

A VIZUÁLIS ÉS VESZTIBULÁRIS RENDSZEREK EGYENSÚLYBELI SZEREPÉNEK VIZSGÁLATA TÁNCOSOK ÉS TÁNCRAPASZTALATTAL NEM RENDELKEZŐ NŐK SZEMPONTJÁBÓL

Dulházi Fanni¹, Kopper Bence², Tihanyi József²

¹ MEREK (Mozgássérült Emberek Rehabilitációs Központja)

² Testnevelési Egyetem, Biomechanika tanszék

dulhazi_fanny@hotmail.com

DOI: 10.17489/2018/2/04

Absztrakt

Az emberi test egyensúlyozása összetett folyamat, mely a központi idegrendszer, a vizuális, a vesztibuláris és a szomatoszenzoros rendszer révén valósul meg. Célunk volt összehasonlítani a professzionális táncosok (t) és táncrapasztalattal nem rendelkező nők (nt) egyensúlyozó képességét statikus helyzetben úgy, hogy a vizuális információ kerül blokkolás alá és úgy, hogy a vesztibuláris rendszer kerül megzavarásra. Összesen 40 fő nő vett részt a kutatásban, ebből 20 fő táncrapasztalattal nem rendelkezett és 20 fő volt táncos. A csoportok testmagasságának és születési idejének átlagaiban nem volt szignifikáns különbség. Tekscan típusú stabilométerrel a TKP előre-hátra, jobbra-balra elmozdulásait, a TKP vetülete által a plató síkjában bejárt út hosszát (Távolság) és azon ellipszis területét vettük fel, amelyben a tömegközéppont vetülete által a plató síkjában meghatározott pontok 95%-os valószínűséggel megtalálhatóak (Terület). Eredményeink kimutatták, hogy amennyiben vizuális jelek rendelkezésre állnak a vesztibuláris rendszer megzavarása kevésbé befolyásolja a táncosok egyensúlyozó képességét, mint a táncrapasztalattal nem rendelkezőkét, míg a vizuális rendszer megzavarása pont fordítva, a táncrapasztalattal rendelkezők esetén eredményezett nagyobb csökkenést az egyensúlyozó képességben.

Kulcsszavak: egyensúly, táncos, tömegközéppont, TKP, állásstabilitás

Examining equilibrium role of visual and vestibular systems in the case of dancers and women without a dance experience

Abstract

Balancing is a complex process detected by the visual, the vestibular and the somatosensory system. Our aim was to compare the ability of balance of the female professional dancers (d) and the non-dancers (nd) in two viewpoint: by blocking the visual information and by disturbing the vestibular system. A total of 40 women participated in the research, of which 20 had no dance experience and 20 were professional dancers. Recorded datas were: body height and birth time, and there was no significant difference between them. For recorded the equilibrium datas we used stabilometer (Tekscan), which measured the distance, the area, the left-right and back and forth displacements of centre of mass. Our results have shown that if visual signals are available, the disruption of the vestibular system will have less influence on balancing ability of the dancers compared to the non dancers. When the visual system is blocked the dancers show reduced balance skills.

Keywords: balance, dancer, COM, postural stability

1. Bevezetés

Az emberi test egyensúlyozása összetett folyamat, mely a vizuális, a vesztibuláris és a szomatoszenzoros rendszer révén valósul meg. A vizuális rendszer érzékszerve a szem, mely mozgásérzékelőként visszajelzést ad a látótérbe eső mozgásokról, környezetről, testhelyzetről. A vesztibuláris rendszer, más néven az egyensúlyozó rendszer a belső fülben helyezkedik el és a fej térbeli helyzetét és mozgásait érzékeli.¹ A tapintás, a fájdalom, a hő, a testézés (kinesztézis) és a nyomás érzésének feldolgozásáért a szomatoszenzoros rendszer felel, melyet receptorok közvetítenek. Megkülönböztetünk izomban, ízületet körülvevő kötőszövetekben, bőrben elhelyezkedő receptorokat.² Az emberi egyensúly korrekciójának elősegítésében a törzs, valamint a csípő területől jövő ingerek játszanak jelentős szerepet, míg az alsó végtagból származók a testtartást és járásmódot befolyásolják. A központi idegrendszer szabályozó tevékenységei közé tartozik a gerincvelői szintű, az agytörzsi, a kisagyi és az agykérgi szabályozás, mely reflexei és szabályozása által járul hozzá az egyensúlyozáshoz.¹

