

ZSARNÓCZKY-DULHÁZI FANNI – KOPPER BENEC

TESTHELYZET FELISMERŐ SZOFTVER TOVÁBBFEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGE A
HATÉKONYABB ONLINE MOZGÁSSZERVI REHABILITÁCIÓ MEGVALÓSULÁSA ÉRDEKÉBEN

Zsarnóczky-Dulházy Fanni: Testnevelési Egyetem, Sporttudományok Doktori Iskola, PhD
hallgató

Kopper Bence: Testnevelési Egyetem, Kineziológia Tanszék, egyetemi docens

Absztrakt

A COVID-19 járvány nagy lökést adott az egészségügyi technológiák szélesebb körű elterjedésének, felhasználásának és új fejlesztési irányok meghatározásának. A különböző társadalmi szinteken kifejtett hatásaik révén mind az egészségfejlesztés, mind az egészségügyi ellátás hatékonyabbá tétele megvalósítható. Az online gyógytorna ellátás fő nehézsége a gyakorlatvégrehajtás és a mozgásterjedelem pontosságának precíz megítélése. Kutatásunk első lépéseként egy alkalmazás fejlesztési protokollt hoztunk létre, ami alapján megkezdtük szoftverfejlesztésünket, mely a jövőben az online gyógytornát támogathatja.

Kulcsszavak: eHealth, egészségügyi technológia, mozgásszervi rehabilitáció, szoftverfejlesztés

FURTHER DEVELOPMENT OPPORTUNITIES OF A BODY POSITION RECOGNITION
SOFTWARE IN ORDER TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF ONLINE REHABILITATION OF THE
MUSCULOSKELETAL SYSTEM

Abstract

The COVID-19 pandemic had given a significant boost to the widespread use and development of health technologies, enabling the improvement of the effectiveness of health development and healthcare services at all levels of society. The main challenge of online physiotherapy lies in the accurate judgement of the magnitude and the precision of movements. As the first step of our research, we have created an application development

protocol and started with the development of a software which will be able to support online physiotherapy in the future.

Keywords: eHealth, health technology, musculoskeletal rehabilitation, software development

Bevezetés

Az Egészségügyi Világszervezet 2020. márciusában pandémiának nyilvánította az új típusú koronavírus (*WHO 2020*). A kialakult helyzet miatt elvárt szociális távolságtartás előtérbe helyezte és kiszélesítette a különböző infokommunikációs technológiákat használók rétegét, hiszen a legfrissebb információkhoz, hírekhez való hozzáférés és online kapcsolattartás megnövekedett igényként jelentkezett az új típusú koronavírus hozományaként (*Zsarnóczky-Dulházi–Zsarnóczky 2020*). A kialakult helyzet miatt fókuszba kerültek azok a digitális és infokommunikációs technológiák, melyek az egészségügy szolgálatában állnak és ezzel párhuzamosan további fejlesztési irányok körvonalazódtak.

Az elmúlt évtizedekben rohamtempóban fejlődő digitális egészségügyi technológiák által kialakultak olyan csoportosítások és ennek megfelelően szakkifejezések, melyek segíthetik tájékozódásunkat a témában. Ezeket, a digitális medicina eszközeit, az úgynevezett eHealth technológiákat többféleképp csoportosíthatjuk. A használt technológia szerint megkülönböztethetjük például, hogy mobiltechnológia (mHealth), mesterséges intelligencia (AI), virtuális valóság (VR) vagy bionanotechnológia alapú-e a fejlesztés (*Topol 2019*). Aszerint is különbséget lehet tenni, hogy milyen eszközre történt a fejlesztés. Például lehet csoportosítani okostelefonos, internetes, okosórás fejlesztéseket. A célcsoport szerint meghatározható, hogy mely állapot, életkor, vagy betegség esetén ajánlják a használatot. A társadalomban kifejtett hatása szerint pedig három szintet különíthetünk el. (1. ábra) A legtágabb szint az állam szintje, melyben minden, civil társadalom egészségét formáló szereplő megjelenik. Ide tartoznak a szervezetek, alapítványok, önkormányzatok, a kormányzat népegészségügyi jelentőséggel bíró intézkedései, munkája, mely során a digitalizációt és technológiai innovációkat hívják segítségül. Ide sorolhatók a szakrendelők online időpontfoglaló rendszerei, az Elektronikus Egészségügyi Szolgáltatási Tér (EESZT)⁴⁴, mely Magyarország e-egészségügyi rendszere és a Szív City⁴⁵ okostelefonos applikáció is, mely a közterületen bekövetkező hirtelen szívmegállás esetén értesíti a közelben levő önkéntes felhasználóit, hogy minél hamarabb megkezdődhessen az újraélesztés.

