

Súlypont stabilizálás meghatározása 16-18 éves korú lányoknál és fiúknál – előtanulmány a normál tartományok meghatározásához

Determining stability of center of gravity in 16-18 year old girls and boys – a pilot study to determine the normal range

Földvári-Nagy László*¹, Dörnyei Gabriella*¹, Mayer Ágnes Andrea², Takács Johanna³, Horváth Mónika², Szénási Annamária¹, Balogh Ildikó², Lenti Katalin¹

1 Semmelweis Egyetem, Egészségtudományi Kar, Morfológiai és Fiziológiai Tanszék

2 Semmelweis Egyetem, Egészségtudományi Kar, Fizioterápiai Tanszék

3 Semmelweis Egyetem, Egészségtudományi Kar

* osztott első szerző

Absztrakt - Az egyensúlyozás az ember legtermészetesebb mozgástevékenysége, melyben a súlypont stabilitás meghatározó. Az egyensúlyozó képesség jellemzésére a klinikumban gyakran alkalmazott, megfigyelésen alapuló szubjektív vizsgálati módszer a statikus Romberg és a dinamikus Fukuda (Unterberger) teszt, melyek a test elmozdulását és kilengését vizsgálják. Ultrahang alapú, számítógép vezérlésű, kraniokorpográfiás (UH-COM-CCG) mérőrendszer segítségével meghatároztuk az egyensúlyozást igénylő mozgás és állás közben kivitelezett testtartás, fejhelyzet, mozgáskoordináció és az egyensúlyi állapot egymással szorosan összefüggő paramétereinek normál tartományát 16-18 éves egészséges fiatalok körében. Előtanulmányunk a normál tartományok meghatározásának alkalmazott eljárásával hozzájárulhat ahhoz, hogy a további kutatások során reprezentatív mintán határozzuk meg a normál tartományokat. Ezen tartományok meghatározása hiátuspótló, mivel a klinikumban használt statikus és dinamikus súlypontvizsgálati tesztekhez normálnak tekinthető tartományok korosztály-specifikusan a szakirodalomban nem lelhetők fel. A diagnosztika objektívizálásával egyszerű vizsgálati lehetőség nyílik nemcsak enyhébb és súlyosabb eltérések kimutatására, a részfunkció zavarok véleményezésére, diagnózisok alátámasztására, a terápia megtervezésére és eredményességének vizsgálatára, hanem a sport és az egészségmegőrzés területén állapotfelmérésre, az egyes sportágak tulajdonságaiból adódó egyoldalú terhelések miatt kialakuló eltérések kimutatására is. Ismételt vizsgálatokkal nyomon követhető a törzs dinamikus stabilitásának változása, és így az egyes edzőmódok hatékonyságának elemzésére is lehetőség nyílik. Az egyéni eredmények értékelésével nő a személyre szabott fejlesztési tervek kidolgozásának esélye.

Kulcsszavak: Romberg teszt, Fukuda teszt, normál tartomány, egyensúly, előtanulmány

Abstract - Balancing is the most natural movement activity, in which the stability of the centre of gravity is decisive. The observational subject-based test methods often used in the clinic to characterize the balancing ability (the static Romberg and the dynamic Fukuda (Unterberger) tests), which examine the displacement and oscillation of the body. Using an ultrasound-based, computer-controlled, craniocorpographic (UH-COM-CCG) measurement system, we determined the normal range of closely related parameters of movement and standing posture, head position, movement coordination, and steady state in 16–18-year-old healthy youth. Our applied method of identifying the normal ranges can contribute to determination of normal ranges on a representative sample in future

research. Defining these ranges can fill the gap for static and dynamic centre of gravity tests in the clinic because there are no age-specific normal ranges in literature. By objectifying the diagnostics, it is possible to examine not only milder and more serious differences, to evaluate partial dysfunction, to support diagnoses, to plan therapy and to examine its effectiveness, but it is also applicable for condition assessment in the field of sports and health care and to identify alterations due to unilateral loads in each sport. Repeated examinations can be used to monitor changes in dynamic stability of trunk, which may make it possible to analyse effectiveness of each training modes. Evaluating individual outcomes increases chances of developing personalized development plans.

Keywords: Romberg test, Fukuda test, normal range, balance, pilot study

Bevezetés

Az egyensúlyozás az ember legtermészetesebb mozgástevékenysége, melyben a súlypont stabilitás a meghatározó. Minden mozgással járó tevékenység biomechanikai alapja az egyensúly és a testhelyzet megtartása vagy a testtartás megőrzése. Mozgás során az egyensúlyozás, a test hely- és helyzetváltozásával, a súlypont és a részsúlypontok megváltozott állapotával kapcsolatos helyzetérzékelő, kiegyenlítő, testhelyzetet beállító tényezők összessége, amelyet statikus és dinamikus komponensek alkotnak. A mozgás bonyolult szabályozó rendszere a külvilágból, valamint a perifériáról az érző idegpályákon keresztül a központi idegrendszerbe érkező vizuális, vesztibuláris és szomatoszenzoros jelek feldolgozásán és adekvát motoros válaszában alapszik. (Shumway-Cook és Woollacott, 2012).

Egyensúlyérzékelés, szabályozás és vizsgálat

Az egyensúly a nyugalmi állapot megőrzését, megtartását jelenti, amit az egyedfejlődés során az először kifejlődő statikus és a később kifejlődő dinamikus komponensek határoznak meg. A mozgáskoordinációhoz szükséges az egyensúlyozó képességen kívül a térbeli tájékozódó képesség, a ritmusérzék, az alkalmazkodó képesség, a kineztezés, a gyorsasági koordináció és a differenciálás is (Mora, Mora, Passali, Chiarlona, Bernardini, Mora, Casale, Cordone és Barbieri, 2002). A mozgás és a nyugalmi helyzet a térhatások folyamatos érzékelésén alapul, amelyek a környezetből a szervezetre és a szervezetről a környezetre tevődnek át. A folyamat azonban nemcsak térben, hanem időben is zajlik (Fukuda, 1959). Muszkuláris és gerincvelői szinten a poszturális stabilizációban aktív és passzív mechanizmusok játszanak szerepet. Az aktív stabilizátorok és a passzív viszkoelasztikus