Egyensúlyozás és látás kapcsolata

Összehasonlítva a látás érzékenyebb információkat szolgáltathat, mint a mechanikus proprioceptív rendszerek, még egyszerű álló helyzetben is, ezért a látás javítja az egyensúlyt.³ Az emberi egyensúly megőrzése álló helyzetben nyitott szemmel jobb, mint csukott szemmel.⁴ Ezen kívül alapvető szerepe van a mozgásokban, hiszen a külvilágból származó információk 40%-át felvevő-feldolgozó érzékszerv a szem.⁵ Kimutatták, hogy a spontán lengés (TKP mozgás) zavartalan helyzetben körülbelül kétszeresére csökken, amikor egy adott pontra fókuszálunk, összehasonlítva azal, ha nincs fix pontra fókuszálás.⁶

Poszturális kontroll és befolyásoló tényezők

A poszturális kontrollt nem egyetlen rendszer vagy egy egyensúlyi reflex vezérli, sokkal inkább a poszturális szabályozás komplex motoros képessége, amely számos szenzomotoros folyamat kölcsönhatásából származik. Testünk kívánt helyzetben tartását, térbeli mozgásának kontrollálását a poszturális kontroll segítségével érhetjük el, melynek két fő összetevője: az orientáció, és a stabilitás. A poszturális orientáció, vagyis az egyensúlyi tájékozódás, a testrészek, valamint a test és környezete közötti összehangolt működést jelenti a feladat függvényében. A poszturális stabilitás pedig a test tömegközéppontjának az alátámasztási felület felett tartását jelenti, vagyis másképp kifejezve a test egyensúlyban tartását.⁷ Az alátámasztási felület növelésével csökkenthető a tömegközéppont mozgása, így növelhető az állásstabilitás.⁸⁻¹⁰ Ezen komponensek (orientáció és stabilitás) részvételi aránya az elvégzendő feladat és a környezet függvényében változik, így biztosítva az állandó poszturális kontrollt.¹¹ A poszturális szabályozást a testlengés mértékének vizsgálatával tudjuk megfigyelni. Az erre szolgáló módszerek közé tartozik többek között a poszturográfia és a stabilometria.

Antropometriai tényezők és életkor

Mint minden kutatásnál a stabilometriás kutatásoknál is csökkenteni kell a zavaró tényezők hatását. Tanulmányok igazolták, hogy antropometriai tényezők nagyban befolyásolják a stabilometriai méréseket, melyeket figyelembe kell venni a vizsgálatban résztvevők kiválasztása során. Ilyen tényező az életkor, a magasság, és a testsúly, valamint a zsírszázalék, mely minél nagyobb arányú, annál nagyobb mértékű a testlengés oldalirányban.^{12,13} Ezzel szemben a nagyobb izomtömeggel rendelkezők jobban tudják kontrollálni egyensúlyukat és jobban teljesítenek.¹⁴ Vizsgálatunkban ezen paramétereket amennyire csak lehetett meg-

próbáltuk számításba venni, ezért úgy választottuk ki a nem táncos csoport tagjait, hogy a vizsgált két csoport átlagértékeiben ne legyen eltérés az életkor, testmagasság szempontjából illetve a testfelépítése a két csoport vizsgálati személyeinek amennyire csak lehet megegyezzen.

