

EGY ÚJ TESTTARTÁSI HIBAMUTATÓ ALKALMAZÁSA KVÁZI DINAMIKUS EGYENSÚLYVIZSGÁLATBAN – MAGYAR NÉPTÁNCOSOK ESETTANULMÁNYA

Pályá Zsófia*, Kiss Rita M.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék



DOI: 10.17489/biohun/2025/1/616

Absztrakt

A dinamikus egyensúly fenntartása az idegrendszer és az izomzat összehangolt működését igényli, melyben kulcsszerepet játszik a funkcionális stabilitás, különösen az olyan komplex mozgásformák esetén mint a néptánc. Az úgynevezett poszturális hibamutató (PE) a személy helyes testtartását jellemzi az ideális, vagy annak vélt kiindulási helyzethez képest, egy meghatározott ideig végzett teszt során. Jelen kutatás egyik célja, a poszturális hibamutató (PE) alkalmazása néptáncosok és kontroll személyek kvázi-dinamikus egyensúlyvizsgálat esetén. A hibamutató meghatározása mellett célunk volt az alkalmazhatóság megmutatása, ezért a PE értékek és más stabilitási paraméterek között a korreláció értékét is meghatározzuk.

Tizenkét néptáncos (8 férfi, 4 nő; életkor: $21,7 \pm 3,6$ év; testmagasság: $175,4 \pm 10,2$ cm; testsúly: $72,5 \pm 10$ kg) és kilenc kontroll résztvevő (5 férfi, 4 nő; életkor: $21,6 \pm 2,87$ év; testmagasság: $174,4 \pm 7,82$ cm; testsúly: $66,1 \pm 11,56$ kg) bevonásával egyensúlyozó deszkán végrehajtott kvázi-dinamikus tesztet végeztünk. Ez két darab 60 másodperces egyensúlyozási feladatból, és közte a magyar néptáncra jellemző forgásos mozdulatsor megismétléséből álló forgásos fárasztásból állt. A hibamutató az egyensúlyozó teszteken nyújtott poszturális stabilitás jellemzésére használtuk, mind a forgás *előtti*, és *utáni* mérés esetén.

Az eredmények alapján a sagittális (AP) síkban a néptáncosoknál több esetben nőtt a testtartási hiba a forgást követően, mint a kontrollcsoportnál, míg a frontális (ML) síkban mindkét csoportban hasonló arányban figyelhettünk meg javulást és romlást. Szignifikáns változás a forgatás hatását tekintve egyik csoport esetnél sem figyelhető meg. Ez a tendencia összhangban áll korábbi kutatásokkal, melyek szerint a néptáncosok kiemelkedő oldalirányú (ML) stabilitással rendelkeznek. A számított PE értékek és más stabilitási paraméterek közötti korreláció alapján megállapítható, hogy a PE mutató jól jellemzi a poszturális stabilitás változásait, különösen az instabilitás do-

***Levelező szerző elérhetősége:** Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék, H-1111 Budapest, Műgyetem rakpart 3. **E-mail:** palya.zsofia@mogi.bme.hu **Tel.:** +36 1 463-2145

Citáció: Pályá Zs, Kiss RM. Egy új testtartási hibamutató alkalmazása kvázi dinamikus egyensúlyvizsgálatban – Magyar néptáncosok esettanulmánya. *Biomech Hung.* 2025;18(1):30-9.

Beérkezés ideje: 2025.04.02. **Elfogadás ideje:** 2025.05.23.

mináns irányában (forgás *előtti* esetben AP, *utána* ML). A hibamutató alkalmazása hozzájárulhat a táncosok teljesítményének objektív értékeléséhez és az egyensúlyozási képesség fejlesztéséhez.

Kulcsszavak: testtartás, dinamikus egyensúly, magyar néptánc

APPLICATION OF A NOVEL POSTURAL ERROR INDICATOR IN QUASI-DYNAMIC BALANCE ASSESSMENT – A CASE STUDY ON HUNGARIAN FOLK DANCERS

Abstract

Maintaining balance under dynamic circumstances requires the coordinated functioning of the nervous and muscular systems, in which functional stability plays a crucial role – especially during such complex movements as folk dance. The primary aim of the present study was to apply a new postural error (PE) indicator, previously introduced in an earlier study, to assess postural control of folk dances and control participants under quasi-dynamic balance test condition. PE characterizes an individual's ability to maintain correct posture relative to the ideal (or presumed ideal) position during a test performed over a defined period of time. In addition to calculating PE values, a secondary aim was to prove its applicability by comparing the results with other established stability parameters.