elemek együttesen végzik az egyensúly megtartását (Farley és Morgenroth, 1999; Peterka, 2002; Peterka és Loughlin, 2004). Az egyensúlyozás és a testtartás szabályozása a szomatoszenzoros, vizuális és vesztibuláris rendszer segítségével valósul meg, a központi idegrendszer reflexkörök útján módosítja az izom válaszát (Loram, Kelly és Lakie, 2001; Loram és Lakie, 2002; Morasso és Schieppati, 1999). A vizualitás és az egyensúlyozás tehát szoros kapcsolatban állnak egymással. A fej térbeli helyzete és mozgásának biomechanikai paraméterei határozzák meg a test helyzetét és mozgását. A vesztibuláris és vizuális rendszerből, valamint a proprioceptoroktól érkező információkon alapuló agyi szabályozás felelős a térbeli mozgás és a testtartás felügyeletéért, a mozgásirány és az intenzitás adaptivitásáért (1. ábra).

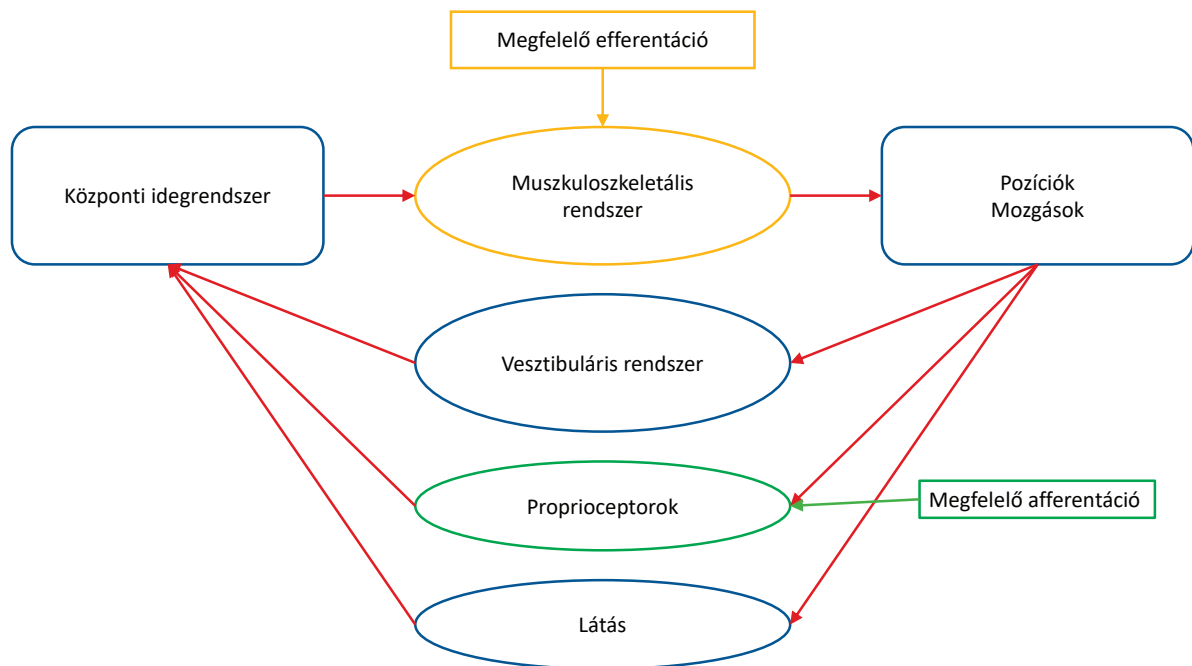
A vizuális feedback, a vesztibuláris apparátus és a neuromuszkuláris rendszer terhelése és edzése alapvető fontosságú a statikus koordinációban, amit megerősít, hogy az egyensúlyzavar vizuális kontroll nélkül fokozódik (Rivera, Winkelmann, Powden és Games, 2017).

Az ember súlypont stabilitása függ az életkortól és a fiziológiás körülményektől is (Peterka és Black, 1990). A mozgásfejlődés és a statikus egyensúlyozás nemek és életkorok szerint változik. Serdülőkor előtt az egyensúlyozásban a lányok kissé jobban teljesítenek, de jelentős különbség nem mérhető a nemek között, míg a serdülőkor táján a lányok eredményei elmaradnak a fiúkéhoz képest. A 18. életévre a nemek közti különbségek kiegyenlítődnek, sőt, a lányok kissé jobb értékei figyelhetők meg. Az organikus fejlődésben mutakozó különbségek a nemek közötti eltérésekre is visszavezethetők. A súlypont stabilitásban fontos a testtartás, amely változhat sportolás és mozgásfejlesztés

hatására. A rendszeres mozgás, mint például a több testnevelés óra biztosítása elősegíti a statikus koordináció javulását, sőt az alacsonyabb szintről indulók általában többet fejlődnek, mint a magasabb szintről indulók (Georgopoulos, 1991). Továbbá különböző kórképek esetén (pl.: Parkinson kórban szenvedőknél vagy post stroke utáni állapotokban) hathetes intenzív „Wii-fit és Wii Balance Board” használata javítja a mobilitást és a funkcionális képességeket (Esculier, Vaudrin, Bériault, Gagnon és Tremblay, 2012; Jorgensen, Laessoe, Hendriksen, Nielsen és Aagaard, 2013; Karasu, Batur és Karatas, 2018; Sajan, John, Grace, Sabu és Tharion, 2017; Tarakci, Huseyinsinoglu, Tarakci és Ozdincler, 2016). A mozgásszegény életmód koordinálatlan mozgáshoz és az egyensúlyozó képesség, azaz a súlypont stabilitás romlásához vezethet, ami jelentősen hozzájárulhat például az idős

korban megfigyelhető esések, balesetek számának növekedéséhez (Bourke és Lyons, 2008; Sturnieks, St George és Lord, 2008; Clyburn és Heydemann, 2011; Kovács, 2016; Madureira, Takayama, Gallinaro, Caparbo, Costa és Pereira, 2007; Muir, Berg, Chesworth és Speechley, 2008).