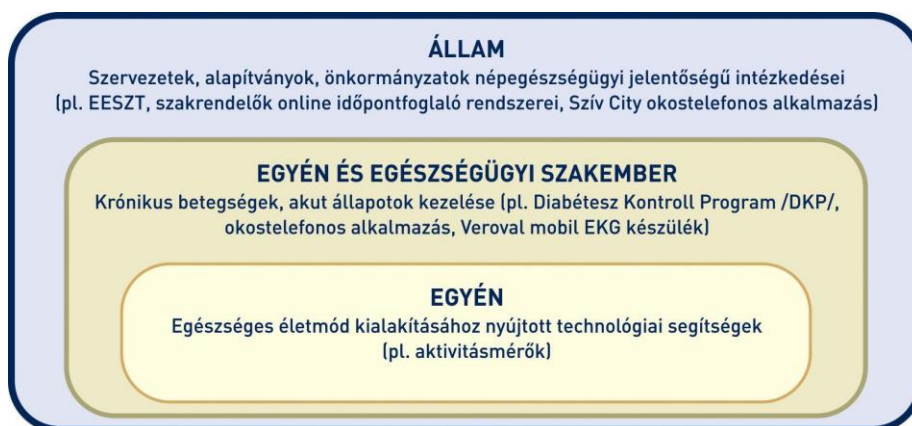
A közbenső szint az egyén és az egészségügyi szakember/szakemberek kölcsönös együttműködésén alapuló gyógyítást és egészségtámogatást célzó kooperáció. Ide például

⁴⁴ <https://www.eeszt.gov.hu/hu/nyito-oldal>

⁴⁵ <http://szivcity.hu/>

azok a szűrővizsgálatra alkalmas eszközök tartozhatnak, melynek otthoni alkalmazása után a szakorvosnak nyújtanak hiteles információkat a páciensek egészségi állapotáról. A mySugr - Diabetes App & Blood Sugar Tracker⁴⁶ okostelefonos applikáció a cukorbetegék számára készült, mely képes tárolni a mért cukorértékeket, összerendezni, statisztikát készíteni és ajánlásokat tenni mind a felhasználóknak, mind a kezelőorvosnak. Egy másik, az AliveCor KardiaMobile⁴⁷ pedig képes otthoni EKG vizsgálatra, mely a szívritmuszavarokat és egyéb súlyos szívproblémákat képes észlelni és előre jelezni, ezzel segítve a kardiológus kezelési tervének összeállítását (Goldenthal et al. 2019; Zsarnóczky-Dulházi et al. 2020).

A legszűkebb csoportban az egyén áll a középpontban, ő az, aki saját egészségének megőrzése és javítása érdekében használja az általa elérhető technológiákat. Ide tartoznak a nagy népszerűségnek örvendő testmozgásra ösztönző aktivitásmérők és itt említhetjük meg a káros szokásokról, szenvedélyekről való leszokást segítő programokat. Például a magyar fejlesztésű Gond egy szál se!⁴⁸ a dohányzásról való leszokásban támogatja felhasználóit.