Twelve folk dancers (8 men, 4 women; age: $21,7 \pm 3,6$ years; body height: $1754 \pm 10,2$ cm; body weight: $72,5 \pm 10$ kg) and nine control participants (5 men, 4 women; age: $21,6 \pm 2,87$ years; body height: $1744 \pm 7,82$ cm; body weight: $66,1 \pm 11,56$ kg) performed a dynamic balancing task on a wobble board, which consisted of two 60-second long balance trials separated by a spinning intervention that replicated a characteristic rotational movement found in Hungarian folk dance. The introduction of the PE indicator aimed to characterize postural stability during both pre- and post-spinning balance trials.

Based on the results, *PE* increased more often among dancers in the sagittal plane (AP direction) than in the control group following the spinning intervention. In contrast, both groups exhibited a similar performance in the frontal plane (ML direction). However, considering the effect of the spinning intervention, no statistically significant changes were observed in either group. This trend aligns with our previous findings, which suggest that folk dancers exhibit enhanced mediolateral (ML) stability but do not necessarily outperform controls in the AP direction. When examining the correlation between the calculated PE values and other stability parameters, the PE indicator reliably reflected changes in postural stability, especially in the dominant direction of instability (AP *before* spinning, ML *after* spinning). The application of the PE indicator offers a valuable tool for the objective evaluation of dance performance and the development of balance-related training interventions.

Keywords: postural control, dynamic stability, Hungarian folk dance

BEVEZETÉS

A magyar néptánc a Kárpát-medencéből származó, régiókra jellemző hagyományos táncok gyűjtőfogalma. A különböző tájegységek táncstílusai dinamikai sajátosságaikban is jelentősen eltérnek: egyes irányzatok rövid, dinamikus ugrásokat, láblendítéseket

és lábcsapásokat tartalmaznak, míg más stílus esetén a hosszabb ideig tartó forgásokat és pördüléseket a hangsúlyosak.¹ Utóbbi fokozott egyensúlykontrollt igényel. A forgások közbeni vagy utáni egyensúlyvesztés ronthatja a teljesítményt, és növelheti a sérülés kockázatát, a gyors poszturális válaszreakciók és a

stabil testtartás-szabályozás elengedhetetlenek a néptáncosok számára.

Dinamikus egyensúlyozás általános értelemben olyan szabályozási folyamatot jelent, amely nem statikus, hanem változó, instabil körülmények között zajlik. Ez általában helyzetváltoztatással is jár, azonban ez nem egyértelmű. Dinamikus egyensúlyozásnak tekintjük azon feladatokat is, amikor dinamikus körülmények között, álló testhelyzetben kell megtartani az egyensúlyunkat. Ezt szokás kvázi-dinamikus egyensúlyozásnak is nevezni.² Ez a fajta egyensúlyozás egyszerre igényel testtartás-szabályozást (poszturális kontrollt) a stabil állóhelyzet fenntartása vagy visszanyerése érdekében, valamint dinamikus szabályozást, ami gyors reakcióképességet igényel a szenzomotoros rendszer részéről.

A dinamikus egyensúly fenntartása nemcsak az izomzat és az idegrendszer összehangolt működését tükrözi, hanem fontos indikátora a funkcionális stabilitásnak, különösen olyan komplex mozgásformák esetén, mint a tánc, torna vagy egyéb sporttevékenységek.³⁻⁵ A táncosok egyensúlyozó képessége a szakirodalom egyik széles körben vizsgált területe⁶⁻⁹, ugyanakkor a poszturális stabilitással és a dinamikus egyensúlyozási készségek kutatásával foglalkozó irodalmak nagy része elsősorban a klasszikus balett táncosokra fókuszál.^{5,10-12} A tánc során fellépő dinamikus környezeti ingerek és a folyamatos mozgás- és testhelyzet-változások komplex egyensúlyszabályozást igényelnek nem csak a klasszikus balett, hanem más mozgásformák esetén is. A különböző táncstílusok biomechanikai elemzése lehetőséget nyújt az egyensúlyozási képességek tágabb kontextusú vizsgálatára, valamint hozzájárulnak a sérülésmegelőzési és teljesítményoptimalizálási stratégiák fejlesztéséhez is.¹³

Jelen kutatás célja, egy korábbi kutatásban bemutatott, úgynevezett poszturális hibamu-

tató alkalmazása kvázi-dinamikus egyensúlyvizsgálat esetén. Korábbi kutatásunkban ezt a poszturális mutatót, ami az egyensúlyi pozíciótól való időben normalizált eltérését méri, törzserő stabilitás vizsgálatára vezettük be.¹⁴ A törzserőnek fontos szerepe van a poszturális stabilitás megtartása során is, így hipotézisünk az, hogy az ott alkalmazott testtartási hibamutató alkalmazható a táncosok testtartás szabályozásának leírására is. Jelen kutatás során néptáncosok testtartás-szabályozásának elemzésére használjuk ezt a hibamutatót, egyensúlyozó deszkán végzett, kvázi-dinamikus egyensúlyozó teszt során mért adatok elemzésekor. A kutatás második célja a PE mutató alkalmazhatóságának bemutatása, amely során más stabilitási mutatókkal statisztikai módszerrel összevetjük.

