

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
EGÉSZSÉGTUDOMÁNYI KAR
EGÉSZSÉGTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA

Vezető: Prof. Dr. Bódis József
Egyetemi tanár, rektor, MTA doktora

Programvezető: Prof. Dr. Kráncz János

Témavezető: Prof. Dr. Kráncz János

A talpi mechanoreceptorok jelentősége a poszturális kontrollban

Doktori (PhD) értekezés

Presznerné Domján Andrea

Pécs
2013

Tartalom

Rövidítések jegyzéke	5
1 Bevezetés	6
2 Szakirodalmi áttekintés	8
2.1 Egyensúly.....	8
2.2 Poszturális kontroll és poszturális stabilitás	8
2.3 Poszturális kontroll nyugodt állás során	8
2.4 Az érzékelés jelentősége a poszturális kontrollban	9
2.5 A poszturális stabilitást kontrolláló neurális alrendszerek.....	11
2.6 A szomatoszenzoros rendszer jelentősége a poszturális kontrollban	12
2.6.1 Mechanoreceptorok	12
2.6.2 A hátsó kötegi lemniscus medialis rendszer.....	14
2.6.3 A talpi mechanoreceptorok szerepe a poszturális kontrollban	15
2.7 Az életkor hatása a szenzoros rendszerekre és a poszturális kontrollra	17
2.7.1 Életkorfüggő változások a szomatoszenzoros rendszerben.....	17
2.7.2 Életkorfüggő változások a vizuális rendszerben	18
2.7.3 Életkorfüggő változások a vestibuláris rendszerben.....	19
2.7.4 A szenzoros rendszereket érintő életkorfüggő változások hatása a poszturális kontrollra	19
2.8 A talpi taktilis érzékenység befolyásolási lehetőségei.....	20
2.9 Problémafelvetés.....	21
3 Célkitűzés és hipotézisek	23
4 Módszerek.....	24
4.1 Résztvevők.....	24
4.1.1 Fiatal csoport.	24
4.1.2 Idős csoport.	24
4.2 Vizsgálati módszerek	24
4.2.1 A statikus egyensúlyi paraméterek vizsgálata	24
4.2.2 A talpi taktilis érzékszűb vizsgálata.....	25
4.3 A talpi mechanoreceptorok stimulálása	26
4.3.1 Stimuláló felület	26
4.3.2 Manuális stimuláció.....	26
4.4 Statisztikai analízis	27
4.4.1 Talpi taktilis küszöb	27
4.4.2 Lengési út	27
5 Eredmények.....	29
5.1 A talpi taktilis érzékenység a fiatal vizsgálati csoportban	29
5.2 A talpi taktilis érzékenység az idős vizsgálati csoportban.....	29
5.3 Statikus egyensúlyi paraméterek a fiatal vizsgálati csoportban.....	29
5.3.1 A kiinduló egyensúlyi állapot.....	29
5.3.2 A 10 perces manuális stimuláció és a stimuláló felület hatása az egyensúlyi paraméterekre kemény felszínen a fiatal vizsgálati csoportban	29

5.3.3	A 10 perces manuális stimuláció és a stimuláló felület hatása az egyensúlyi paraméterekre szivacs felszínen a fiatal vizsgálati csoportban	31
5.4	Statikus egyensúlyi paraméterek az idős vizsgálati csoportban	33
5.4.1	A kiinduló egyensúlyi állapot.....	33
5.4.2	A 10 perces manuális stimuláció és a stimuláló felület hatása az egyensúlyi paraméterekre kemény felszínen az idős vizsgálati csoportban	33
5.4.3	A 10 perces manuális stimuláció és a stimuláló felület hatása az egyensúlyi paraméterekre szivacs felszínen az idős vizsgálati csoportban	35
5.5	A fiatal és idős vizsgálati csoport talpi taktilis érzékenysége.....	37
5.6	A manuális stimuláció hatása a talpi taktilis érzékenységre a fiatal vizsgálati csoportban.....	37
5.7	A manuális stimuláció hatása a talpi taktilis érzékenységre az idős vizsgálati csoportban.....	38
6	Megbeszélés.....	40
6.1	A mechanikai stimuláció hatása a statikus egyensúlyi paraméterekre	40
6.1.1	A mechanikai stimuláció hatása a statikus egyensúlyi paraméterekre a fiatal vizsgálati csoportban	40
6.1.2	A mechanikai stimuláció hatása a statikus egyensúlyi paraméterekre az idős vizsgálati csoportban	45
6.1.3	A manuális stimuláció hatása a talpi taktilis érzékenységre.....	48
6.2	Új eredmények bemutatása	49
6.2.1	A manuális stimuláció hatékonyságának igazolása.....	49
6.2.2	A talpi mechanoreceptorok poszturális kontrollban betöltött szerepének bizonyítása szivacs felszínen	49
6.2.3	A manuális ingerlés taktilis küszöbre gyakorolt hatásának igazolása.....	50
7	Következtetések	51
8	Összefoglalás.....	53
	Köszönetnyilvánítás	55
	Irodalomjegyzék.....	56
	Saját közlemények és konferencia előadások jegyzéke	66

Rövidítések jegyzéke

ANOVA	Variancia analízis
AP	Antero-Posterior
CTSIB	Clinical Test of Sensory Interaction on Balance
ML	Medio-Laterális
RA I	Gyors adaptációjú receptorok kis receptív mezővel
RA II	Gyors adaptációjú receptorok nagy receptív mezővel
SA I	Lassú adaptációjú receptorok kis receptív mezővel
SA II	Lassú adaptációjú receptorok nagy receptív mezővel
TTK	TestTömeg-Középpont
I. MTP	Első metatarso-phalangealis ízület
III. MTP	Harmadik metatarso-phalangealis ízület
V. MTP	Ötödik metatarso-phalangealis ízület

1 Bevezetés

Az egyensúly fenntartása hétköznapi, funkcionális mozgásaink, fizikai aktivitásunk alapvető feltétele. A megfelelő poszturális stabilitás teszi lehetővé, hogy akár egy egyszerű mozdulat során kontrolláljuk testünk kitérését, a mozdulat szűken vett kivitelezésén túl megtartsuk egyensúlyunkat. Az emberi test egyensúlyi állapotának szabályozása és fenntartása összetett folyamat, mely magába foglalja a szenzoros információk (vizuális, vesztibuláris, szomatoszenzoros rendszerek), a csont és izomrendszer, valamint a központi és perifériás idegrendszer összehangolt működését.

A fizioterápiában a poszturális kontroll javítása, fejlesztése gyakori feladat, számos, az egyensúly alrendszerét érintő kórkép esetén alkalmazzuk. Az idős korban bekövetkező, a poszturális szabályozás valamennyi elemét érintő változások a poszturális kontroll romlásához, a váratlan, egyensúlyvesztést okozó szituációkhoz való gyenge alkalmazkodáshoz vezetnek, így jelentősen megnövelik az elesés és az azzal járó súlyos következmények kockázatát. Az egyensúly fejlesztésének leggyakoribb módszerei a poszturális kontrollt és stabilitást, az ízületi helyzet-és mozgásérzékelést, az izomerőt fejlesztő, speciális, aktív mozgásformák.

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, jelentősége került. Álló helyzetben, vagy járás során a talp területe érintkezik az alátámasztási felszínnel, így az itt található tapintási és nyomásérzékelő receptorok szolgáltatnak információt az alátámasztási felületről, a test helyzetéről, vagy mozgásáról az alátámasztási felülethez képest. Kavounoudias és kollégái (1998) a talpat, mint erőmérő térképet írták le, mely számos szenzorral rendelkezik és képes térbelileg kódolni valamennyi, a talpra ható nyomást.

A fizioterápia gyakorlatában az egyensúlyfejlesztő aktív mozgások hatékony kiegészítője lehet a talp mechanikai stimulálása, az alátámasztási felszín felől érkező információk növelése, facilitálása. Számos tanulmány igazolja, hogy a talpi mechanoreceptorok működésének gátlása jelentősen rontja az egyensúlyi paramétereket, míg ezek stimulálása hozzájárul a poszturális kontroll javulásához és ez a javulás mérhető az egyensúlyi paraméterekben változásában, vagy a klinikai egyensúlytesztek kivitelezése során.

Vizsgálataink célja a talpi mechanoreceptorok poszturális stabilitásban betöltött szerepének igazolása manuális stimuláció, illetve stimuláló felület alkalmazásával egészséges fiatal felnőttek és időskorúak körében egyaránt.

Számos vizsgálat eredménye támasztja alá, hogy a talp felszínén alkalmazott mechanikai ingerlés pozitívan befolyásolja az egyensúlyt akár stabil álló helyzetben, akár járás során. Ugyanakkor kevés tanulmány foglalkozik azzal, hogy a különböző mechanikai stimuláló módszerek hogyan fejtik ki pozitív hatásukat a poszturális kontrollra, hatnak-e a talpi érzékenységre, befolyásolják-e a talp bőrében található mechanoreceptorok érzékszögét. Vizsgálatainkban arra is keressük a választ, hogy az általunk alkalmazott manuális talpi stimuláció befolyásolja-e a talpi taktilis érzékenységet egészséges fiatal felnőttek és időskorúak esetében.

2 Irodalmi áttekintés

2.1 Egyensúly

Az egyensúly fogalma összetett funkciót jelöl: a testtartás kialakítását a különböző testhelyzetekben és mozgások során, az ízületek helyzetének ellenőrzését és az egyensúlyi állapot fenntartását a gravitáció ellenében (Massion, 1994). Az egyensúly fenntartása tehát azt a képességet jelenti, mely révén a test helyzetét az alátámasztási felszín felett tudjuk tartani (Berg, 1989). Az alátámasztási felszín az a terület, melyet a test számára támasztékul szolgáló végtagok határolnak. Az egyensúly fenntartása során tehát a testtömegközéppontot (TTK) tartjuk az alátámasztási felszín felett (Nashner, 1985). Az egyensúly megtartása mind statikus, mind dinamikus helyzetekben alapvető követelmény, ennek megfelelően beszélhetünk statikus és dinamikus egyensúlyról.

2.2 Poszturális kontroll és poszturális stabilitás

A poszturális kontroll, más néven egyensúly kontroll, azt az összetett működést jelenti, mely során megtörténik az egyensúlyi helyzet fenntartása, vagy az abba való visszatérés (Karlsson és Fryktberg, 2000). A poszturális orientáció, azaz a test részei, illetve a test és a környezet közötti együttműködés fenntartásának képessége a feladat függvényében, valamint a poszturális stabilitás, azaz a TTK alátámasztási felszín felett tartásának képessége, összetett folyamatok eredménye, feltételezik a szenzoros, motoros és kognitív funkciók épségét (Horak és Macpherson, 1996). Változó környezetünk és változatos funkcióink megkövetelik az állandó poszturális kontrollt, ugyanakkor a stabilitás és orientáció folyamata dinamikusan igazodik a feladatok változásához.

2.3 Poszturális kontroll nyugodt állás során

Álló helyzetünk stabilitásának biztosítása során statikus egyensúlyi helyzetet tartunk fenn, mivel testünk alátámasztása nem változik, ugyanakkor ez a nyugodt állás meg lehetőségen dinamikus folyamat. Számos tényező, mint a testrészek egymáshoz viszonyított pozíciója, valamint az izomtónus segíti a stabilitás fenntartását. Maga az álló helyzet nem jelent tényleges statikus helyzetet, a TTK folyamatos, spontán kitérései jellemzik. A nyu-

godt állás során fennálló stabilitás nem passzív jellegű, sokkal inkább aktív, mozgás stratégiák szükségesek a stabilitás fenntartásához.

Creath és mtsai (2005) leírták, hogy nyugodt állás során testünk biomechanikai viselkedése egy kettős inverz ingához hasonlítható, két, egyidejű szabályozási móddal, mint mozgás stratégiával. Az egyensúlyi helyzetből történő kibillenés frekvenciájának függvényében elkülöníthető a boka stratégia, amikor az alsó végtagok és a törzs egy fázisban mozognak, illetve a csípő stratégia, amikor a boka és csípőízületben a szegmensek ellentétes irányú mozgása valósul meg. Amennyiben az egyensúlyi helyzet helyreállításához a fent említett poszturális kontroll stratégiák elégtelennek bizonyulnak, úgy kilépéssel hozzuk TTK-ot az alátámasztás fölé. Ez a stratégia akkor használatos, ha a zavaró tényező hatására a TTK elhagyja az alátámasztás területét (Shumway-Cook és Horak, 1989).

A fent említett poszturális mozgás stratégiák az úgynevezett feedback és a feedforward kontroll folyamatban egyaránt használatosak.

Feedback kontrollról beszélünk akkor, amikor valamilyen külső zavaró tényezőről érkező szenzoros visszacsatolásra történik az egyensúly szabályozása, helyreállítása, míg a feedforward kontroll azon poszturális válaszokat jelenti, melyek biztosítva a stabilitást, egy potenciálisan destabilizáló akaratlagos mozgást előznek meg.

2.4 Az érzékelés jelentősége a poszturális kontrollban

A szenzoros receptorokból érkező információk tájékoztatják a központi idegrendszert a test térbeli helyzetéről és mozgásáról, továbbá a környezetről. A perifériáról érkező információk, mint vizuális, vesztibuláris és szomatoszenzoros inputok, speciális információkkal látják el a központi idegrendszert, mely információk különböző vonatkoztatási rendszert biztosítanak a poszturális kontroll során (Shumway-Cook és Woollacott, 2012). A statikus helyzetek megtartásához szükséges információk az alátámasztási felszínnel érintkező bőrfelületek tapintás és nyomásérzékelő receptoraiból, valamint a vesztibuláris rendszer receptoraiból származnak (Ángyán, 2005).

Számos tanulmány vizsgálta a vizuális információ jelentőségét az álló helyzet fenntartása során, melyek szerint a látás nem feltétlenül szükséges, ugyanakkor jelentősen hozzájárul a poszturális stabilitáshoz (Lee és Lishman, 1975, 1977; Kelly és Riecke, 2008).

A látáson felül a külső alátámasztási felszínnel érintkező lábak által felvett szomatoszenzoros ingerek is jelentős szerepet játszanak a poszturális kontrollban. Több vizsgálat igazolta, hogy az alsó végtagból származó afferentáció csökkenése rontja a

poszturális stabilitást (Magnusson és mtsai, 1990; Meyer és mtsai, 2004). Tehát akár a vizuális információ (Lee és Lishman, 1977), vagy a propriocepció és a bőr által felvett mechanikai információ is fontos az egyensúlyi helyzet fenntartásában nyugodt állás során (Nashner és mtsai, 1982).

A vesztibuláris rendszerből származó információk a gravitáció és a tehetetlenségi erők viszonylatában tájékoztatják a központi idegrendszert a fej helyzetéről és mozgásáról (forgó mozgás és lineáris gyorsulás), ugyanakkor a vesztibuláris input önmagában nem biztosít elegendő információt a test térbeli mozgásáról a poszturális kontrollhoz. Jelentősége a többi szenzoros bemenet hiánya, vagy a felvett vizuális és szomatoszenzoros információk pontatlansága esetén nő meg, így különösen jelentős instabil alátámasztási felszínen, korlátozott vizuális információk mellett (Shumway-Cook és Woollacott, 2012).

Annak ellenére, hogy többszörös szenzoros bemenet áll a központi idegrendszer rendelkezésére, az általában egyidejűleg csak egyféle információra hagyatkozik az orientáció során (Nashner, 1982). A központi idegrendszer multi-szenzoros integrációját és a poszturális kontrollt vizsgáló tanulmányok eredményei feltételezik a rendelkezésre álló információk jelentőségének újrasúlyozását a szenzoros kondíciók változására adott válasz háttérében (Nashner és mtsai, 1982; Woollacott és mtsai, 1986; Oie és mtsai, 2002). Ezek az eredmények alátámasztják az elképzelést a szenzoros információk hierarchikus súlyozásáról a poszturális kontroll során, mely súlyozási folyamat a test helyzetéről, vagy mozgásáról felvett információk pontosságán alapszik, azaz ha egy érzékszerv nem nyújt pontos információt a test pozíciójáról, úgy a központi idegrendszer módosítja az adott információ relatív jelentőségét a poszturális kontrollban.