1. ábra: Az eHealth beavatkozásának társadalmi szintjei

Forrás: Saját szerkesztés

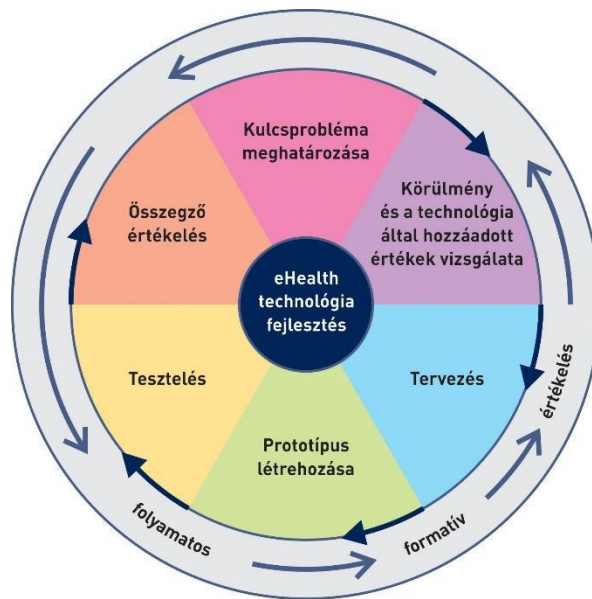
⁴⁶ <https://www.mysugr.com/en/diabetes-app/>

⁴⁷ <https://www.alivecor.com/>

⁴⁸ <https://play.google.com/store/apps/details?id=leteszemacigit.molnarpeter.com&hl=hu&gl=US>

Mozgásszervi rehabilitációt segítő szoftver fejlesztési lépéseinek részletes áttekintése

Kutatásunk első lépéseként egy fejlesztési protokoll megalkotásán dolgoztunk, mely követésével világosan és objektíven kaphatunk visszajelzést az esetleges hibákról, változtatást igénylő elemekről a fejlesztés során. Munkánk során egy egymásra épülő és komplex folyamatsort szeretünk volna megalkotni a fejlesztési lépésekkel. (2. ábra)



2. ábra: Az eHealth technológia fejlesztés lépéseinek egyszerűsített ábrája

Forrás: Saját szerkesztés

A kulcsprobléma meghatározása

Számunkra a kulcsproblémát kutatásunk kezdetén a koronavírus megjelenésekor az egészségügyben bekövetkezett változások, a szakellátás időleges szünetelése jelentette. Jelenleg, a szakellátás elérhetőségnek visszaállítását követően, a veszélyhelyzet kezelési stratégiái közé tartozó szociális távolságtartás megvalósulása áll a középpontban. Ezáltal a fő elérendő cél, hogy a gyógytorna ellátásban részt vevők, - mind a páciensek, mind a szakemberek - személyes találkozásainak számában csökkenés következhesse be egy olyan biztonságos és hatékony online rehabilitációs program segítségével, mely a hazai lakosság számára elérhető eszközökkel megvalósítható.

Körülmény és a technológia által hozzáadott értékek vizsgálata

Fő fejlesztési körülményként a digitális és infokommunikációs eszközök felhasználási arányát tekintettük át. A világon az internetet használók száma meghaladja a 4,6 milliárdot (*Statista 2020 October*) és a teljes magyar lakosság 85,8 százaléka használja az internetet. (*Statista 2020¹*). Az internethasználatra képes eszközökre vonatkozó statisztikák szerint több, mint 6,9 millióan használnak okostelefont hazánkban (*Statista 2020²*), és a lakosság 45 százaléka rendelkezik személyi számítógéppel (*Statista 2020³*). Azon kívül, hogy a hazai lakosság rendkívül nagy százaléka rendelkezik okostelefonnal és mindenhová viszi magával, továbbá az okostelefonban rejlő lehetőség, hogy számos gyárilag beépített szenzorral rendelkezik. A telefonok érzékelik a fény mennyiséget, a gyorsulást, a közelséget, a helyzetet (GPS), a páratartalmat, a hőmérsékletet, a nyomást, az érintést, a képeket; mikrofonnal, magnetométerrel és giroszkóppal vannak felszerelve. Az érzékelőkből származó adatokat képesek az applikációk felfogni és bonyolult algoritmusok alapján értelmezni, majd eredményeket, statisztikákat, ajánlásokat megfogalmazni a felhasználók számára (*Majumder–Deen 2019*).