A rendszerelvű egyensúly vizsgálatok a funkcionális problémákat határozzák meg. Ezen rendszerelvű megközelítés az egyensúly problémákat eredetük szerint három kategóriába sorolja, úgymint biomechanikai, motoros koordinációs és érzékszervi elváltozások (Morasso és Sanguineti, 2002). Az egyensúlyozó képesség jellemzésére a klinikumban gyakran alkalmazott, megfigyelésen alapuló szubjektív vizsgálati módszer a statikus Romberg és a dinamikus Fukuda (Unterberger) teszt (Fukuda, 1959). Ezek a test elmozdulását és kilengését vizsgálják.



1. ábra: A fiziológias járás modellje

Célkitűzések

Előtanulmányunk célja a statikus és dinamikus, az egyensúlyozó képességet jellemző paraméterek, azaz a fej és a test nyugalmi és provokált helyváltoztatásának és mozgáspályának analízise 16-18 éves, egészséges, sporttevékenységet nem végző diákok körében. További célunk a normál tartományok azonosításához elvégzett elemzések bemutatása,

mely további kutatásokban alkalmazható módszert adhat a korosztályok specifikus normál tartományának meghatározásához.

Módszerek

Két budapesti gimnázium négy osztályából azok az egészséges, sporttevékenységet az iskolai testnevelésen kívül nem végző diákok jelentkezettek

a vizsgálatra, akik a beválasztási kritériumoknak megfeleltek. Mivel az életkor és az egyensúlyozó képesség, valamint a testmagasság, a testtömeg és az egyensúlyozó képesség között kapcsolat van, beválogatási kritérium volt a 16-18 éves életkor, az életkornak megfelelő, átlagos testmagasság és az iskolaorvos által megállapított normál testtömeg. Így a fiúk 158-168 cm, a lányok 152-159 cm közöttiek voltak. Kizárási kritérium volt az iskolaorvosi jelentésben rögzített vagy szülői kérdőívben szereplő bármilyen mozgásszervi eltérés (pl. gerincferdülés), továbbá a mozgást vagy a Fukuda és a Romberg tesztek kivitelezését befolyásoló krónikus betegség (pl. epilepszia, benignus paroxysmalis positionalis vertigo, Asperger sy.)

Az egyensúlyozást igénylő feladatok, mint a mozgás (Fukuda teszt) és az állás (Romberg teszt) közben kivitelezett testtartás, fejhelyzet, mozgáskoordináció és az egyensúlyi állapot egymással szorosan összefüggő paramétereit digitális mérőműszerekkel detektálva objektív, mennyiségileg mérhető jellemzők értékelését teszik lehetővé (2. ábra). A Zebris cég által kifejlesztett ultrahang alapú, számítógép vezérlésű, kraniokorpográfiás (UH-COM-CCG) mérőrendszer WIN-BALANCE (WIN-BALANCE 1.7, ZEBRIS, Medizintechnik GmbH) segítségével végeztük a méréseket és a mérési eredmények feldolgozását (2. ábra). A mérőműszer elmozdulásokra vonatkozó abszolút maximális mérési hibája 2,5 % (Zebris Medical GmbH, 2019).



2. ábra. Ultrahang alapú, számítógép vezérlésű, kraniokorpográfiás mérőrendszer (WIN-BALANCE 1.7, ZEBRIS, Medizintechnik GmbH)

A vizsgált személyekre egy vállhevedert helyeztünk, amely a jobb és a bal vállon egy-egy ultrahang jeladót tartalmazott, a fejükre pedig egy sisak került, amely a homlok felett és a fejtetőn tartalmazta a jeladókat. A jeladók által kibocsátott ultrahangot egy

vevőfej detektálta, amely a koordinátákat a számítógépbe juttatta. A számítógép software feldolgozta, majd riport formájában megjelenítette az adatokat.

A Fukuda teszt során csukott szemmel, előre 90°-ban megemelt karral, magas térdemeléssel, 1

percig tartó helyben járásra kértük a vizsgált személyeket. Az 50 lépéses protokoll ICC értéke a vizsgált változókra magasabb, mint a 100 lépéses protokollé (Bonanni és Newton, 1998), ezért a lépésfrekvenciát 50/percben határoztuk meg. A vizsgált személyre rögzített telefonos metronóm alkalmazásával vezényeltük a kivitelezést. Meghatároztuk a fej hosszirányú és oldalirányú elmozdulásának mértékét, az oldalirányú szögeltérést (a kiindulási irány és a tényleges elmozdulás iránya közötti eltérés - deviáció), valamint a test hosszúsági tengely körüli elfordulásának szögét.

A Romberg teszt során a vizsgált személyeket csukott szemmel 1 percig tartó stabil állásra kértük, ahol egyenesen, lábait összezárva, előrenyújtott karokkal állt az alany, és a fej, valamint a vállak hosszirányú és oldalirányú kilengését, a fejmozgás által bejárt területet és a nyak oldalirányú dőlésszögét határoztuk meg.

Az adatelemzéseket IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0 programmal végeztük (IBM Corp. Released 2017. Armonk, NY: IBM Corp.). Az átlagot (M), az átlagtól történő eltérés nagyságát (SD), az átlagok mintavételi szórását (SE) határoztuk meg; a statisztikai elemzések során az alfa rögzített szintje 0,05 volt ($p < 0,05$ esetén tekintettük statisztikailag szignifikánsnak az eredményt). A normál tartományok meghatározásakor a kilógó, extrém adatokat (outlierek) nem vontuk be az elemzésbe.

A sisakba épített fejmarkerek, valamint a vállmarkerek elmozdulását rögzíti a készülék. A Romberg teszt során a fej, valamint a vállak hosszirányú és oldalirányú kilengését, a fejmozgás által bejárt területet és a nyak oldalirányú dőlésszögét határoztuk meg, míg a vizsgált személy csukott szemmel, egyenesen, lábait összezárva, előrenyújtott karokkal állt. A Fukuda teszt során a fej hosszirányú és oldalirányú elmozdulásának mértékét, az oldalirányú szögeltérést (a kiindulási irány és a tényleges elmozdulás iránya közötti eltérés - deviáció), valamint a test hosszúsági tengely körüli elfordulásának szögét rögzíti a készülék, miközben a vizsgált személy csukott szemmel, 90°-ban előre megemelt karral, magas térdemeléssel, 50/perces frekvenciával, 1 percig tartó helyben járást végez.