MÓDSZEREK

Vizsgált személyek

A vizsgálatba tizenkét magyar néptáncos (8 férfi, 4 nő; életkor: $21,7 \pm 3,6$ év; testmagasság: $175,4 \pm 10,2$ cm; testsúly: $72,5 \pm 10$ kg) és kilenc kontrollszemély (5 férfi, 4 nő; életkor: $21,6 \pm 2,87$ év; testmagasság: $174,4 \pm 7,82$ cm; testsúly: $66,1 \pm 11,56$ kg) vett részt. A táncosokat egyetemi kötődésű néptáncgyűtesekből választottuk ki, akik jellemzően gyermekkoruk óta tanulják a magyar néptáncot, és legalább 8 év táncos tapasztalattal rendelkeznek. A kontrollcsoport résztvevőit olyan személyek közül választottuk, akik korábban nem végeztek olyan sporttevékenységet amely, amely jelentősen befolyásolhatta volna az egyensúlyozó képességüket. Mindkét csoport esetében kizárási kritérium volt minden olyan mozgásszervi sérülés vagy rendellenesség, amely befolyásolja az egyensúlyozó képességet vagy a mozgást. Minden résztvevő írásos beleegyezését adta a vizsgálatban való részvételhez, miután részletes tájékoztatást kaptak a mérés menetéről. A kutatási protokollt a Testnevelési Egyetem Tudományos és Kutatásetikai Bizottsága hagyta jóvá (TE-KEB/17/2021).

Mozgásfelvétel

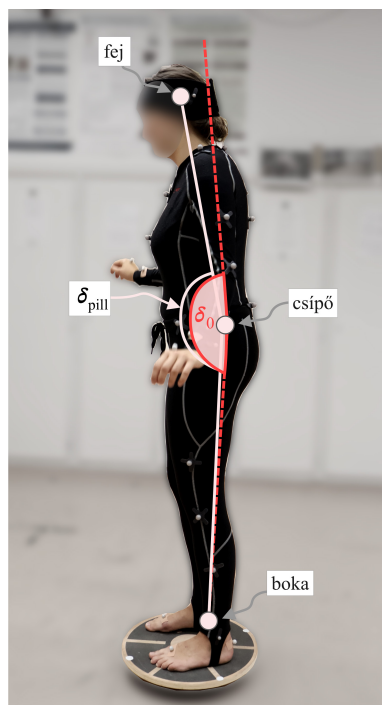
A mozgás rögzítéséhez egy OptiTrack-alapú (NaturalPoint Inc., Corvallis, Oregon, USA) optikai mozgáskövető rendszer alkalmaztunk. A rendszer 18 darab Flex 13 típusú infravörös kamerából, és a hozzá tartozó Motive v1.10.3 szoftverből állt. A rögzíteni kívánt testrészek, és az egyensúlyozó deszka pozíciójának követésére 12,8 mm átmérőjű, fényvisszaverő bevonattal ellátott szférikus markereket alkalmaztunk. A résztvevők mozgásának rögzítéséhez összesen 39 darabot „Vicon Plug-in-Gait Conventional Full Body” elrendezésben a vizsgált személy testére (anatómiai pontjaira)¹⁵, míg az egyensúlyozó deszka felületére 5 darab marker került. A markerek térbeli helyzetének mérése 120 Hz-es mintavételi frekvenciával történt, a mérések során a kalibrálás átlagos 3D hibája 0.550 mm volt.

Kvázi-dinamikus egyensúlyvizsgálat

Az állás közbeni dinamikus egyensúlyképesség vizsgálat az egyén egyensúly megtartó képességének értékelése külső zavaró hatások mellett. Jelen vizsgálat során a résztvevők folyamatos dinamikus ingerlésnek voltak kitéve, amely során egy instabil felületen kellett egyensúlyukat megtartaniuk. A résztvevők feladata egy egyensúlyozó deszkán való 1 perces egyensúlyozás sikeres teljesítése volt, két körben (forgás előtt és után). A mérésekhez egy DOMYOS (DECATHLON, Villeneuve-d’Ascq, Franciaország) gyártmányú, 40 cm átmérőjű, több irányú kitérésre alkalmas egyensúlyozó deszkát alkalmaztunk (1. ábra). A tesztek előtt lehetőség volt az eszköz kipróbálására, ezzel csökkentve a mérési helyzet idegenségét. A két mérés közötti forgás, a magyar néptáncban is gyakran előforduló forgó mozgást imitálja, mint az egyensúly szempontjából fontos hatás. Ehhez a jégsporthok szárasedzésein előszeretettel használt spinner, vagy magyar nevén forgótalp nevezetű eszközt használtuk. Ez az eszköz egy láb méretű, ívelt

alsó felszínnel rendelkező műanyag korong, amely a talajjal érintkezve forgómozgást tesz lehetővé. A mérést megelőzően megkértük a résztvevőket, hogy próbálják ki a forgótalpat is, és a számukra kényelmesebb lábon végezzék el a forgásokat.

