

# A hon- és rendvédelmi szervek személyi állományának mozgásszervi állapotfelmérése, sérülés megelőzése és sérülés utáni rehabilitációjának lehetősége a mesterséges intelligencia felhasználásával

Uhlár Ádám 

Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem, Sport- és Egészségtudományi Intézet, Sportélettani Kutató Központ  
E-mail: uhlar.adam@tf.hu

Beérkezett: 2022. augusztus 19.; Elfogadva: 2022. december 27.; Online megjelent: 2023. március 8.

## Összefoglalás

A fizikai képességek magas színvonala nélkülözhetetlen a hon- és rendvédelmi szervek személyi állományának tagjai számára. A hadrafoghatóság, bevethetőség alapvető feltétele a fizikai, mozgásszervi egészség és edzettség megléte. Az állomány felmérésére jelenleg alkalmazott fizikai tesztelési eljárások a sérülések megelőzésére, a teljesítmény optimalizálására kevésbé alkalmasak, pedig a hosszú távon fenntartható magas szintű teljesítmény a szervezeti hatékonyság és a produktivitás kulcseleme. A hon- és rendvédelmi területen dolgozó szakemberek kiképzési, oktatási költsége jelentős anyagi ráfordítás mellett valósítható meg, így a sérülések megelőzése, fizikai alkalmasságuk fenntartása igen fontos feladat. Külföldi példák alapján a biomechanikailag helytelen mozgások kiszűrése hozzájárul a sérülések megelőzéséhez.

**Kulcsszavak:** katonai mozgásminta-elemzés, fizikai állapot és hadrafoghatóság, mesterséges intelligencia, sérülés-megelőzés, mozgásszervi prevenció

## Musculoskeletal assessment, injury prevention and post-injury rehabilitation of armed forces and services personnel using artificial intelligence

Adam Uhlár 

Hungarian University of Sports Science, Institute for Sports and Health Sciences, Research Center for Sports Physiology

## Summary

High level of physical fitness is an essential requirement towards the members of armed forces, firefighters, law enforcement services and other government services. Physical condition assessment is routinely used to determine operational readiness of these units, however, these routine tests are not suited for injury prevention. A musculoskeletal disorder, or injury can negatively influence the success of the mission and cause a long-term disability and inefficient productivity. Therefore, specific tests are required to measure musculoskeletal properties which play a significant role in the mechanisms of injury in order to screen potential injury and apply preventive measures. Several countries apply movement analysis tests and functional movement screening for their armed forces. These tests can efficiently predict the possibility of musculoskeletal injuries, thus keep soldiers in service. In most cases at the operational level specific positions mandate special physical requirements from the subjects. Task-specific testing methods

provide a comprehensive report about the subjects' current physical state. Our research team have previously developed a user-friendly, simple and cost-effective movement analysis system that can monitor and record the subjects' movements with artificial intelligence-based Kinect Azure camera without any markers, which enables state-of-the-art measurement, documentation and can avoid subjective evaluation or conformation bias. This method is able to provide a biomechanical report about the subject during key movement patterns such as walking, running, jumping, or squatting. The system can detect the incorrect and the well-executed techniques. A corrective treatment plan is also provided if sub-optimal movement patterns are recognized. During musculoskeletal rehabilitation there is a need for objective testing and retesting in order to provide optimal quantity and quality of training loads to avoid further injury. Repeated testing provides feedback about successful rehabilitation process.

**Keywords:** movement analysis in army, physical fitness and combat effectiveness, artificial intelligence, injury prevention, injury rehabilitation

## Előszó

A sportorvoslással foglalkozó szakirodalom és a napi gyakorlat is gyakran elfeledkezik arról a tényről, hogy nemcsak sportolók, hanem katonák, rendvédelmi dolgozók is igen hasonló terhelésnek vannak kitéve, ezért a sportban felismert élettani törvényszerűségek, terápiás megoldások rájuk is alkalmazhatók. Különösen fontossá válik ez napjainkban, hiszen a hivatásos állomány létszámának gyors növekedése (pl. határvédelem egységei) szükségessé teszi olyan kiválasztási tesztek alkalmazását, amelyek gyorsan előre tudják jelezni az esetleges mozgásszervi problémákat. Amennyiben egy ízületi sérülés, például térdízületi porc- vagy szalagsérülésre hajlamosító tényező idejében ismertté válik, megfelelő mozgásterápia alkalmazásával biztosítható, hogy a kiképzés, a befektetett munka ne vesszen kárba, a hivatásos karrier ne szakadjon félbe egy térd-sérülés miatt. A cikk szerzőjének doktori témája egy alsó végtagi felmérő rendszer kidolgozása volt, mely tudományos eredményekkel támasztja alá a mérés és a korrekció torna hatékonyságát sportolókon, azon belül is labdarúgókon és táncosokon. Eredményei alapján elmondható, hogy specifikus protokollok kidolgozásával (pl. alsó végtagi instabilitásmérés terepen, menettfelszerelésben) a haderő és a rendőrség számára is hasznos szűrési teszt biztosítható, amely hozzájárulhat a hazai hivatásos és tartalékos állomány egészségi állapotának megőrzéséhez.

Dr. habil. Lacza Zsombor  
az MTA doktora  
Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem,  
Sport- és Egészségtudományi Intézet,  
Sportélettani Kutató Központ

Uhlár Ádám KDP pályázatában szereplő diagnosztikai rendszer egy multidiszciplináris területen helyezkedik el, mely számos szektorban sikeresen alkalmazható. Használható olyan területeken, ahol fontos az anatómiai helyes mozgásszervi működés feltérképezése, vizsgálata, korrigálása. Az eszköz alkalmas a – népegészségügyi szempontból is igen fontos – boka-, térd- és csípőízületek funkcionalitásának a vizsgálatára, továbbá a kapcsolódó izmok működéséről, állapotáról is visszajelzést ad. Az eszköz ezért alkalmas lehet korai mozgásszervi betegségek előrejelzésében, vagyis segíthet a mozgatószervrendszeri prevencióban.