A rendelkezésre álló szenzoros információ felértékelődését, a szenzoros modalitások közötti interakciót igazolják azok a kutatások, melyek látássérült egyének tapintását és poszturális kontrollját vizsgálták. Goldreich és Kanics (2003) vizsgálatukban vak és látóképes egyének tapintásának élességét, pontosságát hasonlították össze. Eredményeik igazolták, hogy a vak egyének tapintási érzékenysége lényegesen jobb, nagyobb mértékben képesek használni a taktilis információt, mint látó társaik. Jeka és kollégái (1996) alátámasztották, hogy egy támbot által nyújtott taktilis információ hatására csökkent a kitérés vak egyének egyensúlyának vizsgálata során.

2.5 A poszturális stabilitást kontrolláló neurális alrendszerek

A külső környezet ingereire a szervezet néhány kivételtől eltekintve mozgással válaszol. Ezek a célirányos, akaratlagos mozgások funkcionális szempontból szembeállíthatók a testtartást szolgáló motoros rendszerrel, amelynek a feladata a test egyensúlyának és térbeli helyzetének kontrollálása.

Nyugodt állás során a testtartás fennmaradását az antigravitációs izmok tónusa biztosítja. Álló helyzetben az alsó végtag, a láb receptoraiból (izomorsó, bőr receptorok) érkező impulzusok gerincvelői szinten aktiválják az antigravitációs izmok tartós kontrakcióját. Ugyanakkor a kiegyensúlyozott poszturális tónus gerincvelő feletti szinteken szabályozott. A szomatomotoros rendszer minden szintje részt vesz a testtartás szervezésében, így az agytörzs, középgy, kisagy, basalis ganglionok és az agykéreg (Fonyó, 1999).

Az egyensúlyérzékelő szervből érkező információk alapvető jelentőségűek a testtartás szabályozásában. A Deiters-mag, a négy vesztibuláris mag egyike, a vestibulocerebellum mély magjaként agytörzsi szinten játszik jelentős szerepet az izomtónus szabályozásában. Az egyensúlyozó érzékszervből, statikus helyzetben az otholitszervekből érkező inputok a fej helyzetéről származó információkon át teszik lehetővé a testtartással összefüggő izomtónus kialakítását. A Deiters-magból eredő efferens rostok a tractus vestibulospinalis lateralis alkotva elsősorban a végtagok izomzatának motoneuronjaira gyakorolnak facilitáló hatást, fokozzák azok nyújtásra bekövetkező reflexválasztát.

A nucleus vestibularis medialis a félkörös ívjáratokból érkező, a fej szöggyorsulásáról informáló impulzusok révén a nyakizmok tónusát befolyásolja - vestibulo-colicus reflexek-, míg a nucleus vestibularis superior a fej elmozdulásáról érkező információkat a fasciculus longitudinalis medialison keresztül a szemmozgató idegek magjaihoz továbbítja, így a vestibulo-ocularis reflexek révén biztosított a tekintet fixálása a fej elfordulásai során.

A kisagyi vestibulocerebellum az egyensúlyozó érzékszervből primer és közvetett úton is kap afferenciát, továbbá a látópálya egyes magjaiból, így jelentős szerepet tölt be a szemmozgások koordinációjában és a testtartás szabályozásában. A spinocerebellum afferenciájának jelentős része a gerincvelőből származik, az ide érkező inputok valamennyi szomatoszenzoros információt tartalmazzák. A spinocerebellum a mozgáskivitelezés és mozgásterv állandó kontrolláló és korrigáló összehasonlító elemzését végzi, továbbá az izomtónus szabályozója a gamma-motoneuronokon keresztül.

A formatio reticularis hídbéli részének szerepe a medialis reticulospinalis pályán át szintén a poszturális izomzat tónusának facilitálása, míg a nyúltvelői rész a tónuskiegyenlítéshez járul hozzá a lateralis reticulospinalis pályán keresztül közvetített gátló impulzusokkal. Az agytörzsből induló leszálló pályák közvetítik a vestibularis beállító és tartási reakciókat a gerincvelő mozgató interneuronjaira.

A cortico-reticularis pálya a premotoros és supplementer motoros mezőkből indul és a formatio reticularisból mint reticulo-spinalis pálya jut el a spinalis motoneuronokig. Az izomtónus szabályozásában van szerepe. A tractus tecto-spinalis és rubro-spinalis a gerincvelői interneuronokon végződik, szerepük a tekintés fixálásakor szükséges fejtartás, az orientáció és az izomtónus szabályozása (Fonyó, 1999).

A basalis ganglionok és a thalamus a cortico-corticalis pályák állomásaiként részt vesznek az izomtónus regulációjában, valamint a szomatoszenzoros információk integrációjában (Visser és Bloem, 2005).

A hagyományos szemlélet szerint a motoros kéreg nem vesz részt a stabilitás fenntartásában és poszturális reakciók szabályozásában. Ugyanakkor több kutatás rámutatott, hogy a stabilitást megzavaró behatásra adott válasz látenciaideje hosszabb, mint a gerincvelői reflexé, illetve kérgi lézió fennállása esetén a zavaró behatásra adott poszturális válasz eltér a normálistól. Továbbá a normál poszturális stabilitást, mint az akaratlagos mozgások hátterét olyan kérgi funkciók is biztosítják, mint a figyelem és általános kognitív funkciók (Jacobs és Horak, 2007). Mindezek alátámasztják a kérgi motoros területek részleges részvételét a poszturális kontrollban.

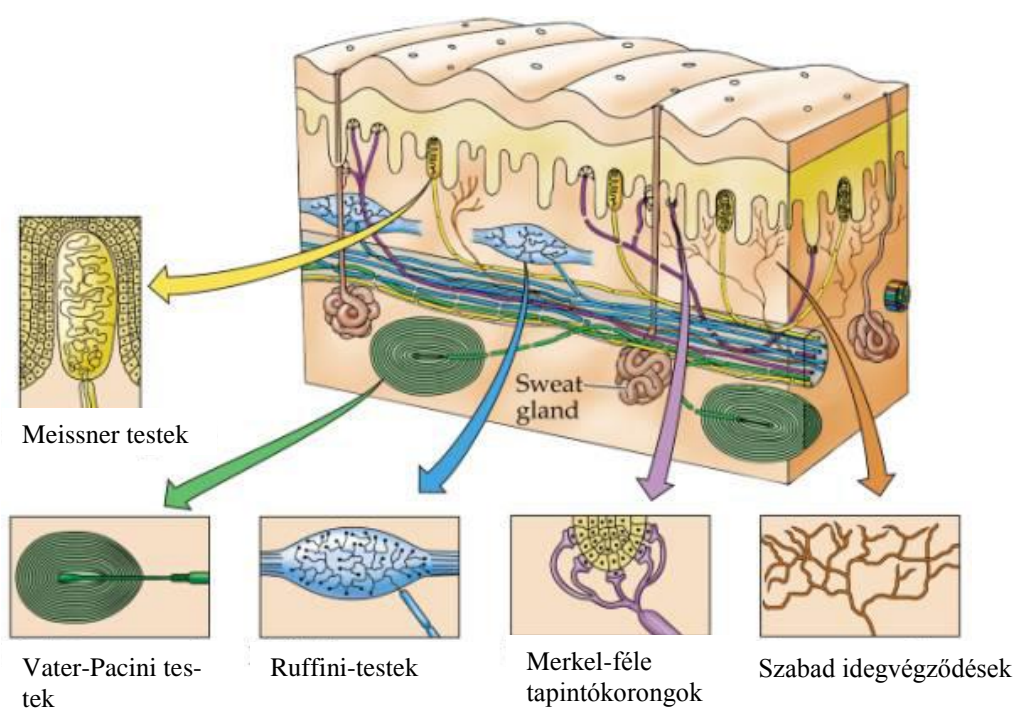
2.6 A szomatoszenzoros rendszer jelentősége a poszturális kontrollban

2.6.1 Mechanoreceptorok

A szomatoszenzórium információt nyújt az agykéreg számára a test nagy részét és a teljes bőrfelszínt ért ingerekről, a testnyílások nyálkahártyájáról, a végtagok helyzetéről, és a testet, vagy bizonyos belső szerveket ért károsító hatásokról. A szomatoszenzórium a bőrt érő taktilis ingerekről nagyon részletes analízist végez: többek között a behatás tényét, helyét, intenzitását, időtartamát, irányát, minőségét, állandóságát, vibrációját, és az ingerlő tárgy méretét, alakját és anyagi minőségét is érzékeli. Mindezt a bőrben elhelyezkedő különböző tulajdonságú és szerkezetű, más-más ingerület felvételéért felelős mechanoreceptorok teszik lehetővé (1. ábra). A specializációt a receptorok járulé-

kos struktúrái adják, melyek a gyors vagy lassú adaptációt, és a receptív mező nagyságát is befolyásolják (Fonyó, 1999). A receptorok klasszifikációja ezek alapján a következő:

- lassú adaptációjú receptorok kis receptív mezővel (SA I)
- lassú adaptációjú receptorok nagy receptív mezővel (SA II)
- gyors adaptációjú receptorok kis receptív mezővel (RA I)
- gyors adaptációjú receptorok nagy receptív mezővel (RA II)



1. ábra: Mechanoreceptorok és elhelyezkedésük a bőrben (<http://www.rci.rutgers.edu> módosítva magyar nyelvű elnevezésekkel)

A mechanoreceptorok morfológiájuk, elhelyezkedésük és adekvát ingerük szerint szintén négy típusba sorolhatók (Johansson, 1978; Schiebler, 1996):

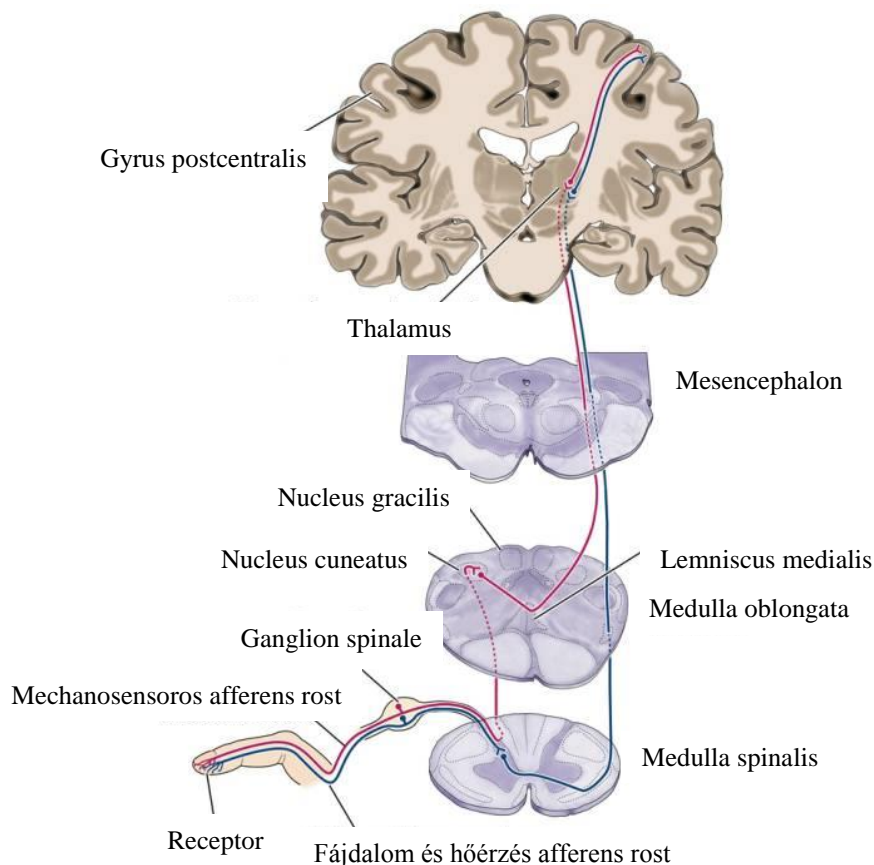
- Merkel-féle tapintókorongok: kis receptor, a tapintókorongot epitheliális sejtek alkotják. Felületes elhelyezkedésük az epidermisben és főleg kis receptív mezőjük teszi alkalmassá a mechanikai inger, a nyomás lokalizációjára, lassú adaptáció jellemzi (SA I).
- Ruffini-testek: folyadékkal teli, kollagén tokkal körülvett idegvégződésekből állnak. A nagy receptív mezővel rendelkező receptor típus, a dermisben helyezkednek el, a bőr nyújtását érzékelik, lassú adaptáció jellemzi (SA II).
- Meissner-féle testecskék: kicsi, részben tok nélküli receptorok, a dermis felső részében helyezkednek el, közvetlenül a receptor feletti bőrterület nyomása, alacsony frekvenciájú vibrációs ingerlése okoz bennük akciós potenciált, gyors adaptáció jellemzi (RA I).
- Vater-Pacini testek: nagy, tokba zárt receptorok, a dermis mélyén helyezkednek el, nagy receptív mezővel rendelkeznek, távolabbi területek nyomása és magas frekvenciájú vibrációja okoz bennük akciós potenciált, gyors adaptáció jellemzi (RA II).

2.6.2 A hátsó kötegi lemniscus medialis rendszer

Amennyiben a mechanoreceptort érő inger átlépi az ingerküszöböt, azaz megváltoztatja az akciós potenciálok nyugalmi frekvenciáját a receptorhoz futó roston, azaz a primer afferens axonon, úgy akciós potenciál indul a receptor és a szomatoszenzoros kéreg között, a három neuronból álló hátsó kötegi és lemniscus medialis rendszeren át (2. ábra).

A primer afferens neuronok sejtteste a hátsó gyöki ganglionban helyezkedik el, a primer afferens axonok a gerincvelő hátsó kötegében haladnak felfelé. Az első átcsatolódás a nyúltvelő hátsó kötegi magvakban (nucleus gracilis – alsó végtag, nucleus cuneatus – felső végtag) történik. A második neuronok a nyúltvelőből indulva, átkereszteződve alkotják a lemniscus medialis és húzódnak a thalamus relé magjaihoz. Mind a lemniscus-medialis pálya, mind a thalamuson belüli végződése szomatotópiás rendezettséget mutat,

azaz az egyes receptortípusokból származó információk nem keverednek egymással. A harmadik neuron a thalamusból a parietális kéreg gyrus postcentrálisába fut, az itt található primer szometoszenzoros kéreg neuronjain végződik (Fonyó, 2003) (2. ábra).



2. ábra: A hátsó kötegi lemniscus medialis rendszer (<http://www.rci.rutgers.edu>, módosítva latinés magyar nyelvű elnevezésekkel)

2.6.3 A talpi mechanoreceptorok szerepe a poszturális kontrollban

Ahogy Kavounoudias és kollégái (1998) leírták, a talp egy erőmérő térképként fogható fel az egyensúly kontrollja során. 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. A test pozíciójában nyugodt állás során bekövetkező változások és a talpi

nyomásviszonyok változása összefüggenek egymással. A lassú adaptációjú talpi mechanoreceptorok képesek a receptív mezejükön jelentkező statikus nyomást kódolni (Vedel és Roll, 1982). Ugyanakkor a lassú és a gyors adaptációjú mechanoreceptorok együttes működése teszi lehetővé, hogy a bőrt érő ingereket azok komplexitásában érzékelhessük (Bern és mtsai., 2008). Ezeknek megfelelően a fő talpi alátámasztási területeken ható nyomásváltozások folyamatos és pontos információt nyújtanak a test helyzetéről és elmozdulásáról.