Eredmények

A vizsgálatokat 16-18 éves ($M = 17,00$; $SD =$

0,58), átlagos testmagasságú, egészséges középiskolás diákok körében, 80 fő bevonásával végeztük ($n_{\text{fiú}} = 50$ fő, $n_{\text{nő}} = 30$ fő).

Fukuda teszt

A Fukuda teszten a hosszirányú elmozdulás átlagosan 104,9 cm ($SD = 41,27$; $SE = 4,61$), míg az oldalirányú elmozdulás 13,13 cm ($SD = 7,41$; $SE = 0,83$) volt.

Statisztikailag szignifikáns különbséget a fiúk és lányok a hosszirányú elmozdulásban nem mutattak ($t(78) = -1,290$; $p = 0,201$). Az oldalirányú elmozdulás statisztikailag szignifikáns különbséget mutatott fiúk és lányok között ($t(78) = 2,180$; $p = 0,032$), a fiúk elmozdulása ($M = 14,49$; $SD = 8,05$; $SE = 1,14$) szignifikánsan nagyobb volt, mint a lányoké ($M = 10,85$; $SD = 5,59$; $SE = 1,02$). A hosszirányú és az oldalirányú elmozdulás statisztikailag szignifikáns kapcsolatot nem mutatott ($r(72) = -0,055$; $p = 0,640$).

A vizsgált személyek körében ($n = 76$) eltérést tapasztaltunk a test saját tengelye körüli elfordulás mértékében, és a kiindulási irány és a tényleges elmozdulás iránya által bezárt szögben, vagyis az oldalirányú szögeltérés mértékében (1. táblázat). A vizsgált személyek 50%-ánál az oldalirányú szögeltérés balra deviál. A balra deviáló lányok oldalirányú szögeltérése szignifikánsan nagyobb volt ($t(36) = -3,842$; $p < 0,001$), mint a fiúké, míg a jobbra deviáló lányok és fiúk oldalirányú szögeltérése statisztikailag szignifikáns különbséget nem mutatott ($t(36) = -0,372$; $p = 0,712$) (1. táblázat).

A saját tengelye körül a fiatalok 47,5%-a balra fordult el. Nincs szignifikáns különbség a balra forduló fiúk és lányok között a saját tengely körüli elfordulás mértékében ($t(36) = -0,113$; $p = 0,911$), de a jobbra fordulók esetében a lányok saját tengely körüli elfordulásának mértéke statisztikailag szignifikáns mértékben nagyobb volt, mint a fiúké ($t(37) = -3,700$; $p = 0,001$) (1. táblázat).

Az oldalirányú szögeltérés iránya és a saját tengely körüli elfordulás iránya szignifikáns, pozitív, nagyon magas kapcsolatot mutatott ($r(72) = 0,893$; $p < 0,001$).

Mind a balra, mind a jobbra irányuló elfordulás esetében, az oldalirányú szögeltérés és a saját tengely körüli elfordulás mértéke statisztikailag szignifikáns, pozitív magas/nagyon magas kapcsolatot mutatott (balra irányuló: $r(34) = 0,672$; $p < 0,001$; jobbra irányuló: $r(32) = 0,888$; $p < 0,001$).

1. táblázat: A 16-18 éves korú egészséges diákok ultrahang alapú, számítógép vezérlésű, kraniokorpográfiás (UH-COM-CCG) mérőrendszerrel detektált oldallirányú deviáció és a test saját tengelye körüli elfordulása irányának átlaga, szórása és az átlag standard hibája nemenként 1 percig tartó, helyben járás során (Fukuda teszt).

			n (fő)	M	SD	SE
Oldallirányú szögeltérés (°)	Balra deviálók	fiúk	25	10,26	8,91	1,78
		lányok	13	22,09	9,19	2,55
	Jobbra deviálók	fiúk	22	18,20	12,44	2,65
		lányok	16	19,63	10,49	2,62
Saját tengely körüli elfordulás (°)	Balra fordulók	fiúk	23	35,76	37,97	7,92
		lányok	15	36,90	24,29	6,27
	Jobbra fordulók	fiúk	25	27,81	19,14	3,83
		lányok	14	56,00	28,39	7,59

A Fukuda teszt egy percig tartó egyhelyben járás tartományokat (átlag 95%-os konfidencia intervallum) a 2. táblázatban mutatjuk be.

2. táblázat: A 16-18 éves korú egészséges diákok ultrahang alapú, számítógép vezérlésű, kraniokorpográfiás (UH-COM-CCG) mérőrendszerrel detektált hosszirányú és oldallirányú elmozdulások, valamint oldallirányú és a test saját tengelye körüli deviációja becsült normál tartományok (átlag 95%-os konfidencia intervallum – 95% CI) nemenként 1 percig tartó, helyben járás során (Fukuda teszt).

Paraméterek	Normál tartományok (átlag 95% CI, alsó-felső határ)	
	fiúk	lányok
Hosszirányú elmozdulás (cm)	86,7-110,7	94,1-128,3
Oldallirányú elmozdulás (cm)	11,6-13,9	8,7-10,8
Oldallirányú szögeltérés		
balra (°)	6,6-13,9	16,5-27,6
jobbra (°)	12,7-23,7	14,0-25,2
Elfordulás a saját tengelyéhez képest		
balra (°)	19,3-52,2	23,5-50,4
jobbra (°)	19,9-35,7	39,6-72,4

Romberg teszt

A Romberg teszten a fiúk és a lányok statisztikailag szignifikáns különbséget nem mutattak a hosszirányú ($t(76) = 1,689$; $p = 0,095$), és az oldallirányú ($t(73) = 1,056$; $p = 0,294$) kilengés mértékében,

valamint a fejmozgás által bejárt terület nagyságában sem ($t(72) = 1,700$; $p = 0,093$).