A mérési protokoll az alpméréssel (forgás előtti állapot) kezdődött, amely egy 60 másodpercig tartó kétlábás egyensúlyozást tesz az egyensúlyozó deszkán. Ezt követte a forgásos fásasztás: a résztvevők 10 darab, egylábás, függőleges tengelyű forgást hajtottak végre a forgótalp segítségével. A forgatást az általuk preferált, lábon hajtották végre. A forgásos fásadás időtartama jellemzően 30–60 másodperc között volt. A forgást követően (forgás utáni állapot) ismét el kellett végezniük a 60 másodperces kvázi-dinamikus egyensúlyozó tesztet. A tanulás hatásának és az esetleges



1. ábra. A mérési elrendezés, sagittalis síkban jelölve a testtartási hiba számításához használt szögértéket

kereszthatások kiküszöbölésének érdekében az alpmérés és a forgásos fásasztás között 10 perc pihenőidőt tartattunk. A forgatást követően azonban amint lehetett fel kellett venni a kiindulási pozíciót az egyensúlyvizsgálati eszközön.

Adatfeldolgozás, statisztikai elemzés

A mért markerek térbeli koordinátáit egy negyedrendű, aluláteresztő Butterworth-szűrő segítségével (vágási frekvencia: 15 Hz) készítettük elő a további feldolgozáshoz. A deszkára történő felállást követően és leszállást megelőzőn előfordulhatnak nem várt zavaró mozgások, a 60 másodperces felvételek első és utolsó 5 másodpercét levágtam. Továbbá, az egyensúlyozó deszka és a talaj közötti súrlódás rendkívül alacsony volt, így a függőleges tengely körüli elfordulást zérusnak tekintem. A feldolgozás során azzal az egyszerűsítéssel éltem, hogy az egyensúlyozási feladat megoldása az anterior-posterior (AP) irányú és a mediolateralis (ML) síkban történő mozgások kombinációjából tevődik össze. A deszkán egyensúlyozó ember testtartásának ideális esetben függőlegesnek, vagy közel függőlegesnek kell lennie. Az állás közbeni dinamikus egyensúlyozás során, főleg az instabil gerjesztést figyelembe véve, a boka stratégia nem bizonyul hatékonynak, ilyen típusú feladat megoldása során elsődlegesen a csípőízületünket alkalmazzuk.¹⁶ A testtartás leírására ezért az egyensúlyozó embert egy két tagból álló „egyenesként” tekintem, amely a boka és a medence övet, valamint a medence övet és a fejet összekötő két tagból áll (*I. ábra*). A boka pozíciójának meghatározása a külbokán elhelyezett LANK és RANK markerek mértani közepének számításával történt. A medence öv és a fej pozíciójának meghatározása, korábbi kutatás alapján a rajtuk elhelyezkedő 4-4 marker alapján valósult meg.¹⁷ A három térbeli pontot összekötő egyenesek AP és ML síkban vett szög alkalmas az egyenes testtartás jellemzésére (*I. ábra*).

A testtartási hibamutató (PE) a függőleges, vagy közel függőleges pozíciótól vett eltérés. Ezt a mutatót korábbi kutatásunk során törzserő teszt kivitelezésének jellemzésére alkalmaztuk.¹⁴ A mutató számításának alapja egy numerikus integrál, ami az ideális, vagy annak gondolt értéktől vett eltérést kumulálja. A mutató definiálása során, az eredeti elgondolás az volt, hogy olyan tesztek esetén, aminél a teljesítményt jellemzően idő alapon mérik (pl. plank teszt, Biering-Sorensen teszt, 'wall sit' teszt), definiáljunk egy mutatót, ami a teszt kivitelezésének módját is értékeli. Kell tehát valami kiindulási érték, amit az ideálisan kivitelezett pozíció megtartásához társítunk, az ahhoz képesti eltérés, illetve a teszt elvégzése során mért időbeli teljesítmény. A számított PE érték alapján akkor tekintjük szabályosabban kivitelezettnek a feladatot, ha annak érték minél kisebb, tart a 0-hoz. Jelen kutatás során ez a teoretikus kiindulási érték ML irányban a 180°, AP irányban a mért szögértékek RMS értéke. A mérések során megfigyelhető, hogy a fej középpontja AP irányba 15-20 cm előrébb helyezkedik el, mint a boka és a csípő. Amennyiben az elméleti értéket itt is 180°-nak tekintjük, minden számított PE érték egy konstans plusz hibával terhelt lesz. Ezt az előre dőlést egyéenként figyelembe vettük, a teoretikus kiindulás egységesen 20 cm-rel előrébb helyezett fejpozícióhoz tartozott. A PE mutató számítása:

$$PE = \frac{1}{T_{50}} \int_0^{T_{50}} |\delta_0 - \delta| dt$$

ahol T_{50} az 1 perces mérések levágást követően 50 másodperc minden esetben, δ_0 a teoretikus szögérték (ML irányban a 180°, AP irányban az előre dőlés szerint korrigált kiindulási helyzet), δ a pillanatnyi szögérték.

