

Új infokommunikációs technológiák alkalmazása, tesztelése és fejlesztése a rehabilitációban

Doktori tézisek

Zsarnóczky-Dulházi Fanni

Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem
Sporttudományok Doktori Iskola



MAGYAR TESTNEVELÉSI
ÉS SPORTTUDOMÁNYI
EGYETEM
BUDAPEST

Témavezető: Dr. Kopper Bence egyetemi
docens, PhD

Hivatalos bírálók: Dr. Torma Ferenc Gergely
tudományos főmunkatárs, PhD
Dr. Grand László egyetemi
adjunktus PhD

Budapest
2026

BEVEZETÉS

Az e-egészségügy és a távrehabilitáció egyre nagyobb jelentőséggel bír Magyarországon, ami a COVID-19 világjárvány hatására erősödött meg. Hazánkban igen nagy szükség lenne az egészségügyi infrastruktúra optimalizálására és a földrajzi, valamint szakemberhiányból adódó nehézségek kiküszöbölésére, melyet az infokommunikációs eszközök a prevenció; a gyógyítás/rehabilitáció; a krónikus betegségek ellátása és a palliatív kezelések esetében is támogathatnak.

A mozgató szervrendszer távrehabilitációja mozgáselemzés felhasználásával valósulhat meg a leghatékonyabban és hatásosabban. Az egyensúly megtartása és az állásstabilitás megőrzése az emberi test mozgásának alapvető eleme, melyet különböző mértékben befolyásolhatja a vizuális és a vesztibuláris rendszerek megzavarása. A markeres mozgáselemzés hagyományos módszerei mellett ma már az m-egészségügy hordozható, érzékeny szenzorokkal rendelkező eszközei – például okostelefonok és okosórák – is alkalmazhatók a krónikus betegek egészségügyi paramétereinek folyamatos monitorozására az ellátás folyamatosságának fenntartására.

A gold standard markeres mozgáselemzés mellett egyre inkább előtérbe kerül a marker nélküli mozgáselemzés, hiszen előnyei közé tartozik, hogy nem szükséges az adatfelvételhez speciálisan kiépített labor vagy stúdió és a mozgás nyomon követése akadálymentessé válik azzal, hogy a test szabadon mozoghat a térben. Az adatfelvétel előkészítése is leegyszerűsödik és felgyorsul a markerek

felhelyezésének lépésének elhagyásának köszönhetően. A legújabb marker nélküli pózbecslő rendszerek mesterséges intelligencia alapú, mélytanulást alkalmazó szoftverek, melyek között az OpenPose szoftver az egyik legismertebb.

CÉLKITŰZÉS

A disszertációban 3 tudományos kutatás eredményeit mutatom be.

Az elmúlt évek során a kutatási céljaim voltak:

1. a vizuális visszajelzés fontosságának vizsgálata az állásstabilitásban és egyensúly megtartásában
2. a vizuális visszajelzés longitudinális hatásának vizsgálata a tornagyakorlatok végrehajtásának pontosságára okoseszközök bevonásával (markeres mozgáselemzés)
3. A mesterséges intelligencia, mint marker nélküli mozgáselemzési lehetőség vizsgálata

A disszertációban az alábbi hipotézisek megfogalmazására került sor:

1. A hosszútávon végzett sporttevékenység jellege alapján eltérés található az egyének vizuális és vesztibuláris ingerekre való támaszkodásában az egyensúlymegtartás szempontjából.
2. A tornagyakorlatok végzése során történő végtag elmozdulás számszerű vizuális megjelenítése javítja a gyakorlatok kivitelezésének pontosságát.

3. Az okostelefonon futó goniométer applikáció a mirroring technológiával párosítva speciális szenzorként alkalmazható a tornagyakorlatok helyes végrehajtásának felügyeletéhez.
4. Az OpenPose mesterséges intelligencia alapú, marker nélküli humán pozíciót becsülő szoftver numerikus kijelzésre képes új alkalmazásrétege szoros egyezést mutat a Kinovea rendszer mérési eredményeivel.

