

Okostelefon-szenzorokon alapuló technológia alkalmazása az otthoni gyógytorna eredményességének ellenőrzésére

Zsarnóczky-Dulházi Fanni¹ ■ Lebach Ádám dr.^{1, 2, 3}
Racz, Levente dr.¹ ■ Trzaskoma, Lukasz dr.⁴ ■ Berkes István dr.⁵
Sümege Tekla⁶ ■ Kopper Bence dr.¹

¹Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem, Kineziológia Tanszék, Budapest

²Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Belgyógyászati és Onkológiai Klinika, Tanszéki Csoport, Budapest

³Dr. Rose Magánkórház, Budapest

⁴Department of Theory of Sport, Faculty of Physical Education,

Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw, Varsó, Lengyelország

⁵Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem, Egészségtudományi és Sportorvosi Tanszék, Budapest

⁶Nemzeti Kézilabda Akadémia, Balatonboglár

Bevezetés: A világvárvány ráébresztette a társadalmat arra, hogy adódhatnak olyan különleges helyzetek, amikor a betegek nem tudnak személyesen találkozni egészségügyi szakemberekkel, az ellátás folyamatossága mégsem szakadhat meg. A gyógytornaellátás során eddig is általánosan alkalmazott eljárás volt a személyes alkalmak közötti otthoni gyakorlásra ösztönzés a terápia sikeressége érdekében. Ám a foglalkozásokon megtanult és begyakorolt feladatok ismétlésszáma és pontossága kérdéses az otthoni környezetben, ami csökkentheti az eredményességet, és növelheti a sérülésveszélyt.

Célkitűzés: Kutatásunkban olyan megoldást teszteltünk, amely megfizethető és széles körben elérhető eszközöket, okostelefont és laptopot használ képernyőmegosztási technológia alkalmazásával.

Módszer: A 3 hétig tartó vizsgálatunkban négy csoport (vizsgálati: fiatal, $n = 50$, életkor $25,6 \pm 3,1$ év; idősebb felnőttek, $n = 50$, életkor $74,8 \pm 9,1$ év; kontroll: fiatal, $n = 20$, életkor $26,25 \pm 3,6$ év; idősebb felnőttek, $n = 20$, életkor $70,15 \pm 5,2$ év) vett részt. A résztvevők feladata guggolási és térdemelési gyakorlatok végrehajtása volt egy előre meghatározott végtagszöghelyzetig. A vizsgálati csoport tagjai a végtagmozgások és szöghelyzetek nyomon követésére egy – goniométeres alkalmazással a combjukra rögzített – okostelefont és egy aktivált képernyőmegosztási funkcióval rendelkező laptopot használtak, amely valós idejű önellenőrzést tett lehetővé.

Eredmények: A célszögtől való eltérés szignifikánsan csökkent (a guggolás esetében a fiataloknál $7,7^\circ$ -ról $1,7^\circ$ -ra, az idősebbeknél $16,4^\circ$ -ról $7,3^\circ$ -ra; térdemeléskor a fiataloknál $10,8^\circ$ -ról $3,2^\circ$ -ra, az idősebbeknél $14,8^\circ$ -ról $6,4^\circ$ -ra), vagyis a gyakorlatok végrehajtása szignifikánsan pontosabb lett a vizsgálati csoportokban.

Következtetés: Eredményeink azt mutatják, hogy amikor a résztvevők numerikus visszajelzést kaptak a laptop képernyőjén keresztül, akkor a gyakorlat végrehajtásának pontossága jelentősen megnőtt. Összehasonlításaink és statisztikai elemzéseink alapján összességében kijelenthetjük, hogy olyan, könnyen hozzáférhető eszközök és módszerek is felhasználhatók az otthoni mozgásszervi rehabilitáció eredményességének javításához, mint az okostelefon és a laptop.

Orv Hetil. 2024; 165(7): 265–273.

Kulcsszavak: e-egészségügy, m-egészségügy, idősebb felnőttek, gyógytorna, telerehabilitáció

Testing an innovative approach to smartphone sensor-based technology for verification of effectiveness of home exercise

Introduction: The pandemic has awakened the society to the fact, that special situations might occur when patients are not able to meet face-to-face with their healthcare professionals. In the case of physical therapy, this means exercises have to be performed mainly independently in a home environment by the patients. The lack of accuracy of the previously learned tasks decreases the quality of performance, as well as increases the risk of injuries.

Objective: We introduced a solution implementing affordable and widely available devices, a smartphone and a laptop using screenshare technology.

Method: In our study, four groups (experimental: young, $n = 50$, age 25.6 ± 3.1 years; older adults, $n = 50$, age 74.8 ± 9.1 years; control: young, $n = 20$, age 26.25 ± 3.6 years; older adults, $n = 20$, age 70.15 ± 5.2 years) were asked to perform squats and knee raises until pre-specified target limb angle positions. To monitor the limb movements, participants used a smartphone secured on their thigh with a goniometer application and a laptop with activated screenshare function.

Results: The executions of the exercises were significantly more accurate (deviation from target angle decreased for squats, young: 7.7 to 1.7° , older: 16.4 to 7.3° ; for knee-raise, young: 10.8 to 3.2° , older: 14.8 to 6.4° , respectively; $p < 0.05$) after the technology was used.

Conclusion: Our results indicate, that if subjects received numerical feedback through the laptop screen, the accuracy of the exercise execution significantly increased. We conclude that easily accessible tools and methods can serve as a basis for improvements in the effectiveness of home-based musculoskeletal rehabilitation not just for young but also for older adults.

Keywords: eHealth, mHealth, elderly, physical therapy, telerehabilitation

Zsarnóczky-Dulházi F, Lelbach Á, Racz L, Trzaskoma, L, Berkes I, Sümegi T, Kopper B. [Testing an innovative approach to smartphone sensor-based technology for verification of effectiveness of home exercise]. *Orv Hetil.* 2024; 165(7): 265–273.

(Beérkezett: 2023. november 21.; elfogadva: 2023. december 12.)