A testtartási hiba a két síkban (AP és ML) vetített szögekre került meghatározásra minden vizsgált

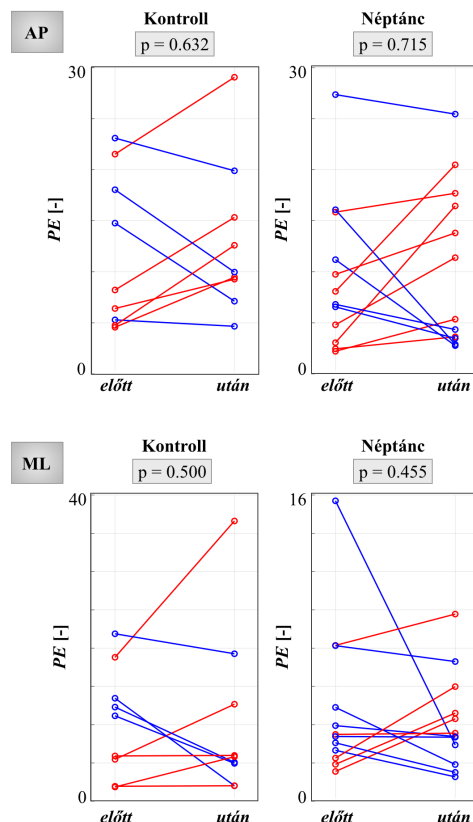
személy esetén, a forgást megelőzően (*előtte*) és azt követően (*utána*) egyaránt. A forgatás hatását, személyen belüli elrendezésben Wilcoxon-féle előjeles rangpróbával vizsgáltuk, $\alpha=0.05$ szignifikancia szint mellett. A hatásnagyságot a nemparametrikus próbának megfelelően biszerális rangkorrelációval vizsgáltuk.¹⁸

A táncosok a kontrollcsoporthoz hasonlított dinamikus egyensúlyozó képességét korábbi kutatásunkba már vizsgáltuk.¹⁷ Jelen kutatás második célja, a *PE* mutató az alkalmazhatóságát is megmutassa. Így a *PE* mutatót a korábban már meghatározott stabilitási paraméterekkel vetjük össze. Összesen 16 stabilitási mutatóval egészítettük ki a statisztikai vizsgálatot amelyek: a deszka AP irányú kitérése (*RP*), a deszka ML irányú kitérése (*RR*), AP irányú stabilitási sikeresség (*SP*), ML irányú stabilitási sikeresség (*SR*), testtömegközéppont és a fej által bejárt úthossz (P_{CoM} és P_{head}), és 95% konfidencia ellipszis területe ($A_{95\%,CoM}$ és $A_{95\%,head}$). Továbbá a testtömegközéppont és a fej mozgását jellemző komplex, nemlineáris viselkedését leíró paraméterek: becsült entrópia (AP: $SampEn_{CoM,AP}$, $SampEn_{head,AP}$ és ML: $SampEn_{CoM,ML}$, $SampEn_{head,ML}$ irányban), és a Higuchi-féle fraktál dimenzió (AP: $FD_{CoM,AP}$, $FD_{head,AP}$ és ML: $FD_{CoM,ML}$, $FD_{head,ML}$ és irányban).¹⁷ A korábban kiszámított mutatók egy része nem normál eloszlást követ, ezért a *PE* mutatóval vett korrelációanalízis során Spearman-féle rangkorrelációt végeztünk. A korreláció analízis során a szignifikancia szint $\alpha=0.05$ volt. Az utófeldolgozási és statisztikai számítást Matlab (v. R2022b), saját fejlesztésű programmal végeztem. Dancy és Reidy alapján erős korrelációnak tekintjük, ha $0.6 < |r| < 0.9$ közötti érték, közepesnek ha $0.4 < |r| < 0.6$.¹⁹

EREDMÉNY

A számított *PE* értékeket az 2. ábrán foglaltuk össze, csoportonként a forgásos fárasztás előtt

és után. Kék vonallal jelöltük, ha kisebb *PE* mutatót kapunk a forgást követően, pirossal ha nagyobbat. ML irányba egy-egy kiugró értéktől eltekintve kisebb *PE* értékeket figyelhetünk meg mindkét csoportnál. Feltételezésünknek megfelelően a frontális síkban kisebb volt az eltérés a függőlegestől mint sagittális síkban. AP irányban a *PE* értékeket tekintve látszólag a táncosok nyújtottak rosszabb teljesítményt, náluk figyelhető meg több esetben a *PE* érték megnövekedése a forgásos fárasztást követően (2. ábra). Szignifikáns különbséget a forgásos fárasztás előtt és után egyik csoportnál sem találtunk, egyik irányban sem. A hatásnagyság vizsgálatnak az eredménye 0.02 és 0.15 közötti *r*-értékek mind a négy esetben, ami nem jelent



2. ábra. A számított *PE* értékek csoportonként ML irányban és AP irányban ábrázolva

szignifikáns mérethatast a statisztika eredményére. A Wilcoxon-féle előjeles rangpróba p-értékeit a 2. ábrán szemléltetjük.