A rendszeres visszaméréseken keresztül információkat ad egy mozgásszervi sérülés rehabilitációjának folyamatáról, valamint annak sikerességéről, de sportolók esetében akár a fizikai teljesítmény optimalizálását is támogathatja. Az objektív, számszerűsített visszajelzésen keresztül számos lehet a hon- és rendvédelmi szervezetek tagjainak állapotfelmérésben. A megszerzett tudás visszaforgatható az állomány, illetve az egyén szintjén a testezés, testi felkészítés folyamatába. A hallgató e témában számos nemzetközi konferencián előadóként vett részt, emellett elkötelezett oktatója és fejlesztője a szóban forgó technológia legújabb tudományos ismereteinek és módszereinek.

Dr. Hornyák István, PhD  
OrthoSera Medical Zrt.

## Bevezetés

*Teljesítőkézség + Teljesítőképeség = Teljesítmény*

A kondicionális – azaz fizikai – képességek magas szintje nélkülözhetetlen a hon- és rendvédelmi szervezetek tagjainak hatékony munkavégzéséhez, bevetettségéhez, produktivitásához. Az operatív szinteken dolgozó szakemberek tevékenységének alapvető feltétele a testi, lelki, mentális egészség, fizikai alkalmasság és teljesítőképeség. A sport általános edzésmélete szerint a fizikai teljesítmény két tényezőből tevődik össze. Egyrészt az egyén belső motivációjából, akaraterejéből, elhatározásából, elköteleződéséből, lelki és mentális folyamatainak összességéből áll, vagyis a munkához való hozzáállásából, melyet röviden *teljesítőkézségnek* nevezünk. Másrészt az egyén aktuális fizikai állapotából, melyet meghatároznak a genetikai adottságok és a szerzett tulajdonságok. Ilyen a szervezet aktuális edzettségi állapota, a szervrendszerek összehangolt, optimális és gazdaságos működése, a csontozat felépítése és a vázizomzat erőállapota, valamint a betegségek és a sérülések hiánya. A fizikai oldalt összefoglaló néven *teljesítőképeségnek* nevezjük (Dubecz 2009). Az áttekintésből látszik, hogy a magas szintű teljesítményhez nem elég a feladat végrehajtására való hajlandóság, a fizikai paramétereknek is rendelkezésre kell állnia. A teljesítmény több ponton

keresztül is növelhető. Fontos beavatkozási pont a testgyakorlatok, vagyis a fizikai edzés, fizikai felkészítés köre. Napjaink professzionális társadalmi alrendszerében a magas szintű teljesítmény eléréséhez a testedzést is professzionális, tudatos szintre kell emelni. A tudatos edzésfeladatok, az egyéni, valamint foglalkozásspecifikus célokhoz jellegzetesen kiválogatott gyakorlatok jelentős mértékben hozzájárulnak a tartós, hosszú távú eredményességhez. Az edzőmunka színvonalának ellenőrzése az aktuális fizikai állapot felmérésén keresztül történik, mely a teljesítménynövelés szempontjából nem elhanyagolható. Az ellenőrzési, értékelési pontok, tesztelési alkalmak optimális esetben nem pusztán az egyén aktuális állapotáról nyújtanak visszajelzést, hanem útmutatást is adnak a „mit kell másképp csinálni a jobb eredmények eléréséhez?” típusú kérdésre vonatkozóan. Ez a fizikai edzés esetében igen fontos tényező, hiszen az értékelés, ellenőrzés fontos szerepet játszik a sérülések megelőzésében. A mozgásmintaszűrő teszteknek nagy jelentőségük van a sportbeli teljesítmény-ellenőrzésekben. Ezeknek a teszteknek a segítségével kimutathatók a helytelen technikai kivitelezések, valamint a rossz vagy hibás mozgásmintázatok. A hibák és aszimmetriák feltárásán keresztül a sérülési rizikótényezők mennyiségét csökkentik, vagyis az egyén hosszú távú fizikai munkavégző képességét fizikai oldalról biztosítják. Ezzel a teljesítményfokozást támogatják.

### *Felkészítés, tesztelés, értékelés*

Az egyes állami szervezetek tagjainak eleget kell tenniük a rájuk vonatkozó fizikai, egészségügyi, pszichés és mentális követelményeknek. A követelmények színvonala a testület jellegétől, földrajzi elhelyezkedésétől, a munkakörtől, a feladatellátástól, a beosztástól, a nemtől és az életkortól is függ. A fizikai erőnlét fontosságát és a fizikai állapotfelmérés létjogosultságát a korábbi bekezdés ismertette.

