, Whipple, R, & King, M (1995) Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls. *Journal of Gerontology* 50A, 64-67.
- Woollacott MH, Shumway-Cook A, Nashner L (1986) Aging and posture control: changes in sensory organization and muscular coordination. *Int J Aging Hum Dev* 23:97–114
- Wu G, Chiang JH (1996) The effect of surface compliance on foot pressure in stance. *Gait Posture* 4:12–129
Eur J Appl Physiol

Saját közlemények és konferencia előadások jegyzéke

Cikkek

Andrea Preszner-Domjan, Edit Nagy, Edit Szíver, Anna Feher-Kiss, Gyöngyi Horvath, Janos Kranicz When does mechanical plantar stimulation promote sensory re-weighting: standing on a firm or compliant surface? *European Journal of Applied Physiology* 2012. 112:2979-2987 DOI: 10.1007/s00421-011-2277-5

IF: 2.147

Edit Nagy, Anna Feher-Kiss, Maria Barnai, **Andrea Preszner-Domjan**, Lajos Angyan, Gyöngyi Horvath Postural control in elderly subjects participating in balance training *European Journal of Applied Physiology* 2007 May; 100(1):97-104. Epub 2007 Feb 28.

IF: 1.6

Anna Kiss-Fehér, **Andrea Domján-Preszner**, Edit Szíver, Edit Nagy, Maria Barnai: ICF and client evaluation in neurological physiotherapy *Romanian journal of physical therapy* issue 25/ 2010, 41-44

Koncsek K, **Presznerné Domján A**, Róka E, Szíver E, Horváth Gy: Az MBT (Masai Barfuss Technologie) prompt hatása a testtartásra. *Mozgásterápia* 2006/2 16-19.

Presznerné Domján A, Nagy E.: A lumbális gerinc stabilizáló tréningprogramjának hatása a testtartás kontrollra. *Acta Sana* 2006. I. 34-38.

Barnai M, **Domján A**, Varga J, Somfay A, Nagy E, Horváth Gy: Exercise capacity of the 80 age-old people. *microCAD kongresszusi kiadvány* 2006. 1-6

Barnai M, **Domján A**, Varga J, Somfay A, Jeney K, Sárga N, Verebély B, Horváth Gy: Az állóképesség fejleszthetősége nyolcvan éves korban. *Acta Sana* 2006.1: 26-33

Bornemisza Éva, **Presznerné Domján Andrea**, Barnai Mária, Nagy Edit, Horváth Gyöngyi: A súlyviselés és a poszturális kontroll alakulása sacroiliacalis (SI) ízületi fájdalom esetén Acta Sana, Szeged, 2007. I. szám

Könyvfejezet

A fizioterápia alapjai. **Presznerné Domján Andrea**

In: Általános ápolástan és gondozástan Szerk.: Bokor Nándor. 479-487. Medicina Könyvkiadó Zrt. Budapest, 2009.

Előadások, poszterek

Barnai M, **Domján A**, Varga J, Somfay A, Nagy E, Horváth Gy: Exercise capacity of the 80 age-old people. microCAD 2006 International Scientific Conference, 2006. Miskolc

Presznerné Domján A, Laluska J, Liska B, Nagy E: PNF minták és technikák alkalmazása az egyensúly fejlesztésére – esetismertetés (poszter) SZTE EFK Fizioterápiás Tanszék 15 éves Jubileumi Kongresszus 2006. Szeged

Koncsek K, Róka E, **Presznerné Domján A**, Szíver E, Horváth Gy: A gerinc vizsgálata. (poszter) SZTE EFK Fizioterápiás Tanszék 15 éves Jubileumi Kongresszus 2006. Szeged

Barnai M, Nagy E, Rázsó K, **Domján A**, Horváth Gy: Az akaratlagos apnoe idő és a fizikai teljesítmény összefüggései (poszter). SZTE EFK Fizioterápiás Tanszék 15 éves Jubileumi Kongresszus 2006. Szeged

Bornemisza É, **Presznerné Domján A**, Barnai M, Nagy E: A medence aszimmetriák és a súlyviselés. SZTE EFK Fizioterápiás Tanszék 15 éves Jubileumi Kongresszus 2006. Szeged

Bornemisza É, **Presznerné Domján A**, Barnai M, Nagy E, Horváth Gy: Medence aszimmetriák és a súlyviselés (poszter) Magyar Élettani Társaság LXX. Vándorgyűlése 2006. Szeged

Presznerné Domján A, Nagy E, Bornemisza É, Horváth Gy: The effect of PNF training on postural control – case report (poster) 6TH Mediterranean Congress of PRM Vilamoura, Portugália 18-21 2006. Abstract Book: p.181

Nagy E, Fehérné Kiss A, **Presznerné Domján A**, , Bornemisza É, Horváth Gy: The effect of Type I. diabetes on the postural control (poster) 6TH Mediterranean Congress of PRM Vilamoura, Portugália 18-21 2006. Abstract Book: p.190

Bornemisza É, **Presznerné Domján A**, Barnai M, Nagy E, Horváth Gy: The sacroiliac joint pain and the weight-bearing (poster) 6TH Mediterranean Congress of PRM Vilamoura, Portugália 18-21 2006. Abstract Book: p.134

Presznerné Domján A, Nagy E, Bornemisza É: PNF minták és technikák alkalmazása az egyensúly fejlesztésére- esetismertetés. Magyar Tudomány Ünnepe SZTE EFK Tudományos Rendezvény 2006.