A fejmozgás által bejárt terület nagysága szignifikáns, pozitív, nagyon magas korrelációt mutatott a hosszirányú kilengéssel ($r(70) = 0,894$; $p < 0,001$),

és szignifikáns, pozitív, magas korrelációt az oldalirányú kilengéssel ($r(70) = 0,679$; $p < 0,001$), míg a hosszirányú kilengés és az oldalirányú kilengés között szignifikáns, pozitív, gyenge a korreláció ($r(70) = 0,356$; $p = 0,002$).

A vizsgált személyek mindegyikénél tapasztaltunk a nyakferdülés szögben eltérést (3. táblázat). A nyakferdülés szögének mértéke statisztikailag

szignifikáns különbséget fiúk és lányok között sem a balra ($t(23) = -0,470$; $p = 0,642$), sem a jobbra deviálók ($t(47) = 1,223$; $p = 0,227$) körében nem mutatott. Az egy percig tartó állás során mért paraméterek adataiból számítottuk a becsült normál tartományértékeket (átlag 95%-os konfidencia intervallum), melyet a 4. táblázatban mutatunk be.

3. táblázat: A 16-18 éves korú egészséges diákok ultrahang alapú, számítógép vezérlésű, kraniokorpográfiás (UH-COM-CCG) mérőrendszerrel detektált hossz- és oldalirányú kilengés, a fejmozgás által bejárt terület és a nyakferdülés szögének iránya, átlaga, szórása és az átlag standard hibája nemenként 1 percig tartó állás során (Romberg teszt).

		n (fő)	M	SD	SE	
Hosszirányú kilengés (cm)	fiúk	48	5,49	2,11	0,30	
	lányok	30	4,65	2,14	0,39	
Oldalirányú kilengés (cm)	fiúk	45	4,70	1,35	0,20	
	lányok	30	4,37	1,28	0,23	
Fejmozgás területe (cm ²)	fiúk	44	28,03	16,25	2,45	
	lányok	30	21,88	13,77	2,51	
Nyakferdülés szöge (°)	Balra deviálók	fiúk	20	7,76	6,09	1,36
		lányok	5	9,28	7,98	3,57
	Jobbra deviálók	fiúk	28	9,36	6,37	1,20
		lányok	23	7,53	4,23	0,88

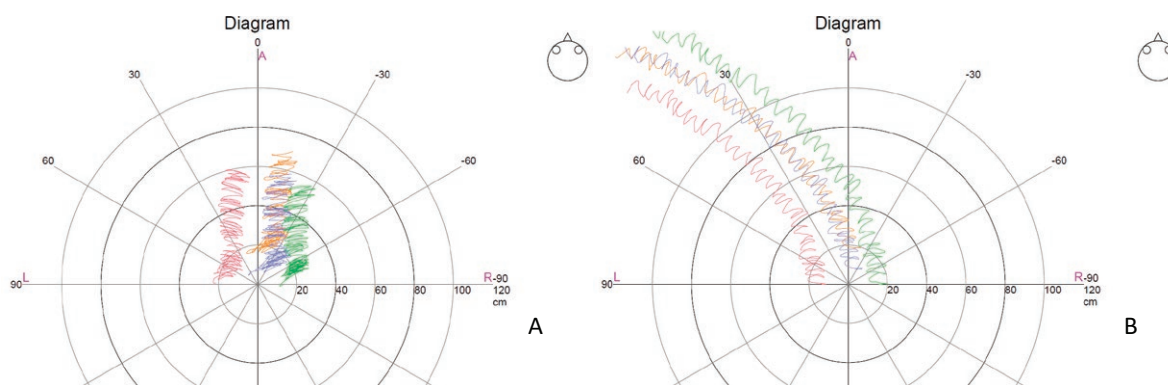
4. táblázat: A 16-18 éves korú egészséges diákok ultrahang alapú, számítógép vezérlésű, kraniokorpográfiás (UH-COM-CCG) mérőrendszerrel detektált hosszirányú és oldalirányú kilengései, fejmozgás által bejárt terület, nyakferdülési szög becsült normál tartományok (átlag 95%-os konfidencia intervallum – 95% CI) nemenként 1 percig tartó, állás során (Romberg teszt).

Paraméterek	Normál tartományok (átlag 95% CI, alsó-felső határ)	
	fiúk	lányok
Hosszirányú kilengés (cm)	4,9-6,1	3,9-5,5
Oldalirányú kilengés (cm)	4,3-5,1	3,9-4,9
Fejmozgás által bejárt terület (cm ²)	23,1-33,0	16,7-27,0
Nyakferdülési szög		
balra (°)	4,9-10,6	0-19,2
jobbra (°)	6,9-11,8	5,7-9,4

Esetismertetés – a normál tartományok meghatározásának gyakorlati jelentősége

Az objektív mérőműszer segítségével mért teszt-paraméterek jól vizsgálhatók. A normál tartományok meghatározása lehetőséget adhat az egyéni értékelések elvégzésére, valamint a fejlesztőprogramok hatékonyságának objektív nyomon követésére. A Fukuda teszt során regisztrált mozgásminitázatot leíró rajzolon látszik, hogy bár történik előre irányuló mozgás a dinamikus teszt során, de

oldalirányba történő lényeges kitérést nem figyelhetünk meg, ezért a kapott egzakt eredmények is a becsült normál tartományon belül találhatóak meg (3. A ábra), míg egy másik diákról készített felvétel rajzolatán látható egy fokozottan baloldalra irányuló deviancia, a vizsgált személy paraméterei a becsült normál tartományon kívülre esnek (3. B ábra). A vizsgálat során rögzített felvételen a sisakban lévő két jeladó kék és narancssárga, a két váll jeladó zöld és piros színnel látható.



3. ábra: A Fukuda teszt során kapott normál és balra deviáló vizsgálati személyek mérési rajzolata.