Minden társadalmi alrendszerben egyre fontosabb összetevővé vált a professzionalizmus, a teljesítmény optimalizálása, vagyis a rendelkezésre álló erőforrások lehető legjobb kihasználása. A helyzet hasonló a fizikai felkészítés területén is. A feladatok és beosztások specializálódásával, a különleges művelési területekre való felkészítéssel a folyamat tudományos háttere javul, a szaktudás specializálódik, és ezzel egyidejűleg a ráfordított finanszírozás mennyisége is egyre növekszik. A „nagy bekerülési költséggel” és jelentős energiabefektetéssel járó pozíciókra kiképzett állomány épségére ezért még fontosabb vigyázni. A sportban az élsport szintre eljuttatott versenyző képzési, nevelési, versenyzetési költsége sok millió forintjába kerül a magyar adófizetőknek (Lakatos, 2021). Az élsport szintű, tehát kiemelt kvalitású sportoló ezért sok szempontból rendkívül értékes, az ő egészségi állapotának és teljesítményének hosszú távú fenntartása több szempontból is igen fontos feladat. Az egészségügyi, szociális és gazdasági aspektu-

sok sem elhanyagolhatóak. Egy kiemelt pozícióban dolgozó szakember mentális és fizikális állapotát, munkavégző képességét a rendelkezésre álló minden erőforrással – egészségügyi ellátással, speciális dietetikai tanácsadással, célspecifikus fizikai edzéssel, regenerációt segítő eljárásokkal, folyamatos edukációs programokkal, teszteléssel-újrateszttel – a lehető legtovább, a lehető legmagasabb szinten fent kell tartani. A sportolók állandó és folyamatos monitorozása, teljesítményértékelése, csakúgy, mint a hon- és rendvédelmi szervezetek tagjainak tesztelése, vizsgálata és állapotfelmérése a fenntartható teljesítmény fontos eleme. Az említett okokból kifolyólag a fizikai állapotfelméréseknek nem célszerű pusztán a jelenleg használt hagyományos alkalmassági vizsgálatokra korlátozódnia, hasznos lenne a mozgásszervi prevenciót erősítő tesztek is bevezetni. A különleges beosztások esetében pedig az alkalmazott fizikai felkészítésnek, valamint a tesztrendszernek az adott tevékenység dinamikájához, típusfeladataihoz kellene alkalmazkodnia.

A mozgatószervrendszer hiányosságainak időben történő feltárásával súlyos és elhúzódó sérülések előzhetőek meg, melyekből a teljes felépülés kétesélyes lenne. A mozgatószervrendszeri hiányosságok korai szűrése megóvhatja az egyént egy súlyos, esetleg teljeskörűen nem rehabilitálható sérüléstől, a későbbi funkciókieséstől, a keresőképtelenségtől, valamint a betegséggel együtt járó, életminőséget jelentősen elnehezítő körülményektől is. A nemzetgazdaság szempontjából is igen lényeges a prevenció, hiszen az érintett személy sérülésének diagnosztizálása, kezelése és rehabilitációja nagy terhet ró az állami egészségügyi ellátórendszerre is, melynek a humán erőforrásbeli és pénzügyi aspektusai is számottevőek. Speciális beosztások tekintetében – pl. TEK – az adott személy szolgálatból való kiesésével, kiképzési költségével, esetleg pótolhatatlan szaktudásával is számolni kell. Ezáltal a prevenció fontossága felértékelődik.

Több nemzetközi (Davis et al. 2019; Lisman et al. 2013) és hazai szerző (Vásárhelyi-Nagy, 2022) is leírta, hogy a hon- és rendvédelmi szervezetek tagjainak kiképzése, fizikai felkészítése és állapotfelmérése a korszerű foglalkozásspecifikus és célspecifikus edzőgyakorlatokon keresztül valósulhat meg sikeresen, melynek során a mozgásszervi prevencióra nagy hangsúlyt érdemes fektetni. A legújabb sporttudományi kutatások alkalmazása a hon- és rendvédelmi szervezetek tagjainak felkészítése során jelentősen javíthatja a fizikai edzés, ezen keresztül a fizikai állapot minőségét, valamint mérsékelhetik a mozgásszervi sérülési rizikótényezők mennyiségét. A sikeres felkészítés, tesztelés csak prevenció szemléletmódon keresztül valósítható meg, mely lehetővé teszi a katonák sérülésének megelőzését, teljesítményoptimalizálását, ezen keresztül a harcértékük fenntartását. A mozgásszervi sérülések megelőzésére a mozgáselemzést, a mozgásmintaszűrést a sportban és a sporttudományban sikeresen alkalmazzák, de külföldi példák alapján a hadseregben is használják (Davis et al. 2019).

## Aktuális fizikai tesztelési eljárások az állami szervezetek tagjainak körében Magyarországon

### Honvédség

A 10/2015. (VII. 30.) HM rendelet (10/2015. (VII. 30.) HM rendelet a katonai szolgálatra való egészségi, pszichikai és fizikai alkalmasságról, valamint a felülvizsgálati eljárásról 2015) részletesen szabályozza a Magyar Honvédség kötelékébe tartozó katonák munkaalkalmasságának feltételeit, speciálisan a feladatellátásukra és a beosztásukra vonatkozóan. A pszichológiai és egészségügyi teszteken túl, az állomány tagjainak életkortól, nemtől, alakulattól és beosztástól függően széles körű kondicionális tesztelésen is át kell esniük, melynek során teljesítményük pontozással kerül értékelésre. A vázizomzat erőállapotának felmérése karhajlítás-nyújtás gyakorlattal történik mellső fekvőtámasz helyzetben, húzódzkodással függő helyzetben nyújtón, illetve hanyatt fekvésből történő felülés gyakorlattal. Az állóképesség felmérésére alapvetően a 3200 méteres síkfutást alkalmazzák. Az önkéntes tartalékos katonák állóképességi felmérése jóval szerényebb, nekik mindössze 1600 méter távolságot szükséges menetgyakorlat során teljesíteni. A központi felméréseken műszeres vizsgálatok lebonyolítására kerülhet sor, mely a jogszabály szerint spiroergometriás tesztelést jelent futópad vagy kerékpár ergométeren. A spiroergometriás vizsgálat visszajelzést ad a vizsgálati személy fizikai teljesítményéről, a légzés- és az anyagcsere-folyamatokról, ezáltal az állóképességi mutatókról.