MÓDSZEREK

Az első vizsgálat

Vizsgálatunkban 40 fő nőt vizsgáltunk, melyből 20 fő olyan sportágat űzött, ahol a törzs és a fej forgó, csavaró mozgása jellemző (Domináns csoport (D): torna, műkorcsolya, balett, tánc) és 20 fő olyan sportágat űzött, ahol ezek a mozgások nem jellemzők (Nem Domináns csoport (ND): röplabda, evezés, futás). A D csoport átlagéletkora $22,51 \pm 2,66$ év, magassága $1,66 \pm 0,05$ méter, testtömege $54,06 \pm 6,04$ kg és BMI-je $19,71 \pm 1,92$ volt. Az ND csoport életkora $22,23 \pm 1,99$ év, magassága $1,68 \pm 0,06$ méter, testtömege $59,80 \pm 7,83$ kg és BMI-je $21 \pm 2,76$ volt. A résztvevők a Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem, a Magyar Állami Operaház, a Magyar Táncművészeti Egyetem és a Budapesti Táncszínház tagjai voltak. A résztvevők sportolói felkészültsége magas (legalább heti 3-szor edzés, rendszeres versenyrésztétel), vagy profi szintű volt (fizetett sporttevékenység/színházi előadások).

Vizsgálatunkban a stabilimetriai méréseket MatScan platformon [MatScan Research ver.6.85-26, Tekscan Pressure Measurement System (307 West First Street South Boston USA)] végeztük. A résztvevőknek mezítláb, összezárt lábfejjel, mellső középtartásban kellett állniuk 20-20 másodpercig a platformon, először nyitott szemmel forgás nélkül (NY), majd csukott szemmel forgás nélkül (CS). Ezután a résztvevőket a vesztibuláris rendszer megzavarására érdekében egy talajhoz rögzített forgószékből 10-szer megforgattuk. A forgatás sebességét egy metronóm vezérelte (ciklusidő $T = 2$ sec.). Közvetlenül a forgatás után nyitott szemmel (FNY), majd ismételt 10 forgatás után csukott szemmel (FCS) kellett állniuk a résztvevőknek a platformon 20-20 másodpercig. Az adatfelvétel során négy különböző nyomásközéppont (NYKP) mozgást, az előre-hátra (A-P), a jobbra-balra (L-R) irányú mozgásokat, a NYKP által megtett teljes távolságot (Távolság) és területet (Terület) rögzítettük. A mérések során a vizsgált személyek kényelmes edzőruházatot viseltek. A tanulmányt a Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem Etikai Bizottsága hagyta jóvá TE-KEB/No21/2019 iktatószámom.

A normalitást Shapiro–Wilk-próbával ellenőriztük. A személyes adatok két csoport közötti összehasonlítására kétmintás t-próbát, a csoporthatások elemzésére vegyes elrendezésű ANOVA-t alkalmaztunk. Szignifikáns főhatás vagy interakció esetén Tukey HSD post hoc teszttel azonosítottuk a csoportkülönbségeket. Emellett kiszámítottuk az effektusméretet (Cohen d) és a statisztikai teljesítményt. Az elemzéseket Statistica 12 szoftverrel végeztük, szignifikáns különbséget $p < 0,05$ érték esetén határoztunk meg.

A második vizsgálat

A vizsgálatban 140 fő vett részt, akik 2 vizsgálati csoportba: fiatal felnőttek 50 fő (32 fő nő, 18 fő férfi, életkor: $25,6 \pm 3,1$ év), idősebb felnőttek 50 fő (37 nő, 13 fő férfi, életkor $74,8 \pm 9,1$ év) és 2 kontroll csoportba: fiatal felnőttek 20 fő (12 nő és 8 férfi, életkor $26,25 \pm 3,6$ év), idősebb felnőttek 20 fő (13 nő, 7 férfi, $70,15 \pm 5,2$ év) kerültek. A vizsgálatot a Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem Kutatásetikai Bizottsága hagyta jóvá TE-KEB/18/2021 engedélyszámmal.

A vizsgálatot megelőzően a vizsgálati csoport tagjainak el kellett sajátítania a képernyőmegosztás („screenshot”) funkció használatát, amivel a kutatás során a megadott tornagyakorlatokat önellenőrzést végeztek úgy, hogy figyelemmel kísérték az ízületben történő elmozdulást a saját számítógépük monitorján. Az elmozdulást okostelefonon futó goniométer alkalmazás (Angle Meter) mérte. A guggolás (alapmozgás) gyakorlatnál az elmozdulás célértékét 65 fokban, a térdemelés (egyensúlyi gyakorlat) gyakorlatnál 75 fokban határoztuk meg. Az idősebbek a gyakorlat közben biztonsági szempontból székbe kapaszkodhattak mindkét vizsgálat során. A számítógép/laptop szemmagasságban volt elhelyezve. Az okostelefon rögzítése egy telefontartó pánt segítségével valósult meg a résztvevők jobb combjának külső oldalán (1.ábra).