Kennedy és Inglis (2002) 13 egészséges, felnőtt önkéntes talpi mechanoreceptorait vizsgálta. Semmes-Weinstein monofilamentumokkal, valamint a n. tibialisba és a popliteális árokban felületesen elhelyezett elektródákkal térképezték fel a talpi mechanoreceptorok afferenciáját, eloszlását és működését. Mintájukban azonosított mechanoreceptorok 70%-a gyorsan adaptálódó receptor volt (Meissner, Vater-Pacini). Eredményeik alapján feltételezhető, hogy a gyors adaptációjú mechanoreceptorok magas százalékos aránya a talp magas fokú dinamikus szenzitivitását tükrözi, mely a súlyviselés és poszturális kontroll feltétele. Vizsgálatuk igazolta, hogy a talpi mechanoreceptorok az alsó végtag tehermentesített helyzetében nem mutatnak aktivitást, ami alátámasztja, hogy szerepük kifejezetten az alátámasztási felszínnel való érintkezés jelzése lehet.

Az elmúlt néhány évtizedben az egyensúllyal foglalkozó kutatók figyelme a talp bőréből származó taktilis és nyomási információk poszturális kontrollban betöltött szerepének vizsgálatára irányult. Jelentős kutatások támasztották alá a lábakból származó szomatoszenzoros és propioceptív információk jelentőségét, melyek során az alsó végtagból érkező afferens információ csökkenését érzéstelenítéssel, hűtéssel, illetve ischemia kiváltásával idézték elő. A szomatoszenzoros információ ilyen módokon történő csökkentése a poszturális stabilitás romlásához vezetett, mind nyugodt, mind megzavart állás során megnőtt a poszturális kitérés (Mauritz és Dietz, 1980; Hayashi és mtsai, 1988; Magnusson és mtsai, 1990; Horak és mtsai, 1990; Meyer és mtsai, 2004).

Az utóbbi években tanulmányok igazolták, hogy a szomatoszenzoros input fokozása különféle stimulációs módok alkalmazásával, mint a talp masszírozása, vagy az alátámasztási felület minőségének, karakterisztikájának változtatása pozitív hatást gyakorol a poszturális kontrollra (Nurse és mtsai, 2005; Bernard-Demanze és mtsai, 2006, 2009; Palluel és mtsai, 2008, 2009; Vaillant és mtsai, 2008, 2009).

E vizsgálatokban a mechanikai ingerlés pozitív hatása a szem becsukása mellett mutatkozott, így eredményeik megerősítik, hogy a mechanoreceptorok ingerlése vizuális információk hiányában, kemény felszínen állva javítja a poszturális stabilitást, azaz mind a

mechanikus eszközzel, mind a manuálisan végzett talpi stimuláció, valamint speciális, stimuláló felület alkalmazása befolyásolja a talpi mechanoreceptorok működését, és az ezek által biztosított, jelentős taktilis információ segít a test térbeli helyzetének meghatározásában.

A fent említett kutatások a különböző talpi mechanikai stimuláció hatását stabil, kemény felszínen állva vizsgálták. Azonban az alátámasztási felület minőségének változása, keménységének csökkenése más feltételeket teremt az egyensúlyszabályozás számára. Egy instabil, puha felületen, például szivacson történő állás során az ízületi helyzetérzékelő receptorokból és a talpi mechanoreceptorokból érkező információ pontossága csökken. Wu és Chiang (1996) a talpi nyomáseloszlás és a támaszkodó kontakt felület méretének változását vizsgálták az alátámasztási felszín keménységének változtatásával. Kemény felszín, valamint egy, illetve két hozzáadott szivacsréteget alkalmaztak a poszturográfias vizsgálat során, melynek eredménye igazolta a szoros összefüggést a talpi nyomás mértéke és az alátámasztási felszín puhasága között. A puha szivacs alkalmazása tehát csökkenti az alátámasztás felől érkező nyomási ingereket és a taktilis információk pontosságát, így a mechanoreceptorok által felvett információ jelentőségét a poszturális kontrollban.

2.7 Az életkor hatása a szenzoros rendszerekre és a poszturális kontrollra

Az életkor előrehaladtával, azaz a normál, élettani öregedés során a poszturális kontrollban részt vevő szenzoros, motoros és kognitív funkciók egyaránt változáson esnek át, romlanak. A csont-izomrendszert, a neuromuskuláris rendszert érintő változásokon túl, a szenzoros rendszer minden elemének érintettsége, azaz a vizuális, vestibuláris és szomatoszenzoros funkciók csökkenése is megfigyelhető (Woollacott és mtsai, 1986).

2.7.1 Életkorfüggő változások a szomatoszenzoros rendszerben

Tanulmányok igazolták, hogy az öregedés hatására a bőr mechanoreceptorai közül a Pacini és Meissner testek száma, sűrűsége csökken, morfológiájuk megváltozik és működésük minősége is romlik (Verillo és mtsai, 2002; Iwasaki és mtsai, 2003). További vizsgálatok támasztották alá, hogy az évek számának növekedésével a vibrációs érzékszűb megnő (Perry, 2006), valamint csökken a taktilis érzékenység, a két pont diszkrimináció érzékenységének rohamos hanyatlása következik be (Kalish és mtsai, 2009).

Kennedy és Inglis (2002) a gyors adaptációjú receptorok magas százalékos arányát igazolta a talpi bőr vizsgálata során. Tehát a kor előrehaladtával a talp bőrében nagy számban előforduló Pacini és Meissner testek számának csökkenése, funkciójuk károsodása minden bizonnyal negatív irányba befolyásolja a szomatoszenzoros rendszer által biztosított információ mennyiségét és minőségét az alátámasztási felszínről, így az kevesebb és kevésbé pontos információt nyújt a központi idegrendszer számára a poszturális kontrollhoz. A mechanoreceptorok érintettségén túl számos vizsgálat igazolta a mielinizált perifériás idegrostok számának csökkenését, a vezetési sebesség és a szenzoros idegek akcióspotenciáljának hanyatlását az öregedés kapcsán (Taylor, 1984; Caruso, 1993; Valerio, 2004).

A szomatoszenzoros rendszert érintő változások mellett az öregedés folyamata befolyásolja a vizuális és vesztibuláris rendszer működését is. Brandt és Darhoff (1979) multiszenzoros deficitként definiálja azt az állapotot, amikor a poszturális funkciók szempontjából fontos szenzoros rendszerek több tagja károsodott, így valamely érzékelés elvesztésének kompenzálása egy másik alternatív szenzoros rendszerrel nem lehetséges.

2.7.2 Életkorfüggő változások a vizuális rendszerben

A vizuális rendszer elemeit érintő korfüggő változások hatására csökken a látás élessége, pontossága, a kontraszt érzékenység, a kontúr és mélység érzékelése pontatlanná válik (Pitts, 1982). Ezek a negatív változások nagyszámú funkcionális képességet érintenek, így a poszturális kontrollt is. Számos vizsgálat igazolja az életkor előrehaladtával bekövetkező látásromlás és az elesések, illetve a következményes sérülések kapcsolatát (Abdelhafiz és Austin, 2003; Ivers és mtsai, 2000).

Lord és Dayhew (2001) 156 idős önkéntes vizuális funkcióit és egyensúlyi paramétereit vizsgálták. Tanulmányuk igazolta, hogy a mindkét szemmel jól látó idősök esetén kicsi az elesés kockázata, míg az előzményekben többszöri elesésről beszámolóknak esetén a károsodott kontraszt érzékenység és mélység érzékelés, mint az elesés kockázatát fokozó tényezők, igazolódtak.

További tanulmányok rámutattak arra, hogy az életkorfüggő változások következtében megnövekedett lengési út tovább nő a vizuális információ megszűnésével, azaz a szem becsukására, a poszturális stabilitás vizsgálata során (Teasdale és mtsai, 1991; Wade és mtsai, 1995).

2.7.3 Életkorfüggő változások a vesztibuláris rendszerben

A vesztibuláris rendszer anatómiai komponenseinek öregedése, ideértve mind a centrális, mind a perifériás elemeket, hozzájárul az idős korban tapasztalható egyensúlyzavarok kialakulásához. Park és munkatársai (2001) a vesztibuláris neuronok számának fokozatos csökkenését igazolták 30 és 60 év között. Rosenhall és Rubin (1975) mind a vesztibuláris szőrsejtek, mind az idegsejtek számának jelentős, 70 éves korra 40%-os csökkenését írták le.

A vesztibuláris rendszer lényeges funkciója, hogy abszolút referencia rendszert biztosít a poszturális kontroll során, valamely más rendszerrel (vizuális, szomatoszenzoros) együtt. Teljes, kétoldali vesztibuláris funkciókárosodás ellenére normál poszturális stabilitás áll fenn, amennyiben valamelyik a többi szenzoros rendszerből elérhető és pontos információt nyújt a környezetről (Nashner és mtsai, 1982). Továbbá több tanulmány beszámol arról, hogy vesztibuláris károsodás fennállása esetén hirtelen bekövetkező, teljes egyensúlyvesztés alakul ki, amennyiben a vizuális és szomatoszenzoros információk pontatlanok, részben nem elérhetőek, tehát például a szem becsukására, szivacs felszínén állva (Nashner és mtsai, 1982; Horak és mtsai, 1989).

Az életkor növekedésével csökkenő vesztibuláris funkció következményeként tehát ez az abszolút referencia rendszer válik kevésbé megbízhatóvá, ugyanakkor a többi szenzoros rendszert érintő negatív, az öregedéssel járó folyamatok miatt az ezekből érkező információk pontatlansága, mennyiségi csökkenése hiányos, vagy ellentmondó információkat szolgáltat a központi idegrendszer számára. A környezetből érkező ellentmondó információk a vesztibuláris deficittel együtt vezethetnek az idősek körében gyakori szédüléshez, bizonytalansághoz, egyensúlyvesztéshez.

2.7.4 A szenzoros rendszereket érintő életkorfüggő változások hatása a poszturális kontrollra

Vizsgálatok igazolják, hogy az idős egyének számára nagy nehézséget okozhat a poszturális stabilitás fenntartásában, ha az egyensúly szenzoros rendszereiből származó információk jelentősen korlátozottak (Horak és mtsai, 1989; Teasdale és mtsai, 1991). Ugyanakkor a vizuális információ pontatlansága, vagy hiánya, egészséges idős egyének esetén, hasonlóan a fiatal felnőttekhez, a kitérés csak kismérvű növekedését okozza nyugodt állás során. Az információk további csökkentése azonban, például szivacs felszín al-

kalmazása a szomatoszenzoros input korlátozására, már jelentős növekedést okoz a TTK kitérésében (Abrahamová és Hlavačka, 2008).

Ezek az eredmények alátámasztják, hogy idős korban a változó szenzoros feltételekhez történő adaptáció a szenzoros rendszerek érintettsége miatt nehezített, ezáltal a hétköznapi funkciók során, a folyamatosan változó környezeti viszonyokhoz való alkalmazkodási nehézség egyensúlyzavarokhoz vezethet.

A poszturális kontroll időskori károsodásához hozzájárul továbbá az izomrendszer szerkezeti átalakulása, az izomrostok számának és méretének csökkenése (Porter és mtsai, 1995), valamint az izomerő csökkenése, mely szegényesebb poszturális kontrollhoz vezet (Vandervoort és mtsai, 1986; Wolfson és mtsai, 1995).

2.8 A talpi taktilis érzékenység befolyásolási lehetőségei

Vizsgálatok igazolták, hogy a láb hőmérsékletének csökkentése (Magnusson és mtsai, 1990; Perry és mtsai, 2000), továbbá a keringés akadályozása révén elért ischemia (Mauritz és mtsai, 1980) rontja a poszturális kontrollt.

Az élettani öregedés kapcsán, de patológiás folyamatok következményeként is, például polyneuropathia diabetica, csökken a szomatoszenzoros rendszer működése, az alsó végtagok, lábak receptorainak funkciója, érzékenysége. A szomatoszenzoros rendszer poszturális kontrollban betöltött lényeges szerepe miatt ezek a változások közvetlen előidézői lehetnek az időskori poszturális instabilitásnak, növelik az elesések és azok következményeinek kockázatát. Felmerül tehát a kérdés, hogy milyen módszerek állnak rendelkezésünkre a taktilis érzékenység befolyásolására.

Schlee (2009) leírta, hogy a talp 5-6 °C- kal történő melegítése szignifikánsan javította fiatal, egészséges felnőttek talpi érzékenységét. Mayer és kollégái (2007) gyermekek talpi taktilis küszöbének alakulását vizsgálták stimuláló talpbetét és szenzoros tréning hatására. Megállapították, hogy a talpbetét 5 héten át tartó viselése önmagában nem, de a heti kétszer 45 perces szenzoros tréninggel kombinálva szignifikánsan javította a talpi taktilis érzékenységet.

További vizsgálatok igazolják, hogy a talp taktilis érzékenysége javítható küszöb alatti elektromos inger alkalmazásával egészséges, idős alanyok esetén (Dhruv és mtsai, 2002), valamint a transzkután elektromos ideg stimuláció (TENS) napi legalább egy órán át történő alkalmazása javította sclerosis multiplexben szenvedő betegek taktilis érzékenységét (Cuypers és mtsai, 2010).

2.9 Problémafelvetés

Számos tanulmány igazolta tehát a talp bőrében elhelyezkedő mechanoreceptorok részvételét a poszturális kontroll folyamatában, továbbá a talpi mechanikai stimuláció kedvező hatását a poszturális kontrollra (Nurse és mtsai, 2005; Bernard-Demanze és mtsai, 2006, 2009; Palluel és mtsai, 2008, 2009; Vaillant és mtsai, 2008, 2009), ugyanakkor nem tisztázott teljes egészében e stimulációs módok pontos hatásmechanizmusa.

Kutatások bizonyították, hogy a talpi mechanoreceptorok serkentő, illetve gátló multiszinaptikus reflexkapcsolódást mutatnak a bokaízületre ható izmok gerincvelői motoneuronjaival. Az álló helyzetben működő lábszárizmok aktivitása során a bőr mechanoreceptorai által biztosított visszacsatolás részt vesz a motoneuronok működésének modulálásában, ezáltal hozzájárul a stabilitáshoz (Aniss és mtsai, 1992; Gibbs és mtsai, 1995).

Fallon és munkatársai (2005) igazolták, hogy a talpi mechanoreceptorokból származó inputok a bokára ható izmok aktivitása során reflex modulációt váltanak ki. A Meissner, illetve a Merkel testek voltak azok, melyek a legerőteljesebb reflexkapcsolódást mutatták. A szerzők szerint valószínűsíthető, hogy ez a jelenség összefügg a láb funkciójával, azaz járás során az alátámasztási felszínnel való kontaktus kialakulásakor a sebesség-érzékelő Meissner testekből származó inputok, míg a kontaktus tartós fennállása során a Merkel tapintókorongokból származó inputok járulnak hozzá a poszturális kontrollhoz.

Feltételezhető, hogy a fent említett reflex moduláción túl, a mechanikai ingerlés befolyásolja a talp tapintási érzékenységét, így nagyobb mértékben hasznosulhatnak a kontakt felület felől érkező nyomási információk. Ugyanakkor a mechanoreceptorok jelentőségét igazoló tanulmányok nem térnek ki azokra az élettani változásokra, melyek megmagyaráznák a nagyobb mennyiségű, vagy magasabb minőségű mechanikai információ pozitív hatását.

A láb és boka ízületeinek mobilizálásával kombinált manuális stimuláció (Palluel és mtsai, 2008, 2009) igazoltan javította az egyensúlyi paramétereket, ugyanakkor a talp bőrében található mechanoreceptorokon túl az ízületi tokokban, szalagokban és az izmokban található proprioceptorokra is hatást gyakorolt. 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 érzékszöbre.

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.

3 Célkitűzés és hipotézisek

Az ismertett szakirodalmi háttér alapján a következő célkitűzéseket állítjuk fel:

Munkánk célja a szomatoszenzoros rendszer, azon belül a talpi mechanoreceptorok poszturális kontrollban betöltött szerepének igazolása egészséges fiatal és idős alanyok bevonásával.

Vizsgálatunk az időskori, az egyensúlyi paramétereket és a talpi érzékenységet egyaránt érintő változások feltárását is célozza.

Célunk 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.