Rövidítések

ANOVA = (analysis of variance) varianciaanalízis; COVID-19 = (coronavirus disease 2019) koronavírus-betegség 2019; ES = (effect size) hatásnagyság; HSD = (honestly significant difference) őszintén szignifikáns különbség

Napjainkra az infokommunikációs technológia és a digitális innovációk nyújtotta eszközök és lehetőségek használata a mindennapjaink részévé vált, ami odavezetett, hogy az egészségügyben mind a szakemberek, mind a páciensek új, innovatív egészségügyi megoldásokat keresnek. Többek között kifejezett igény mutatkozik az otthoni rehabilitációt felügyelő és segítő rendszerek iránt nemcsak a fiatal, hanem kifejezetten az idősebb csoportok számára is [1–4]. A COVID-19-pandémiához [5, 6] kapcsolódó globális veszélyhelyzet újabb lökést adott a technológia egészségügybe való bevonásához és használatához, ami a költséghatékonyság és a hozzáférhetőség növelése mellett a diagnózist, a terápiát, az ellátást [7, 8] és a prevenciót, az egészséges életmód kialakítását [9] valamint az egészséggedukációt is támogathatja [10].

A betegek egészségi állapotának távfelügyelete számos előnnyel jár, és különösen előnyös az idősök számára, hiszen növeli az önállóságot, a betegségkontrollt, és pozitívan hat a hangulatukra a hétköznapi életben [11]. Az infokommunikációs technológia és a különféle szenzorok használata lehetővé teszi az egyénekhez kapcsolódó biometrikus adatok, életjelek, tünetek rögzítését és későbbi kezelését [12–14]. Ezeknek az érzékelőknek a legkényelmesebb formái az okostelefonok [15] és a hordható eszközök [16], amelyek használata révén lehetővé válik a folyamatos adatgyűjtés az egyén mindennapos tevékenységeinek végzése során, terápiás és prevenciók céljával is

[17], mindemellett hogy a páciensek motivációját és terápiához való kötődését is fokozhatják [18–20].

A legújabb e-egészségügyi technológiák használatának előnye, hogy személyre szabottabbá válik az ellátás, csökkenthető a személyes találkozások száma a szakemberekkel akut és krónikus megbetegedés esetén is, ami növelheti a szakemberek által ellátható páciensek számát, illetve a betegek jobb életminőségét és nagyobb önállóságot érhetnek el a használatuk által [21].

Kutatásunk fókuszában a gyógytornaellátás áll. Általánosságban elmondható, hogy a folyamatosság kulcsfontosságú, ezért bevett szokás, hogy a gyógytornászok egy – a személyes találkozó alkalmával begyakorolt feladatokat tartalmazó – feladatsort állítanak össze betegek számára, amelyet a betegek otthonukban, önállóan végezhetnek el. Sok beteg azonban egyáltalán nem vagy korlátozott pontossággal végzi el a javasolt gyakorlatokat, ami csökkenti az eredményességet, és növeli a sérülési kockázatot [22]. Emellett bizonyíték van arra is, hogy a motoros tanulás szisztematikus változást eredményez a végtag érzékelt pozíciójában, ami szintén megerősíti a gyakorlatok helyes végrehajtásának fontosságát [23–25]. A gyógytornász számára a gyakorlatsor ellenőrzéséhez és a javulási tendencia objektív méréséhez a számszerűsített adatok adnak támpontot. A végrehajtási pontosság ellenőrzése és vizuális visszacsatolása hasznos lehet a fiatalok számára [26], de az idősebb felnőttek számára létfontosságú, idős korban ugyanis több, a mozgásszabályozást befolyásoló fizikai tényező – állóképesség, anaerob kapacitás, egyensúlyozó képesség – csökken, ezért a visszacsatolás nemcsak a végrehajtási minta méréséhez fontos, hanem a fáradtság jeleinek azonosítására és ennek következtében az edzési terhelés és időtartam meghatározására is [27].

Kutatásunkkal szeretnénk megerősíteni az infokommunikációs eszközök – mint az okostelefon és a laptop – használatának potenciális lehetőségét a mozgásszervi rehabilitációban. Célunk egy olyan kísérlet végrehajtása volt, amelynek során megfigezhető és könnyen kezelhető eszközök szenzorain keresztül kapunk valós idejű, objektív számszerű adatokat a mozgás végrehajtásáról. Okostelefonra letöltött goniométer alkalmazásával követtük nyomon a végtagmozgás során végzett szögelfordulást, amelyet a könnyebb vizuális nyomon követés érdekében egy laptop kijelzőjére vetítettünk ki képernyőmegosztási funkcióval. Hipotézisünk szerint a goniométer okostelefonos alkalmazás és laptop eszközökkel rendszeresen végzett protokollok után a résztvevők pontosabban végzik el a gyakorlatokat, mint amikor nem használnak vizuális visszacsatolást.

Módszer

Protokollunk szerint két egyszerű gyakorlat végrehajtását kértük a résztvevőktől. A numerikus visszajelzést a napjainkban már könnyen hozzáférhető digitális eszközökkel: okostelefonnal és lappal oldottuk meg. Egy



1. ábra | A képernyőmegosztási (screenshare) funkció bemutatása. Az okostelefonon futó goniométer-alkalmazás megjelenítése egy laptop képernyőjén. Az alkalmazás használatával a combra erősített okostelefon szögelfordulásának nagysága a laptop képernyőjén követhető

ingyenesen letölthető okostelefonos goniométer-alkalmazást (Angle Meter) töltöttünk le a résztvevők okostelefonjára, amely a szögelfordulást volt hivatott monitorozni. Az úgynevezett „screenshare” képernyőmegosztási funkcióval vezeték nélkül összekötöttük az okostelefont egy lappal, és így a goniométer-applikáció adatai is valós időben jelentek meg a laptop képernyőjén (1. ábra). A résztvevők combjuk külső oldalán rögzítették az okostelefont, a lappot pedig elérhető távolságban, a szögelfordulás nyomon követése érdekében szemmagasságban helyezték el (2., 3., 4. és 5. ábra).