Tánc tapasztalat

A klasszikus balettban és a modern táncban megtalálhatók forgások, statikus és dinamikus egyensúlyi elemek, melyek pontos és sikeres kivitelezéséhez fejlett TKP érzet és jó egyensúlyi szükséges. A táncosok és nem táncosok egyensúlyának összehasonlítására számos kutatást végeztek, de nem egységes eredménnyel. Egyes vizsgálatok arra a következtetésre jutottak, hogy nyitott szemmel a táncosok jobban teljesítenek az egyensúlyi teszteken, mint a nem táncosok,¹⁵ míg más vizsgálatban arra az eredményre jutottak, hogy amikor a szomatoszenzoros információ önmagában vagy a vizuális információval kombinálva megbízhatatlanná válik, a táncosok bizonytalanná válnak, szignifikánsan kevésbé stabilak és csípőjükkel próbálnak kompenzálni a poszturális kontroll fenntartása érdekében.¹⁶ Klasszikus balett táncosok nyitott és csukott szemmel kivitelezett spicc cipőben állás eredményei azt sugallják, hogy a klasszikus balett képzés speciális egyensúly módot fejleszt a tánchoz, ami azonban a mindennapi élet testtartás szabályozásába nem ültethető át.¹⁷ Más kutatásokban táncosok és nem táncosok egyensúlyozó képességét vizsgálva egy lábon és különböző felületeken állva úgy találták, hogy a táncosoknak szignifikánsan jobb az egyensúlyuk.^{18,19} Ennek okán feltételezik, hogy a balerinák agya az évekig tartó gyakorlás alatt hozzászokik a forgásokhoz, csökken az egyensúlyozásban résztvevő szervek felől az agykéreghez érkező jel, ezért kevésbé szédülnek el.²⁰ Tapasztalt kortárs táncosok és nem táncosok dinamikus egyensúlyozó képességének összehasonlító vizsgálata során a táncosok

jobban koordinálták tömegközéppontjukat oldalirányban és előre-hátra felé a nem táncosokhoz képest.²¹ Azonban nem csak táncosokkal végeztek egyensúlyi képesség vizsgálatokat, mely eredményeképp megállapítható, hogy más, egyensúlyérzékeny sportágak űzői is kisebb mértékű érzékenységet mutatnak a vestibuláris rendszer megzavarására, mint a nem sportolók.²²

Kutatási hipotézis

Mivel a szakirodalomban a kutatási eredmények nem egyértelműek, ezért a vizsgálatunkat úgy terveztük meg, hogy mind a vizuális, mind a vestibuláris rendszer megzavarásának hatását vizsgálhassuk mind táncos, mind nem táncos vizsgálati személyekre. Ennek megfelelően kutatási hipotézisünk szerint a vizuális inger kiiktatása és a vestibuláris rendszer megzavarása eltérő mértékben befolyásolja a profeszionális táncosok és a tánc tapasztalattal nem rendelkezők egyensúlyi képességét.

2. Módszer

Összesen 40 fő nő vett részt a kutatásban 19-27 éves korig. Ebből 20 fő tánc tapasztalattal nem rendelkező és 20 fő profeszionális táncos volt. A táncosok a Magyar Állami Operaház, a Magyar Táncművészeti Egyetem és Budapest Táncszínház tagjai közül kerültek ki. Vizsgálat megkezdése előtt felvett adatok (életkor, testmagasság) jellemzésére átlag-szórászt alkalmaztunk, valamint megállapítottuk, hogy a két csoport értékei között nincsen szignifikáns eltérés (1. táblázat). A vizsgálatban kizárólag statikus egyensúlyi vizsgálatot végeztünk. A felmérési protokoll szerint a felmérteknek összeszárt lábfejjel, mellső középtartásban kellett állniuk 20 másodpercig nyitott, majd csukott szemmel egy talpnyomás eloszlás platformon. Ezután forgószékben 10-szer megforgattuk őket, ahol a kontrollált forgás periódusideje $T = 2s$ volt, majd ezután azonnal nyitott,



1. ábra. Adatfelvétel nyitott szemmel a Tekscan platformon

majd 10 ismételt forgatás után csukott szemmel álltak 20 másodpercig a platformon. A következő adatokat figyeltük: Terület (azon ellipszis területét mutatja meg, amelyben a tömegközéppont vetülete által a plató síkjában meghatározott pontok 95%-os valószínűséggel megtalálhatóak), Távolság (a tömegközéppont vetülete által a plató síkjában bejárt út hossza), Előre-háttra és Jobbra-balra történő TKP elmozdulás. A mérés mezítláb, kényelmes ruhában történt. Méréseinkhez a Testnevelési Egyetem Biomechanika tanszékének talpnyomás eloszlás platformját (MatScan Research ver.6.85-26, Tekscan Pressure Measurement System (307 West First Street South Boston,