### Rendvédelem, katasztrófavédelem, tűzoltóság

57/2009 IRM-ÖM-PTNM (57/2009. (X. 30.) IRM-ÖM-PTNM együttes rendelet egyes rendvédelmi szervek hivatásos állományú tagjai egészségi, pszichikai és fizikai alkalmasságáról, közalkalmazottai és köztisztviselői munkaköri egészségi alkalmasságáról, a szolgálat-, illetve kérésőképtelenség megállapításáról, valamint az egészségügyi alapellátásról 2009) rendelet kiterjed a rendvédelmi szervek hivatásos állományú, közalkalmazotti és köztisztviselői tagjaira, a katasztrófavédelem és a tűzoltóság tagjaira. A tesztelési protokollnak ebben az esetben is része a korábban már ismertetett síkfutás, mellyel az állóképességi teljesítmény felmérése történik. A felülés gyakorlat, a has- és csípőhajlító izmok erő-állóképességének mérésére. A karhajlítás-nyújtás gyakorlat mellső fekvőtámasz helyzetben; a törzsizmok és a kar feszítő izmainak erő-állóképességi mérésére. 2016 óta (47/2016 (XI. 23.) BM rendelet) (47/2016. (XI. 23.) BM rendelet egyes, az Országgyűlési Őrség hivatásos állományára vonatkozó miniszteri rendeletek módosításáról 2016) néhány újabb választható tesztlehetőséggel egészült ki a vizsgálati protokoll. Új elemként megjelent a függőleges felugrás, azaz súlypontemelkedés, amely az alsó végtag és a farizmok robbanékony erejét méri. Bekerült a kettlebell

súlyzóval történő kétkezes lendítés (swing), a fekvőnyomás gyakorlat és a súllyal történő guggolás is. Örömteli, hogy a fizikai képességek mérésében is elindult egyfajta progresszió, azonban az említett – kondicionális állapotot felmérő – tesztek leginkább egy általános edzettségi állapotról adnak visszajelzést, speciális, akár beosztás relevanciájú elemeket nem tartalmaznak.

### Szakmaspecifikus tesztek

Létezik azonban törekvés Magyarországon arra vonatkozóan, hogy a kiemelt fizikai igénybevételnek kitett szervezetek munkatársai a klasszikustól eltérő kondicionális tesztelésen vegyenek részt, esetleg a teljesítményük más mutatók alapján kerüljön meghatározásra. Cél lenne, hogy az állapotfelmérések feladatai jobban igazodjanak az adott tevékenység gyakorlati elemeihez. Ilyen példa lehet a tűzoltóság szervezetén belül 2015 óta működő akadálypálya, mely kondicionális és koordinációs képességeket nehéz fizikai megterhelés alatt hivatott mérni (Vásárhelyi-Nagy 2022). Az akadálypálya gyakorlatai jobban modellezik a tűzoltói munka jellemző hatásfokának és jellegének sajátosságait, mint egy izolált erőgyakorlat – pl. fekvőnyomás vagy guggolás – bemutatása. A fizikai felmérő feladatoknak tükrözni kéne az adott pálya specifikumait, az alkalmasság komplex megközelítésével együtt. A tesztelési eljárásoknak illeszkednie szükséges a mindennapi gyakorlati tevékenységekhez. A hazánkban megjelent korábbi tanulmány is ezt az álláspontot támasztja alá (Vásárhelyi-Nagy 2018).

## A mozgatószervrendszeri sérülések nemzetközi és hazai tapasztalatai a fegyveres testületek tagjainak körében

### Műveleti bevethetőség, mozgatószervrendszeri sérülések, kimenekítés

A katonák körében a harci bevethetőség legfőbb orvosi oka valamilyen mozgatószervrendszeri sérülés, mely akár rokkantsághoz is vezethet (Lincoln et al. 2002; Songer-LaPorte 2000). Egy olyan mozgatószervrendszeri sérülés, amely miatt a katona nem áll bevetésre készen, demoralizáló lehet a teljes csapat egységére nézve is. 2001 és 2012 között, az Afganisztán és Irak területéről történő orvosi evakuálások fele nem harci cselekményből származó sérülések miatt történt. Minden hetedik esetben (14,3%) a kimenekítés oka valamilyen mozgatószervrendszeri sérülés volt, melynek a nagy részét hát- és térdproblémák okozták (AFHSC 2013).

A rendszeres és kellő intenzitású fizikai edzésnek számos jótékony hatása van a fizikumra és a kondicionális állapotra vonatkozóan, melyek a szakirodalomban széles körben ismertek. Ugyanakkor azt is tudjuk, hogy a mozgatószervrendszeri sérülések legnagyobb része sportolás során történik. A túlhajszolás, a fizikai határok gondatlan