Megbeszélés

A klinikumban használt statikus és dinamikus súlypontvizsgálati tesztekhez objektív, normálnak tekinthető tartományok a szakirodalomban nem lelhetők fel. A vizsgálatokat viszonylag kis elemszámmal tudtuk elvégezni (N=80), paraméterenként változó mértékű szórást tapasztaltunk mind a Fukuda, mind pedig a Romberg teszt esetében. A statikus egyensúlyozó képességet jellemző paraméterek mérésére számos kinetikai és kinematikai módszeren alapuló lehetőség létezik. A talpi nyomásközéppont vándorlásának mérésén alapuló kinetikai módszerek információt adnak a testlengés mértékéről, irányáról (Paillard és Noé, 2015). A kraniokorporográfiás vizsgálat kinematikai adatokat szolgáltat a fej helyzetéről és mozgásáról. A testlengés mértéke és iránya mellett a fej beállításának sikerességét is megmutatja. A fej helyzetének a fiziológiástól való eltérése, a helytelen testtartás befolyásolhatja a statikus egyensúlytartást (Lee, 2016; Nagymáté, Takács és Kiss, 2018).

A Fukuda tesztet eredetileg a vestibuláris eredetű problémák vizsgálatára javasolták, amely alkalmas a különböző típusú szédülések elkülönítésére (Fukuda, 1959; Stefani, Molnár, Fent, Tamás

és Szirmai, 2020). A Fukuda által javasolt módszer a lépésszám meghatározásán alapul. Nagyszámú felnőtt alany vizsgálata során arra következtetett, hogy 50 lépés esetén 30° , 100 lépés esetén 45° elfordulás tekinthető patológiásnak (Fukuda, 1959). Az általunk végzett vizsgálat a lépésszám mellett az időtartamon is alapul. Az 50 lépés során az elfordulás mértékének normál értékei $19,3^\circ$ és $52,3^\circ$ közé esnek. Alanyaink nem rendelkeztek mozgást befolyásoló problémával, diagnosztizált vestibuláris problémával. Ezért felmerül a kérdés, hogy mi okozhatta egyes esetekben a magas értéket. Gyakran alkalmazott vizsgálat az ízületi helyzetérzékelés vizsgálata, ahol adott ízületi helyzetet kell vizuális kontroll nélkül reprodukálni (Han, Waddington, Adams, Anson és Liu, 2016). A Fukuda tesztet is felfoghatjuk egyfajta reprodukációs tesztnek is, ahol a kiindulási helyzet megőrzésének sikerességét mérjük egy komplex mozgás során. Ez esetben a sikerességet a vestibuláris rendszer mellett a proprioceptorokból érkező információ határozza meg. Serdülőkorú idiopátiás scoliosissal rendelkező gyermekeknél a hosszirányú elmozdulás és az elfordulás jelentősen nagyobb értéket mutatott (Le Berre, Guyot, Agnani, Bourdeauducq, Versyp, Donze, Thévenon, Catanzariti, 2017).

Vizsgálatunkban egészséges, sporttevékenységet az iskolai testnevelésen kívül nem végző diákok vettek részt, akik nem rendelkeztek olyan muszkuloszkeletális elváltozással, amely az egyensúlytartást befolyásolta volna. A lábméret és a láb szerkezete kismértékben befolyásoló tényező lehet, a boka körüli izomzat ereje azonban ebben az életkorban nem (Carvalho, da Silva, Gil, Oliveira, Nascimento, Pires-Oliveira, 2015, Irez, 2014, Svoboda, Bizovska, Gonosova, Linduska, Kovacikova, Vuillerme, 2019). A fiatalok között bár volt szemüveges/kontaktlencsét viselő, azonban a vizsgálatainkat a vizuális kontroll kikapcsolásával végeztük, így eredményeinket az esetleges látásélességből adódó különbségek nem befolyásolták. Azonban sport és testnevelés óra során a látásélesség meghatározó lehet az egyes feladatok kivitelezésében, ezért hangsúlyt kell fektetni a rendszeres ellenőrzésére.

Azt feltételezzük, hogy a vizsgált statikus és dinamikus tesztek nagy szórással bíró komponensei a legérzékenyebbek az életkori fiziológias növekedésre és/vagy test-felépítésbeli változásra.

Azok a paraméterek, ahol a lányok és fiúk értékei szignifikánsan különböznek, abból adódhatnak, hogy életkori fejlődésük a nemüknek megfelelő, de a két nem fejlődési üteme adott életkorban máshol tart, és a mértékük eltérő, például az átlagos magasság a fiúknál már nagyobb ebben az életkorban, mint a lányoknál. Azon paraméterek, amelyek esetében a fiúk és lányok adattartományai nem térnek el vagy nem mutatnak nagy szórást, kevésbé érzékenyek a fiziológiai változásokra.

Az adattartományok meghatározásánál becslést készítettünk az általunk vizsgált egészséges, 16-18 éves átlagos testmagasságú, normál testtömegű fiatalokra jellemző normál tartományokra. A normál tartományok meghatározását a személy nemének figyelembe vételével javasolt elvégezni, valamint úgy becsülni e tartományokat, hogy a becslést ne torzítsák a mért antropometriai mutatókban szélsőséges értéket képviselők (pl.: testmagasság populációátlagtól való jelentős eltérései), esetükben külön becslést érdemes készíteni. Továbbá érdemes megjegyezni, hogy a becsült normál tartományok felső értékei tekinthetők a gyakorlatban jelentős határnak, hiszen a tesztek pontos kivitelezésénél megtartott egyensúly annál jobb, minél kisebb az elmozdulás mértéke a

kivitelezés során. Az egyes tartományi minimumértékeknel kisebb elmozdulás sportági alkalmassági kritérium is lehet olyan sportágak esetén, ahol az egyensúlyozó képesség jelentősen befolyásolja a teljesítményt.