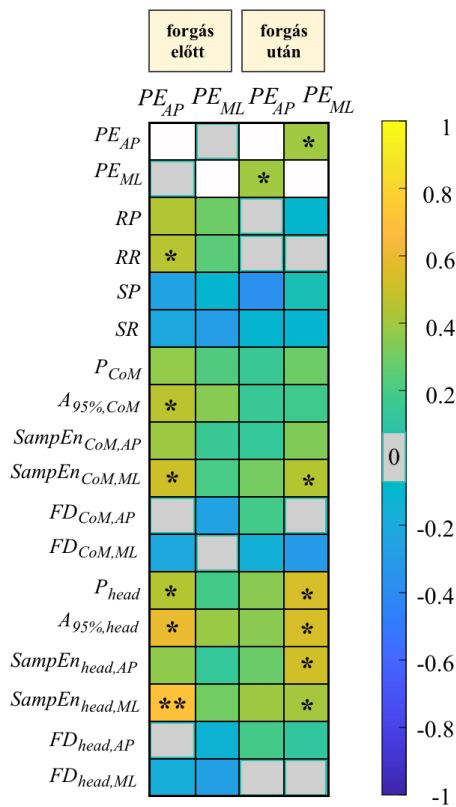
A Spearman-féle rangkorreláció számítás eredményeit a 3. ábra mutatja. Sárgás színárnyalat jelöli a pozitív korrelációt, kék a negatív korrelációt. Szürkével jelöltük a 0 közeli értékeket. A korreláció analízis során nem tettünk különbséges táncos és kontrollcsoport között, az összes leírt paraméteren végeztünk el a statisztikai próbát. A korreláció analízis során nem a forgatás által bekövetkezett dezorientáció hatását vizsgáltuk, hanem korábbi kutatásban meghatározott

dinamikus egyensúlyozóképességet jellemző paraméterekkel való kapcsolatát. Ezért a teljes korrelációs táblázat egy leszűkített részét közöljük, ami a *PE* paraméter viszonyát mutatja a korábban számított stabilitási paraméterek függvényében.

A Spearman-féle rangkorreláció eredményeként csak pozitív korrelációs együtthatóval rendelkező közepes, vagy erős összefüggéseket kaptunk. Ezeknek a pozitív jelentése azonban nem egyértelmű. Először is, a *PE* változó esetén azt szeretnénk elérni, hogy minél kisebb testtartási hibát kapjunk a mérés során, így olyan változókkal lesz pozitív jelentésű a kapott közepes vagy erős összefüggés, ha azok esetén is a kisebb érték tartozik a fejlettebb egyensúlyozó képesség jellemzéséhez. A *PE*-hez hasonlóan *RP*, *RR*, P_{CoM} , P_{head} , $A_{95\%,CoM}$ és $A_{95\%,head}$, valamint az entrópia ($SampEn$) értékek lesznek olyanok, amiknél a kisebb érték tartozik fejlettebb egyensúlyozó stratégiához. Elmondható, hogy az összes szignifikáns összefüggés valóban pozitív jelentésű is.

MEGBESZÉLÉS

Jelen kutatás első célja, egy korábbi kutatásban már alkalmazott testtartás hibamutató alkalmazása magyar néptáncosok poszturális szabályozásának vizsgálatára. Ehhez kvázi-dinamikus körülmények között felvett egyensúlyvizsgálati méréseket értékeltünk ki külön AP irányú és ML irányú mozgások esetén. Mindkét csoport esetében – egy-egy kiugró értéktől eltekintve – azonos számú résztvevőnél figyelhettünk meg növekedést, illetve csökkenést a testtartási hiba értékében a forgást követően a frontális síkban (ML irány) (2. ábra). A sagittális síkban (AP irány) azonban a táncosok körében több résztvevőnél növekedett a *PE* érték, mint a kontrollcsoport esetében, ami elsőre ellentmondásosnak tűnhet, hiszen a néptánc jellegéből adódóan a táncosok hozzá vannak szokva a forgásból



3. ábra. A *PE* és a korábbi kutatásban [17] meghatározott 16 egyensúlyvizsgálati paraméter korreláció vizsgálatának eredménye.