Hipotézisek:

1. hipotézis: Az alkalmazott manuális talpi ingerlés és stimuláló felület hatására javul a poszturális kontroll, csökken a TTK kitérése nyugodt állás közben egészséges, fiatal felnőttek vizsgálata során.
2. hipotézis: Az alkalmazott manuális talpi ingerlés és stimuláló felület hatására javul a poszturális kontroll, csökken a TTK kitérése nyugodt állás közben egészséges, idős alanyok esetén.
3. hipotézis: A mechanikai stimuláció hatása a vizuális információ hiányában érvényesül mindkét vizsgálati csoportban, azaz vizsgálataink eredményei alátámasztják a szenzoros újrasúlyozás elméletét.
4. hipotézis: Az idős vizsgálati csoport szenzoros integrációjának és taktilis küszöbnek vizsgálati eredményei alátámasztják a szenzoros rendszerek életkorfüggő változását.
5. hipotézis: A manuális talpi stimuláció hatására nő a talp bőrének taktilis érzékenysége, csökken a talpi taktilis érzésküszöb mindkét vizsgálati csoportban.

4 Módszerek

4.1 Résztevők.

4.1.1 Fiatal csoport.

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 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.

4.1.2 Idős csoport.

A vizsgálatban 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. Egyikük sem szenvedett akut megbetegedésben, nem rendelkeztek diagnosztizált egyensúlyzavarral, neurológiai, vagy csont-, izomrendszeri megbetegedéssel és nem szedtek az egyensúlyt befolyásoló gyógyszereket. Valamennyi önkéntest tájékoztattuk a vizsgálat céljáról és folyamatáról, amely megfelelt intézményünk etikai előírásainak.

4.2 Vizsgálati módszerek

4.2.1 A statikus egyensúlyi paraméterek vizsgálata

A Shumway-Cook és Horak (1986) által kidolgozott clinical test of sensory interaction on balance (CTSIB) lehetővé teszi a poszturális kontroll során felhasznált vizuális, vesztibuláris és szomatoszenzoros információk jelentőségének vizsgálatát. A CTSIB különböző vizsgálati kondíciókat használ a különböző szenzoros információk befolyásolá-

sára, így jól használható annak vizsgálatára, hogy hogyan adaptáljuk érzékelésünket a változó szenzoros kondíciókhoz, miközben fenntartjuk egyensúlyi helyzetünket.

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.

4.2.2 A talpi taktilis érzésküszöb vizsgálata

A SenseLab Aesthesiometer (3. ábra) 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. ábra).

Dyck és munkatársai (1993) által közölt 4-2-1 lépéses algoritmus segítségével határoztuk meg a vizsgált pontokon a talpi mechanoreceptorok tapintási érzésküszöbét, a vizsgálatot az egyensúlyi paraméterek vizsgálata előtt egy nappal végeztük el.

A Bell-Krotoski és kollégái (1995) által közölt 0.21 g nominális erőt fogadtuk el és alkalmaztuk normál talpi tapintási érzésküszöbként.



3. ábra: A SenseLab Aesthesiometer és a vizsgált talpi pontok

4.3 A talpi mechanoreceptorok stimulálása

4.3.1 Stimuláló felület

Egy stimuláló hatású felület azonnali hatásának vizsgálata céljából egy speciális, vékony, gumitüskékkel ellátott felületet (a tüskék sűrűsége: 5 tüske/cm^2 , egy tüske magassága 7mm, ármérője 2mm) használtunk a statikus egyensúlyi paraméterek vizsgálata során, mely felületet a platformra, illetve a platformon elhelyezett szivacsra helyeztünk. Vizsgálataink 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.

4.3.2 Manuális stimuláció

A manuális stimulációt legalább 30 perccel a tüskés felületen történt vizsgálatot követően végeztük el. A talpi mechanoreceptorok ingerlését két vizsgáló személy végezte (25-25 fő). A manuális stimuláció kivitelezését megelőzte egy tanulási folyamat, melynek célja az volt, hogy minden alany esetén lehetőleg azonos intenzitással történjen a talpi mechanoreceptorok ingerlése. A tanulási folyamat során a manuális stimulációt egyidejűleg végezte a két vizsgáló személy az alany egy-egy talpán, így a vizsgálati alany visszajelzése alapján össze tudták hangolni az alkalmazott fogások erősségét. A tanulási folya-

matot három alkalommal, három vizsgálati alany részvételével megismételtük, illetve az alkalmazott nyomóerő mértékét dinamométer segítségével (Chatillon MSE 100) megmértük. A stimuláció során alkalmazott csúszó és nyomóerő mértékét átlagosan 48 Newtonban határoztuk meg.

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.

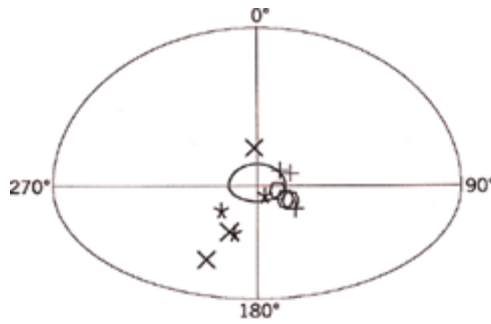
4.4 Statisztikai analízis

4.4.1 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.

4.4.2 Lengési út

A TTK erőmérő platform által, század-másodpercenként rögzített helyzetéből (4. ábra) a TTK kitérését számszerűsítő lengési utat számoltunk valamennyi szenzoros kondícióban.



4. ábra: A TTK kitérésének ábrázolása az erőmérő platform vetületében
(<http://resourcesonbalance.com/neurocom/protocols/sensoryImpairment/MCTSIB>)

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 összehasonlításkor a Newmann-Keuls tesztet használtuk. Az adatelemzés során $p < 0,05$ szignifikancia szintet fogadtunk el.

Valamennyi vizsgálati kondícióban elvégzett háromszori mérés eredményeit összehasonlítva azt tapasztaltuk, hogy az első mérések során a lengési út szignifikánsan hosszabb, mint a második és harmadik mérés esetén, ugyanakkor nem volt szignifikáns különbség a második és harmadik mérés során rögzített lengési út között. Így a mérés megbízhatóságának érdekében valamennyi kondícióban az első mérések adatait kizártuk a további adatfeldolgozásból és csak a második és harmadik mérés nyert adatokat vetettük alá statisztikai analízisnek.

5 Eredmények

5.1 A talpi taktilis érzékenység a fiatal vizsgálati csoportban

Fiatal alanyaink vizsgált talpi régióiban mért talpi taktilis érzésküszöb és a normál taktilis küszöbként elfogadott 0.21 g nominális erő összehasonlításával megállapítottuk, hogy a vizsgálat résztvevői esetén nem áll fenn csökkent tapintási érzékenység, mivel nem találtunk szignifikáns különbséget sem a jobb ($p = 0.916$) sem a bal ($p = 0.345$) talp érzékenységében a normál értékhez viszonyítva.

5.2 A talpi taktilis érzékenység az idős vizsgálati csoportban

Idős alanyaink a talp hat pontján mért taktilis érzésküszöbét a normál küszöbvel összehasonlítva mindkét talpon ($p=0,000$) szignifikánsan emelkedett tapintási küszöböt észleltünk, azaz csökkent az idős alanyok talpi tapintási érzékenysége.

5.3 Statikus egyensúlyi paraméterek a fiatal vizsgálati csoportban

5.3.1 A kiinduló egyensúlyi állapot

Valamennyi mérési kondícióban mind AP, mind ML irányban a lengési út növekedését tapasztaltuk vizuális információ hiányában. (5., 6. ábra).

A kemény és szivacs felszín hatását összehasonlítva látható, hogy a szivacs felszínen állva mindkét irányban, mindkét vizuális kondíció mellett szignifikánsan megnőtt a lengési út.

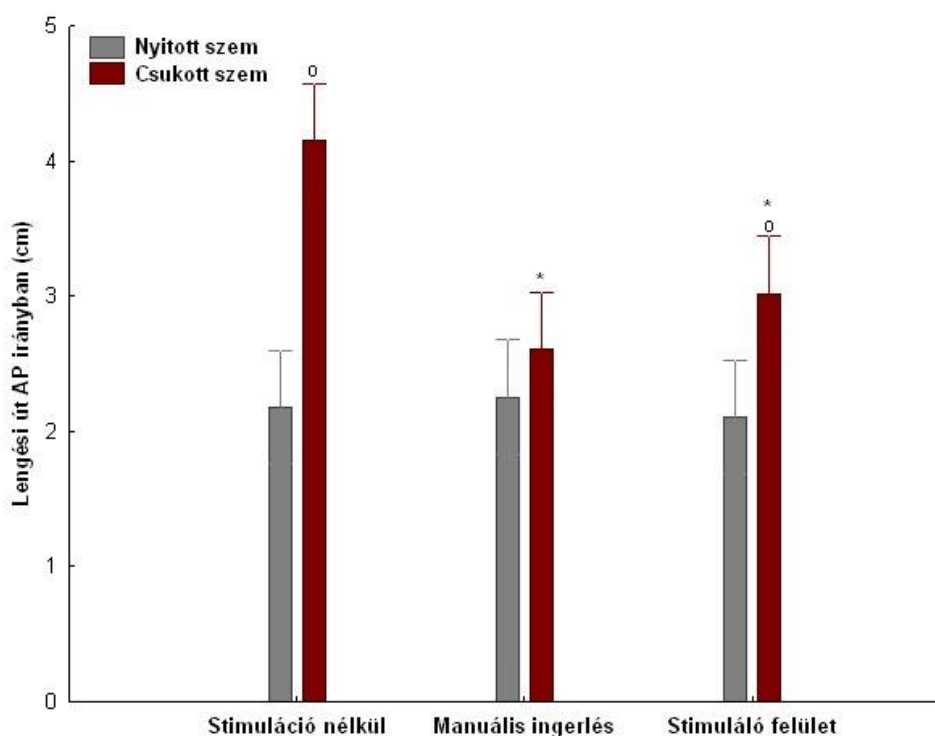
5.3.2 A 10 perces manuális stimuláció és a stimuláló felület hatása az egyensúlyi paraméterekre kemény felszínen a fiatal vizsgálati csoportban

A kiinduló mérések során a vizuális információ főhatását észleltük mindkét irányban (AP $p < 0.001$; ML $p < 0.001$), azaz a vizuális információk hiányában szignifikánsan megnőtt a lengési út, ugyanakkor ezek a változások a manuális ingerlést követően eltűntek kemény felszínen AP és ML irányban, a tüskés felület alkalmazásakor pedig ML irányban (5.a.,b ábra). Eredményeink szerint szignifikáns interakció igazolódott a stimuláció és a

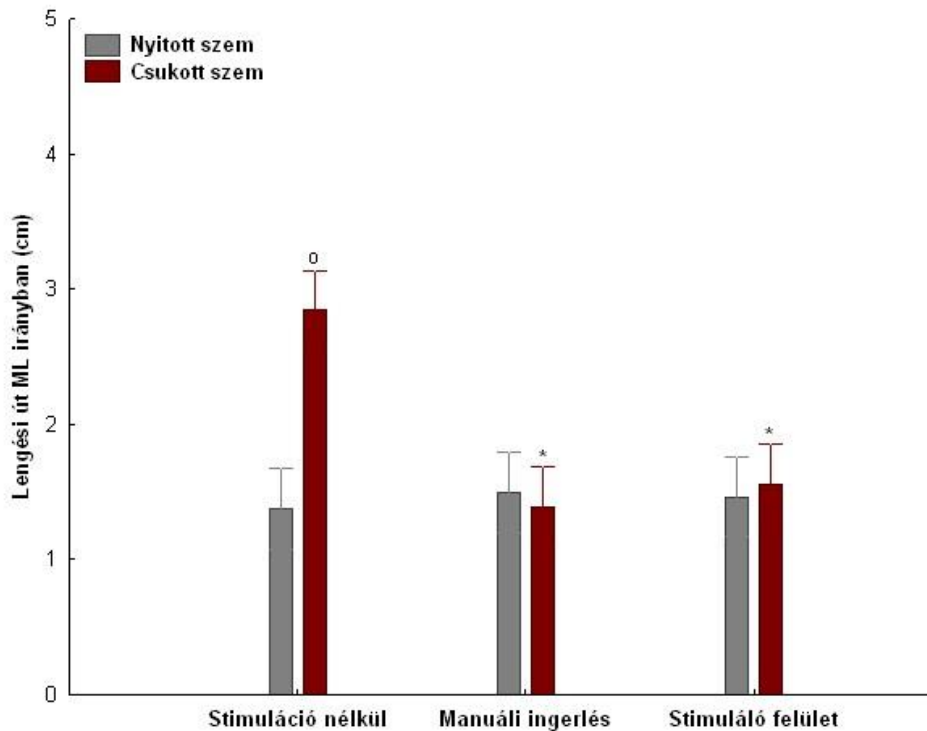
vizuális információ között mind AP ($p < 0.001$), mind ML ($p < 0.001$) irányban kemény felszínen.

Kemény felszínen, csukott szemmel vizsgálva a poszturális stabilitást, a manuális talpi ingerlés főhatását észleltük mind AP ($p < 0.001$) (5.a ábra), mind ML ($p < 0.001$) (5.b ábra) 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 ($p < 0.001$) (5.a ábra), ML ($p < 0.001$) (5.b ábra), amikor a vizuális információ nem volt elérhető. Ez a hatás ML irányban volt jelentősebb, a tüskés felület hatása kompenzálta a vizuális információk hiányát.

Az általunk alkalmazott stimulációk (manuális stimuláció, tüskés felület) egyike sem okozott változást a lengési útban vizuális információk mellett sem AP, sem ML irányban.



5.a ábra: A 10 perces manuális stimuláció és a stimuláló felület azonnali hatása a poszturális stabilitásra kemény alátámasztási felületen állva a fiatal vizsgálati csoportban. A lengési út (átlag±SE) AP irányban nyitott és csukott szemmel. A statisztikailag jelentős különbségek ($p < 0.05$) összehasonlítva a nyitott szemes kondícióval (kör) és összehasonlítva a kiinduló adatokkal (csillag).



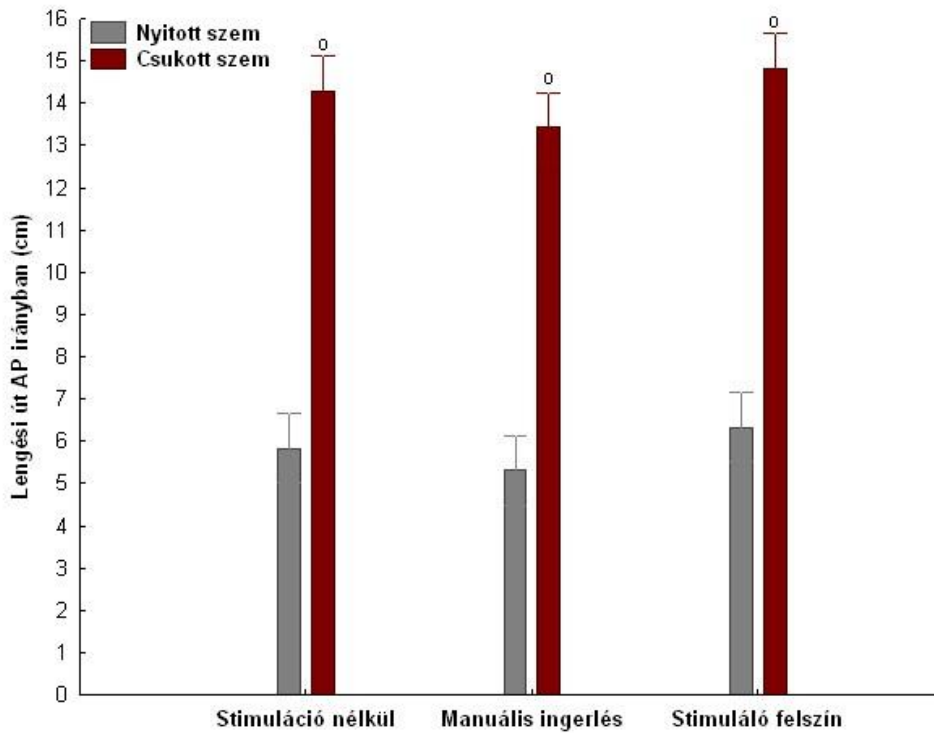
5.b ábra: A 10 perces manuális stimuláció és a stimuláló felület azonnali hatása a poszturális stabilitásra kemény alátámasztási felületen állva a fiatal vizsgálati csoportban. A lengési út (átlag±SE) ML irányban nyitott és csukott szemmel. A statisztikailag jelentős különbségek ($p < 0.05$) összehasonlítva a nyitott szemes kondícióval (kör) és összehasonlítva a kiinduló adatokkal (csillag).