1. ábra. A guggolás és a térdemelés gyakorlat a végtagra rögzített okostelefonnal az idősebbek és a fiatalok vizsgálati csoportjainak egy-egy résztvevőjének bemutatásával.

A kutatás első hetében megkértük a résztvevőket, hogy az előzetesen begyakorolt mozdulatokat napi 15-15 ismétléssel, külső segítség nélkül végezzék otthonukban. Az egy hét leteltét követően kontroll méréseket végeztünk, ahol a résztvevők még mindig nem láthatták a gyakorlatok alatt elért comb szöghelyzeteket (1.mérés). A kontroll csoportok tagjai az első héthez hasonlóan, a vizsgálati csoportok tagjai pedig a goniométer alkalmazással és képernyőmegosztással gyakorlatoztak további 2 hétig, hetente történő kontroll mérésekkel (2. és 3. mérés). A három hetet követően az önellenőrzési technológia használatának értékelését kértük a résztvevőktől, ahol az 1 a könnyű, az 5 a nagyon nehéz használhatóságot jelölte.

A gyakorlatoknál a mért legmélyebb combszöveget hasonlítottuk a célszöghöz, és kiszámítottuk az eltérés abszolút értékét. A normalitást Shapiro–Wilk-próbával ellenőriztük. Az ismételt mérések figyelembevételével vegyes elrendezésű faktoriális ANOVA-t

alkalmaztunk, szignifikancia esetén Tukey HSD post hoc teszttel. Emellett kiszámítottuk az effektusméretet (Cohen d) és a statisztikai erőt. Az elemzéseket Statistica 12 szoftverrel végeztük. Szignifikáns különbséget $p < 0,05$ érték esetén határoztunk meg.

A harmadik vizsgálat

Kutatócsoportunk készített egy alkalmazásrétetet, mely az OpenPose emberi pozíció becslő mesterséges alapú szoftver kimeneti koordinátáit felhasználva képes tetszőleges testrészek szögeinek idősorát kinyerni, akár két kamera egyidejű használatával is. A tanulmányt a Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem Etikai Bizottsága hagyta jóvá a TE-KEB/07/2023 iktatószámom. A vizsgálat során három szerzőtársunk 10-10-10, összesen 30 guggolást hajtott végre, melyet kamerával rögzítettünk (2.ábra). Ezt követően minden guggolásnál fokban kifejezve meghatároztuk a comb lábszárral bezárt szögének elmozdulását az álló testhelyzethez képest (180 fok) Kinovea és a szoftverréteggel kiegészített OpenPose szoftver segítségével. Statisztikai számításainkhoz párosított t-próbát használtunk, mely során az OpenPose és a Kinovea által mért ízületi szöghelyzeteket hasonlítottuk össze. Szignifikáns különbséget $p < 0,05$ érték esetén határoztunk meg.

EREDMÉNYEK

Az első vizsgálat eredményei

Domináns csoport

Csukott szemmel szignifikánsan nagyobb NYKP elmozdulás történt, mint FNY a Távolság (92%; $P = 0.001$, $ES = 1.679$) és az Előre-hátra (59%; $P = 0.041$, $ES = 1.315$) eseteiben.

NY körülmény FNY körülménnyel összehasonlítva nem különbözött szignifikánsan egy esetben sem.

Nem Domináns csoport

Csukott szemmel szignifikánsan kisebb NYKP elmozdulás történt, mint FNY a Balra-jobbra esetén (90%; $P = 0.002$, $ES = 1.068$).

NY körülmény esetén szignifikánsan jobb eredményt ért el a Terület (176%; $P = 0.010$, $ES = 0.714$), Távolság (80%; $P < 0.000$, $ES = 1.352$), Előre-hátra (83%; $P = 0.002$, $ES = 1.388$), Jobbra-balra (90%; $P < 0.000$, $ES = 1.590$) esetén, mint FNY körülmény esetén.