feszegetése az egyén túledzéséhez vezet, melynek következménye a fáradásos sérülések megjelenése. Az alakulatnál rövid időn belül megnövekedett mozgatószervrendszeri sérülések száma az egység általános túledzését jelzi. Ilyenkor a fizikai terhelés nagyságának csökkentésével, és a racionális terhelésoptimalizálással csökkenteni lehet a sérüléseket, illetve a sérülések esélyét. A mozgatószervrendszeri sérülések 82%-a túlhasználat, túlhasznolás következménye. A sérülések 30-50%-ban közvetlenül a sportoláshoz és a fizikai aktivitáshoz kapcsolódnak (Nindl et al. 2013). Hauret és mtsai azt találták, hogy az Iraki Felszabadítási és Tartós Szabadság Hadműveletben a több mint 30 000 légimentési akció 36%-a nem harci sérüléshez (Disease and Non-Battle Injuries – DNBI) kapcsolódott. Az egyik fő oka a DNBI típusú eseteknek a sportolás és a fizikai aktivitás volt. Ezek az összes DNBI eset 20%-át tették ki (Hauret–Taylor–Clemmons–Block–Jones 2010). A nagyszámú légimentési adat értelmezésénél érdemes azt is figyelembe venni, hogy a terep adottságai miatt Irakból minden olyan ellátásra szoruló katonát, akinek a rendelkezésre álló (nemzeti vagy több nemzeti) egészségügyi biztosítási tagozatban (ROLE 1-3) nem tudnak megfelelő ellátást biztosítani, légihídon keresztül, merevszárnyú gépekkel szállítanak haza.

### *A mozgatószervi sérülések hajlamosító tényezői, valamint a hon- és rendvédelmi szervezetek tagjainak jelentős érintettsége*

A mozgatószervrendszeri sérülések több külső és belső tényezőre vezethetők vissza. Belső tényezők (intrinzik faktorok) az életkor, a nem, a genetika, az aktuális edzettségi állapot, az alacsony aerob állóképesség, az alacsony szintű fizikai aktivitás, a gyenge vázizomzat, valamint egy-egy korábbi sérülés. Térdsérülések kialakulásának okaként például rendkívül gyakori a combfeszítő és a combhajlító izom gyenge vagy mérsékelt erőállapota (Uhlár–Fodor–Lacza 2019; Toor et al. 2019; Mehl et al. 2018). Külső tényező (extrinzik faktor) a növekvő mennyiségű hosszútávú futás, a futócipő életkora és minősége, az évszakok változása és a fizikai túlterhelés. A legkönnyebben befolyásolhatók az edzéssel, fizikai aktivitással összefüggő rizikótényezők. Az alsóvégtagi sérülések legnagyobb számban sportolás, fizikai aktivitás során alakulnak ki. Az egyik legjellemzőbb sérülés, az elülső keresztszalag szakadása 70%-ban sportoláshoz köthető (Placzek–Boyce 2017). Sportolás nélkül a sportsérülések sem alakulnának ki. Ebben az abszurd helyzetben az állomány tagjai sportolás közben ki vannak téve a sportsérülések veszélyeinek, annak érdekében, hogy a munkájukhoz szükséges fizikai fittséget megszerezzék, és a magasabb szintű fittség előnyeit élvezzék (Nindl et al. 2013). Kimutatták, hogy a fizikai terhelés optimális határértéke felett a sérülési rizikó megnövekszik, míg a fizikai teljesítmény platózik vagy csökken. A növekvő sérülési esetszám és a fizikai teljesítmény csökkenése az

egység túledzettségének legfontosabb jele (Jones–Cowan–Knapik 1994). Az amerikai hadseregben végzett nagy volumenű kutatás eredményei azt mutatták, hogy az éves szinten több mint 740 000 mozgásszervi sérülés 35%-a az alsó végtaghoz kapcsolódott (Hauret–Jones–Bullock–Canham–Chervak–Canada 2010). Elülső keresztszalag-sérülést a katonák leggyakrabban sporttevékenység közben szenvednek el, mely aztán a későbbiekben jelentősen befolyásolja teljesítőképességüket és katonai alkalmasságukat (Tengku et al. 2013).

A hazai állami szervezetek tagjainak mozgásszervi állapotáról, jellemző sérülési típusairól, illetve az egyes sérülési típusok incidenciájáról nem találtunk egységesen vezetett adatbázist vagy statisztikát. A korábban itthon megjelent tanulmányok inkább lokális kiterjedésűek voltak, egy-egy intézményre vagy szervezetre vonatkoztak. Célszerű lenne egy olyan hazai specifikus egészségügyi adatbázis létrehozása, mely pontosan regisztrálja a hon- és rendvédelmi szervezetek tagjainak egészségügyi – esetleg edzettségi – állapotát, mozgásszervi sérüléseit, a sérülések kialakulási mechanizmusát, az elvégzett gyógykezelési és rehabilitációs tevékenységeket, valamint utókövetéssel a felépülés minőségét. Ez több szempontból rendkívül hasznos lenne. Egyrészt a döntéshozóknak és a szervezetek felső vezetőinek pontos információi lennének a humán erőforrás minőségéről és bevetettségéről, másrészt a sérülések mechanizmusának feltárásán és összesítésén keresztül, specifikus prevenciók gyakorlatokat lehetne kidolgozni az állomány tagjai számára. Az Országos Mentőszolgálat tagjainak körében végzett kérdőíves állapotfelmérés megállapította, hogy a kitöltők 68%-a küzdött az adatfelvételt megelőző egy éven belül derékfájással, míg 61%-a térdproblémákkal a kitöltést megelőző 1 hónapon belül (Pék 2017). Egy 2014-es vizsgálat alapján a Honvédkórházban évente közel 100 elülső keresztszalagpótlást végeznek, melynek nagyjából 20%-a katona. A műtött katonák 62%-a sportolás közben szerzi a sérülését, mely megegyezik a nemzetközi szakirodalomban található hasonló adatokkal (Gáspár 2014).