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

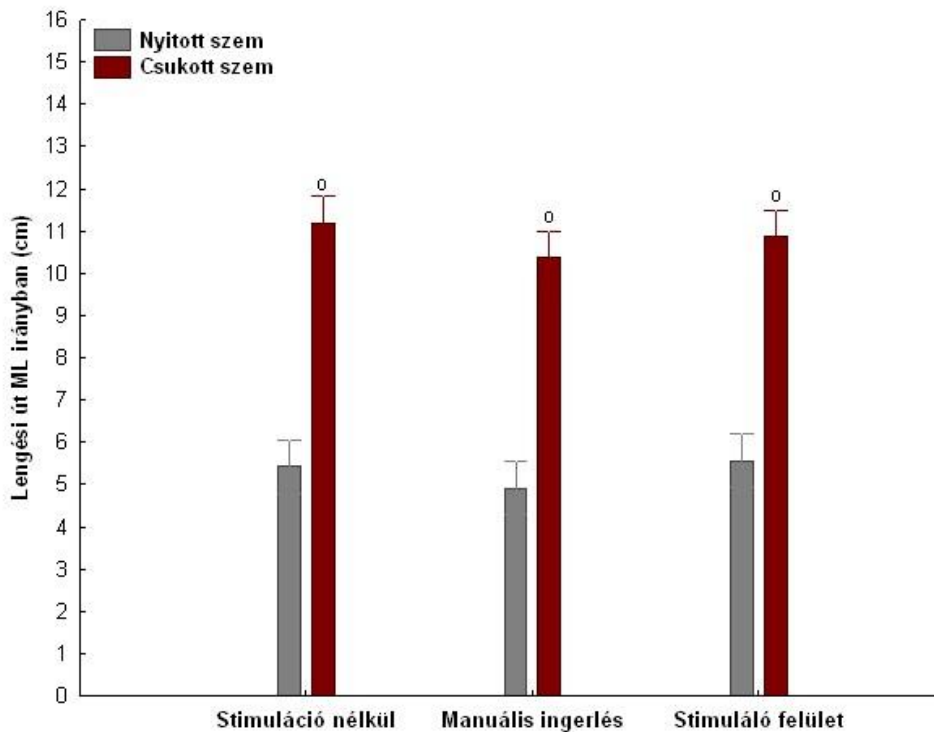
Szivacs felszínen a vizuális információ főhatását észleltük valamennyi stimuláció kondíció és mindkét irány esetén, azaz szivacs felszínen, csukott szemmel állva szignifikánsan megnőtt a lengési út mindkét irányban mind a kiinduló mérés (stimuláció nélkül) során, mind a manuális stimulációt követően, mind a tüskés felszín alkalmazása esetén.

Szemben a kemény felszínen tapasztalt eredményekkel, szivacs felszínen az analízis nem igazolt interakciót a stimuláció és a vizuális információ között. Mindazonáltal, vizuális információ hiányában a manuális ingerlés hatására mindkét irányban csökkent a lengési út a stimulációt megelőző eredményekhez viszonyítva (6a,b ábra).

A tüskés felület hatását tekintve nem találtunk lényeges változást a lengési útban, a kiinduló adatokkal összehasonlítva a lengési út lényegében nem változott egyik irányban és egyik vizuális kondíció esetén sem a stimuláció hatására (6a,b ábra).



6.a ábra: A 10 perces manuális stimuláció és a stimuláló felület azonnali hatása a poszturális stabilitásra szivacs alátámasztási felületen állva a fiatal vizsgálati csoportban. A lengési út (átlag±SE) AP irányban nyitott és csukott szemmel. A statisztikailag jelentős különbségek ($p < 0.05$) összehasonlítva a nyitott szemes kondícióval (kör).



6.b ábra: A 10 perces manuális stimuláció és a stimuláló felület azonnali hatása a poszturális stabilitásra szivacs alátámasztási felületen állva a fiatal vizsgálati csoportban. A lengési út (átlag±SE) ML irányban nyitott és csukott szemmel. A statisztikailag jelentős különbségek ($p < 0.05$) összehasonlítva a nyitott szemes kondícióval (kör).

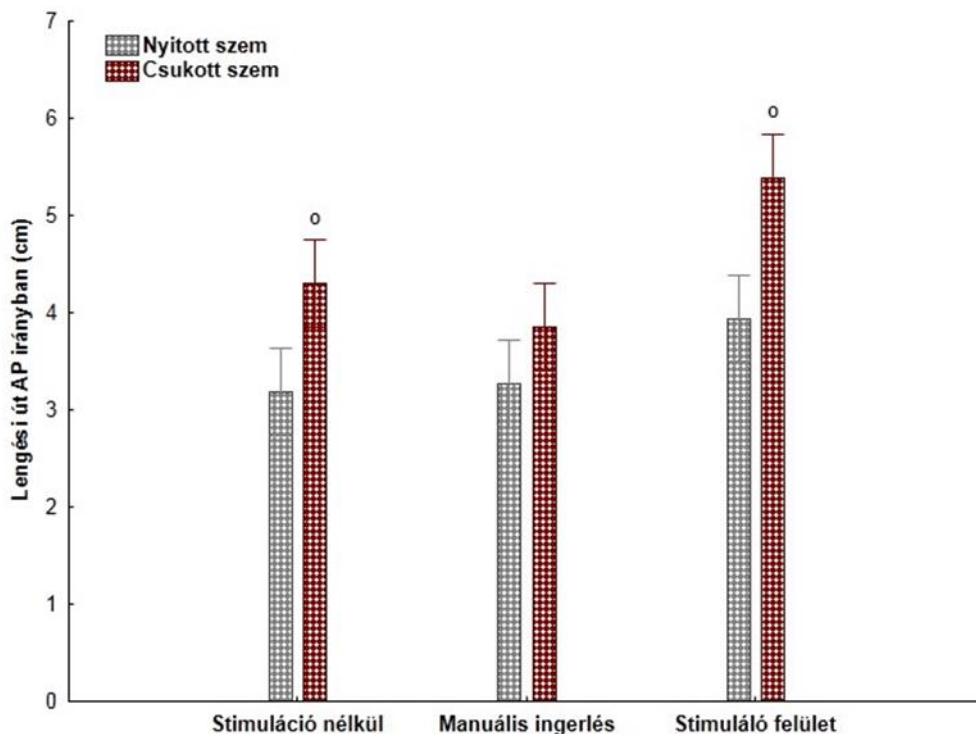
5.4 Statikus egyensúlyi paraméterek az idős vizsgálati csoportban

5.4.1 A kiinduló egyensúlyi állapot

Valamennyi mérési kondícióban mind AP, mind ML irányban a lengési út növekedését tapasztaltuk a szem becsukását követően, ugyanakkor kemény felszínen ML irányban a növekedés nem volt szignifikáns, míg ugyanezen a felszínen AP irányban, illetve szivacs felszínen mindkét irányban jelentősen megnőtt a kitérés vizuális információ hiányában (7., 8. ábra).

A kemény és szivacs felszín hatását összehasonlítva látható, hogy a szivacs felszínen állva mindkét irányban, mindkét vizuális kondíció mellett szignifikánsan megnőtt a lengési út (7., 8. ábra).

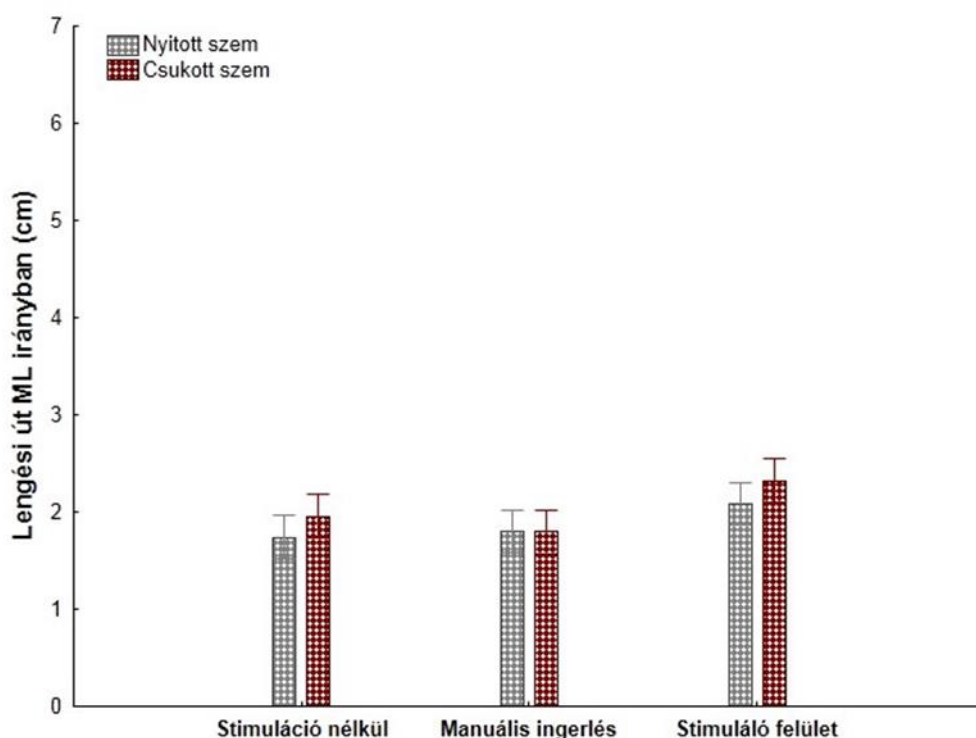
5.4.2 A 10 perces manuális stimuláció és a stimuláló felület hatása az egyensúlyi paraméterekre kemény felszínen az idős vizsgálati csoportban



7.a ábra: A 10 perces manuális stimuláció és a stimuláló felület azonnali hatása a poszturális stabilitásra kemény alátámasztási felületen állva az idős vizsgálati csoportban. A lengési út (átlag±SE) AP irányban nyitott és csukott szemmel. A statisztikailag jelentős különbségek ($p < 0.05$) összehasonlítva a nyitott szemes kondícióval (kör).

A stimuláció nélkül vizsgálva a poszturális stabilitás alakulását, a vizuális információ főhatása figyelhető meg, azaz 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. A manuális stimuláció hatására vizuális információ hiányában csökkent a TTK kitérése, és bár a csökkenés statisztikailag nem jelentős, mégis interakcióra utal a stimuláció és a vizuális információ között (7.a. ábra).

A stimuláló, tüskés felület azonnali hatásaként a lengési út inkább növekedett mindkét vizuális kondícióban a kiinduló adatokhoz viszonyítva (7.a. ábra).



7.b ábra: A 10 perces manuális stimuláció és a stimuláló felület azonnali hatása a poszturális stabilitásra kemény alátámasztási felületen állva az idős vizsgálati csoportban. A lengési út (átlag±SE) ML irányban nyitott és csukott szemmel.

ML irányban a szem becsukása egyik stimulációs mód esetén sem okozta a lengési út jelentős növekedését. A manuális ingerlést követően, vizuális információ hiányában a lengési út csökkenése figyelhető meg, ugyanakkor a változás nem szignifikáns.

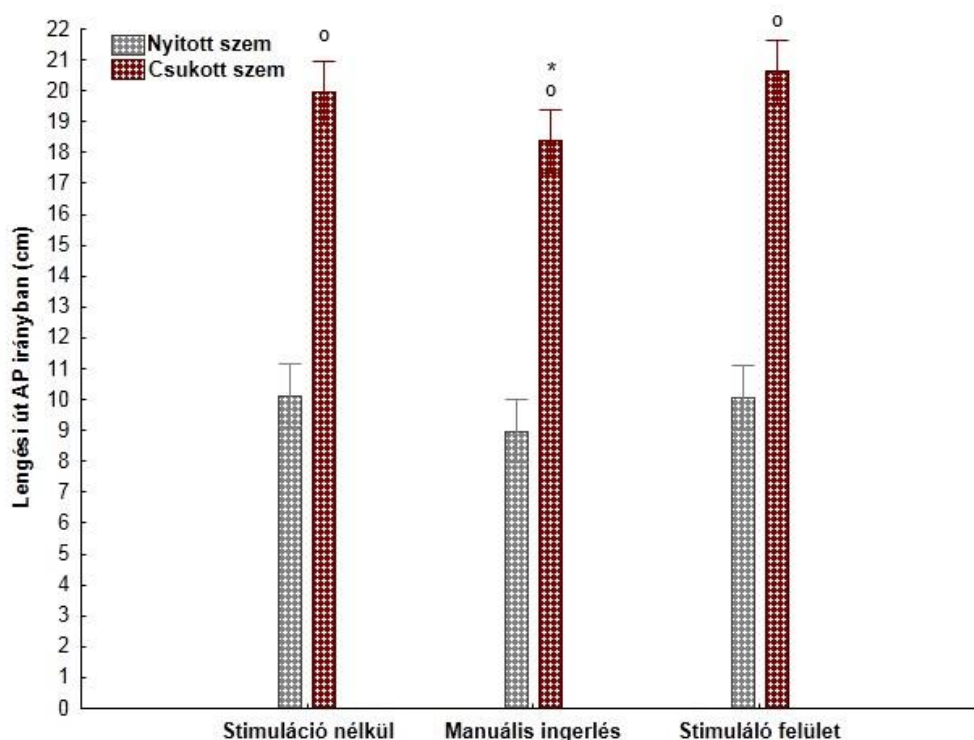
A stimuláló felület hatására a kitérés kismérvű növekedése figyelhető meg mindkét vizuális feltétel esetén a kiinduló adatokhoz viszonyítva. (7. b. ábra).

Az alkalmazott stimulációk egyike sem okozott jelentős változást a lengési útban vizuális információk mellett, sem AP, sem ML irányban (7. a. b. ábra).

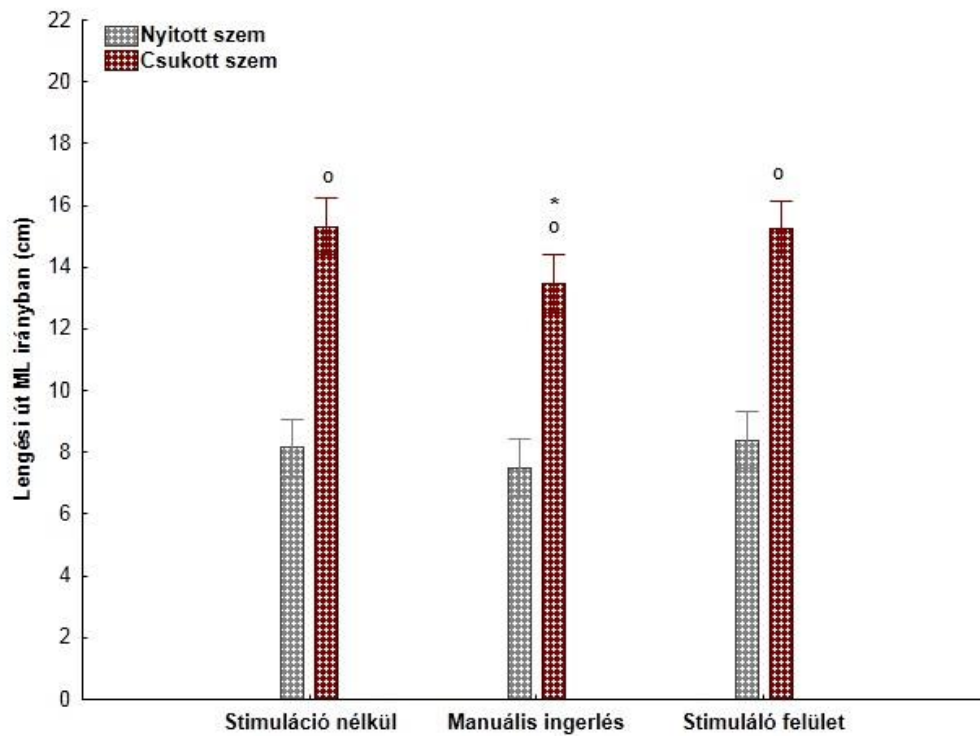
5.4.3 A 10 perces manuális stimuláció és a stimuláló felület hatása az egyensúlyi paraméterekre szivacs felszínen az idős vizsgálati csoportban

Szivacs felszínen vizsgálva az idős csoport poszturális stabilitását, mindhárom stimulációs kondíció esetén a vizuális információ főhatása igazolódik, mind AP, mind ML irányban, azaz a szem becsukására minden stimulációs kondíció esetén szignifikánsan növekedett a lengési út (8.a.b. ábra).