Résztvevők

A vizsgálatban összesen 140, akut betegségben nem szenvedő, fizikailag aktív felnőtt vett részt. A résztvevők négy csoportot alkottak. Az egyik vizsgálati csoport fiatal



2. ábra | Az okostelefon elhelyezkedésének bemutatása a guggolási gyakorlat végrehajtása során. Az alkalmazás kalibrálása után a goniométer a kiegyenesedett (függőleges 0°) helyzetből mutatja a comb pillanatnyi szöghelyzetét a gyakorlat végrehajtása során



3. ábra | Fiatal és idősebb felnőttek guggolási gyakorlatának bemutatása. A képen jól megfigyelhető a combra erősített okostelefon az éppen rajta futó goniométer- (szögelfordulás-mérő) alkalmazással. Az idősebb felnőttek csoportja a biztonság és a könnyebb végrehajtás érdekében székbe kapaszkodva végezte a gyakorlatot



4. ábra | A térdhúzás gyakorlatának bemutatása fiatal felnőttön

felelősekből (n = 50, 32 nő és 18 férfi, életkor: $25,6 \pm 3,1$ év), a másik idősebb felelősekből állt (n = 50, 37 nő, 13 férfi, életkor $74,8 \pm 9,1$ év). Két kontrollcsoportot is bevontunk: az egyikbe fiatal felelősök (n = 20, 12 nő és 8 férfi, $26,25 \pm 3,6$ év), a másikba idősebb felelősök (n = 20, 13 nő, 7 férfi, $70,15 \pm 5,2$ év) kerültek. A beválasztás során figyeltünk arra, hogy egyik résztvevő se legyen korlátozva fizikai állapotában, és el tudja végezni az általunk megadott gyakorlatokat. A mérésekhez és a gyakorlatok végrehajtásához szükséges instrukciókat ismertettük a résztvevőkkel, akik beleegyező nyilatkozatot írtak alá. A vizsgálatot a Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem Kutatás-Értékelési Bizottsága hagyta jóvá TE-KEB/18/2021 engedélyszámmal.

Mérések

A vizsgálat céljainak eléréséhez két egyszerű, különösebb sportelőképzettség nélkül is kivitelezhető gyakorlatot választottunk. Az első a guggolás volt, amelynél célérték-ként a combnak a függőlegesen álló helyzethez (0° , a térd teljesen nyújtott állapotban) képest 65° -os elfordulását határoztuk meg. A gyakorlat során az okostelefon a goniométer-applikációval végig a résztvevők combján volt rögzítve, függőlegesen álló helyzetben 0° -os kezdeti szöggel. A második gyakorlat a jobb térd felemelése volt álló testhelyzetben. A comb elfordulásánál a célszöveget ebben az esetben 75° -ban határoztuk meg a talajon álló kinyújtott térdhelyzethez (0°) viszonyítva. A guggolást mint a terápiás gyakorlatban megjelenő alapmozgást, a térdemelést pedig mint alap egyensúlyozási gyakorlatot



5. ábra | Az idősebb felelősök csoportja a biztonság és a könnyebb végrehajtás érdekében székre kapaszkodva végezte a térdhúzási gyakorlatot

választottuk ki. A fiatal résztvevők az első gyakorlatot elülső középtartásban és nyújtott karral, a másodikat csípőre tett kézzel hajtották végre. Időskorúaknál biztonsági okokból a végrehajtást kiegészítettük egy székkal, amelyben megkapaszkodhattak. A szék guggolás során előttük, a térdhúzásnál a bal oldaluk mellett volt elhelyezve. Minden, a vizsgálatban használt okostelefon mérési adatait összehasonlítottuk a referenciaként használt goniométer (Wearnotch System, Notch Interfaces Inc. 2018, New York, NY, USA) adataival. Ha az eltérés 1° -nál nagyobb volt, a mérést azzal az okostelefonnal nem folytattuk. Továbbá minden alkalommal az első gyakorlat előtt, a kezdőpozíció – függőleges két lábon állás a talajon – felvétele után, a résztvevők megnyomták az alkalmazás kalibrációgombját, így az alkalmazás 0° -nak tekintette a kiindulási helyzetet.

Mérési protokoll

Első lépésként a résztvevőknek be kellett állítaniuk a képernyőmegosztási funkciót (Windows 10; Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA): Értésítések ikon, majd Csatlakozás, majd Kivetítés erre a gépre. Ezek után az androidos telefonon (kizárólag androidos telefont használtunk) a képernyő fenti alkalmazássávjában a MirrorShare, ScreenShare vagy SmartView opcióra kellett kattintaniuk, majd a kiválasztott PC-re, végül a laptopon a Csatlakozás alkalmazás elindítása szövegre. Ezzel a néhány lépéssel elértük, hogy az okostelefon képernyője

megjelenjen a laptop képernyőjén, és a funkciók kezelhetővé váljanak. Ezt követte az okostelefon rögzítése a vizsgált végtaghoz, melynek során az eszköz a jobb comb külső oldalára, a térdkalács vonalától 5–10 cm-re került egy teleföntartó pánt segítségével a résztvevő sagittális síkjával párhuzamosan. Az okostelefon rögzítése után a feladatok betanítására került sor. Ennek során a résztvevők lassan, 15-ször végezték el mind a guggolást, mind a térdemelést a megadott célszögig (guggolás: 65°, térdemelés: 75°) a goniométer-applikáció megjelenített ábráját követve, melynek során a feladatuk a célszög elérésekor felvett pozíció megjegyzése volt. Közvetlenül ezt követően kontrollméréseket végeztünk a laptop képernyőjének segítségével nélkül. Ha az általunk meghatározott célszögtől való eltérés 5-ször egymás után kisebb volt, mint $\pm 2^\circ$, akkor a gyakorlat betanulását sikeresnek értékeltük.