* $0.4 < r < 0.6$, ** $0.6 < r < 0.8$

adódó egyensúlyvesztésnek, így feltételezhető lenne, hogy jobban alkalmazkodnak az ilyen típusú perturbációkhoz. Szignifikáns eltérést egyik csoportnál sem találtunk a Wilcoxon-féle előjel próbát követően.

A poszturális hibamutató meghatározása során nem az az elsődlegesen elvárt eredmény, hogy a különböző beavatkozások, tréningek hatását megmutassuk. Sokkal inkább egy olyan típusú mutató létrehozása a cél, ami két hasonló eredménnyel rendelkező alany teljesítményében tud különbséget tenni. Olyan feladatok, tesztek elvégzése során érdemes alkalmazni, ahol többféle megvalósítás is vezethet hasonló eredményhez. Ezekben az esetekben fontos, hogy különbséget tudjunk mondani egyik és másik kivitelezési mód között. Az egyensúlyozási feladatok megoldása jó példája az ilyen típusú feladatoknak, hiszen sokszor csak egyszerű instrukciókból áll a feladat kivitelezésének megadása, így az egyénre van bízva, hogy azt milyen stratégiával oldja meg.

Ha figyelembe vesszük korábbi kutatásunk eredményeit¹⁷, akkor a klasszikus egyensúlyozási paraméterekhez hasonló tendenciát tapasztalhatunk a *PE* mutató esetén is: az AP irányú stabilitás terén a táncosok gyengébben teljesítettek, mint a kontrollcsoport. ML irányban viszont a táncosok kifejezetten agilisebbnek bizonyultak, láthatóan összetettebb szabályozási stratégiákat alkalmaztak az instabil alátámasztásból adódó kilengések kontrollálására. Ez a stratégia nem egy általános stratégia, és energetikailag kedvezőlenebb, mint a sagittális síkban történő korrekció, hiszen folyamatos izomkoordinációt igényel a testtömegközéppont bal- és jobboldalra történő mozgatása következtében.

A korábbi kutatással¹² való kapcsolatot tovább erősíti a Spaerman-féle rangkorreláció eredménye is. Kezdetben szignifikáns össz-

szefüggést találunk AP irányú stabilitási paraméterek és a *PE* mutató között, különösen azokkal a jellemzőkkel, amelyek hasonló matematikai viselkedéssel bírnak. A forgatás előtt a hibamutató jól jellemzi a vizsgált személyek poszturális hibáját az AP síkban. Korábbi kutatásunk rávilágított arra, hogy forgást követően szignifikáns különbség a két csoport egyensúlyozását tekintve a ML irányban figyelhető meg¹⁷, ennek megfelelően ezen irányba kapunk szignifikáns korrelációt a *PE* mutató és a stabilitási jellemzők között.

A kutatás egyik fő limitációja, hogy forgásos beavatkozás intenzitását a kontrollcsoport terhelhetősége korlátozta, így a mérések során csak enyhébb mértékű dezorientáció volt elérhető; ez nem feltétlenül tükrözi a néptáncosok által tánc közben megtapasztalt valóságos terhelést. További korlátozó tényező a vizsgálatban részt vevő alanyok relatív alacsony száma, amely a *PE* mutató általánosítását nem feltétlenül teszi lehetővé.

Összegzésként elmondható, hogy a *PE* mutató alkalmasnak bizonyult a dinamikus környezetben történő poszturális szabályozás kvantitatív értékelésére. Az eredmények alapján a magyar néptáncosok esetében az AP irányú egyensúlyozásban mutatkozik meg a nagyobb különbség az alkalmazkodóképességben, ami összhangban áll korábbi kutatási eredményekkel. A *PE* mutató gyakorlati alkalmazásának lehetősége nagyon széleskörű. A bemutatottak alapján, bármilyen eredetileg idő alapon értékelt teszt ((pl. plank teszt, Biering-Sorensen teszt, 'wall sit' teszt)) esetén meghatározható, amennyiben van mért értékünk (szög vagy pozíció) a kiindulási helyzettől vett eltérésre. Így akár egyszerű, alacsony bekerülési költségű mérőrendszerrel kivitelezett mérések feldolgozása során is implementálható, amely által betekintést nyerhetnek például az edzők vagy sportolók az időbeli teljesítmény mellett a feladat kivitelezésének módjára is.

A szerzők részvétele: P.Zs.: kéziratkészítés, koncepció készítés, metodológia kitalálása, számítási feladatok elvégzése. K.R.: szakmai vezetés, koncepció készítés, kézirat véleményezése, kutatás anyagi támogatásnak biztosítása.

Köszönetnyilvánítás: A szerzők szeretnének köszönetet Molnár Cecíliának, a mérések lebonyolítása közben nyújtott, valamint Gál-Pottyondy Annának a mérés kiértékelés során nyújtott segítségükért.