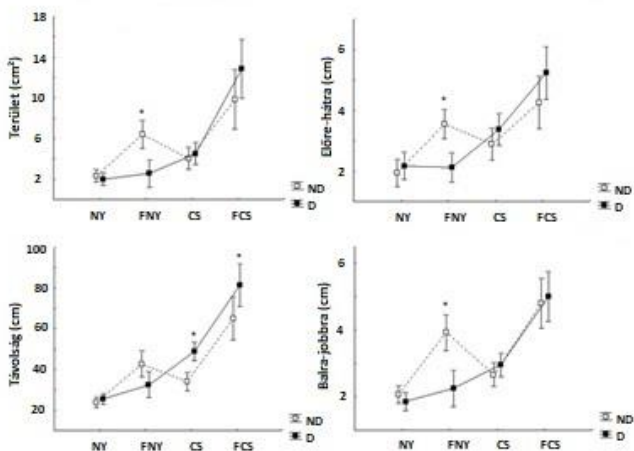
A Domináns és Nem domináns csoportok összehasonlítása

A vizuális visszajelzés megléte és a vesztibuláris rendszer megzavarása (FNY) esetén és a vizuális inger kiiktatásakor (CS) van különbség a dominánsan (D) forgó mozgást végző és dominánsan nem forgó sportmozgást végző (ND) csoportok között (2.ábra).

Az FNY körülmény során az ND csoport NYKP-jának a mozgása nagyobb kiterjedésű volt, mint a D csoport tagjainak a Terület esetében ($P = 0.030$, $ES = 1.270$), az Előre- hátra történő elmozdulás

során ($P = 0.016$, $ES = 1.349$) és a Balra-jobbra történő elmozdulás során ($P < 0.000$, $ES = 1.400$).

A Távolság esetében CS és FCS körülmény során a D csoport NYKP-jának a mozgása volt nagyobb kiterjedésű ($P = 0.037$, $ES = 1.487$ és $P = 0.013$, $ES = 0.714$) az ND csoport eredményeivel összehasonlítva.



2.ábra. A Domináns (D) és Nem Domináns (ND) csoportok NYKP elmozdulás eredményeinek statisztikai összehasonlítása nyitott szemmel (NY), forgatás után nyitott szemmel (FNY), csukott szemmel (CS), forgatás után csukott szemmel (FCS). A szignifikáns különbséget a * jelzi.

A második vizsgálat eredményei - A guggolás és térdemelés gyakorlatok mozgáskövetésének hatásai

Guggolás gyakorlat

A fiatalok vizsgálati csoportjának első, második és harmadik mérés eredményeinek összehasonlítása

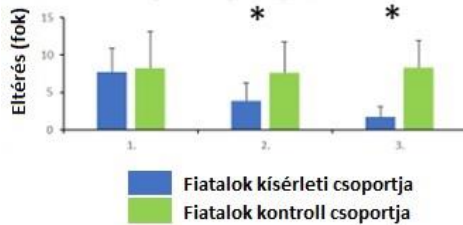
A fiatalok 1. mérés eltérési eredményei a fiatal csoportnál szignifikánsan nagyobbak voltak, mint a 2. mérés eredményei (103%, $p < 0,05$, $ES = 1,67$), és szignifikánsan nagyobbak voltak a 3. mérés eredményeinél (449%, $p < 0,05$), $ES = 2,22$). A fiatal csoport 2. mérési eredménye 122%-kal volt nagyobb, mint a 3. mérés adatai ($p < 0,05$, $ES = 1,1$).

Az idősebbek vizsgálati csoportjának első, második és harmadik mérés eredményeinek összehasonlítása

Az idősebb csoportban az 1. mérés eltérési adatai szignifikánsan nagyobbak voltak, mint a 2. mérés eredményei (96%, $p < 0,05$, $ES = 2,4$), és szignifikánsan nagyobbak voltak a 3. mérés eredményeinél (124%, $p < 0,05$, $ES = 2,31$). Az idősebb felnőttek csoportjában a különbség nem volt szignifikáns a 2. és a 3. mérés között ($p = 0,07$).

A fiatalok vizsgálati és kontroll csoportjának összehasonlítása

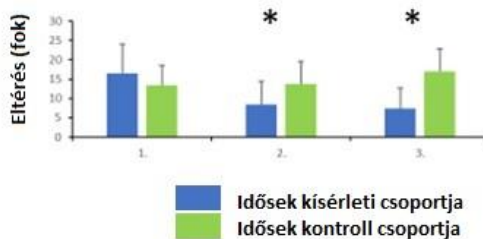
A fiatal felnőttek adatait összehasonlítva nem volt különbség a vizsgálati és a kontrollcsoport 1. mérései között, de a 2. (100,4%, $p < 0,05$, $ES = 1,2$) és a 3. mérés (388%, $p < 0,05$, $ES = 2,93$) között szignifikáns különbséget találtunk. A kontrollcsoport szöghelyzetértékeinek eltérése szignifikánsan nagyobb volt, mint a vizsgálati csoportokban. (3. ábra).