A manuális ingerlést követően, csukott szemmel vizsgálva mindkét irányban AP ($p < 0.032$) (8.a ábra), ML ($p < 0.014$) (8.b ábra) megfigyelhető a talpi manuális stimuláció főhatása, azaz a kiinduló adatokkal összehasonlítva szignifikánsan csökkent a lengési út.



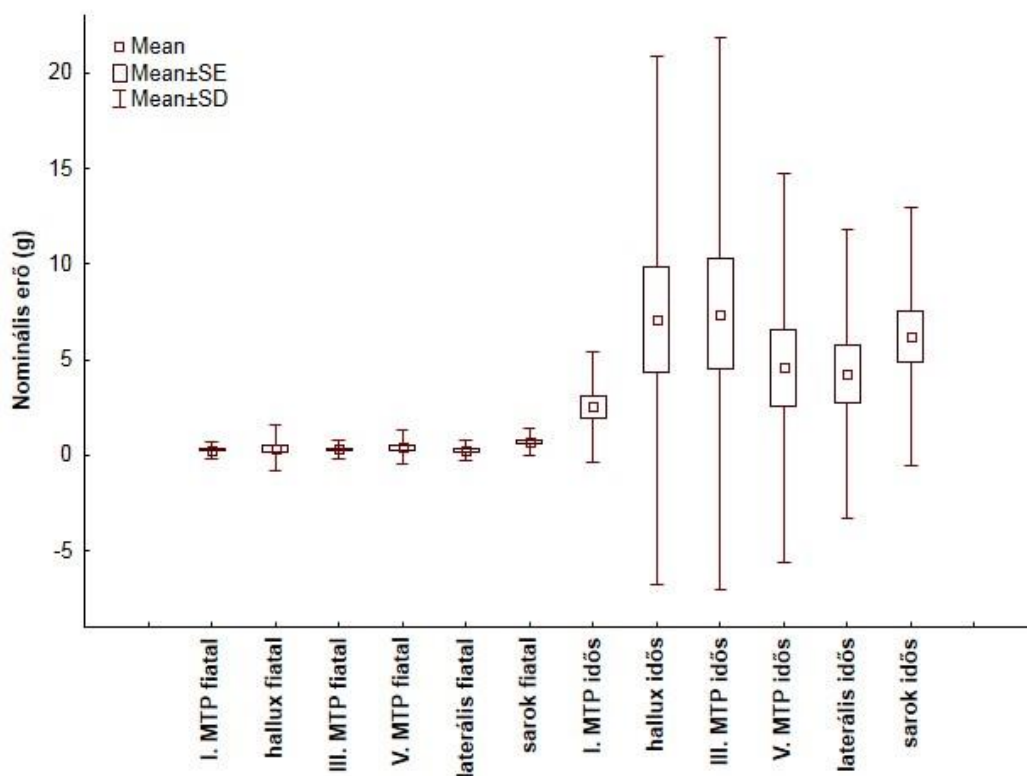
8.a ábra: A 10 perces manuális stimuláció és a stimuláló felület azonnali hatása a poszturális stabilitásra szivacs alátámasztási felületen állva az idős vizsgálati csoportban. A lengési út (átlag±SE) AP irányban nyitott és csukott szemmel. A statisztikailag jelentős különbségek ($p < 0.05$) összehasonlítva a nyitott szemes kondícióval (kör) és összehasonlítva a kiinduló adatokkal (csillag).



8.b ábra: A 10 perces manuális stimuláció és a stimuláló felület azonnali hatása a poszturális stabilitásra szivacs alátámasztási felületen állva az idős vizsgálati csoportban. A lengési út (átlag±SE) ML irányban nyitott és csukott szemmel. A statisztikailag jelentős különbségek ($p < 0.05$) összehasonlítva a nyitott szemes kondícióval (kör) és összehasonlítva a kiinduló adatokkal (csillag).

5.5 A fiatal és idős vizsgálati csoport talpi taktilis érzékenysége

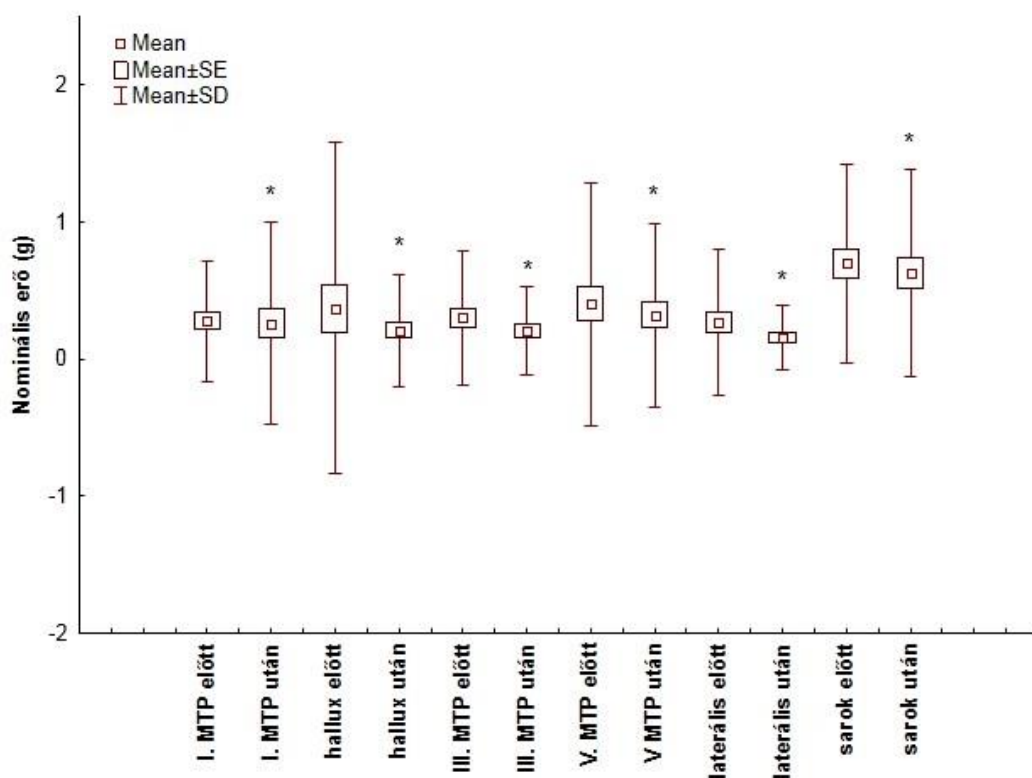
A két csoport talpi tapintási érzésküszöbét számszerűsítő nominális nyomóerőt összehasonlítva egyértelműen látható, hogy az egészséges, ép szomatoszenzóriummal rendelkező idős alanyok talpi érzékenysége minden vizsgált talpi ponton jelentősen csökkent a fiatal alanyok talpi érzékenységéhez képest, azaz a mért, még éppen érzékelt legkisebb nyomóerő az idősek esetén lényegesen magasabb, a talp bőrében elhelyezkedő mechanoreceptorok érzésküszöbe megemelkedett (9. ábra).



9. ábra: A fiatal és az idős vizsgálati csoport talpi taktilis érzésküszöbe. A nominális erő (mean/mean+SE/mean+SD) a vizsgált talpi pontokon.

5.6 A manuális stimuláció hatása a talpi taktilis érzékenységre a fiatal vizsgálati csoportban

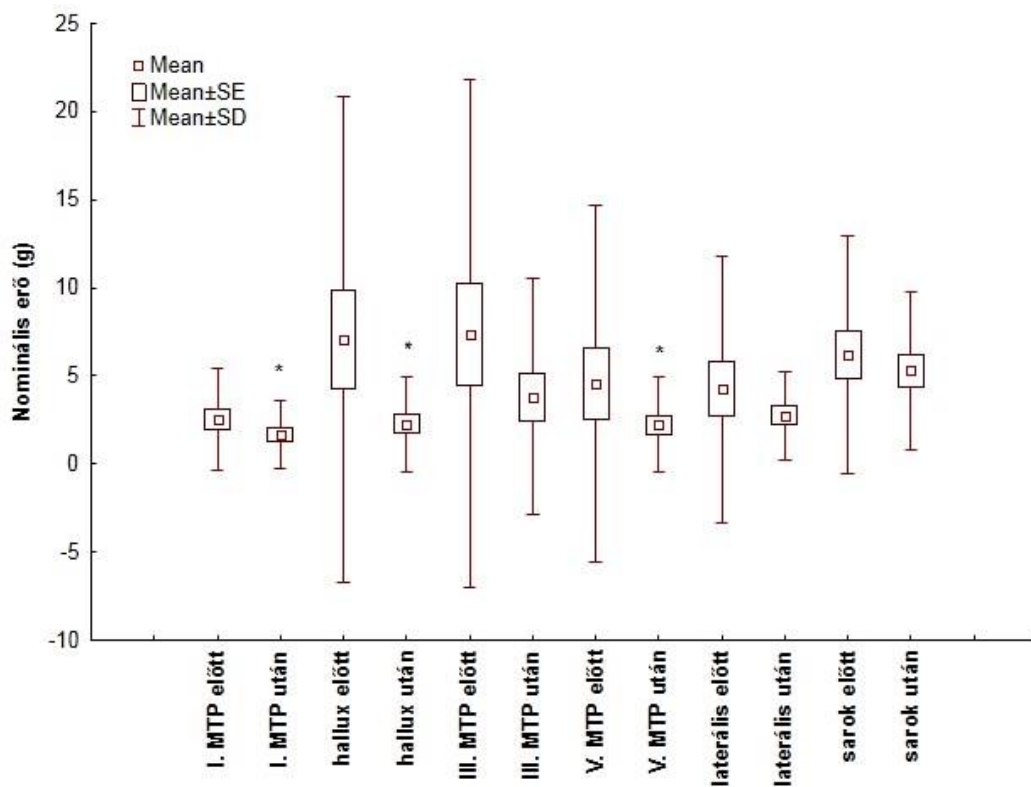
A manuális ingerlés hatására a talp valamennyi vizsgált pontján szignifikánsan csökkent a még érzékelt nominális nyomóerő (I. MTP $p < 0.002$; hallux $p < 0.002$; III. MTP $p < 0.000$; V. MTP $p < 0.011$; laterális $p < 0.000$; sarok $p < 0.001$), azaz a talp egészén a tapintási érzésküszöb csökkenése, a talpi érzékenység fokozódása igazolódik (10. ábra).



10. ábra: A 10 perces manuális stimuláció hatása a talpi taktilis érzésküszöbre a fiatal vizsgálati csoportban. A nominális erő (mean/mean+SE/mean+SD) a vizsgált talpi pontokon a stimuláció előtt és után. A statisztikailag jelentős különbségek ($p < 0.05$) összehasonlítva a kiinduló adatokkal (csillag).

5.7 A manuális stimuláció hatása a talpi taktilis érzékenységre az idős vizsgálati csoportban

A manuális ingerlést követően a talp három vizsgált pontján szignifikánsan csökkent a taktilis érzésküszöb (I. MTP $p < 0.018$; hallux $p < 0.026$; V. MTP $p < 0.041$), míg a másik három ponton is az érzésküszöb csökkenését láthatjuk, ám ez a csökkenés nem szignifikáns (III. MTP $p < 0.300$; laterális $p < 0.897$; sarok $p < 0.286$). Eredményeink szerint a stimuláció hatására részben fokozódott a talp taktilis érzékenysége (11. ábra).



11. ábra: A 10 perces manuális stimuláció hatása a talpi taktilis érzésküszöbre az idős vizsgálati csoportban. A nominális erő (mean/mean+SE/mean+SD) a vizsgált talpi pontokon a stimuláció előtt és után. A statisztikailag jelentős különbségek ($p < 0.05$) összehasonlítva a kiinduló adatokkal (csillag).

6 Megbeszélés

6.1 A mechanikai stimuláció hatása a statikus egyensúlyi paraméterekre

Vizsgálatunk mind fiatal, mind idős alanyai valamennyi vizsgálati kondíció esetén képesek voltak kontrollálni egyensúlyi helyzetüket, megőrizni stabilitásukat nyugodt állás közben. Vizsgálatunk során változtattuk a vizuális információk elérhetőségét (szem nyitása, zárása), illetve a külső alátámasztási felszín felől érkező nyomási és taktilis információk mennyiségét és minőségét (kemény és szivacs felszín).

Megelőző tanulmányok igazolták, hogy mind fiatal, mind idős, egészséges vizsgálati alanyok esetén a talpi mechanoreceptorok különböző módszerrel végzett stimulációja vizuális információ hiányában javítja a poszturális kontrollt kemény alátámasztási felszínen (Maki és mtsai, 1999; Maurer és mtsai, 2001; Priplata és mtsai, 2003; Nurse és mtsai, 2005; Bernard-Demanze és mtsai, 2006; Vaillant és mtsai, 2008; Palluel és mtsai, 2008). Vizsgálatunk eredményei a fent említettekhez hasonlóan mindkét vizsgálati csoportban igazolják a mechanikai ingerlés hatékonyságát, ugyanakkor néhány életkorfüggő különbségre is rámutatnak.

6.1.1 A mechanikai stimuláció hatása a statikus egyensúlyi paraméterekre a fiatal vizsgálati csoportban

Számos tanulmány vizsgálta a szenzoros információk szerveződését a poszturális kontroll során, és jelentős tanulmányok igazolták a vizuális információ szerepét az egyensúly kontrollban (Lee és Lishman, 1977; Brandt és mtsai, 1986).

Eredményeink alátámasztják a vizuális inputok jelentőségét, mivel a kiinduló, stimuláció nélküli vizsgálat során mindkét alátámasztási felszínen, mindkét irányban megnőtt a lengési út vizuális információ hiányában. Továbbá mindkét irányban rontotta a stabilitást, ha az alátámasztási felszín felől érkező szomatoszenzoros információt az alkalmazott szivacs felülettel csökkentettük.

A lengési út változása a különböző kondíciók során jól tükrözi az egyén szenzoros információt adaptáló képességét a poszturális kontrollhoz. Az általunk, valamennyi szenzoros kondíció vizsgálata során észlelt változás egybeesik Peterka és Black (1990) által közöltekkel, azaz a legkisebb kitérés akkor történik nyugodt állás során, ha mind az alátámasztási felszínhez történő orientációt biztosító inputok, mind pedig a vizuális információk

hozzáférhető és pontosak. Amennyiben az alátámasztási felszín felől érkező információk zavartak, pontatlanok, úgy megnő a TTK kitérése, a rendelkezésre álló vizuális inputok ellenére is. A legnagyobb növekedés a kitérésben akkor jelentkezik, ha mind a szomatoszenzoros, mind a vizuális információ zavart, ekkor az egyetlen pontos elérhető input a vesztibuláris rendszerből származik.

A szenzoros rendszerek részvétele és jelentősége a poszturális kontrollban felveti a szenzorium befolyásolásán keresztül a poszturális kontroll javításának kérdését.

Bernard-Demanze és munkatársai (2006) egy háromszor 10 percen át tartó, gépi talpmasszázs hatását igazolták a statikus egyensúlyra. 19 egészséges, fiatal felnőtt statikus egyensúlyi paramétereit vizsgálták kemény felszínen, csukott szemmel nyugodt állás közben. Eredményeik szerint valamennyi masszázis-periódus hatására csökkent a TTK vertikális vetületének kitérése ML irányban stabil, kemény felszínen, amikor a vizuális információ nem volt elérhető.