Barnai Mária, **Domján Andrea**, Monek Bernadett: Aquaterápia a gyógytornásképzésben- Oktatás és wellness a szerb- vajdasági és a magyarországi dél- alföldi területeken, 2006. Gyula

Monek Bernadett, **Presznerné Domján Andrea**, Szíver Edit, Erdélyi Endre: Effect of conservative therapy of foot in rheumatoid arthritis, a case report (poszter) 7th Central European Congress of Rheumatology 2008.

Presznerné Domján Andrea, Monek Bernadett, Szíver Edit, Bicskei Csilla, Guti Judit: A rheumatoid arthritises lábdeformitások hatása az egyensúlyi paraméterekre. A Magyar Tudomány Ünnepe, 2009. Szeged.

Presznerné Domján Andrea, Monek Bernadett, Szíver Edit, Bicskei Csilla, Guti Judit: A rheumatoid arthritises lábdeformitások hatása az egyensúlyi paraméterekre (poszter). Magyar Gyógytornászok Társasága VII. Kongresszusa, 2009. Balatonfüred.

Fehérné Kiss Anna, **Presznerné Domján Andrea**, Dr. Nagy Edit: Client evaluation and icf in neurological rehabilitation – case study, Congress of „physical education and sports in the benefit of health” 2010. Nagyvárad

Sziver Edit, **Preszner Domján Andrea**, Monek Bernadett, Tóth Kálmán, Balog Attila: Egyensúly és funkcionális paraméterek gyulladáso és degeneratív kórképekben a csípőizület érintettsége esetén, Magyar Gyógytornászok Társasága Reumatológiai Munkacsoport Találkozója, 2010. Budapest

Preszner Domján Andrea, Sziver Edit, Dr. Nagy Edit, Fehérné Kiss Anna, Kránicz János: The effect of manual stimulation of sole on postural stability, Congress of „physical education and sports in the benefit of health”, 2010. Nagyvárad

Sziver Edit, **Preszner Domján Andrea**, Dr. Nagy Edit, Fehérné Kiss Anna, Kellermann Péter, Tóth Kálmán: Functional parameters in degenerative and inflammatory diseases of the hip, Congress of „physical education and sports in the benefit of health”, 2010. Nagyvárad

Sziver Edit, **Preszner Domján Andrea**, Monek Bernadett, Gál Vera, Nagy Edit, Fehérné Kiss Anna: Szemléletváltás – dinamikus gyakorlatok rheumatoid arthritisben; Magyar Gyógytornászok Társasága VIII. Kongresszus, 2011. Pécs

Monek Bernadett, Sziver Edit, **Preszner Domján Andrea**, Nagy Edit, Erdélyi E., Bicskei Csilla: Új szemlélet a rheumatoid arthritises láb kezelésében az eredmények tükrében; Magyar Gyógytornászok Társasága VIII. Kongresszus, 2011. Pécs

Barnai Mária, **Preszner Domján Andrea**: Az aquaterápia ma; Magyar Gyógytornászok Társasága VIII. Kongresszus, 2011. Pécs

Lukács Ágnes, Fehérné Kiss Anna, **Preszner Domján Andrea**: Epikritikus érzéskéleségek vizsgálata a proaktív és reaktív egyensúlyi paraméterek tükrében; Magyar Gyógytornászok Társasága VIII. Kongresszus, 2011. Pécs

Pósa Tímea, Fehér Opletán Andrea, **Preszner Domján Andrea**: Szomatoszenzoros talpi ingerlés hatása a statikus egyensúlyi paraméterekre; Magyar Gyógytornászok Társasága VIII. Kongresszus, 2011. Pécs

Preszner-Domján A., Nagy E., Sziver E., Feher-Kiss A., Barnai M., Kránicz J.:
How does manual stimulation of sole alone affect the postural control?
16th International WCPT Congress
2011 Amsterdam

Nagy E. **Preszner-Domján A.**, Sziver E., Feher Kiss A. :The effects of proprioceptive training on balance parameters in healthy young students
16th International WCPT Congress
2011 Amsterdam

Sziver E., **Preszner-Domján A.**, Nagy E.1, Feher-Kiss A., Toth K., Balog A. :Postural control in degenerative and inflammatory diseases of the hip
16th International WCPT Congress
2011 Amsterdam

Preszner Domján Andrea: A talpi mechanoreceptorok jelentősége a poszturális stabilitásban Tudományos Fórum 2011, PTE ETK Pécs

Preszner Domján Andrea: A manuális talpi ingerlés hatása a talpi taktilis érzéskézőre. A Magyar Tudomány Ünnepe, 2012. Szeged.