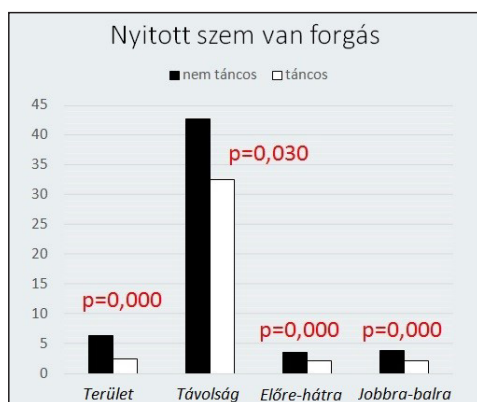
USA)) (1. ábra) használtuk, mellyel követhető a TKP elmozdulásai is (2. ábra). A mért adatokat valós időben, digitálisan regisztráltuk. Emellett eszközként háttámlás forgószéket vettünk igénybe. A felvett adatok statisztikai értékeléshez normalitásvizsgálatot (Shapiro Wilk's W test), majd azt követően kétmintás t-próbát és ONE WAY ANOVA-t használtunk az összehasonlításához. Szignifikáns különbséget $p < 0,05$ esetén határoztunk meg.

csoport	életkor (év)	ttm (cm)
t	22,5 ± 2,7	165,6 ± 5,2
nt	22,2 ± 2,0	168,7 ± 5,9

1. táblázat. A vizsgálatban résztvevő nők előzetesen felvett adatai

3. Eredmények

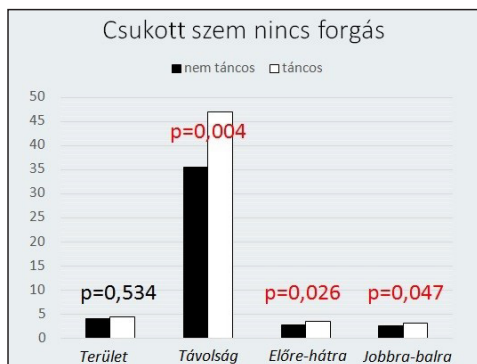
Statisztikailag összehasonlítva a két vizsgált csoport adatait szignifikáns ($p < 0,05$) különbséget a nyitott szemmel forgatás után (nyvf) és a csukott szemmel forgatás előtt (csnf) mért adatok között találtunk. Máshol nem találtunk szignifikáns különbséget a két csoport között.



3. ábra. A táncosok szignifikánsan jobb egyensúlyi eredményeket adtak forgatás után nyitott szemmel mért adatok alapján

Szignifikáns különbséget tapasztaltunk a nem táncosok és a táncosok között nyvf Terület nt $6,4 \pm 3,96 \text{ cm}^2$ és t $2,55 \pm 1,64 \text{ cm}^2$ ($p = 0,000$), Távolság nt $42,69 \pm 18,47 \text{ cm}$ és t $32,50 \pm 8,18 \text{ cm}$ ($p = 0,030$) Előre-háttra nt $3,55 \pm 1,35 \text{ cm}$ és t $2,12 \pm 0,67 \text{ cm}$ ($p = 0,000$), Jobbra-balra nt $3,92 \pm 1,53 \text{ cm}$ és t $2,25 \pm 0,69 \text{ cm}$ ($p=0,000$) értékekben (3.ábra); csnf Távolság nt $35,49 \pm 9,47 \text{ cm}$ és t $46,98 \pm 13,63 \text{ cm}$ ($p = 0,004$), Előre-háttra nt $2,67 \pm 0,91 \text{ cm}$ és t $3,43 \pm 1,15 \text{ cm}$ ($p=0,026$), Jobbra-balra nt $2,60 \pm 0,60 \text{ cm}$ és t $3,05 \pm 0,75 \text{ cm}$ ($p = 0,047$) értékekben. (4. ábra)