Az említett tanulmánnyal megegyezően vizsgálatunk igazolta, hogy a talp 10 perces stimulációja megnöveli az alátámasztási felszín felől érkező nyomási információk jelentőségét a poszturális kontroll során, ezáltal facilitálva a stabilitást kemény alátámasztási felszínen. Eredményeink szerint a talp manuális stimulációja javulást eredményezett a poszturális kontrollban, ha a vizuális információ nem volt hozzáférhető, azaz kemény felszínen, mindkét irányban a talpi mechanoreceptorok aktiválása részben kompenzálta a vizuális információ hiányát.

Vizsgálatunk érdekes eredménye, hogy a manuális stimuláció után a kitérés csökkenését tapasztaltuk szivacs felszínen is csukott szemmel vizsgálva mind AP, mind ML irányban.

Egy korábbi tanulmányban Chiang és Wu (1996) rámutattak, hogy a szivacs felszínen való állás során a puha felület vélhetően befolyásolja a talp bőrének mechanoreceptorai által felvett, a külső alátámasztási felszín felől érkező inputokat. Szoros összefüggést találtak a talpi nyomásviszonyok és a külső alátámasztási felület minősége, keménysége között, miszerint a szivacsfelület alkalmazása rontja a talpi mechanoreceptorok által felvehető információkat. Eredményeik szerint, a talpi nyomás, mint szomatoszenzoros információ, jelentős szerepet játszik a poszturális kontrollban nyugodt állás során kemény alátámasztási felszínen, ugyanakkor a nyomási információk jelentősége csökken puha felszínen állva. Tehát a talpi mechanoreceptorok által felvett taktilis

és nyomási információk csökkennek, illetve pontatlanok szivacs felszín alkalmazásakor. A fent említett tanulmány eredményei azt sugallják, hogy a puha alátámasztási felszín csökkent szomatoszenzoros információt eredményez a láb számára, tehát főként a vizuális és vestibuláris információk segítik az orientációt szivacs felszínen állva. Csukott szemmel, puha szivacs felületen állva a vestibuláris információk pontosak, ugyanakkor a vizuális információ hiánya, valamint a szomatoszenzoros inputok csökkenése miatt megnő a TTK kitérése, a lengési út.

Eredményeink szerint 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.

Lényegesnek találjuk a lengési útban ML irányban bekövetkezett változásokat. Winter és kollégái (1993, 1996) szerint a ML kitérés nyugodt állás során a jobb és bal oldal terhelésének váltakozásával írható le. Ennek megfelelően a TTK kitérése ML irányban leginkább a testsúly végtagok (lábak) közti eloszlásváltozásának függvénye (Winter, 1995). Hasonlóan Bernard-Demanze és mtsai. (2006) által közöltekkel, vizsgálatunk eredményei szintén alátámasztják azt az elgondolást, miszerint a plantáris felszín manuális ingerlése javítja a két alsó végtag közötti testsúlyeloszlás kontrollját.

Számos tanulmány rávilágított arra, hogy a laterális stabilitás, vagy instabilitás fontos jellemzője a poszturális kontrollnak, különösen idős korban (Maki and McIlroy, 1996; 1997). Korábbi tanulmányainkban szignifikánsan alacsonyabb ML irányú lengési energiát tapasztaltunk ironman sportolók esetén extrém terhelést követően, egészséges, átlagosan terhelt alanyok ML irányú kitérésével összehasonlítva, mely jelzi a magasabb szintű motoros kontrollt a ML irányban (Nagy és mtsai, 2004). Továbbá a ML irányú egyensúlyi paraméterek érzékenyebbnak mutatkoztak egy 8 hetes, egyensúlyjavító tréningprogram alkalmazásakor, idős korcsoportban, az AP irányú változásokkal összehasonlítva (Nagy és mtsai, 2007).

Henry és munkatársai (2001) rámutattak, miszerint poszturográfias vizsgálat során a lábak egymástól való távolsága befolyásolja a TTK kitérésének mértékét, a stabilitási limitet, a távolság növelése megnöveli a passzív stabilitást az alsó végtag ízületeiben, így fokozza a poszturális stabilitást nyugodt állás során.

Érdekes módon, tanulmányunkban a poszturális kitérés mindkét alátámasztási felszínen, ML irányban lecsökkent a manuális ingerlést követően, habár a sarkak középvonalának távolsága a poszturográfias vizsgálat alatt a testmagassághoz arányosított, legalább

22 cm volt. Tehát az állás szélessége valószínűleg fokozta a passzív stabilitást ML irányban. Eredményeink alapján feltételezhető, hogy a mediolaterális kontroll növekedése a plantáris mechanoreceptorok aktiválása révén terápiás szempontból hasznos, és alkalmas lehet az elesések rizikójának csökkentésére, különösen idős korban.

További célja volt tanulmányunknak egy durva, tüskés gumi felület direkt hatásának vizsgálata a statikus egyensúlyra. Vizsgálati adataink szerint a tüskés felület stimuláló hatása következtében kemény felszínen, csukott szemmel vizsgálva a lengési út mindkét irányban szignifikánsan csökkent a fiatal vizsgálati csoportban.

Nurse és munkatársai (2005) leírták, hogy egy textúrált, cipőbe helyezhető talpbetét képes volt befolyásolni az alsó végtagi izomaktivitást a talp felől érkező szenzoros információ módosítása által. Corbin és kollégái (2007) szintén textúrált talpbetét hatását vizsgálták egészséges fiatalok poszturális kontrolljára. 24, tíz másodpercen át tartó poszturográfias vizsgálaton keresztül rögzítették alanyaik talpi nyomásközéppontjának kitérését és annak szögsebességét két vizuális kondícióban. Megállapították, hogy a stimuláló talpbetét révén megnőtt afferens információ hozzájárult a poszturális kontroll javulásához, mivel a talpbetét használatakor a szem becsukása nem rontotta jelentősen az egyensúlyi paramétereket.

Palluel és kollégái (2008) egy tüskés felületű gumi talpbetéttel ellátott szandál viselésének lengési paraméterekre gyakorolt hatását vizsgálták fiatal és idős, ép talpi bőrérzékeléssel bíró alanyok esetén. Vizsgálatukban a résztvevők 5-5 percen át álltak talpbetéttel, illetve anélkül egy erőmérő platformon, valamint sétáltak ugyanilyen feltételekkel, majd megmérték az alanyok poszturális stabilitását. Eredményeik szerint a talpbetét behelyezését követően nem igazolódott azonnali hatás, ugyanakkor a talpbetét alkalmazása mind 5 percen át tartó állás, mind járás során szignifikáns javulást hozott az egyensúlyi paraméterekben mindkét irányban, mindkét vizsgálati csoport esetén.

Az említett tanulmányhoz hasonlóan, eredményeink a fiatal csoportban szintén alátámasztják azt a gondolatot, miszerint egy tüskés felület képes hozzájárulni a statikus egyensúlyi paraméterek javulásához kemény alátámasztási felszínen. Ugyanakkor, szemben a manuális ingerléssel, a tüskés felület hatástalannak bizonyult szivacs felszínen, a rövid ideig ható és kevésbé intenzív behatás nem volt képes kompenzálni a szivacs felszín nyomási impulzusokat befolyásoló, azokat lecsökkentő tulajdonságát.

Tanulmányunkban a különböző mechanikai ingerléseket csak a csukott szemmel vizsgált kondíciókban találtuk hatékonyak. A hatékonyságnak a nyitott szemmel végzett mérések során tapasztalt hiánya a szenzoros információ bőségének lehet köszönhető, nevezetesen annak, hogy a központi idegrendszer elsősorban a pontos vizuális és vesztibuláris információkat használta a poszturális kontroll során, míg a stimulált szomatoszenzoros bemenetre kevésbé hagyatkozott. Vizuális információ hiányában a mechanoreceptorokból érkező információ vált meghatározóvá a stabilitás eléréséhez. Vaillant és mtsai. (2008), Bernard-Demanze és mtsai. (2006), Palluel és mtsai. (2008) által közöltek jelen tanulmányunkkal együtt alátámasztják azt a feltételezést, hogy az aktivált talpbőri információk képesek részben kompenzálni a vizuális információ hiányát a poszturális stabilitás megtartása során.

A központi idegrendszer arra való képessége, hogy újrasúlyozza az elérhető szenzoros információkat a poszturális kontroll során, általánosan elfogadott nézet (Stål és mtsai, 2003; Allison és mtsai. 2006; Vuillerme and Pinsault 2007; Vuillerme és mtsai, 2008). Oie és kollégái (2002) erős bizonyítékot találtak a szenzoros újrasúlyozás mechanizmusára. Kis amplitúdójú vizuális és szomatoszenzoros stimulusoknak tették ki vizsgálati alanyaikat nyugodt állás közben, és vizsgálták a poszturális stabilitást. Megállapították, hogy a TTK kitérésének növekedése szisztematikusan együtt jött létre a szenzoros inputok változásával. Továbbá interakciót tapasztaltak a vizuális és a szomatoszenzoros stimuláció között, azaz a vizuális inger változására bekövetkezett TTK kitérés részben függött a szomatoszenzoros input változásától.

Úgy véljük, hogy 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.

Eredményeink, hasonlóan Oie és kollégái által közöltekkel, egyértelműen igazolták a szignifikáns interakciót a vizuális információ és az alkalmazott manuális stimuláció között, alátámasztva ezzel egyrészt a talpi mechanoreceptorok jelentőségét a poszturális kontrollban, bizonyítva a manuális ingerlés alkalmasságát e receptorokon keresztül a poszturális stabilitás facilitálására, továbbá igazolva a szenzoros újrasúlyozás teóriáját.

6.1.2 A mechanikai stimuláció hatása a statikus egyensúlyi paraméterekre az idős vizsgálati csoportban

Az idős vizsgálati csoportra vonatkozóan a kiinduló egyensúlyi paraméterek nem tértek el lényegesen a fiatal csoport adataitól. Idős alanyaink csukott szemmel is képesek voltak mindkét alátámasztási felületen fenntartani egyensúlyukat, ugyanakkor eredményeink igazolják, hogy a vizuális információ hiánya nehezíti az egyensúly fenntartását, megnövekedett a TTK kitérése. Eredményeink egybeesnek azzal az elképzeléssel, miszerint a lecsökkent perifériás szenzoros információ szegényesebb központi kalkulációt tesz lehetővé a test dinamikáját illetően, így kevésbé precíz poszturális kontrollt eredményez (Teasdale és mtsai, 1991).

Az idős csoportban kemény felszínen, ML irányban, a kiinduló paraméterek esetén nem észleltük, hogy a szem becsukása szignifikánsan rontotta volna a stabilitást, szemben az AP irányban és a fiatal csoportban tapasztaltakkal. Feltételezzük, hogy a vizuális információ hiányában alanyaink az ízületi helyzet stabilizálásával kompenzálták a körülmények változását, így produkáltak kisebb kitérést. Benjuya és mtsai. (2004), valamint Madhavan és Shields (2005) leírták, hogy az idős korra károsodó propriocepció következményeként csukott szemmel az idős alanyok az alsó végtagok izmainak egyidejű megfeszítésével reagálnak, így biztosítva a stabilitást.

Az idős és a fiatal csoport kitérését összehasonlítva látható, hogy a puha szivacs felszín és a szem becsukása az idős csoportban mindkét irányban nagyobb kitérés növekedést okozott. Számos tanulmány leírja, hogy míg az egészséges idős egyének poszturális kontrollja nem különbözik lényegesen a fiatalokétól amennyiben csak egy szenzoros kondícióban történik változás, azonban a stabilitás csökkenése következik be, ha egyidejűleg két szenzoros feltételt is megváltoztatunk (Woollacott és mtsai, 1986; Horak és mtsai, 1989).

Vizsgálatunkban a manuális ingerlés az idős csoportban is hatékonyan bizonyult a kemény felszínen, különösen AP irányban.

Vaillant és mtsai. (2008) 17 idős személy poszturális stabilitását vizsgálták egy 20 perces át tartó terápiás manuális ingerlés előtt és után. A manuális stimuláció a talpak manuális masszázst, illetve a láb és boka mobilizációját foglalta magába. A poszturográfias vizsgálat során a vizuális információ elérhetőségét változtatták abból a célból, hogy kide-

rítsék a látás korlátozásának azonnali hatását a poszturális kontrollra, illetve a poszturális adaptáció alakulását vizuális információ hiányában. Eredményeik szerint a manuális ingerlés és mobilizáció után a poszturális stabilitás változatlan maradt a látás hiánya esetén is, összehasonlítva a kiinduló, stimulációt megelőző eredményekkel. Tehát a manuális ingerlés és mobilizáció lehetővé tette az idős résztvevők számára, hogy megőrizzék stabilitásukat a vizuális információ hiányának ellenére, azaz részben képes volt helyettesíteni a látás révén a környezetből érkező információt, kompenzálni annak hiányát. A fent említett szerzők további vizsgálatukban igazolták, hogy az alkalmazott manuális ingerlés és mobilizáció szignifikánsan javította a klinikai egyensúlyvizsgáló tesztek kivitelezését egészséges idős személyek esetén (Vaillant és mtsai, 2009).

Vizsgálatunk eredményei egybeesnek a fent említettekkel, azaz a talp manuális ingerlése javítja a poszturális stabilitást kemény alátámasztási felszínen, a stimulációt követően a szem becsukása, a vizuális információ hiánya valóban nem befolyásolta a lengési utat egyik vizsgált irányban sem, a nyitott szemmel végzett vizsgálat eredményeihez viszonyítva. Ez a hatás az idős vizsgálati csoportban különösen AP irányban volt jelentős. A szem becsukása a stimulációt megelőzően szignifikánsan megnövelte a lengési utat, míg a stimuláció után AP irányban a vizuális információ hiányát részben pótolta az ingerléssel aktivált mechanoreceptorokból származó nyomási információ. ML irányban, ha nem is jelentősen, de szintén csökkent a lengési út. Mindazonáltal, ellentétben Vaillant és mtsai (2008) által közölt stimulációs módszerrel, mi a láb mobilizációját nem, csak a talp manuális ingerlését alkalmaztuk a talp felől érkező szomatoszenzoros információ felerősítésére, így eredményeink igazolják, hogy a manuális statikus és csúszó nyomási ingerlés önmagában is alkalmas a poszturális stabilitás fokozására nyugodt állás közben, bizonyítva ezzel a talpi mechanoreceptorok jelentőségét a poszturális kontrollban.

Érdekesnek találjuk azt az eredményünket, miszerint idős alanyaink esetében, szemben a fiatalokkal, a manuális stimuláció hatékonysága leginkább szivacs felszínen vizsgálva mutatkozott meg. Csukott szemmel, szivacs felszínen vizsgálva mindkét irányban szignifikánsan csökkentette a talp manuális stimulációja a lengési utat.

A szivacs felszín alkalmazásával az alátámasztási felület felől érkező taktilis és nyomási inputok mennyiségének és minőségének módosítása, csökkentése volt a célunk. Mint ahogy Wu és Chiang (1996) leírták, az alátámasztási felszín keménysége és a talpi nyomás mértéke szorosan összefüggnek, így kevesebb és pontatlanabb információ jut a központi idegrendszerbe a kontaktfelületről.

A vizuális információt nélkülöző és szivacs felszínen végzett mérési kondícióban tehát alanyaink két szenzoros rendszer pontos információi hiányában kellett fenntartsák poszturális stabilitásukat. Horak és kollégái (1990) egészséges és vesztibuláris rendszer károsodott egyének poszturális stabilitását vizsgálták CTSIB-vel. Eredményeik szerint instabilitás alakult ki a vesztibuláris rendszer károsodott vizsgálati alanyoknál, ha a vizuális információ nem volt elérhető és a szomatoszenzoros információt megzavarták. Tehát ha a vizuális információ nem elérhető és a szomatoszenzoros információk pontatlanok, az egyén elsősorban a vesztibuláris információkra hagyatkozik a poszturális kontroll során.