3. ábra. A fiatal felnőttek guggolás gyakorlatának kísérleti és kontroll csoportjának összehasonlítása. Az 1. mérés egy hét önellenőrzés nélkül, a 2. és 3. mérés önellenőrzéssel történő gyakorlatozás után történt a kísérleti csoportban. A szignifikáns különbségeket ($p < 0,05$) * jelöli.

Az idősebbek vizsgálati és kontroll csoportjának összehasonlítása

Az idősebb felnőttek eredményeit összehasonlítva nem volt különbség a vizsgálati és a kontrollcsoport 1. mérései között, de a 2. (63,8%, $p < 0,05$, ES = 0,85) és a 3. mérés (139,7%, $p < 0,05$, ES = 1,76) között szignifikáns különbséget találtunk. A kontrollcsoport szöghelyzetértékeinek eltérése az elérendő célértékhez képest szignifikánsan nagyobb volt, mint a vizsgálati csoportok eredményei (4. ábra).



4. ábra. Az idősebb felnőttek guggolás gyakorlatának kísérleti és kontroll csoportjának összehasonlítása. Az 1. mérés egy hét önellenőrzés nélkül történt a csoportokban, a 2. és 3. mérés önellenőrzéssel történő gyakorlatozás után történt a kísérleti csoportban. A szignifikáns különbségeket ($p < 0,05$) * jelöli.

Térdemelés gyakorlat

A fiatalok vizsgálati csoportjának első, második és harmadik mérés eredményeinek összehasonlítása

Az 1. mérés célszögtől való eltérésének eredményei a fiatal csoportnál szignifikánsan nagyobbak voltak, mint a 2. mérés eredményei (89%, $p < 0,05$, ES = 1,18), és szignifikánsan nagyobbak voltak a 3. mérés eredményeinél (248%, $p < 0,05$, ES = 1,59). A fiatal csoport 2. mérési eredménye 83%-kal volt nagyobb, mint a 3. mérés adatai ($p < 0,05$, ES = 1,23).

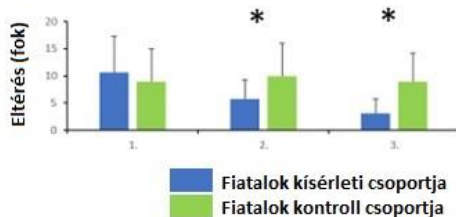
Az idősebbek vizsgálati csoportjának első, második és harmadik mérés eredményeinek összehasonlítása

Az idősebb csoportban az 1. mérés eltérési adatai szignifikánsan nagyobbak voltak, mint a 2. mérés eredményei (52%, $p < 0,05$, ES = 2,36), és szignifikánsan nagyobbak voltak a 3. mérés eredményeinél (131%, $p < 0,05$, ES = 3,16). az idősebb felnőttek csoportjában a 2. mérés eredménye 51%-kal volt nagyobb, mint a 3. mérés adatai ($p < 0,05$, ES = 1,31).

A fiatalok vizsgálati és kontroll csoportjának összehasonlítása

A fiatal felnőttek adatait összehasonlítva nem volt különbség a vizsgálati és a kontrollcsoport 1. mérései között, de a 2. (78,5%, $p < 0,05$, ES = 0,96) és a 3. mérés (185%, $p < 0,05$, ES = 1,6) között szignifikáns különbséget találtunk. A kontrollcsoport szöghelyzetértékeinek eltérése az elérendő célértékhez képest

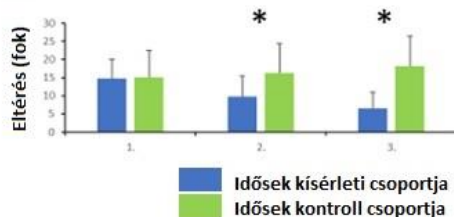
szignifikánsan nagyobb volt, mint a vizsgálati csoportok eredményei. (5.ábra).



5.ábra. A fiatal felnőttek térdemelés gyakorlatának kísérleti és kontroll csoportjának összehasonlítása. Az 1. mérés egy hét önellenőrzés nélkül, a 2. és 3. mérés önellenőrzéssel történő gyakorlatozás után történt a kísérleti csoportban. A szignifikáns különbségeket ($p < 0,05$) * jelöli.