A nem táncosok nyvf és csnf adatait összehasonlítva azt találtuk, hogy Terület ($p = 0,030$), Előre-háttra ($p = 0,020$), Jobbra-balra ($p = 0,001$) értékekben van szignifikáns különbség. A nem táncosok csnf eredményei szignifikánsan jobbak voltak, mint a nyvf adatok. (2. táblázat) A táncosok nyvf és csnf adatait összehasonlítva azt találtuk, hogy Terület ($p = 0,003$), Távolság ($p = 0,000$), Előre-háttra ($p = 0,000$), Jobbra-balra ($p = 0,001$) értékekben van szignifikáns különbség. A nem táncosokkal ellentétben a táncosok nyvf eredményei szignifikánsan jobbak voltak, mint a csnf adatok. (3. táblázat)



4. ábra. A nem táncosok 3 esetben adtak jobb eredményeket, mikor csukott szemmel álltak, fogatás nélkül, mint a táncosok. A harmadik esetben nem volt szignifikáns különbség a két csoport között

4. Megbeszélés

Hipotézisünket, miszerint a professzionális táncosok és nem táncosok egyensúlyozó képességet eltérő mértékben befolyásolja a vizuális inger kiiktatása és a vestibuláris rendszer megzavarása, alátámasztottuk. A táncosok és nem táncosok statisztikai összehasonlításakor megállapítottuk, hogy a táncosok szignifikánsan jobb eredményt értek el nyvf összes felvett paraméterében (Terület, Távolság, Előre-háttra, Jobbra-balra), mint a nem táncosok (3. ábra).

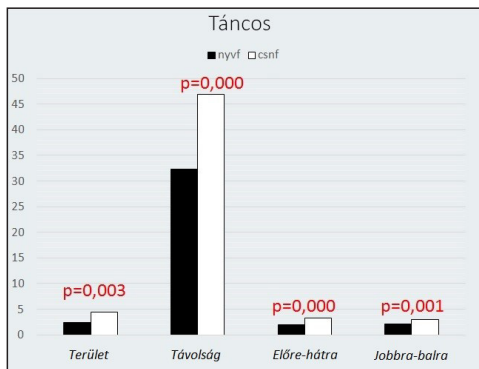
Nem táncos				
Körülmény	Terület (cm ²)	Távolság (cm)	Előre-háttra (cm)	Jobbra-balra (cm)
Nyvf	$6,4 \pm 3,96 *$	$42,69 \pm 18,47$	$3,55 \pm 1,35\#$	$3,92 \pm 1,53+$
Csnf	$4,04 \pm 2,50 *$	$35,49 \pm 9,47$	$2,67 \pm 0,91\#$	$2,60 \pm 0,60+$

2. táblázat. Nem táncosok nyvf és csnf adatok átlag-szórás értékei, a szignifikáns különbség ($p < 0,05$) csillaggal (*), kettőskereszttel (#) és plusz jellel (+) jelezve

Táncos				
Körülmény	Terület (cm ²)	Távolság (cm)	Előre-háttra (cm)	Jobbra-balra
Nyvf	$2,55 \pm 1,64 *$	$32,50 \pm 8,18 \#$	$2,12 \pm 0,67 +$	$2,25 \pm 0,69 \blacktriangle$
Csnf	$4,51 \pm 2,27 *$	$46,98 \pm 13,63 \#$	$3,43 \pm 1,15 +$	$3,05 \pm 0,75 \blacktriangle$

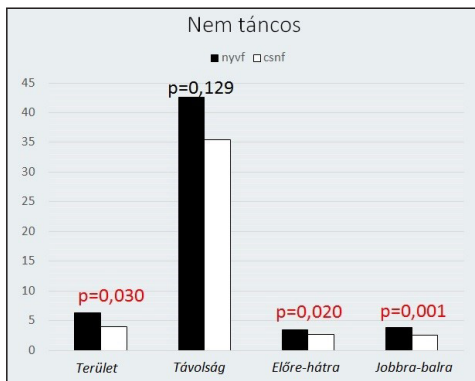
3. táblázat. Táncosok nyvf és csnf adatok átlag-szórás értékei, a szignifikáns különbség ($p < 0,05$) csillaggal (*), kettőskereszttel (#), plusz jellel (+) és háromszöggel (\blacktriangle) jelezve