Támogatás: A kutatást az Országos Tudományos Kutatási Alapprogram (OTKA) K 135042 számú pályázata támogatta. Pálya Zsófia munkáját az Innovációs és Technológiai Minisztérium által finanszírozott, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap forrásából megvalósuló EKÖP-24-4-I-BME-252 Kiválósági Ösztöndíjprogramja támogatta.

Összeférhetetlenség: Nincs.

IRODALOM

1. *Felföldi L.* Folk dance research in Hungary: relations among theory, fieldwork and the archive. In: Buckland TJ, editor. *Dance in the field: theory, methods and issues in dance ethnography*. 1999. p. 55–70. doi: 10.1057/9780230375291_5.
2. *Petró B, Papachatzopoulou A, Kiss RM.* Devices and tasks involved in the objective assessment of standing dynamic balancing--a systematic literature review. *PLoS One*. 2017;12(9):e0185188.
3. *Pailard T, Noé F.* Effect of expertise and visual contribution on postural control in soccer. *Scand J Med Sci Sports*. 2006;16(5):345–8. doi: 10.1111/J.1600-0838.2005.00502.X.
4. *Wild CY, Grealish A, Hopper D.* Lower limb and trunk biomechanics after fatigue in competitive female Irish dancers. *J Athl Train*. 2017;52(7):643. doi: 10.4085/1062-6050-52.3.12.
5. *Janura M, Procházková M, Svoboda Z, Bizovská L, Jandová S, Konečný P.* Standing balance of professional ballet dancers and non-dancers under different conditions. *PLoS One*. 2019;14(10):e0224145. doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0224145.
6. *Cahalan R, Kearney P, Ni Bhriain O, Redding E, Quin E, McLaughlin LC, O' Sullivan K.* Dance exposure, wellbeing and injury in collegiate Irish and contemporary dancers: a prospective study. *Phys Ther Sport*. 2018;34:77–83. doi: 10.1016/J.PTSP.2018.09.006.
7. *Bojanowska M, Trybulec B, Zyznauska J, Barłowska-Trybulec M, Marko G.* Assessment of the level of static and dynamic balance in healthy people, practicing selected Latin American dances. *Acta Bioeng Biomech*. 2021;23(3). doi: 10.37190/ABB-01856-2021-02.
8. *Liu YT, Lin AC, Chen SF, Shih CJ, Kuo TY, Wang FC, Lee PH, Lee AP.* Superior gait performance and balance ability in Latin dancers. *Front Med (Lausanne)*. 2022;9:834497. doi: 10.3389/FMED.2022.834497/BIBTEX.
9. *Gerbino PG, Griffin ED, Zurawowski D.* Comparison of standing balance between female collegiate dancers and soccer players. *Gait Posture*. 2007;26(4):501–7. doi: 10.1016/j.gaitpost.2006.11.205.
10. *Simmons RW.* Sensory organization determinants of postural stability in trained ballet dancers. *Int J Neurosci*. 2005;115(1):87–97. doi: 10.1080/00207450490512678.
11. *Steinberg N, Waddington G, Adams R, Karin J, Tirosh O.* Should ballet dancers vary postures and underfoot surfaces when practicing postural balance? *Motor Control*. 2018;22(1):45–66. doi: 10.1123/mc.2016-0076.
12. *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. doi: 10.1055/s-2007-971098.

13. *Lott MB*. Translating the base of support: a mechanism for balance maintenance during rotations in dance. *J Dance Med Sci*. 2019;23(1):17–25. doi: 10.12678/1089-313X.23.1.17.
14. *Pálya Z, Gál-Pottyondy A, Kiss RM*. Objective measurement method for assessing plank test among female basketball players. *Period Polytech Mech Eng*. 2025;69(1):65–72. doi: 10.3311/PPME.39502.
15. *Full body modeling with Plug-in Gait - Nexus 2.15 Documentation - Vicon Help* [Internet]. [cited 2025 Mar 30]. Available from: <https://help.vicon.com/space/Nexus215>
16. *Chagdes JR, Rietdyk S, Jeffrey MH, Howard NZ, Raman A*. Dynamic stability of a human standing on a balance board. *J Biomech*. 2013;46(15):2593–602. doi: 10.1016/j.jbiomech.2013.08.012.
17. *Pálya Z, Kiss RM*. Comprehensive linear and nonlinear analysis of the effects of spinning on dynamic balancing ability in Hungarian folk dancers. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2024;16(1):1–11. doi: 10.1186/S13102-024-00850-4.
18. *Cureton EE*. Rank-biserial correlation. *Psychometrika*. 1956;21(3):287–90. doi: 10.1007/BF02289138.
19. *Dancey C, Reidy J*. *Statistics without maths for psychology* [Internet]. 2007 [cited 2025 Mar 30]. Available from: <https://books.google.com/books>