Szakirodalmi áttekintéseink alapján hasznosak és eredményesek lehetnek az internet alapú és okostelefonos egészségügyi intervenciók. Ramley és munkatársai (*2019*) az okostelefonos egészségügyi applikációkat vizsgálták. Több, egymástól független mHealth applikációt tekintettek át csoportokba szedve: egészségügyi probléma fennállásakor hasznos, a betegek magabiztosságát és egészségügyi ismereteit növelő alkalmazások; testsúlycsökkentést célzó; agysérülteknek létrehozott applikációk; gerincvelő sérülteknek létrehozott applikációk; izom-csontrendszeri sérülteknek létrehozott applikációk; szívbetegnek létrehozott applikációk; fájdalom kezelést célzó applikációk; amputáltaknak létrehozott applikációk; közösségi és társadalmi integrációt segítő applikációk. Konklúzióként megállapították, hogy az mHealth alkalmazások olyan multifunkcionális támogatást nyújthatnak, mely magába foglalja az öngondoskodást és betegedukációt; az egészségi állapot nyomon követését. Habár limitált még az mHealth applikációk felülvizsgálata és nincsen egységes követelmény- és keretrendszer kidolgozva a fejlesztések bizonyítékon alapuló használatának, pozitív eredményeket predesztinálnak (*Moral-Munoz et al. 2019*). Az ORCHA⁴⁹-t ennek érdekében hozták létre. Az applikációk részletes felülvizsgálatával

⁴⁹ <https://www.orchaco.uk/>

elindulhat egy olyan folyamat, mely biztonságosabbá és egységes minőségűvé tesz az mHealth applikációkat. A jelenleg elérhető adatbázisukban a már értékelt applikációk részletes elemzését és értékelését tekinthetik meg a felhasználók.

Egy, főként orvosokat megkérdező felmérésben az eHealth technológiák erősségeit, gyengeségeit, lehetőségeit és veszélyeit csoportosították. A SWOT analízisben megtalálható elemek összhangban állnak az általunk feltérképezett helyzettel (3. ábra).

ERŐSSÉGEK	GYENGESÉGEK
<ul style="list-style-type: none"> - költséghatékony - fertőzésveszély csökken - hozzáférhetőség - otthoni öngondoskodás támogatása - pácienshez igazodik, ezáltal nő a páciens elégedettség (pl.nincs utazással járó stressz, időkiesés, várakozás) 	<ul style="list-style-type: none"> - tudja megfelelően kezelni/használni az okos-telefon, mint segítő eszközt? - nyelvi akadályok, szaknyelvi terminológusok félreértelmezése - elérhetőség (hol keresse a számára megfelelő applikációt?)
LEHETŐSÉGEK	VESZÉLYEK
<ul style="list-style-type: none"> - távolság nem akadály - ellátási hatékonyság nő - egészségügyi dolgozók a rendelő helyszínén kívül is monitorozhatják az adatokat 	<ul style="list-style-type: none"> - cyberchondria kialakulása - öndiagnosztizálás elterjedése - beláthatatlan kimenetelű félrekezelés - orvosi köztekintély csökkenése

3. ábra: Az eHealth technológia SWOT analízise

Forrás: Zsarnóczky–Zsarnóczky-Dulházi 2019

Korábbi, az új koronavírus járványt megelőző más vírusok is, mint például a SARS, a H1N1, az Influenza A és a MERS is azt a felfogást erősítik, hogy egyre több olyan betegség lesz, mely ellehetetleníti a hagyományos ellátást. Tehát elérkezett az alkalmazkodás ideje, hiába egy személyes kapcsolaton alapuló hivatásról beszélünk, meg kell kísérelni a távoli ellátást. Mindezt úgy, hogy a beteg szükségletei és elvárásai ne szenvedjenek kárt (*Landry et al. 2020*).