A kutatás első hetében az előre betanított két meghatározott gyakorlatot a négy csoport minden résztvevője 15–15 ismétléssel, minden külső segítség és visszajelzés nélkül, naponta végezte otthonában. Egy hét elteltével elvégeztük az első kontrollméréseket a referencia-goniométerrel (1. mérés). A kontrollmérések végrehajtása közben a résztvevők nem látták a gyakorlatok során elért szöghelyzeteket. Ezután kettévált a vizsgálati és a kontrollcsoport. A vizsgálati csoportban a résztvevők további két hétig végezték a gyakorlatokat napi 15–15-szörös ismétlésszámban, de ezúttal a goniométer-alkalmazásnak és a laptop képernyőjének a segítségével, a képernyő-megosztási funkció aktiválásával. Mindeközben a kontrollcsoport ugyanannyi ismétlésszámmal folytatta a gyakorlatokat naponta, mint a vizsgálati csoport, de az okostelefon-alkalmazás nélkül. A második kontrollmérés a vizsgálati és a kontrollcsoport számára is a vizsgálati protokoll megkezdésétől számított második hét végén történt (2. mérés). A harmadik kontrollmérésre még egy héttel később került sor, miután a vizsgálati csoport további egy héten keresztül végezte a protokollt az okostelefon-alkalmazással, önellenőrzéssel (3. mérés). A kísérlet befejezése után a vizsgálati csoport résztvevőit arra kértük, hogy egy rövid, 5 fokozatot tartalmazó kérdőívben értékeljék az önellenőrzési technika használatának nehézségi mértékét, amelynél az 1 a könnyű, az 5 a nagyon nehéz használhatóságot jelölje.

Statisztikai analízis

Mindkét vizsgált gyakorlat esetén az előre meghatározott pozícióhoz tartozó szöghelyzet elérése volt a cél. A kontrollmérések alkalmával megmértük a végrehajtás során a célpozícióban a comb szöghelyzetét. Az adatelemzés során kiszámoltuk a comb gyakorlat végrehajtása alatt mért szögeltéréseinek abszolút értékét az előre meghatározott célszögtől. Normalitásvizsgálatot végeztünk minden adathalmazon (Shapiro–Wilk-féle W-teszt). A szükséges statisztikai p-értékek eléréséhez, az első fajú hiba bekövetkezésének minimalizálására, az ismételt mérések figyelembevételével a további statisztikai számításokhoz ve-

gyes elrendezésű (mixed model) faktoriális ANOVA-t, majd a további összehasonlításhoz Tukey-féle HSD post-hoc tesztet használtunk. A tanulmány eredményeinek további alátámasztására kiszámítottuk és figyelembe vettük a hatásnagyság (effect size [ES Cohen's d]) értékeit, valamint kiszámítottuk a statisztikai erőt (statistical power). Az ES-értékek a legtöbb összehasonlításnál nagyok voltak ($>0,8$), és a statisztikai erő értékei minden esetben nagyobbak voltak 0,8-nál, amelynél szignifikáns különbségeket találtunk. A kérdőív értékek kontingenciátáblázatban történő nemparaméteres összehasonlítására kinegyzet-tesztet alkalmaztunk. A számításokat Statistica 12 szoftverrel (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA) végeztük, és a szignifikáns különbséget $p < 0,05$ értéken határoztuk meg.

Eredmények

A guggolási adatok összehasonlítása – csak a vizsgálati csoportok adatainak felhasználásával

A guggolási gyakorlatnál a combnál az elérendő cél szögelfordulás-mértékét 65°-ban határoztuk meg. Az 1. mérés eltérési eredményei a fiatal csoportnál szignifikánsan nagyobbak voltak, mint a 2. mérés eredményei (103,4%, $p < 0,05$, ES = 1,67), és szignifikánsan nagyobbak voltak a 3. mérés eredményeinél (449%, $p < 0,05$), ES = 2,22); 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). A fiatal csoport 2. mérési eredménye 122%-kal volt nagyobb, mint a 3. mérés adatai ($p < 0,05$, ES = 1,1); az idősebb felnőttek csoportjában a különbség nem volt szignifikáns a 2. és a 3. mérés között ($p = 0,07$).

Guggolási adatok – a vizsgálati és a kontrollcsoport összehasonlítása

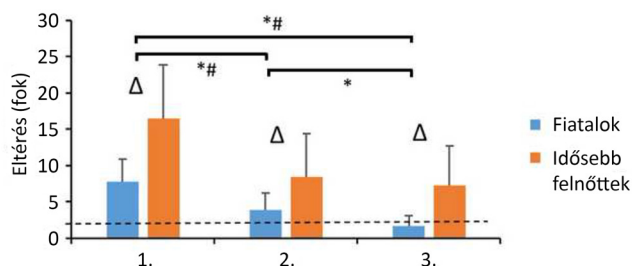
A fiatal felnőttek adatait összehasonlítva nem volt különbség a vizsgálati és a kontrollcsoport 1. mérései között, de a 2. (100,4%, $p < 0,05$, ES = 1,2) és a 3. mérés (388%, $p < 0,05$, ES = 2,93) között szignifikáns különbséget találtunk. A kontrollcsoport szöghelyzetértékeinek eltérése az elérendő célértékhez képest szignifikánsan nagyobb volt, mint a vizsgálati csoportok eredményei. A vizsgálati és a kontrollcsoportok közötti kölcsönhatás ($F = 42,72$, $p < 0,05$) szignifikáns F-interakciót jelez, vagyis eltérő tendenciát kell feltételeznünk a vizsgálati és a kontrollcsoport között.