Az idősebbek vizsgálati és kontroll csoportjának összehasonlítása

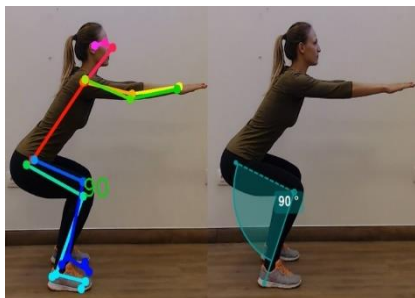
Az idősebb felnőttek eredményeit összehasonlítva nem volt különbség a vizsgálati és a kontrollcsoport 1. mérései között, de a 2. (68%, $p < 0,05$, $ES = 1,033$) és a 3. mérés (182,8%, $p < 0,05$, $ES = 2,01$) között szignifikáns különbséget találtunk. A kontrollcsoport szöghelyzetértékeinek eltérése az elérendő célértékhez képest szignifikánsan nagyobb volt, mint a vizsgálati csoportok eredményei. A vizsgálati és a kontrollcsoportok között ($F = 167,4$, $p < 0,05$) szignifikáns F-kölcsönhatás van, tehát eltérő tendenciát kell feltételeznünk vizsgálati és a kontrollcsoport között (6.ábra).



6. ábra. Az idősebb felnőttek térdemelés gyakorlatának kísérleti és kontroll csoportjának összehasonlítása. Az 1. mérés egy hét önellenőrzés nélkül, a 2. és 3. mérés önellenőrzéssel történő gyakorlatozás után történt a kísérleti csoportban. A szignifikáns különbségeket ($p < 0,05$) * jelöli.

A harmadik vizsgálat eredményei

Az általunk használt OpenPose szoftver és a Kinovea szoftverek által mért térdízületi szögértékek összehasonlítását párosított t-próbával végeztük el, amelynek célja annak megállapítása volt, hogy van-e szignifikáns különbség a két mérési módszer között. Az eredmények azt mutatták, hogy a két rendszer által mért szögértékek átlaga között nem volt statisztikailag szignifikáns eltérés (átlagkülönbség = $0,33^\circ \pm 2,29^\circ$, $P > 0,05$), ami arra utal, hogy az OpenPose által szolgáltatott adatok megbízhatóan közelítik a Kinoveával mért értékeket (7. ábra).



9. ábra. Az OpenPose új alkalmazás rétegének és a Kinovea szoftver összehasonlítása kiinduló és guggoló helyzetben

KÖVETKEZTETÉSEK

Első vizsgálat

Az egyensúlyozás több érzékszervi rendszer összehangolt működését igényli, és korábbi kutatások szerint a sportolók – különösen a táncosok – fejlettebb testtudatuk miatt jobb egyensúlyi teljesítményt nyújtanak. Vizsgálatunkban a dominánsan forgó és nem forgó sportmozgásokat végző sportolókat hasonlítottunk össze, ahol eredményeink azt mutatták, hogy a forgó mozgást végző sportágak képviselői a vizuális információ rendelkezésre állása mellett kevésbé érzékenyek a vesztibuláris rendszer megzavarásra. Ez megerősíti azt a korábbi feltételezést, hogy a táncosok testtartás-szabályozása főként a vizuális információk elérhetőségétől függ a fókuszálási technikák elsajátításának köszönhetően, valamint korábbi feltételezéseket, hogy ehhez a központi idegrendszerből érkező jelek blokkolása/tompítása is hozzájárul. Kutatásunk másik csoportjában, ahol a forgó mozgás nem jellemző ezzel szemben érzékenyebben reagáltak a vesztibuláris rendszer megzavarására, ami alátámasztja a szenzoros feldolgozás sportágspecifikus eltéréseit. Eredményeink alapján a különböző sporttapasztalatú személyek számára eltérő szenzoros fókuszú tréning javasolható, ugyanakkor a vizuális visszajelzés tudatos szabályozása minden esetben kiemelten fontos. Nagyfokú dinamikus és statikus egyensúlyt igénylő sportolók esetében a vizuális input tudatos korlátozása és multiszenzoros, instabil helyzeteket teremtő gyakorlatokat is lehetne alkalmazni kiegészítésként, míg más sportháttérrel rendelkezők számára célszerűbb a vizuális információ

megtartásával, fokozatosan bevezetett egyensúly- és proprioceptív gyakorlatok alkalmazása, mielőtt növelnénk a vesztibuláris terhelést.