### **Megelőzés – Alternatív edzéstervezés**

Külföldön már több helyen felismerték, hogy az állomány magas szintű fizikális teljesítményének elérése és a sérülések megelőzése érdekében a korszerű sporttudományos edzésmódszerek és gyakorlatok alkalmazása javasolt. Az USA hadseregében használt hagyományos edzéggyakorlatokat – úgymint a karhajlítás-nyújtás gyakorlat mellő fekvőtámasz helyzetben, felülés, sprint és hosszútáv futások – váltotta egy készségalapú edzéstervezés, mely mászó gyakorlatokból, súlyzós gyakorlatokból, intervall edzésből és képességcsoport szerinti hosszútáv futásból állt. A program hatékonyságát vizsgáló tanulmányok szerint a hagyományos csoportban 1,5–1,8-szor nagyobb volt a sérülési ráta, mint a korszerű edzémunkát folytatóknál (Knapik et al. 2009). Az ame-

rikai légierőnél a hagyományos hosszútávfutást, valamint testépítés típusú erőgyakorlatokat intervall futásra, ügyességfejlesztő gyakorlatokra és több ízületet átmozgató funkcionális erőfejlesztő gyakorlatokra cserélték. Kutatások bebizonyították, hogy az új funkcionális edzésprogram alkalmazásának hatására a sérülések esélye 67%-kal csökkent, míg a testösszetétel, az aerob kapacitás és a felsőtest ereje fejlődött (Walker et al. 2011). A beavatkozó állomány fizikai felkészítésével és tesztelésével kapcsolatos hazai tanulmány felhívja a figyelmet a szakmaspecifikus kiképzési és tesztelési feladatok fontosságára, valamint meghonosításra az egyes rend- és honvédelmi szervezetek tagjainak körében (Vásárhelyi-Nagy 2018).

A fizikai teljesítmény növelése a sérülési rizikótényezők csökkentésén keresztül is megvalósítható. A mozgásláncban található gyenge láncszemek feltérképezésére az úgynevezett mozgásmintaszűrő tesztek alkalmaznak. Ezen tesztek célja, hogy az egyén helytelenül elsajátított, rosszul berögzült mozgástechnikáit feltérképezze, visszajelezz, majd ezt követően az egyénnek korrekciós tréninget javasoljon. A mozgásmintaszűrő tesztek értékelik az egyén mozgásának minőségét, valamint a két testfél közötti aszimmetriákat, melyek a mozgatószervrendszeri sérülések kialakulásának egyik legfőbb okai. Ezeknek a mozgásmintaszűrő teszteknek a használata a hon- és rendvédelmi szervezetek tagjainak körében is indokolt lenne.

## Mozgáselemzés, mozgásmintaszűrés

A sportban a sérülések kialakulásának egyik legfőbb oka a vázizomzat aszimmetrikus erőállapota, az egyik izomcsoport alul-, míg a másik izomcsoport túledzettsége, vagyis a mozgatószervrendszeri arányok eltolódása. A két testfél, valamint az egyes izomcsoportok közötti

szimmetriának a megállapítására, valamint a mozgásszervi funkciók tesztelésére a mozgáselemzés, mozgásmintaszűrés eszköztárát használják.

A mozgásminőség ellenőrzése a sporttudományban – és a klinikumban – is mozgáselemzés segítségével valósul meg. A mozgáselemzés történhet egyszerű motoros tesztek segítségével, minimális segédeszköz használatával, illetve mérnöki eszközök alkalmazásával, speciális szenzorok segítségével. A műszeres mérések előnye a nagy pontosság, precíz adatfelvétel és a magas szintű megbízhatóság, hátránya a korlátozott hozzáférhetőség, időigényesség, speciális szaktudás (1. táblázat). A műszer nélküli tesztelés előnye a széles körű hozzáférhetőség, egyszerű lebonyolítás, gyors vizsgálat-végrehajtás. Hátránya a pontos mérési adatok hiánya, valamint az értékelés szubjektív elemei. Mindkét módszer esetében sok szakirodalmi adat áll rendelkezésre az eredmények kiértékeléséhez. A műszeres mozgáselemzés általában reflektív markerek és egy professzionális kamerarendszer segítségével történik. Ilyen például a világvezető OptiTrack rendszer (Nagymáté-Tuchband-Kiss 2018), melyet tudományos, orvosi és felsőkéategóriás filmek akciójeleneteinek forgatásaihoz is használnak. A kamerás rendszerek mellett találkozhatunk rádiófrekvencia-alapú szenzoros megoldásokkal is, melyek szintén rendkívül precíz adatokat szolgáltatnak, és a szenzorok adataiból kiváló minőségű 3D videót készítenek. Ilyen például az Xsens rendszer (Mavor et al. 2020). Az egyszerű mozgáselemzések mindennapi életben elterjedt műszer nélküli változatai a mozgásmintaszűrő tesztek. Ezeknek a célja, hogy egyszerű feltételek mellett értékelni tudják az adott személy aktuális motorikus teljesítményét, erőállapotát, technikai tudásának színvonalát, valamint feltérképezzék a mozgáslánc egyes kritikus pontjait. Ilyen mozgásmintaszűrő funkciót lát el az úgynevezett LESS teszt (Landing Error Scoring System) (Hanzlíková-Hébert-Losier 2020) vagy

1. táblázat

Az egyes mozgáselemzési lehetőségek előnyeinek és hátrányainak bemutatása, a legegyszerűbb eljárástól kezdve a biomechanikai laboratóriumi tesztelésig terjedően. A táblázat szemlélteti az egyes eszközök használatának előnyeit és hátrányait, erősségeik és gyengeségeik bemutatásán keresztül. A marker-less típusú műszeres mozgáselemzés lehet az arany középút az objektív alapokra helyezett szubjektív, műszer nélküli értékelés és a professzionális kutatólaboratórium között