A pandémia kiváltotta videókonzultációs egészségügyi szolgáltatásokra való igény növekedésével egyre nagyobb piaca lett az online rendeléseknek és gyógytorna ellátásnak.^{50,51}

⁵⁰ <https://semmelweis.hu/borklinika/a-betegellatas-fo-profiljai/teledermatologia-ambulancia-tavborgyogyaszat/>

⁵¹ https://www.27sello.hu/?gclid=Cj0KCQjw4f35BRDBARIsAPePBHwwpU4iUKN_NvFhivdJ9dLN90yz1JBn6JZDbtGndKzHHgCV63Yt1VgaAi78EALw_wcB

Ez azonban rávilágított ez utóbbi fő problémájára. Az egyszerű, online videókapcsolaton keresztüli gyógytorna ellátás során a mozgásterjedelem nem határozható meg precízen és sok esetben nem válnak láthatóvá az apróbb pontatlanságok a páciensek gyakorlat-végrehajtása közben. Ezen fő elemek meghatározása nélkül nem lehetünk biztosak a terápia hatékonyságában, pedig a precíz visszajelzés a gyógytornász számára alapvető szüksége a várt pozitív végkimenetelnek. A visszajelzés azonban nem csak a terapeutának fontos, hanem a páciensnek is, mely különböző forrásokból származhat: közvetlenül a terapeutától, amivel növelhető a motiváció (*Klaber Mofett–Richardson 2009*); passzív analóg vagy elektromos eszközökből; valamint speciális mesterséges mozgáselemző berendezésekből (*Hartveld–Hegarty 1996*). A jelenlegi gyakorlatban elterjedt, egyszerű videókapcsolaton keresztüli online gyógytorna ellátás során hiába van audiovizuális visszajelzés, ez gyakran nem elég pontos, így fel kell ismernünk, hogy a korábban említett három visszajelzés közül az utolsóként említett az egyetlen, amely folyamatosan pontos és kvantitatív visszajelzést adhat a mozgás végrehajtásáról.

A fejlesztéssel összefüggő körülmények vizsgálata mellett az érdekeltek széles körét azonosítottuk, melybe beletartoznak a páciensek, a gyógytornászok, sőt az állam is. A páciensek részéről egyértelműen a gyors, tértől független és minél teljesebb felépülés igénye jelentkezik. A gyógytornászok részéről a hatékonyabb adminisztráció, a könnyebb és számszerűsíthető rehabilitációs folyamat nyomon követése és a precíz visszajelzés. Az állam pedig abban érdekelt, hogy minél gyorsabb és költséghatékonyabb legyen a mozgásszervi rehabilitációs ellátás, kevesebb legyen a visszatérő, újra sérülő páciens.

Összefoglalva tehát, a plusz hozzáadott értéket a gyógytorna ellátás hatékonyabbá tétele jelenti, mely magában hordozza a szociális és gazdasági értékeket is. Az ellátás több páciens számára válik elérhetővé, a tér-időbeli és nyelvi akadályok megszűnnek és a rosszul kivitelezett mozdulatokból adódó sérülések esélye csökken.

Tervezés

Az előző lépés vizsgálata és konklúziója alapján szükséges egy alternatív megoldás, ahol a rehabilitációs folyamat során a terapeuta és a páciens nem érintkezik közvetlenül, és mely megfelel a következő kritériumoknak:

- megfizethető;

- elérhető: olyan alapvető eszközök használatával működik, amikkel jellemzően a magyar társadalom tagjai rendelkeznek;
- megbízható: szoftverfejlesztők és rehabilitációs szakemberek együttműködésével történik a fejlesztés;
- felhasználásának nincs nyelvi akadály;
- online;
- valós idejű képi és videóelemzésre alkalmas;
- numerikus információkat képes szolgáltatni a páciens mozgásáról;
- képes statisztikai elemzéseket létrehozni a tárolt adatok alapján;
- képes hosszútávon biztonságosan tárolni az adatokat.