Emellett a táncos csoporton belül is a nyvf adatok szignifikánsan jobbak, mint csnf (3. táblázat; 5. ábra). Ebből arra következtetünk, hogy a táncosok a vizuális ingerekre támaszkodnak legnagyobb mértékben egyensúlyozáskor, szenzitívebbek a vizuális inger kiiktatására. A nem táncosok szignifikánsan jobb eredményt értek el csnf Távolság, Előre-hátra, Jobbra-balra értékekben, mint a táncosok (4. ábra), valamint a nem táncosok nyvf és csnf adatainak elemzésekor is megmutatkozott, hogy csnf szignifikánsan jobb egyensúlyi eredményeket adtak, mint nyvf (2. táblázat; 6. ábra). Ez arra enged következtetni, hogy az egyensúlyozás szempontjából a táncpasztalattal nem rendelkezők érzékenyebben reagálnak a vestibuláris rendszer ingerlésére (megforgatásra), mint a vizuális inger kikapcsolására, a táncosokkal összehasonlítva.



5. ábra. A táncosok forgatás után, nyitott szemmel állva szignifikánsan jobb eredményeket adtak, mint csukott szemmel, forgatás nélkül

Összegezve: eredményeink azt mutatták, hogy amennyiben vizuális jelek rendelkezésre állnak a vestibuláris rendszer megzavarása kevésbé befolyásolja a táncosok egyensúlyozó képességét, mint a táncpasztalattal nem rendelkezőkét, míg a vizuális rendszer blokkolása pont fordítva, a táncpasztalattal rendelkezők esetén eredményez nagyobb csökkenést az egyensúlyozó képességben.



6. ábra. A nem táncosok csukott szemmel, forgatás nélkül adtak 3 esetben jobb egyensúlyi eredményeket

A kapott eredmények felhasználhatók a mindennapi rehabilitációs célú egyensúlyfejlesztés, valamint a professzionális táncosok képzése során. Úgy gondoljuk, hogy a professzionális táncosok esetében az egyensúlyi elemek csukott szemmel is végzett gyakorlása potenciális előnyöket rejt magában, hiszen egy biztosabb kivitelezés jöhet létre és a sérülések lehetőségét is minimalizálja.

Limitációként megjegyzendő, hogy a kutatásban összesen 40 fő nő vett részt, csoportonként 20 fő. A magasabb elemszám alkalmazása pontosabb következtetések levonását tette volna lehetővé. Ezen kívül a kutatás eredmények kizárólag a statikus egyensúlyra vonatkozhatnak, a 19-27 éves korosztályba tartozó táncpasztalattal nem rendelkező és professzionális táncosokra, nemüket tekintve nőkre általánosíthatók.