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

1. táblázat | A guggolás mérési adatainak abszolút eltérése a 65°-os célszöghelyzethez képest (átlag ± szórás). A sorszámok a kontrollmérések hetét jelölik. Az 1. mérés az egy hét elteltével történt, önellenőrzés nélküli, a 2. az első önellenőrzési hét utáni, a 3. a második önellenőrzési hét utáni adatfelvétel eredményeit mutatja be

	1. mérés	2. mérés	3. mérés
Fiatal, vizsgálati	7,75 ± 3,11 ^b	3,81 ± 2,43 ^{a, b, c}	1,71 ± 1,36 ^{a, b}
Idősebb, vizsgálati	16,48 ± 7,46 ^b	8,36 ± 6,08 ^{a, b, c}	7,30 ± 5,36 ^b
Fiatal, kontroll	8,20 ± 4,90	7,65 ± 4,05 ^c	8,30 ± 3,61 ^c
Idősebb, kontroll	13,45 ± 5,10	13,65 ± 5,91 ^c	17,05 ± 5,73 ^c

a = szignifikáns különbség az előző méréshez képest ugyanabban a csoportban; b = szignifikáns különbség a fiatal és az idősebb vizsgálati csoport között az adott mérésnél; c = szignifikáns különbség a vizsgálati és a kontrollcsoport között



6. ábra | A guggolási gyakorlat kontrollmérés adatainak abszolút eltérése a 65°-os célszöghelyzethez képest (átlag és szórás). A fiatal felnőttek kékkel, míg az idősebb felnőttek narancssárgával vannak jelölve. A sorszámok a kontrollmérések hetét jelölik. Az 1. mérés az egy hét elteltével történt, önellenőrzés nélküli, a 2. az első önellenőrzési hét utáni, a 3. a második önellenőrzési hét utáni kontroll-adatfelvétel eredményeit mutatja. A szignifikáns különbséget a fiatalok esetében * jelöli, míg az idősebb felnőttek esetében # jelöli. A Δ szignifikáns különbséget jelez egy adott mérésben a fiatal és az idősebb felnőtt csoport között ($p < 0,05$). A szaggatott vonal jelzi a gyakorlatok kezdeti betanításakor alkalmazott tűréshatárt (2°)

szignifikánsan nagyobb volt, mint a vizsgálati csoportok eredményei. A vizsgálati és a kontrollcsoportok közötti kölcsönhatás ($F = 103,3$, $p < 0,05$) szignifikáns F-interakciót jelez (1. táblázat és 6. ábra).

A térdemelési adatok összehasonlítása – csak a vizsgálati csoport adatainak felhasználásával

A térdemelési gyakorlat végrehajtása során a meghatározott elérendő célszög 75° volt. Az 1. mérés célszögtől való eltéréseinek eredményei a fiatal csoportnál szignifikánsan nagyobbak voltak, mint a 2. mérés eredményei

2. táblázat | A térdemelési mérési adatainak abszolút eltérése a 75° -os célszöghelyzethez képest (átlag ± szórás). A sorszámok a kontrollmérések hetét jelölik. Az 1. mérés az egy hét elteltével történt, önellenőrzés nélküli, a 2. az első önellenőrzési hét utáni, a 3. a második önellenőrzési hét utáni adatfelvétel eredményeit mutatja be

	1. mérés	2. mérés	3. mérés
Fiatal, vizsgálati	10,83 ± 6,57 ^b	5,75 ± 3,53 ^{a, b, c}	3,18 ± 2,59 ^{a, b, c}
Idősebb, vizsgálati	14,8 ± 5,29 ^b	9,74 ± 5,63 ^{a, b, c}	6,46 ± 4,45 ^{a, b, c}
Fiatal, kontroll	8,9 ± 6,09	10 ± 6,01 ^c	8,95 ± 5,22 ^c
Idősebb, kontroll	15,09 ± 7,41	16,33 ± 7,93 ^c	18,14 ± 8,21 ^c

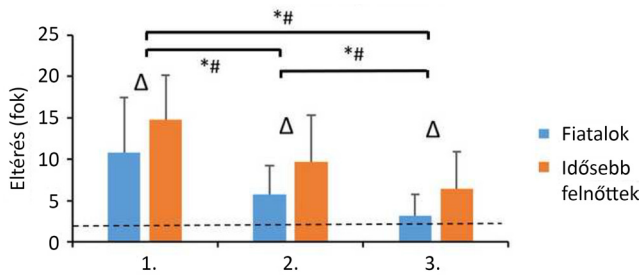
a = szignifikáns különbség az előző méréshez képest ugyanabban a csoportban; b = szignifikáns különbség a fiatal és az idősebb vizsgálati csoport között az adott mérésnél; c = szignifikáns különbség a vizsgálati és a kontrollcsoport között

(89%, $p < 0,05$, ES = 1,18), és szignifikánsan nagyobbak voltak a 3. mérés eredményeinél (248%, $p < 0,05$, ES = 1,59); 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). A fiatal csoport 2. mérési eredménye 83%-kal volt nagyobb, mint a 3. mérés adatai ($p < 0,05$, ES = 1,23); az idősebb felnőttek csoportjában a 2. mérés eredménye 51%-kal volt nagyobb, mint a 3. mérés adatai ($p < 0,05$, ES = 1,31)

Térdemelési adatok – a vizsgálati és a kontrollcsoport 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. A vizsgálati és a kontrollcsoportok közötti kölcsönhatás ($F = 35,99$, $p < 0,05$) szignifikáns F-kölcsönhatást jelez ebben az esetben is.

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



7. ábra

A térdemelési gyakorlat kontrollmérési adatainak eltérése a 75°-os célszöghelyzethez képest (átlag és szórás). A fiatal felnőttek kékkel, míg az idősebb felnőttek narancssárgával vannak jelölve. A sorszámok a kontrollmérések hetét jelölik. Az 1. mérés az egy hét elteltével történt, önellenőrzés nélküli, a 2. az első önellenőrzési hét utáni, a 3. a második önellenőrzési hét utáni kontroll-adatfelvétel eredményeit mutatja be. A szignifikáns különbséget a fiatalok esetében *, míg az idősebb felnőttek esetében # jelöli. A Δ szignifikáns különbséget jelez egy adott mérésben a fiatal és az idősebb felnőtt csoport között (p). A szaggatott vonal jelzi a gyakorlatok betanításakor alkalmazott kezdeti tőrészhatárt (2°)

szignifikánsan nagyobb volt, mint a vizsgálati csoportok eredményei. A vizsgálati és a kontrollcsoportok között (F = 167,4, p<0,05) szignifikáns F-kölcsönhatás van (2. táblázat és 7. ábra).