	Műszer nélküli	Marker – less	Markeres/Szenzoros
Eszköz neve:	FMS teszt Y-Balance teszt LESS teszt	Kinect kamera	OptiTrack kamera rendszer Vicon kamera rendszer Xsens
Tudományosan elfogadott:	Igen	Igen	Igen
Bekerülési költsége:	Alacsony	Alacsony-közepes	Magas
Helyigény:	Alacsony	Alacsony	Magas
Időigényesség:	Alacsony	Alacsony-közepes	Magas
Speciális szaktudás:	Közepes	Közepes	Magas
Adatfelvétel precizitása:	Alacsony	Jó	Kiváló
Összetett mozgáselemzésre alkalmas?	Nem	Közepesen	Kiválóan

Forrás: saját szerkesztés

az FMS (Functional Movement Screen) tesztrendszer (Bonazza et al. 2016). A mozgásmintaszűrő tesztek igen hasznosak a sérülési hajlamosító tényezők időben történő feltárásában, a megelőzésben, a korrekciós munkában és a teljesítmény optimalizálásában (Mehl et al. 2018). A tesztek sikeres teljesítése megköveteli az egyéntől az erőt, a hajlékonyságot, az ízületi mozgékonyt, a koordinációt, az egyensúlyt és a propriocepciót is (Cook–Burton–Hoogenboom 2006). A krónikus állapotok, mozgásszervi eltérések, mozgatószervrendszeri rendellenességek, valamint az idegrendszeri szinten helytelenül berögzült mozgásmintázatok nagy fizikai megterhelés során könnyedén sérülésekhez vezethetnek. A mozgásmintaszűrő tesztek célja, hogy időben, a sérülés kialakulása előtt feltárják azokat a gyenge pontokat a mozgásláncban, melyek predisponáló, azaz hajlamosító tényezőként a későbbiekben sérülések kialakulásához vezethetnek. Az egyes mozgáselemzéssel kapcsolatos megoldások előnyeit és hátrányait az 1. táblázat tartalmazza.

### *Mesterségesintelligencia-alapú mozgáselemzés, Kinect Azure kamerával*

A biomechanikai mozgáselemző laboratóriumok bár rendkívül pontos adatokat szolgáltatnak a vizsgált személyek mozgásával kapcsolatban, a magas költségek, a speciális szaktudás és az időigényesség miatt nem terjedhetnek el a gyakorlatban. Az egyszerű szubjektív, műszer nélküli tesztek bár gyorsan elvégezhetők – és informatívak is a szakemberek részére –, a pontos adatfelvételt nem teszik lehetővé. Létezik azonban hazai (Uhlár et al. 2021) és nemzetközi (Ressman–Rasmussen–Barr–Grooten 2020; Gray et al. 2017) törekvés arra vonatkozóan, hogy a műszeres vizsgálatok előnyeit költséghatékony formában kombinálják a korábban már ismertetett egyszerűen elvégezhető mozgásmintaszűrő tesztekkel.

A Microsoft Kinect Azure rendelkezik egy színes RGB kamerával és egy infrakamerával, mellyel képes a mozgások térbeli érzékelésére. A kamerához kapcsolódó mesterséges intelligencia a színes kameraképet összefésüli az infrakamera képével, és az emberi test nagyzületi pontjainak elhelyezkedését milliméter pontossággal meghatározza. Ez a technológia viszonylag költséghatékony, könnyen kezelhető, az eszköz mozgatható, áttelepíthető. Lehetővé teszi a mérések egymás utáni gyors végrehajtását. A kameraalapú elemzés a szubjektív értékítélet kizárása mellett megfelelő módon biztosítja a gépesített, algoritmizált kiértékelést. A hazánkban is használt Kinect-alapú mozgáselemzés marker nélkül felismeri az emberi test nevezetes pontjait, majd a betáplált algoritmusokon keresztül visszajelentést készít a vizsgált személy biomechanikai paramétereire vonatkozóan, így nincs szükség arra, hogy az emberi testre markereket helyezzenek. A kamerarendszer sportolók mozgásszervi állapotfelmérése során jól teljesített, az alsó végtagi sérülések megelőzésében optimális segédeszköznek tűnik (Uhlár et al. 2021). Több száz sportoló felméréseinek

eredménye azt mutatja, hogy az eszközzel az alsó végtagi sérülések predisponáló tényezői kiszűrhetőek, majd ezt követő visszacsatolás, egyéni fejlesztési igény meghatározása jól beépíthető az adott személy edzőmunkájába (Asaeda et al. 2018; Öriücü–Selek 2020). Az eszköz mind laboratóriumi, mind pedig pályakörülmények között használható, ezért nagy fokú mobilitást biztosít a felhasználók számára.

Az állami szervezetek, speciális alakulatok mozgásszervi állapotfelmérésében, tesztelésében kedvező választás lehet egy mesterséges intelligenciát alkalmazó, mozgásszervi prevencióban használható kamerarendszer alkalmazása. Az eszköz gyors, felhasználóbarát, pontos és megbízható adatokat szolgáltat a vizsgált személy mozgásminta-elemző teszten elért teljesítményével kapcsolatban, mely így a sérülésmegelőzéshez, ezen keresztül a tartós teljesítőképesség fenntartásához járul hozzá.