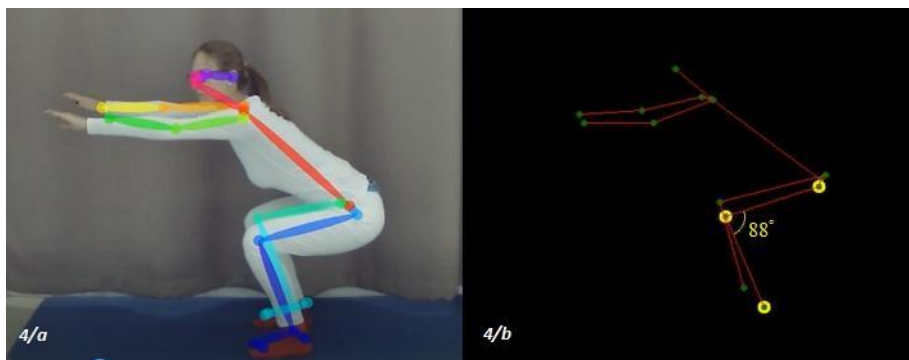
Jelenleg az élsport dolgozik az élen járó technológiákkal a teljesítménynövelés céljából. A bonyolult, több kamerás markeres és marker nélküli videós mozgáselemzés, az intelligens eszközök és virtuális valóság, AlterG antigravitációs technológia, Gp-Exe és IMU (Hurley 2018) hiába képes folyamatos precíz adatokat szolgáltatni a mozgásról, a sebességről, a gyorsulásról, a kifejtett erőről és a teljesítményről, ha drágaságuk miatt nem beilleszthetők a mindennapi ellátásba.

Számunkra fontos volt, hogy meglevő, szabadon hozzáférhető szoftverrel dolgozzunk, hogy minél hamarabb elkészüljünk a prototípussal és tesztelhető legyen a technológia. Napjainkban az automatikus emberi pózbecslés és a „deep learning” a mesterséges intelligenciával összefüggő fejlesztések középpontjában áll. Ezen algoritmusok képesek megbecsülni az emberi testtartást ízületi kulcspontok meghatározásával képeken, videókon, akár valós időben. A számos, úgynevezett mesterséges neurális hálót használó testtartást becsülő szoftverek közül az OpenPose-t választottuk fejlesztésünk alapjának, melyet a Carnegie Mellon Egyetem kutatói hoztak létre hatalmas mennyiségű, különböző testtartásban levő emberek felvétele útján (Joo et al. 2015). A következő kulcspontok lokalizálására képes:

- orr, nyak
- jobb oldal: váll, könyök, csukló, csípő, térd, boka, szem, fül, nagylábujj, sarok, kislábujj
- jobb és bal csípőcsontot összekötő vonal közepe
- bal oldal: váll, könyök, csukló, csípő, térd, boka, szem, fül, nagylábujj, sarok, kislábujj

Prototípus

Az előző pontban prezentált OpenPose szoftvert módosítottuk úgy, hogy láthatóvá váljon az ízület által meghatározott forgástengely helyzete. Annak eldöntése érdekében, hogy a beteg megfelelően követi-e az előírt gyakorlatokat, az OpenPose szoftver egy olyan réteggel lett kiegészítve, mely képes a mozdulat során elért ízületi szöghelyzetek grafikus kijelzésére az ízületi kulcspontok lokalizációja és kiinduló helyzet felvétele után. Ezáltal megjelenik egy idősor, melyhez ízületi szöghelyzetek tartoznak. Az aktuális mozdulat során felvett szögértékek ezen idősorok alapján visszanezhetők. Továbbá az ízületi szöghelyzet mellett az idősorokkal a mozgás sebessége is kiszámítható. Például a 4. ábrán a bal lábszár és a combcsont közötti szöget mutatjuk be mély guggolás közben.



4/a ábra: Az eredeti szoftver által meghatározott ízületi kulcspontok és azokat összekötő egyenesek

4/b ábra: Az általunk továbbfejlesztett szoftver meghatározza a térdízületben történő elmozdulás mértékét