Esetismertetés

Az egyéni elemzések a módszer érzékenységét bizonyítva rávilágítanak arra, hogy az egészséges 16-18 éves diákok esetében is figyelhető meg eltérés. Kérdés, hogy azok a folyamatok, amelyek az egyedi eltéréseket eredményezik, okozhatnak-e később mozgásszervi problémákat. Kérdés továbbá, hogy ezek a fiatalkori eltérések összefüggésbe hozhatók-e a későbbi, akár időskori egyensúlyozási és mozgáskoordinációs problémákkal, illetve specifikus mozgásfejlesztéssel korrigálhatók-e. Ezen egyéni analízisek lehetőséget teremtenek a napjainkban egyre nagyobb figyelmet követelő népegészségügyi szempontból is fontos prevencióra, a mindennapi testnevelés órákon alkalmazott általános fejlesztésre, a sporttevékenységet felügyelő szakemberek tevékenységére, ezen túlmenően a gyógytornászoknak és fejlesztő pedagógusoknak egyéni, célirányos fejlesztésre. A klinikumban használt szubjektív tesztek objektivizálásával nemcsak az egészséges diákok esetében nyílik lehetőség megbízható analízisre, hanem a diagnosztikában is lehetőség nyílik egyszerű vizsgálattal az enyhébb eltérések, a részfunkció-zavarok véleményezésére és specifikus fejlesztési program kidolgozására. A finom paraméterekben lévő eltérések lehetőséget adhatnak speciális – főleg a részfunkciót érintő – fejlesztő programok kidolgozására. A koordinációs képesség időben történő kiszűrése a jövőben népegészségügyi jelentőséggel bírhat nemcsak a fiataloknál, de idős korban is, ahol az egyén-specifikus koordinációs programok adekvát megkezdésével az esések gyakoriságának és az ebből származó szövődmények kialakulásának csökkenése várható.

A kutatás limitációja

A kutatás limitációja a kis esetszám, valamint az, hogy csak a 16-18 éves korcsoportra határoztuk meg a normál tartományt nem reprezentatív mintán, ami további méréseket, vizsgálatokat igényel, nagyobb elemszámmal, valamint további korcsoportok bevonásával, biztosítva az eredmények általánosíthatóságát is.

Következtetések, összefoglalás

Előtanulmányunkban 16-18 éves egészséges, sporttevékenységet az iskolai testnevelésen kívül nem végző diákok körében vizsgáltuk a fej és a test nyugalmi és provokált helyváltoztatását és mozgáspályáját, amely alapján megbecsültük az e korosztályra jellemző normál tartományokat. Az alkalmazott becslések a további vizsgálatok számára biztosíthatják egy már reprezentatív mintán elvégezhető diagnosztika objektívizálását. Ez összességében lehetőséget adhat az enyhébb és súlyosabb eltérések kimutatására, továbbá a részfunkció zavarok véleményezésére, diagnózisok alátámasztására, a terápia megtervezésére és eredményességének vizsgálatára, emellett a sport és az egészségmegőrzés területén az állapotfelmérésre, az egyes sportágak tulajdonságaiból adódó egyoldalú terhelések miatt kialakuló eltérések kimutatására.

Javasolt ismételt vizsgálatokkal nyomon követni a törzs dinamikus stabilitásának változását, ezáltal az egyes edzésmódok hatékonyságának elemzésére is lehetőség nyílik. Az egyéni eredmények értékelése megfelelő és hatékony személyre szabott fejlesztési tervek kidolgozását is biztosíthatja.

Irodalomjegyzék

- Bonanni M, Newton R. (1998): Test-retest reliability of the Fukuda Stepping Test. *Physiother Res Int.* 3 (1):58-68. doi: 10.1002/pri.122. PMID: 9718617.
- Bourke, A. K. és Lyons, G. M. (2008): A Threshold-Based Fall-Detection Algorithm Using a Bi-Axial Gyroscope Sensor. *Medical Engineering and Physics* 30 (1): 84–90. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2006.12.001>.
- Carvalho, C. E., da Silva, R. A., Gil, A. W., Oliveira, M. R., Nascimento, J. A., Pires-Oliveira, D. A. (2015): Relationship between foot posture measurements and force platform parameters during two balance tasks in older and younger subjects. *J Phys Ther Sci.* 27(3):705-710. doi:10.1589/jpts.27.705
- Clyburn, T. A. és Heydemann, J. A. (2011): Fall Prevention in the Elderly: Analysis and Comprehensive Review of Methods Used in the Hospital and in the Home. *Journal of the American Acad Orthop. Surg.* 19 (7): 402–9. <https://doi.org/10.1097@00124635-201107000-00003>.
- Esculier, J. F., Vaudrin, J., Bériault, P., Gagnon, K. és Tremblay, L. E. (2012): Home-Based Balance Training Programme Using Wii Fit with Balance Board for Parkinson's Disease: A Pilot Study. *Journal of Rehabilitation Medicine* 44 (2): 144–50. <https://doi.org/10.2340/16501977-0922>.
- Farley, C. T. és Morgenroth, D. C. (1999): Leg Stiffness Primarily Depends on Ankle Stiffness during Human Hopping. *Journal of Biomechanics* 32 (3): 267–73. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(98\)00170-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(98)00170-5).
- Fukuda, T. (1959) The Stepping Test. *Acta Oto-Laryngologica* 50: 95–108.
- Georgopoulos, A. P. (1991): Higher Order Motor Control. *Annual Review of Neuroscience* 14 (1): 361–77. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.14.030191.002045>.
- Han, J., Waddington, G., Adams, R., Anson, J. és Liu, Y. (2016): Assessing Proprioception: A Critical Review of Methods. *Journal of Sport and Health Science* 5 (1): 80–90. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.10.004>.
- Irez, G. B. (2014): The relationship with balance, foot posture, and foot size in school of physical education and sports students. *Educational Research Review*, 9, 551-554.
- Jorgensen, M. G., Laessoe, U., Hendriksen, C., Nielsen, O. B. F. és Aagaard, P. (2013): Efficacy of Nintendo Wii Training on Mechanical Leg Muscle Function and Postural Balance in Community-Dwelling Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences* 68 (7): 845–52. <https://doi.org/10.1093/geronol/gls222>.
- Karasu, A. U., Batur, E. B. és Karatas, G. K. (2018): Effectiveness of WII-Based Rehabilitation in Stroke: A Randomized Controlled Study. *Journal of Rehabilitation Medicine* 50 (5): 406–12. <https://doi.org/10.2340/16501977-2331>.
- Kovács, É. (2016): Az Időskori Elesések Megelőzése. *Rehabilitáció A Magyar Rehabilitációs Társaság Folyóirata* 26 (3): 134–38. <https://mob.aek.hu/detailsperm.jsp?PERMID=122801>.