A fiatal és az idősebb felnőttek vizsgálati csoportjainak összehasonlítása

A fiatal és az idősebb csoportok adatait összehasonlítva megállapítható, hogy a guggolás eredményeit tekintve szignifikáns különbségek vannak a fiatal és az idősebb

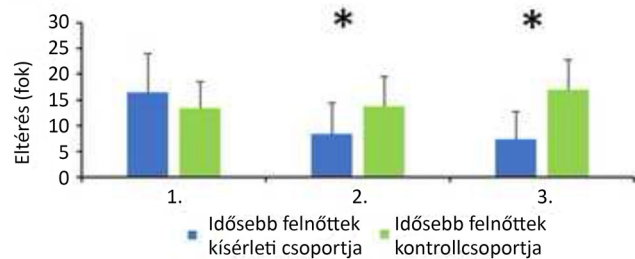
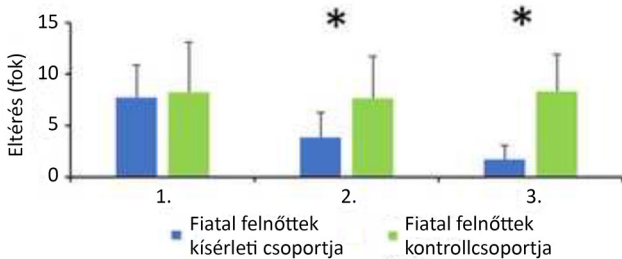
felnőttek csoportja között az 1. (p<0,05, ES = 1,52), a 2. (p<0,05, ES = 0,97) és a 3. (p<0,05, ES = 0,91) mérés esetén is. A térdemelés eredményeit összehasonlítva szignifikáns különbségek vannak a fiatal és az idősebb felnőttek csoportja között az 1. (p<0,05, ES = 0,69), a 2. (p<0,05, ES = 0,86) és a 3. (p<0,05, ES = 0,91) mérés esetén is. Minden összehasonlításnál a fiatal csoport eredményei kerültek közelebb a célszöghöz (8. és 9. ábra).

A kérdőív eredményei

A mérések befejezése után arra kértük a résztvevőket, hogy 5 fokozatú kérdőívben értékeljék a gyakorlatozáshoz használt eszközök és technológia nehézségi szintjét. Az eredmények azt mutatják, hogy az okoseszközök és a követendő technológia használata szignifikánsan nehezebb volt az idősebb felnőtteknek (p<0,05, khi-négyzet-teszt) (3. táblázat, 10. és 11. ábra).

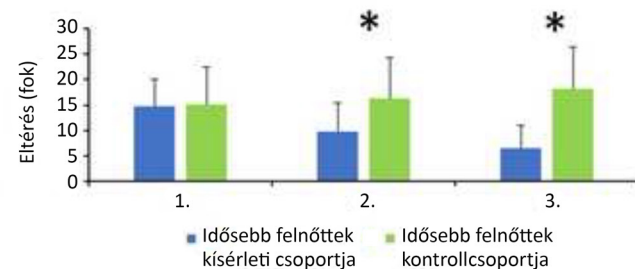
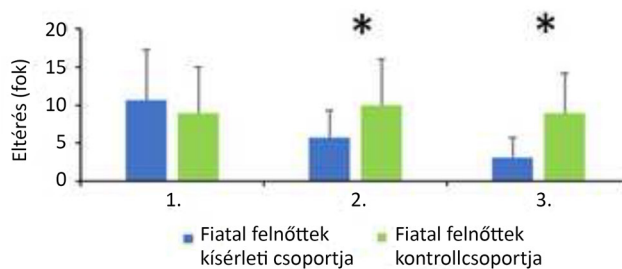
Megbeszélés

Számos kutatás foglalkozik az infokommunikációs eszközök előnyeivel, és ezek a rendszerek hasznos, illetve biztonságos megoldásnak tűnnek a fiatalok és az idősebb felnőttek számára is [2, 13–17, 28, 29]. Az általunk bemutatott eljárással és vizsgálattal az volt a célunk, hogy olyan potenciális megoldást javasoljunk a mozgásszervi rehabilitációban részt vevő páciensek és egészségügyi szakemberek számára (egyszerre figyelembe véve a fiatalok



8. ábra

Balra a fiatal felnőttek kísérleti (kék) és kontrollcsoportjának (zöld) összehasonlítása, jobbra az idősebb felnőttek kísérleti (kék) és kontrollcsoportjának (zöld) összehasonlítása látható a guggolási gyakorlatot tekintve. A sorszámok a kontrollmérések hetét jelölik. Az 1. mérés az egy hét elteltével történt, önellenőrzés nélküli, a 2. az első önellenőrzési hét utáni, a 3. a második önellenőrzési hét utáni kontroll-adatfelvétel eredményeit mutatja be. A szignifikáns különbségeket (p<0,05) * jelöli

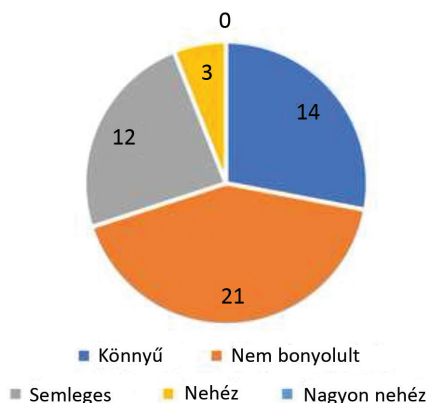


9. ábra

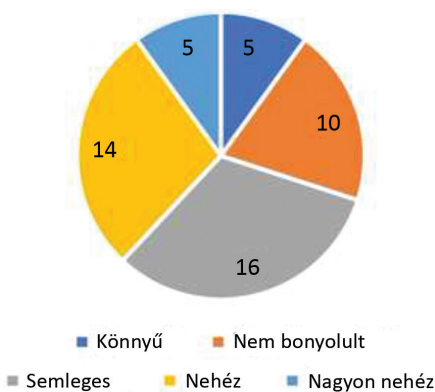
Balra a fiatal felnőttek kísérleti (kék) és kontrollcsoportjának (zöld) összehasonlítása, jobbra az idősebb felnőttek kísérleti (kék) és kontrollcsoportjának (zöld) összehasonlítása látható a térdemelési gyakorlatot tekintve. A sorszámok a kontrollmérések hetét jelölik. Az 1. mérés az egy hét elteltével történt, önellenőrzés nélküli, a 2. az első önellenőrzési hét utáni, a 3. a második önellenőrzési hét utáni kontroll-adatfelvétel eredményeit mutatja be. A szignifikáns különbségeket (p<0,05) * jelöli