Forrás: Saját felvétel

Összefoglalás

A mai digitális korban az infokommunikációs eszközök és különféle egészségügyi technológiák felhasználása nagy népszerűségnek örvendett a COVID-19 világjárvány előtt is, mely csak fokozódott a nemzetközi és hazai rendelkezéseknek, elsősorban a szociális távolságtartás és a karantén bevezetésének eredményeképpen. Az eHealth innovációk által olyan egészségügyi szolgáltatások érhetők el, melyek eltérő társadalmi szinteken (egyén szintje; egyén és egészségügyi szakember együttműködésének szintje; állam szintje) fejthetik ki hatásukat az egészségfejlesztés és az egészségügyi ellátás hatékonyabb működése érdekében. A pandémia miatt az egészségügyi rendszer átstrukturálódott, az online ellátások

igénye megnőtt, mely során az online gyógytorna ellátás is egyre népszerűbbé vált. Kiütköztek azonban olyan fő nehézségei az egyszerű videókapcsolaton keresztüli ellátásnak, melyek nélkül nem garantálható a hatékonyság és biztonságosság. Ezek a fő nehézségek a páciens gyakorlatvégrehajtásának és az adott ízületek mozgásterjedelmének precíz megítélése. Kutatásunk célja, hogy olyan elérhető eszközzel/eszközökkel valósulhasson meg az online mozgásszervi rehabilitáció, mellyel a hazai lakosság már rendelkezik. Ehhez első lépésként egy alkalmazás fejlesztési protokollt hoztunk létre, melynek lépései: kulcsprobléma meghatározása; körülmény és a technológia általi hozzáadott értékek vizsgálata; tervezés; prototípus létrehozása; tesztelés; összegző értékelés, amely lépések közötti formatív értékelés biztosítja a folyamatos felülvizsgálatot. A prototípus létrehozása előtti lépésekben a rendelkezésre álló szakirodalmi adatok mellett aktuális statisztikákat is áttekintettünk, amik alapján meghatároztunk, hogy van-e létjogosultsága egy olyan fejlesztésnek, mely a jövőben az online gyógytornát támogathatja. Jelenleg a prototípus létrehozásának lépésénél járunk. Az általunk továbbfejlesztett, szabad forráskódú testhelyzet felismerő szoftver egy olyan réteggel lett kiegészítve, mely képes a mozdulat során az egymáshoz és a kiindulóhelyzethez képest elért ízületi szöghelyzetek valós idejű grafikus kijelzésére. A videón megjelenő plusz információk segítségével teljesebb képet kaphat a szakember a páciens állapotáról és mozgásáról, korrigálhatják és irányíthatják a mozdulatot. További előnye, hogy használatával videó is készíthető, mely egyszerűbb longitudinális rehabilitációs folyamat-elemzést tehet lehetővé. Ezen tulajdonságai a páciens-szakember közötti szinten jelenik meg elsősorban, azonban hatását az egyén szintjén is kifejezheti, hiszen, ha láthatja a mozdulatot és visszajelzéseket kap, akkor az önálló, felügyelet nélküli torna során növelheti a pontosságot és hatékonyságot.

Az elkövetkező időben a tesztelés során azt vizsgáljuk, hogy a létrehozott technológia a tervezett módon működik-e (pl. időzítő, szenzorok használata stb.), és mennyire használható a gyakorlatban. Ezután az összegző értékelés lépés során elemezzük majd a kapott adatokat. Végző célunk, hogy a hagyományos személyes konzultációk mellett egy olyan hatékony online mozgásszervi rehabilitáció jöhessen létre, mely a jövőben az ellátás részét tudja képezni.