14. Le Berre, M., Guyot, M. A., Agnani, O., Bourdeauducq, I., Versyp, M. C., Donze, C., Thévenon, A., Catanzariti, J. F. (2017): Clinical balance tests, proprioceptive system and adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J.* Jun; 26 (6): 1638-1644. doi: 10.1007/s00586-016-4802-z.
15. Lee, J. H. (2016): Effects of Forward Head Posture on Static and Dynamic Balance Control. *Journal of Physical Therapy Science* 28 (1): 274–77. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.274>.
16. Loram, I. D., Kelly, S. M. és Lakie, M. (2001): Human Balancing of an Inverted Pendulum: Is Sway Size Controlled by Ankle Impedance? *Journal of Physiology* 532 (3): 879–91. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.0879e.x>.
17. Loram, I. D. és Lakie, M. (2002): Direct Measurement of Human Ankle Stiffness during Quiet Standing: The Intrinsic Mechanical Stiffness Is Insufficient for Stability. *Journal of Physiology* 545 (3): 1041–53. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2002.025049>.
18. Madureira, M. M., Takayama, L., Gallinaro, A. L., Caparbo, V. F., Costa, R. A. és Rereira, R. M. R. (2007): Balance Training Program Is Highly Effective in Improving Functional Status and Reducing the Risk of Falls in Elderly Women with Osteoporosis: A Randomized Controlled Trial. *Osteoporosis International* 18 (4): 419–25. <https://doi.org/10.1007/s00198-006-0252-5>.
19. Mora, E., Mora, R., Passali, G. C., Chiarlone, M., Bernardini, A., Mora, F., Casale, S., Cordone, M. P. és Barbieri, M. (2002): Computerized Modification of Fukuda Test. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* okt. 22 (5): 268–72. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12510337/>.
20. Morasso, P. G. és Schieppati, M. (1999): Can Muscle Stiffness Alone Stabilize Upright Standing? *Journal of Neurophysiology* 82 (3): 1622–26. <https://doi.org/10.1152/jn.1999.82.3.1622>.
21. Morasso, P. G. és Sanguineti, V. (2002): Ankle Muscle Stiffness Alone Cannot Stabilize Balance during Quiet Standing. *Journal of Neurophysiology* 88 (4): 2157–62. <https://doi.org/10.1152/jn.2002.88.4.2157>.
22. Muir, S. W., Berg, K., Chesworth, B. és Speechley, M. (2008): Use of the Berg Balance Scale for Predicting Multiple Falls in Community-Dwelling Elderly People: A Prospective Study. *Physical Therapy* 88 (4): 449–59. <https://doi.org/10.2522/ptj.20070251>.
23. Nagymáté, G., Takács, M. és Kiss, R. M. (2018): Does Bad Posture Affect the Standing Balance? *Cogent Medicine* 5 (1): 1–12. <https://doi.org/10.1080/2331205x.2018.1503778>.
24. Paillard, T. és Noé, F. (2015): Techniques and Methods for Testing the Postural Function in Healthy and Pathological Subjects. *BioMed Research International* 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/891390>.
25. Peterka, R. J. és Black, F. O. (1990): Age-Related Changes in Human Posture Control: Sensory Organization Tests. *Journal of Vestibular Research* 1 (1): 73–85.
26. Peterka, R. J. (2002): Sensorimotor Integration in Human Postural Control. *Journal of Neurophysiology* 88 (3): 1097–1118. <https://doi.org/10.1152/jn.2002.88.3.1097>.
27. Peterka, R. J. és Loughlin, P. J. (2004): Dynamic Regulation of Sensorimotor Integration in Human Postural Control.” *Journal of Neurophysiology* 91 (1): 410–23. <https://doi.org/10.1152/jn.00516.2003>.
28. Rivera, M. J., Winkelmann, Z. K., Powden, C. J. és Games, K. E. (2017): Proprioceptive Training for the Prevention of Ankle Sprains: An Evidence-Based Review. *Journal of Athletic Training.* National Athletic Trainers’ Association Inc. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.11.16>.
29. Sajan, J. E., John, J. A., Grace, P., Sabu, S. S. és Tharion, G. (2017): Wii-Based Interactive Video Games as a Supplement to Conventional Therapy for Rehabilitation of Children with Cerebral Palsy: A Pilot, Randomized Controlled Trial. *Developmental Neurorehabilitation* 20 (6): 361–67. <https://doi.org/10.1080/17518423.2016.1252970>.
30. Maihoub, S., Molnár, A., Fent, Z., Tamás, L. és Szirmai, Á. (2020): Objective Diagnostic Possibility in the Differentiation of Idiopathic and Secondary Benign Paroxysmal Positional Vertigo. *Orvosi Hetilap* 161 (6): 208–13.

- <https://doi.org/10.1556/650.2020.31646>.
31. Shumway-Cook, A., és Woollacott, M. H. (2012): Motor control: Translating research into clinical practice (4th ed.). *Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins*.
 32. Svoboda, Z., Bizovska, L., Gonosova, Z., Linduska, P., Kovacikova, Z., Vuillerme, N. (2019): Effect of aging on the association between ankle muscle strength and the control of bipedal stance. *PLoS One*;14(10):e0223434. Published 2019 Oct 3. doi:10.1371/journal.pone.0223434
 33. Sturnieks, D. L., St George, R. és Lord, S. R. (2008): Balance Disorders in the Elderly. *Neurophysiologie Clinique* 38 (6): 467–78. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2008.09.001>.
 34. Tarakci, D., Huseyinsinoglu, B. E., Tarakci, E. és Ozdinler, A. R. (2016): Effects of Nintendo Wii-Fit® Video Games on Balance in Children with Mild Cerebral Palsy. *Pediatrics International* 58 (10): 1042–50. <https://doi.org/10.1111/ped.12942>.
 35. Zebris Medical GmbH (2019): Measuring System for 3D-Motion Analysis CMS10 Technical data and operating instructions.