3. táblázat | A vizsgálati protokoll nehézségére vonatkozó kérdőív válaszainak száma. Az idősebb felnőttek a fiatalokhoz képest szignifikánsan nehezebbnek ítélték a technológia használatát ($p < 0,05$)

	Fiatal	Idősebb
Könnyű	14	5
Nem bonyolult	21	10
Semleges	12	16
Nehéz	3	14
Nagyon nehéz	0	5



10. ábra | A fiatal felnőttek által a vizsgálati protokoll nehézségére vonatkozó kérdőívben adott válaszok eloszlása kördiagramon bemutatva. A fiatal csoport egyik résztvevője sem értékelte úgy, hogy a protokoll nagyon nehéz volt



11. ábra | Az idősebb felnőttek által a vizsgálati protokoll nehézségére vonatkozó kérdőívben adott válaszok eloszlása kördiagramon bemutatva. Az idősebb felnőttek a fiatalokhoz képest szignifikánsan nehezebbnek ítélték a technológia használatát ($p < 0,05$)

labb és az idősebb korosztály igényeit), amellyel az otthoni, szakember felügyelete nélküli gyógytorna biztonságosabbá és eredményesebbé tehető. A gyakorlatok végrehajtásának hatékony nyomon követéséhez – tudatosan – megfizethető és könnyen hozzáférhető eszközöket: laptopot és okostelefont választottunk. Az eljárás valós idejű numerikus visszacsatolást tud nyújtani, ezáltal javítva a gyakorlatok végrehajtásának pontosságát. Ki kell emelnünk azt is, hogy ezek a mérések akár megoszthatók

az interneten keresztül, így az információkat a gyógytornász távolról is láthatja, ami rendkívül előnyös, amikor nem valósítható meg a személyes találkozó a rehabilitációs szakemberrel.

Eredményeink elemzése alapján megállapítható – egy korábbi vizsgálat következtetésével egyezően –, hogy az önállóan, otthon végzett rehabilitációs gyakorlatok végrehajtásának pontossága igen nagy eltérést mutat a betanított gyakorlatokhoz képest [22], de a képernyőmegosztási technológia alkalmazása jelentősen növelte a végrehajtási pontosságot a vizsgálati csoportban a fiatalok és az idősebb felnőttek esetében is, így hipotézisünket elfogadjuk. Azt a tendenciát is azonosítjuk mind a fiatal, mind az idős csoportban, hogy a technológia használati idejének növekedésével a vizsgálati csoportokban a végrehajtási pontosság növekszik. Ebből következően feltételezhető, hogy a gyakorlat végrehajtásából származó vizuális és numerikus, valós idejű visszajelzések hosszan tartó használatával a gyakorlatok eredményessége és az otthoni rehabilitáció sikeressége életkortól függetlenül javul.

Ami a kivitelezést illeti: tapasztalataink szerint az idősebb résztvevők esetében a kezdeti beállítások nagyon bonyolultnak tűntek, de a rendszert az idős személyek is tudták használni, és csak minimális technikai probléma jelentkezett a későbbiekben. Következésképpen az idősebb felnőttek számára a kezdeti segítség és támogatás rendkívül fontos és szükséges, de amennyiben megtörténik, ezek a nehézségek nem lesznek korlátozó tényezők a technológia későbbi használatában.

Következtetés

Hangsúlyoznunk kell, hogy bár kutatásunk során különböző csoportokat mértünk és vetettünk össze, illetve elemeztük a mért adatokat, véleményünk szerint a cikk igazi újdonsága és értéke maga a bevezetett és tesztelt képernyőmegosztási technológia bemutatása, mellyel különböző okoseszközök előnyeit kombinálhatjuk. Összefoglalva, eredményeink azt sugallják, hogy az olyan, megfizethető eszközök, mint a laptopok és okostelefonok, eredményesen használhatók a fiatalok és az idősebb felnőttek számára az otthoni mozgásszervi rehabilitációban a gyakorlatok monitorozására.

Anyagi támogatás: A kutatómunka anyagi támogatásban nem részesült.

Szerzői munkamegosztás: Zs.-D. F., K. B.: A kutatási terv elkészítése, a szakirodalom összegyűjtése, mérések megtervezése, adatgyűjtés, adatok feldolgozása, a kézirat megírása, a kézirat ellenőrzése. L. Á.: A kutatási terv elkészítése, a vizsgálati csoportok kiválasztása, a kézirat ellenőrzése. R., L.: A mérések megtervezése, laboratórium biztosítása, az eszközök validálása, a kézirat megírása. T., L.: A kutatási terv lefektetése, a mérések

megtervezése. B. I.: A kutatás ellenőrzése, a kézirat ellenőrzése. S. T.: Adatgyűjtés, adatok feldolgozása. A dolgozat végleges változatát valamennyi szerző elolvasta és jóváhagyta.

Érdekeltségek: A szerzőknek nincsenek érdekeltségeik.