IRODALOM

1. *Perjés K.* Ortopédia. Budapest: Semmelweis Egyetem Testnevelés és Sporttudományi Kar 2008: 203-7.
2. *Ángyán L.* Sportélettani kislexikon. Budapest: Medicina könyvkiadó 2016;36: 78-9.
3. *Lee DN, Lishman JR.* Vision- The most efficient source of proprioceptive information for balance control. *Agressologie* 1977;18: 83–94.
4. *Horák FB, Macpherson JM.* Postural orientation and equilibrium. In: Rowell LB, Shepard JT, editors. *Handbook of Physiology: Section 12, Exercise Regulation and Integration of Multiple Systems.* New York: Oxford University 1996; 255–92.
5. *Pavlik G.* Élettan-sportélettan. Budapest: Medicina könyvkiadó 2013: 126.
6. *Edwards AS.* Body sway and vision. *Journal of Experimental Psychology* 1946;36(6): 526–35.
7. *Horák FB.* Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing* 2006;35-S2: ii7–ii11.
8. *Kirby RL, Price NA, MacLeod DA.* The influence of foot position on standing balance. *JBiomech* 1987;20(4): 423-7.
9. *Miltényi M.* A sportmozgások anatómiai alapjai. I. kötet. Budapest: Semmelweis Egyetem Testnevelési és Sporttudományi Kar 2008: 483.
10. *Bretz KJ, Horváth T, Németh E, Barna T, Bretz K.* Bázisfelület és egyensúlyi stabilitás. 40. Mozgásbiológiai konferencia előadás kivonatok, 2010. november 18-19; Budapest 2010: 13-4.
11. *Presznerné DA.* A talpi mechanoreceptorok jelentősége a poszturális kontrollban. Pécsi Tudományegyetem, Egészségtudományi Doktori Iskola, doktori (PhD) értekezés, Pécs 2013.
12. *Iwasaki S, Yamasoba T.* Dizziness and imbalance in the elderly: age-related decline in the vestibular system. *Aging Dis.* 2014;6(1): 38–47.
13. *Chiari L, Rocchi L, Cappello A.* Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement. *Clinical Biomechanics* 2002;17(9): 666-77.
14. *Castilho AA, S. Luna NM, Mochizuki L., Barberi F, Santos S, D'Andréia GJM.* The influence of anthropometric factors on postural balance: the relationship between body composition and posturographic measurements in young adults. *Clinics* 2012;67(12): 1433–41.
15. *Pérez MR, Solana SR, Murillo BD, Hernandez MJF.* Visual availability, balance performance and movement complexity in dancers. *Gait & Posture* 2014;40(4): 556-60.
16. *Simmons RW.* Sensory organization determinants of postural stability in trained ballet dancers. *International Journal of Neuroscience* 2005;115(1): 87–97.
17. *Hugel F, Cadopi M, Kohler F, Perrin P.* Postural control of ballet dancers: a specific use of visual input for artistic purposes. *Int J Sports Med.* 1999;20(2): 86–92.
18. *Kilroy EA, Crabtree OM, Crosby B, Parker A, Barfield WR.* The effect of single-leg stance on dancer and control group static balance. *Int J Exerc Sci.* 2016;9(2): 110-20.
19. *Crotts D, Thomphson B, Nahom M, Ryan S, Newton RA.* Balance abilities of professional dancers on select balance tests. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1996;23(1): 12-7.
20. *Nigmatullina Y, J. Hellyer P, Nachev P, Sharp DJ, Seemungal BM.* The neuroanatomical correlates of training-related perceptuo-reflex uncoupling in dancers. *Cerebral Cortex* 2015;25(2): 554–62.
21. *Sirois-Leclerc G, Remaud A, Bilodeau M.* Dynamic postural control and associated attentional demands in contemporary dancers versus non-dancers. *PLoS One* 2017; 12(3): e0173795.
22. *Utry E, Frenkl R.* Rendszeres testedzés hatása a vestibularis apparátus működésére. *Orvosi Hetilap* 1975;116(15): 849-51.

Rövidítések jegyzéke

TKP: tömegközéppont

n: nem táncos

t: táncos

nynf: nyitott szem, nincs forgatás

nyvf: nyitott szem, van forgatás

csnf: csukott szem, nincs forgatás

csvf: csukott szem, van forgatás

Terület: azon ellipszis területét mutatja meg, amelyben a tömegközéppont vetülete által a plató síkjában meghatározott pontok 95%-os valószínűséggel megtalálhatóak

Távolság: a tömegközéppont vetülete által a plató síkjában bejárt út hossza

Előre-hátra: a tömegközéppont előre hátra irányú elmozdulása

Jobbra-balra- a tömegközéppont oldalirányú elmozdulása

Szeretnénk köszönetet mondani a Magyar Állami Operaház balettigazgatójának, Solymosi Tamásnak, hogy engedélyezte a balerínák vizsgálatát; Stella Szonja balett titkárnak, hogy segített a vizsgálat megszervezésében; a résztvevő balerínáknak és nem utolsó sorban a Magyar Táncművészeti Egyetem és a Budapest Táncszínház moderntáncosainak, akik nélkül nem jöhetett volna létre ez a kutatás.

A kutatást a Testnevelési Egyetem Biomechanika tanszékének együttműködésével végeztük.

Dulházi Fanni

MEREK (Mozgássérült Emberek Rehabilitációs Központja)

H-1022 Budapest, Marczibányi tér 3.

Tel: (+36) 30 832 1132