Idős korban, az életkorral járó változások a vesztibuláris rendszert is érintik. Rosenhall és Rubin (1975), valamint Park és munkatársai (2001) leírták a vesztibuláris rendszer korfüggő károsodását. Bár nem találtunk a szakirodalomban hasonló tanulmányt, úgy véljük, manuális stimulációnk kiemelkedő hatékonysága az idős vizsgálati csoportban szivacs felületen, vizuális információ hiányában, 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 újraszűzítés fennállását idős korban is, annak ellenére, hogy a korfüggő változások következményeként a szenzoros információk pontatlanok, vagy csökkentek.

Kutatásunkban vizsgáltuk egy stimuláló felület azonnali hatását a poszturális kontrollra. Fiatal alanyaink esetén hatékonyan bizonyult a felület nyújtotta mechanikai információ, kemény felszínen, mind AP, mind ML irányban szignifikánsan csökkent a lengési út, ha a vizuális információ nem volt elérhető. Ugyanakkor idős alanyainknál nem tapasztaltunk hasonló pozitív hatást, mivel egyetlen mérési feltétel mellett sem csökkent a TTK kitérése a stimuláló felületen állva.

Eredményeink az idős csoport esetén nem egyeznek Palluel és mtsai. (2008) által közöltekkel, akik egy tüskés felületű gumi talpbetéttel ellátott szandál 5 percen át tartó viselésének lengési paraméterekre gyakorolt hatását vizsgálták és az idős vizsgálati csoport esetén is javuló poszturális stabilitást találtak.

Feltételezhető, hogy idős alanyaink számára a stimuláló felület által biztosított szomatoszenzoros információ a rövid hatóidő következtében hatástalan maradt. Az életkor-

függő változások által érintett szomatoszenzoros rendszer nem tudta hasznosítani a felület azonnali hatását a poszturális kontrollban. Úgy véljük, a stimuláló felület azonnali hatásának elmaradása az idős csoportban összefüggésbe hozható a korfüggő csökkent perifériás szenzitivitással.

Mind a fiatal, mind az idős csoportban a mechanikai stimuláció, különösen a manuális talpi ingerlés poszturális kontrollra gyakorolt pozitív hatását tapasztaltuk, így felmerül a kérdés, hogy a manuális stimuláció milyen változást okoz, igazolható-e változás a talpi érzékenységben a stimuláció hatására?

6.1.3 A manuális stimuláció hatása a talpi taktilis érzékenységre

A talpi mechanoreceptorok poszturális kontrollban betöltött szerepének vizsgálata az utóbbi években az egyensúlyt vizsgáló tanulmányok fókuszába került, és számos tanulmány igazolta a mechanikai ingerlés jótékony hatását az egyensúlyi paraméterekre, nem találtunk adatot arra nézve, hogy a különböző, a stimulációra használt módszerek hogyan hatnak a talpi mechanoreceptorokra.

Vizsgálatunkban mindkét csoportban megmértük a talp taktilis küszöbének változását a tíz perces manuális stimulációt követően. Fiatal alanyaink esetén alacsony taktilis küszöböt 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 szomatoszenzoros afferentáció révén fejt ki pozitív hatását a poszturális kontrollra.

Úgy véljük, a stimuláció hatására megnőtt taktilis érzékenység lehetőséget nyújtott alanyaink számára az alátámasztási felület nyomási információinak nagy hatásfokú hasznosítására a poszturális kontroll során, és lehetővé tette a hiányzó vizuális információk részleges kompenzálását.

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

Eredményeink igazolják, hogy az egészséges, neurológiailag ép idős egyének talpi érzékenysége csökkent a fiatal vizsgálati alanyokéhoz képest, így alátámasztják a szomatoszenzoros rendszer, a mechanoreceptorok korfüggő károsodását.

A manuális stimuláció idős alanyaink esetén, még ha kisebb mértékben is, de hatásosnak bizonyult, így feltételezhető, hogy a megnövekedett talpi érzékenység áll a kontakt-felület mechanikai információinak hatékonyabb hasznosítása háttérében.

Tanulmányok igazolták, hogy különböző módszerekkel, mint melegítés (Schlee, 2009), stimuláló talpbetét és szenzoros tréning használata (Mayer és mtsai, 2007), valamint küszöb alatti elektromos inger alkalmazásával (Dhruv és mtsai, 2002) javítható a talp taktilis érzékenysége.

Vizsgálatunkban tíz perces manuális ingerlést alkalmazva megállapítottuk annak poszturális kontrollra gyakorolt pozitív hatásán túl azt is, hogy a talp bőrén alkalmazott stimuláció csökkenti a mechanoreceptorok ingerküszöbét mind fiatal, mind idős korban.

6.2 Új eredmények bemutatása

6.2.1 A manuális stimuláció hatékonyságának igazolása

A talpi mechanoreceptorok különböző módszerrel végzett stimulálásának hatékonysága a poszturális kontroll befolyásolására széles körben vizsgált és igazolt a szakirodalomban. Nem találtunk tanulmányt azonban arra, hogy a manuális ingerlés, mint stimuláló módszer, önmagában hogyan hat az egyensúlyi paraméterekre. Vizsgálataink eredményei igazolták, hogy a boka és láb ízületeinek mobilizálása nélkül, kizárólag a talp bőrére hatva, javítható a poszturális stabilitás mind a fiatal, mind az idős vizsgálati csoportban.

6.2.2 A talpi mechanoreceptorok poszturális kontrollban betöltött szerepének bizonyítása szivacs felszínen

A talpi mechanoreceptorok, és az általuk az alátámasztási felszínről nyújtott információ jelentőségét az egyensúly szabályozásában számos tanulmány bizonyította az elmúlt években, ugyanakkor nem találtunk olyan vizsgálatot, amelyik szivacs felszín alkalmazásával igazolta volna a stimuláció, és ezen keresztül a mechanoreceptorok jelentőségét.

Eredményeink már a fiatal csoportban is jelezték, hogy a szivacs felszín azon hatása ellenére, hogy jelentősen csökkenti az alátámasztás felől érkező nyomási információ mennyiségét és pontosságát, a manuális ingerlést követően megnőtt a poszturális stabilitás, ha a vizuális információ nem volt hozzáférhető. Ebben a szituációban, ahol drasztikusan csökkentek a központi idegrendszer számára hozzáférhető információk a külső környezetről, a manuális stimuláció hatékonysága és ezzel a talpi mechanoreceptorok jelentősége egyértelműen igazolódott.

Szignifikáns javulást az idős csoportban igazoltunk a szivacs felszínen. Eredményeink bizonyítják, hogy a talpi mechanoreceptorok stimulálása részben képes pótolni a hiányzó vizuális és a korfüggő változások által érintett vesztibuláris információkat is.

6.2.3 A manuális ingerlés taktilis küszöbre gyakorolt hatásának igazolása

Vizsgálatunk igazolta, hogy mind az idős, mind a fiatal alanyok esetén a manuális ingerlés hatására a talp taktilis érzékenysége nő, a talpi tapintási küszöb lecsökken. Eredményeink választ adtak arra a kérdésre, hogy mi az a változás, melyen keresztül a talp mechanikai ingerlése pozitívan hat a poszturális kontrollra. Nem találtunk a vonatkozó szakirodalomban hasonló, a talpi érzékenység változására, a manuális stimuláció ilyen irányú hatására vonatkozó tanulmányt.

7 Következtetések

Feltételeztük, hogy a talpon alkalmazott, különböző időtartamú és intenzitású mechanikai ingerlés hatékonyan aktiválja a bőr mechanoreceptorait, ezáltal hozzájárul a poszturális stabilitás fokozódásához.

Mind a fiatal, mind az idős csoport manuális stimulációt követő egyensúlyi paramétereit alátámasztották feltevésünket. Eredményeink rámutatnak arra, hogy a talpi mechanoreceptorok szerepe jelentős a poszturális kontrollban, az alátámasztási felület érzékelésének javulása pozitívan befolyásolja a térbeli orientációt. A kontakt felület nyomási információi, különösen a vizuális tájékozódási lehetőség hiányában, nagy jelentőségűek, azaz a nyomásérzékeny talpi receptorok által felvett információk jelentősége megnő olyan szituációkban, ahol a vizuális információ nem elérhető. Vizsgálatunk igazolta, hogy a stimuláció következtében javuló szomatoszenzoros érzékelés képes részben kompenzálni kemény felszínen állva a vizuális információ hiányát, szivacs felszínen állva e mellett a pontatlan szomatoszenzoros információkat is.

Eredményeink szerint a szomatoszenzoros rendszert érintő, korfüggő élettani változások ellenére mechanikai ingerléssel aktiválhatók a bőr nyomásérzékeny receptorai, így javítható az idős egyének egyensúlya.

Nem zárhatjuk ki teljes egészében, hogy az általunk alkalmazott beavatkozások hatást gyakorolhattak a talpi izomzat proprioceptoraira, vagy az ízületi tokokban található mechanoreceptorokra, így az izmokból, vagy ízületekből érkező inputok befolyásolhatták a poszturális stabilitást. Ugyanakkor a talpi érzékenység vizsgálatán keresztül egyértelműen igazolódott, hogy a manuális stimuláció hat a taktilis érzékenységre, csökkenti az érzékszöböt, ezért úgy véljük, sikerült igazolnunk a talpi mechanoreceptorok részvételét a poszturális kontrollban.

A rövid ideig ható, tüskés stimuláló felület segített fiatal alanyainknak a vertikális térbeli orientáció és az alátámasztási felszín érzékelése során, de ez a pozitív hatás csak kemény felszínen, hiányzó vizuális bemenet mellett jelentkezett. Az idős csoport esetén nem igazolódott az azonnali hatás, ami betudható a szomatoszenzoros rendszert érintő korfüggő változások következményeként.

Napjainkban sok, az általunk vizsgált stimuláló felszínhez hasonló kiképzésű, cipőbe helyezhető talpbetét, illetve hasonló szerkezetű talpfelülettel ellátott papucs van forgalomban. Ezek alkalmazhatósága a poszturális kontroll támogatására könnyen elérhető és használható eszközt biztosítana az időskori elesések megelőzésében. További vizsgálatot

igényel, hogy a stimuláló felület tartós alkalmazása igazolhatóan támogatja-e a poszturális stabilitást idős korban.

Vizsgálatunk hiányossága, hogy bár igazolja a mechanikai ingerlés pozitív hatását, nem végeztünk arra vonatkozó méréseket, hogy az alkalmazott stimuláció hatása mennyi időn át érvényesül. Szükségesnek látszik a továbbiakban meghatározni azt, vajon a mechanoreceptorok facilitálásából származó pozitív hatás mennyi ideig marad fenn.

Kutatásunk bizonyította a szomatoszenzoros rendszer korfüggő változását. A talp érzékenysége az idős csoportban lényegesen alatta maradt a fiatalokra jellemző értékeknek. A 10 perces manuális ingerlés hatásosnak bizonyult. A talpi taktilis küszöb a fiatalok esetén valamennyi vizsgált ponton jelentősen csökkent a manuális ingerlés után. Az idős csoportban ugyan csak három ponton tapasztaltunk lényeges csökkenést, de valamennyi területen javult a mechanoreceptorok érzékenysége.

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.

8 Összefoglalás

A poszturális kontroll mindennapi funkcióink kulcsfontosságú alapját képezi, így zavara esetén sérülhet az egyén függetlensége, az egyensúlyzavarok az elesések előfordulását valószínűsítik. Az elesések és a következményes sérülések gyakoriak idős korban, így ezek megelőzése a fizioterápia fontos feladata.

A mozgás és a szenzoros rendszerek együttműködése kétféle, feedback és feed-forward módon történik, azaz a szenzoros afferentáció folyamatos visszajelzést szolgáltat a test helyzetéről, mozgásáról és a környezetről, illetve a rendelkezésre álló szenzoros információkat a már megszerzett tapasztalattal veti össze a központi idegrendszer és készíti elő a motoros választ.

A szenzoros információk jelentősége jól ismert az egyensúly szabályozása során. Az utóbbi évtizedekben számos tanulmány igazolta a szomatoszenzoros rendszer, szűkebben a talpi mechanoreceptorok jelentőségét ebben a szabályzó folyamatban.

Vizsgálatunkkal a talpi mechanoreceptorok poszturális kontrollban betöltött szerepének igazolását céloztuk egészséges fiatal és idős személyek esetén. A talpi mechanoreceptorokra tíz percen át tartó, simító, nyomó, dörzsölő fogásokat alkalmazó manuális stimulációval hatottunk, továbbá vizsgáltuk egy stimuláló felület azonnali, poszturális stabilitást befolyásoló hatását.

Mindkét csoportunk eredményei alapján elmondható, hogy a manuális ingerlés hatékonynak bizonyult. Fiatal alanyaink esetén, kemény felszínen, vizuális információ hiányában, mindkét irányban a TTK kitérésének szignifikáns csökkenését tapasztaltuk. Eredményünk alátámasztja, hogy a stimulált mechanoreceptorokból az alátámasztási felületről érkező nyomási információk képesek voltak részben pótolni a hiányzó vizuális információt. A fiatal csoportban a stimuláló felület azonnali pozitív hatása is igazolódott.

Az idős csoport esetén a manuális stimuláció a szivacs felületen is jelentősen csökkentette a lengési utat, ha a vizuális információ nem volt elérhető. Úgy véljük, idős alanyaink a vesztibuláris rendszer fiziológiás öregedése következtében, a szenzoros újraszűlyezés folyamatán keresztül hasznosították a szivacs felületen a szomatoszenzoros stimulációt.

Vizsgálatunk eredményei alátámasztják a szenzoros újraszűlyezés teóriáját, azaz azt az elképzelést, mely szerint a bőségben rendelkezésre álló, speciális szenzoros információk közül a központi idegrendszer azok relatív pontossága alapján határozza meg, hogy milyen súllyal használja fel az orientációhoz.

Vizsgáltuk a talpi érzékenység, a taktilis küszöb alakulását a manuális ingerlés hatására. A stimuláció a fiatal csoportban valamennyi vizsgált ponton, míg az idős csoportban

három ponton szignifikánsan csökkentette a taktilis érzékszöböt. Ezek az eredmények rámutatnak, hogy a mechanikai ingerlés a talpi érzékenység fokozásán keresztül hat a poszturális kontrollra.

Úgy véljük, eredményeink gyakorlati értéke, hogy igazolják, a talpi mechanoreceptorok stimulálása egy hatásos módszer, mely könnyen alkalmazható, mint manuális beavatkozás a fizioterápiában, vagy akár egy lábbelibe helyezett stimuláló talpbetét formájában, így segíthet az elesések rizikójának csökkentésében.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, Dr. Kráncz János professzor úrnak minden támogató segítségéért.

Köszönöm Tubolyné Dr. Horváth Gyöngyi professzor asszonynak, hogy nagy tapasztalásával segítette tudományos munkámat.

Köszönöm Dr. Nagy Edit tanszékvezető asszonynak, és valamennyi kollégámnak, hogy biztattak, támogattak.

Hálás vagyok családomnak a megértő türelméért, amit munkám során tanúsítottak.

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, Koepfen 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-weighting 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*, Szerk.: Sekuler 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, Meeuwsen 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* 62:114–18

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

Preszner 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, **Preszner 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. **Preszneré Domján Andrea**

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

Előadások, posztterek

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

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

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

Preszneré 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, **Preszneré 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, **Preszneré 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

Szíver Edit, **Presznerné Domján Andrea**, Monek Bernadett, Tóth Kálmán, Balog Attila: Egyensúly és funkcionális paraméterek gyulladós és degeneratív kórképekben a csípő-ízület érintettsége esetén, Magyar Gyógytornászok Társasága Reumatológiai Munkacsoport Találkozója, 2010. Budapest

Presznerné Domján Andrea, Szíver 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

Szíver Edit, **Presznerné 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

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

Monek Bernadett, Szíver Edit, **Presznerné 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 érzésképzések 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., Fehér-Kiss A., Barnai M., Kráncz 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., Fehér 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, Fehér-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 érzésküszöb-re. A Magyar Tudomány Ünnepe, 2012. Szeged.