Második vizsgálat

A mozgás monitorozására és elemzésére napjainkban számos technológiai megoldás áll rendelkezésre, amelyek alkalmazása kiemelt jelentőséggel bír a mozgásszervi prevenció és rehabilitáció területén. Korábbi kutatásokban már vizsgálták, hogy a gyógytornászok a hagyományos ízületi mozgástartomány-mérést kiválthatják-e okostelefonos goniométer alkalmazások használatával, amely módszer megbízhatónak tűnt. Kutatásunkban a goniométer-applikáció használatát kiterjesztettük arra, hogy azt ne a gyógytornász, hanem maga a páciens alkalmazza önellenzésre, képernyőtükrözéssel kiegészítve; ennek eredményeként igazoltuk a valós idejű visszajelzés motoros tanulást segítő hatását. Az önellenzés előtt, az első mérés során egyik vizsgált csoportban sem mutatkozott szignifikáns különbség, a célszögtől való eltérés jól látható volt a guggolás és a térdemelés gyakorlat esetében is. Ez összhangban áll korábbi kutatásokkal, amelyek szerint felügyelet hiányában a gyakorlatok kivitelezése romlik. Ezzel szemben a célzott vizuális és numerikus visszacsatolás már egy hét alatt szignifikáns javulást eredményezett, ami összhangban áll egy korábbi tanulmánnyal, ahol kimutatták, hogy a vizuális visszajelzés csökkentheti az ízületi terhelést és optimalizálhatja a mozgásminták kivitelezését. Vizsgálatunk továbbá megerősíti azokat a kutatásokat is, amelyek szerint az idősebb korosztály számára a digitális eszközök

használata nagyobb kihívást jelent, ugyanakkor megfelelő támogatással sikeresen alkalmazhatók. Összességében eredményeink kiegészítik a korábbi szakirodalmat azzal, hogy bemutatják: akár megfizethető, széles körben elérhető infokommunikációs eszközökkel is elérhető a mozgásminőség jelentős javulása, nem csak drága, professzionális mozgáselemző rendszerekkel.

Harmadik vizsgálat

Számos korábbi kutatás foglalkozik kifejezetten gyógyászati célra szánt technológiákkal. A mozgásszervi rehabilitációt mozgáselemzéssel történő állapotfelméréssel és nyomon követéssel lehet kiegészíteni, melyhez markeres és marker nélküli megoldásokat használhatunk. A legújabb technológiák mesterséges intelligenciát és gépi tanulást alkalmaznak. Kutatásunkban az OpenPose szoftvert választottuk alapul, ami egy nyílt forráskódú szoftver az emberi testek, kézmozdulatok és arckifejezések valós idejű mozgáskövetésére és kulcspont-alapú (keypoint-based) elemzésére. Amíg a mozgáselemzésben gold standardnak számító VICON 3D-vel, addig az OpenPose csak 2D-vel dolgozik, ezért a szoftvert két kamera által szolgáltatott adatok egyidejű feldolgozásának lehetőségével egészítettük ki. Ezáltal a mozgás megfigyelése szaggitális és frontális síkban is lehetővé válik. Ez egyrészt azért előnyös, mert a két kameranézet kombinációja csökkenti annak a kockázatát, hogy egyes ízületi kulcspontok takarásba kerülnek – ami az OpenPose működésében jelentős hibaforrást jelenthet korábbi kutatások alapján igazolva. A szoftver validálásához hasonló, a marker nélküli

ingyenesen hozzáférhető Kinovea szoftvert használtunk, ami széles körben ismert és alkalmazott. Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a szoftver képes számszerű adatokat szolgáltatni a mozgásról és a Kinovea szoftverrel összehasonlítva statisztikailag nincs különbség a mért izületi szögértékek között.

Döntések a hipotézisekről

1. A hosszútávon végzett sporttevékenység jellege alapján eltérés található az egyének vizuális és vesztibuláris ingerekre való támaszkodásában az állásstabilitás és egyensúlymegtartás szempontjából.

A hipotézist elfogadjuk. A döntésünket alátámasztja, hogy eredményeink alapján megállapítottuk, hogy míg a dominánsan (D) forgó, csavaró sportmozgást végző sportolók csoportjának tagjai érzékenyebben reagáltak a vizuális inger kiiktatására, addig a dominánsan nem (ND) forgó, csavaró mozgást végző sportolók csoportjának tagjai a vesztibuláris rendszer megzavarására voltak szenzitívebbek az egyensúlymegtartás során.