Irodalom

- [1] Lelbach A. Compelling demographics. Innovations in gerontechnology from Japan. [Kényszerítő demográfia. Gerontológiai újdonságok Japánból.] *Idősgyógyászat* 2017; 2: 125–126. [Hungarian]
- [2] Lelbach A, Szedlaczek Zs. Unexpected turn in the spring of 2020 – the effect of Covid-19 epidemic on accelerated digitalization concerning geriatric care – the spread of telemedicine. [Nem várt fordulat 2020 tavaszán – a Covid-19 járvány hatása a geriátriai ellátást is érintő felgyorsult digitalizációra – a telemedicina elterjedése.] *Idősgyógyászat* 2020; 5: 26–28. [Hungarian]
- [3] Tan SS, Goonawardene N. Internet health information seeking and the patient-physician relationship: a systematic review. *J Med Internet Res*. 2017; 19: e9.
- [4] Riggare S. E-patients hold key to the future of healthcare. *Br J Sports Med*. 2020; 5: 1065–1066.
- [5] World Health Organization. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 – 11 March 2020. Available from: <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19--11-march-2020> [accessed: Aug 25, 2022].
- [6] Lelbach A, Benyei E. Ageing societies and the first and second waves of the COVID-19 pandemic – Statements of the European Geriatric Medicine Society and measures of the Hungarian Government concerning older people. *Dev Health Sci*. 2022; 4: 33–37.
- [7] Watson AR, Wah R, Thamman R. The value of remote monitoring for the COVID-19 pandemic. *Telemed J E Health* 2020; 26: 1110–1112.
- [8] Györfly Zs, Békási S, Szathmári-Mészáros N, et al. Possibilities of telemedicine regarding the COVID-19-pandemic in light of the international and Hungarian experiences and recommendations. [A telemedicina lehetőségei a COVID-19-pandémia kapcsán a nemzetközi és a magyarországi tapasztalatok és ajánlások tükrében.] *Orv Hetil*. 2020; 161: 983–992. [Hungarian]
- [9] Lee J, Ryu H. Usability of a new digital walking program for older adults: a pilot study. *BMC Geriatr*. 2023; 23: 193.
- [10] Roh M, Won Y. Impact of online-delivered ehealth literacy intervention on ehealth literacy and health behavior outcomes among female college students during Covid-19. *Int J Environ Res Public Health* 2023; 20: 2044.
- [11] Balasubramanian GV, Beaney P, Chambers R. Digital personal assistants are smart ways for assistive technology to aid the health and wellbeing of patients and carers. *BMC Geriatr*. 2021; 21: 643.
- [12] World Health Organization. The American Telemedicine Association. Telemedicine telehealth, and health information technology. Available from: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/digital-health-documents/global-observatory-on-digital-health/usa_support_tele.pdf?sfvrsn=1c0a523b_3 [accessed: Aug 6, 2022].
- [13] Zsarnóczy-Dulházi F, Lelbach Á, Rácz L, et al. Digital innovations and info-communication technology in the care of older adults. [A digitális innovációk és infokommunikációs eszközök az időskori betegellátásban.] *Idősgyógy*. 2020; 5: 96–101. [Hungarian]
- [14] Nascimento LM, Bonfati LV, Freitas MB, et al. Sensors and systems for physical rehabilitation and health monitoring. A review. *Sensors (Basel)* 2020; 20: 4063.
- [15] Majumder S, Deen MJ. Smartphone sensors for health monitoring and diagnosis. *Sensors (Basel)* 2019; 19: 2164.
- [16] Lang CE, Barth J, Holleran CL, et al. Implementation of wearable sensing technology for movement: pushing forward into the routine physical rehabilitation care field. *Sensors (Basel)* 2020; 20: 5744.
- [17] Vieira A, Gabriel J, Melo C, et al. Kinect system in home-based cardiovascular rehabilitation. *Proc Inst Mech Eng H*. 2017; 231: 40–47.
- [18] Steiner B, Elgert L, Saalfeld B, et al. Health-enabling technologies for telerehabilitation of the shoulder: a feasibility and user acceptance study. *Methods Inf Med*. 2020; 59(S 02): e90–e99.
- [19] Anton D, Berges I, Bermúdez J, et al. A telerehabilitation system for the selection, evaluation and remote management of therapies. *Sensors (Basel)* 2018; 18: 1459.
- [20] Asimakopoulos S, Asimakopoulos G, Spillers F. Motivation and user engagement in fitness tracking: heuristics for mobile health-care wearables. *Informatics* 2017; 4: 5.
- [21] Taylor ML, Thomas EE, Snoswell CL, et al. Does remote patient monitoring reduce acute care use? A systematic review. *BMJ Open* 2021; 11: e040232.
- [22] Faber M, Andersen MH, Sevel C, et al. The majority are not performing home-exercises correctly two weeks after their initial instruction – an assessor-blinded study. *Peer J*. 2015; 3: e1102.
- [23] Ostry DJ, Darainy M, Mattar AA, et al. Somatosensory plasticity and motor learning. *J Neurosci*. 2010; 30: 5384–5393.
- [24] Wong JD, Wilson ET, Gribble PL. Spatially selective enhancement of proprioceptive acuity following motor learning. *J Neurophysiol*. 2011; 105: 2512–2521.
- [25] Ostry DJ, Gribble PL. Sensory plasticity in human motor learning. *Trends Neurosci*. 2016; 39: 114–123.
- [26] Kim HJ, Kramer JF. Effectiveness of visual feedback during isokinetic exercise. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1997; 26(6): 318–323.
- [27] Michalis M, Finn KJ, Podstawski R, et al. Differences in cardiorespiratory responses of young and senior male endurance athletes to maximal graded exercise test. *Physiol Int*. 2020; 107: 444–454.
- [28] Tack C. Artificial intelligence and machine learning applications in musculoskeletal physiotherapy. *Musculoskelet Sci Pract*. 2018; 39: 164–169.
- [29] Kao CK, Liebovitz DM. Consumer mobile health apps: current state, barriers, and future directions. *PM&R* 2017; 9(Suppl): S106–S115.

(Zsarnóczy-Dulházi Fanni
Budapest, Alkotás u. 42–48., 1123
e-mail: dulhazifanni@gmail.com)

A cikk a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) feltételei szerint publikált Open Access közlemény, melynek szellemében a cikk bármilyen médiumban szabadon felhasználható, megosztható és újraközölhető, feltéve, hogy az eredeti szerző és a közlés helye, illetve a CC License linkje és az esetlegesen végrehajtott módosítások feltüntetésre kerülnek. (SID_1)