Irodalomjegyzék

- GOLDENTHAL, I. L., SCIACCA, R. R., RIGA, T., BAKKEN, S., BAUMEISTER, M., BIVIANO, A. B., DIZON, J. M., WANG, D., WANG, K. C., WHANG, W., HICKEY, K. T. & GARAN, H. (2019) Recurrent atrial fibrillation/flutter detection after ablation or cardioversion using the AliveCor KardiaMobile device: iHEART results. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 30(11). pp. 2220-2228. doi: 10.1111/jce.14160.
- HARTVELD, A. & HEGARTY, J. R. (1996) Augmented Feedback and Physiotherapy Practice. *Physiother*, 82(8). pp. 480-490.
- KLABER MOFFETT, J. A. & RICHARDSON, P. H. (2009) The influence of the physiotherapist-patient relationship on pain and disability. *Physiother Theory Pract.*, 13(1). pp. 89-96.
- LANDRY, M. D., GEDDES, L., PARK MOSEMAN, A., LEFLER, J. P., RAMAN, S. R. & WIJCHEN, J. V. (2020) Early reflection on the global impact of COVID19, and implications for physiotherapy. *Physiotherapy*, 107:A1-A3. doi: 10.1016/j.physio.2020.03.003.
- MAJUMDER, S. & DEEN, M. J. (2019) Smartphone Sensors for Health Monitoring and Diagnosis. *Sensors*, 19(9), 2164. doi: 10.3390/s19092164.
- MORAL-MUNOZ, J. A., ZHANG, W., COBO, M. J., HERRERA-VIEDMA, E., KABER, D. B. (2019) Smartphone-based systems for physical rehabilitation applications: A systematic review. *Assist Technol.*, 21. pp. 1-14. doi: 10.1080/10400435.2019.1611676.
- HURLEY, O. A. (2018) *Sport Cyberpsychology*. Part I./2. Types of Technology Commonly used in Sport. Published February 27, Routledge. ISBN 9780415789455.
- RAMEY, L., OSBORNE, C., KASITINON, D. & JUENGST, S. (2019) Apps and Mobile Health Technology in Rehabilitation: The Good, the Bad, and the Unknown. *Phys Med Rehabil Clin N Am.*, 30(2). pp. 485-497. doi:10.1016/j.pmr.2018.12.001.

ZSARNÓCZKY M. & ZSARNÓCZKY-DULHÁZI F. (2019) *Az egészségügyi applikációk lehetőségei a turizmusban*. In: Kátay Á., Michalkó G. & Rátz T. (ed.) *Turizmus 3.0*. Kodolányi János Egyetem, MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Magyar Földrajzi Társaság, 194. pp. 141.

ZSARNÓCZKY-DULHÁZI F. & ZSARNÓCZKY M. (2020) E-health alkalmazások növekvő jelentősége az időskori aktivitásban a COVID19 járványhelyzet alatt. *Magyar Gerontológia Konferencia különszám*, pp. 66-67.

ZSARNÓCZKY-DULHÁZI F., LELBACH Á., RÁ CZ L. & KOPPER B. (2020) A digitális innovációk és infokommunikációs eszközök az időskori betegellátásban. *Idősgyógyászat*, 5:2-3. pp. 96-101.

Internetes források

JOO, H., LIU, H., TAN, L., GUI, L., NABBE, B., MATTHEWS, I., KANADE, T., NOBUHARA, S. & SHEIKH, Y. (2015) *The Panoptic Studio: A Massively Multiview System for Social Motion Capture (in ICCV 2015)*.

<https://www.cs.cmu.edu/~hanbyulj/panoptic-studio/> [Letöltve: 2021. 01. 13].

TOPOL, E. (2019) *The Topol Review: Preparing the healthcare workforce to deliver the digital future-An independent report on behalf of the Secretary of State for Health and Social Care*.

The NHS Constitution.

<https://topol.hee.nhs.uk/> [Letöltve: 2021. 01. 05].

STATISTA, 2020 October: Global digital population as of October 2020.

<https://www.statista.com/statistics/617136/digital-population-worldwide/> [Letöltve: 2021. 01. 05].

STATISTA, 2020¹: Internet penetration rate in Hungary in 2019.

<https://www.statista.com/statistics/1123184/hungary-internet-penetration-rate/>

[Letöltve: 2021. 01. 05].

STATISTA, 2020: Forecast of smartphone user numbers in Hungary from 2015 to 2025.
<https://www.statista.com/statistics/566122/predicted-number-of-smartphone-users-in-hungary/>) [Letöltve: 2021. 01. 05].

STATISTA, 2020: Share of PC users in Hungary in 2019, by purpose.
<https://www.statista.com/statistics/1128827/hungary-share-of-pc-users-by-purpose/>)
[Letöltve: 2021. 01. 05].

WHO, 2020: WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 11 March 2020.
<https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020> [Letöltve: 2021. 01. 03].