2. A tornagyakorlatok végzése során történő végtag elmozdulás számszerű vizuális megjelenítése javítja a gyakorlatok kivitelezésének pontosságát.

A hipotézist elfogadjuk. Döntésünket alátámasztja, hogy statisztikai elemzéseink során azt az eredményt kaptuk, hogy a valós idejű, számszerűen kifejezett vizuális visszajelzés rendszeres használata

jelentősen növelte a tornagyakorlatok végrehajtási pontosságát a vizsgálati csoportokban.

3. Az okostelefonon futó goniométer applikáció a mirroring technológiával párosítva speciális szenzorként alkalmazható a tornagyakorlatok helyes végrehajtásának felügyeletéhez.

A hipotézist elfogadjuk. Döntésünket alátámasztja, hogy a testhez rögzített okostelefon képes fokban kifejezve mérni az adott testrészben bekövetkező elmozdulást, aminek vizuális követése javítja a gyakorlatok kivitelezésének pontosságát.

4. Az OpenPose mesterséges intelligencia alapú, marker nélküli humán pozíciót becsülő szoftver numerikus kijelzésre képes új alkalmazásrétege szoros egyezést mutat a Kinovea rendszer mérési eredményeivel.

A hipotézist elfogadjuk. Döntésünket alátámasztja az eredmény, miszerint az általunk extra réteggel kiegészített OpenPose szoftver a mozgáselemzésben általánosan használt Kinovea szoftverrel az egymintas t-próba alapján nem mutatott szignifikáns különbséget a vizsgált gyakorlatok során ($Ave = 0,33 \pm 2,29^\circ$).

SAJÁT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

Az értekezés témájában megjelent eredeti közlemények

Zsarnóczky-Dulházi F, Lelbach Á, Rácz L, Kopper B. (2020) A digitális innovációk és infokommunikációs eszközök az időskori betegellátásban. Idősgyógy. 5(2-3):96-101.

Zsarnóczky-Dulházi F, Kopper B. (2021) Testhelyzet felismerő szoftver továbbfejlesztési lehetősége a hatékonyabb online mozgásszervi rehabilitáció megvalósulása érdekében. Rendvédelem (ON-LINE), X(1):122-134

Zsarnóczky-Dulházi F, Kopper B, Zsarnóczky M, Dávid LD. (2021) Civil szervezetek egészségformáló hatása a közösségimédia-platformokon keresztül. Civil Szemle, 18(1):27-40.

Zsarnóczky-Dulházi F, Hegedus A, Soldos P, Trzaskoma L, Kopper B. (2022) Effect of sports background on the visual and vestibular signal processing abilities of athletes Science & Sports, 37(8):798.e1-798.e6. DOI: 10.1016/j.scispo.2021.12.005

Zsarnóczky-Dulházi F, Kopper B, Zsarnóczky M, Dávid LD. (2022) A közösségi finanszírozás helye és szerepe a mai társadalmakban, különös tekintettel hazánkra és az egészségügyi kiadásokra. Civil szemle, 19(1):41-56.

Zsarnóczky-Dulházi F, Zsarnóczky M, Kopper B, Karpati J, Molnar Cs, Adol GFC, David LD. (2023) Promising European research results to improve hospitality in healthcare by eHealth, Int J Manag. 112: 1-5. DOI: 10.1016/j.ijhm.2022.103411

Zsarnóczky-Dulházi F, Agod S, Szarka S, Tuza K, Kopper B. (2024) AI based motion analysis software for sport and physical therapy assessment. Rev Bras Med Esporte, 30. DOI: 10.1590/1517-8692202430012022_0020i

Zsarnóczky-Dulházi F, Lelbach Á, Rác L, Trzaskoma L, Berkes I, Sümegi T, Kopper B. (2024) Okostelefon-szenzorokon alapuló technológia alkalmazása az otthoni gyógytorna eredményességének ellenőrzésére. Orv. Hetil, 165(7):265-273. DOI: 10.1556/650.2024.32974

Nem az értekezés témájában megjelent eredeti közlemények

Zsarnóczky-Dulházi F, Zsarnóczky M. (2018) Az akadálymentes turizmus, mint rehabilitációs „eszköz”. Pintér Gábor. Arcal vagy háttal a jövőnek? LX. Georgikon Napok. ISBN:9789639639928 pp.56-61.