### *Mozgásmintaszűrések a fegyveres testületek tagjainak körében*

A mozgásmintaszűrő tesztek napjainkban hatékonyan alkalmazják külföldi fegyveres erők fizikai felkészítése során. Amerikai katonák körében végzett mozgásmintaszűrőteszt-eredmények azt állapították meg, hogy a résztvevők 76%-ának volt valamilyen teljesítményt korlátozó fizikai eltérése vagy hiányossága (Petersen–Smith 2007). Az Amerikai Tengerészgyalogság tiszti tanfolyamára beiratkozott újoncok körében végzett fizikai állapotfelmérés újszerű eredményre vezetett. A tesztelés során a résztvevők végrehajtották a már jól ismert húzódkodásból, felülésből és 3 mérföldes futásból álló felmérést, mely kiegészült az úgynevezett Functional Movement Screen (FMS) 7 feladatból álló mozgásmintaszűrő tesztrendszer (Cook et al. 2010) gyakorlataival is. Az eredmények azt mutatták, hogy a futás felmérésén rosszabbul teljesítők körében a későbbi sérülési hajlandóság 1,7-szer nagyobb volt, mint azoknál, akik a futó teszten jól teljesítettek. A futó teszt és az FMS pontszámok összesített prediktív értéke még magasabb volt. Azon személyeknél, akiknél a futás teszten elért alacsony pontszám mellé alacsony FMS pontérték is kapcsolódott, a sérülési rizikó 4,7-szer nagyobb volt, mint az említett teszteken jól teljesítő résztvevőké (Lisman et al. 2013). Könnyű belátni, hogy egy fegyveres testület bevethetősége, hadrafoghatósága összességében az egyének aktuális mentális, kondicionális és egészségügyi állapotának a függvénye. Ezért a sérülések kialakulását, illetve a sérülési rizikófaktorok mennyiségét a lehető legminimálisabbra kell csökkenteni. A teljesítményoptimalizálás részeként a mozgásláncban feltérképezett gyenge láncszemeket korigálni kell, hiszen egy-egy gyenge pont a teljes motoros teljesítményt is drasztikusan csökkentheti. Szakirodalmi adatok alapján ennek a tesztrendszernek a bevezetése segítheti a taktikai állomány sérülés-előrejelzését, valamint visszajelzést adhat az egyén aktuális mozgatószervrendszeri teljesítményéről is (Bock–Orr 2015).



## A prevenció mozgáselemzés lehetőségei, célcsoportjai

A közölt szakirodalmi adatok alapján reálisnak tűnik az az elképzelés, hogy a legújabb nemzetközi sporttudományi és egészségügyi ismeretek bekerüljenek a hazai állami szervezetek tagjainak fizikai felkészítési, kiképzési és tesztelési rendszerébe. A hagyományos fizikai felkészítési, tesztelési eljárásokat itthon is célszerű lenne kiegészíteni foglalkozásspecifikus állapot- és képességfelmérő tesztekkel, melyek azt a típusú teljesítményt mérik, amely az adott személy mindennapos feladatellátása során jelentkezik. Ezen kívül azt is érdemes szem előtt tartani, hogy az elvárt magas szintű fizikai teljesítmény csak az állomány tagjainak mozgatószervrendszeri épségén, funkcionalitásán keresztül valósítható meg, mely feltételezi a sérülési rizikótényezők redukálását. A hosszú távú, magas szintű teljesítmények realizálásához egészséges, mozgatószervrendszeri ártalmaktól mentes állományra van szükség. A mesterségesintelligencia-alapú mozgáselemzés – akár pilot jelleggel – egy új, korszerű gondolkodás alapjait fektetné le, melynek eredményei a gyakorlatban is realizálhatóvá válnának. A nemzetközi tapasztalatok alapján a mozgásszervi sérülésre hajlamosító tényezők jó eredménnyel szűrhetőek.

A feladatellátás specializálódásával a felkészítés és tesztelés jellegének is specializálódnia szükséges. A mozgásminta-elemzések optimális választásnak bizonyulhatnak egy-egy kiemelt egység vagy alakulat felmérése során. A prevenció mozgásmintaszűrés kiemelten hasznos lehet az alsó végtagi sérülésnek jobban kitett egyének esetében, illetve a nagy külső fizikai terhelésnek kitett személyek esetében. Nemzetközi adatok alapján egy rendőr járőr felszerelésének súlya 10 kg körül (*Blacker et al. 2013*), míg egy különleges rendőri egység tagjának felszerelése 27 kg körül mozog (*Carlton et al. 2013*). Egy tűzoltó bevetési felszerelése akár 37 kg is lehet (*von Heimburg–Rasmussen–Medbø 2006*), míg egy gyalogos lövész katonának 29 kg (*Sell et al. 2013*). A különleges műveleti feladatokat ellátó, nagy fizikai terhelésnek kitett egységek esetében – pl. TEK – a prevenció célzatú mozgásszervi tesztelés igen hasznos lehet. A Honvédség sportszázadának professzionális sportolóinak mozgásszervi szűrése a sportági hatékonyságot növelné, valamint a prevenció szempontjából is hasznos lenne. A maláj hadseregben végzett tudományos kutatás azt találta, hogy a keresztszalagsérült katonák 82%-a sportolás közben szerezte a sérülését, míg szolgálat közben csak 14% sérült meg (*Tengku et al. 2013*). Ebből a szempontból az aktívan sportoló katonák prevenció mozgásszervi szűrése is hasznos lenne.

## Back to service, vagyis vissza a szolgálatba

Az ismertetett mesterségesintelligencia-alapú mozgáselemző eszköz hasznos lehet a mozgásszervi sérüléssel küzdő egyének rehabilitációjában is. A longitudinálisan végzett tesztelés-újratesztelés naprakész képet ad az egyén aktuális állapotáról, fejlődéséről. A rehabilitációs folyamatban a rendszeres állapotfelmérés nagyon fontos, hiszen a szakembernek mindig pontosan tudnia kell, hogy mikor léphet páciensével a következő lépcsőfokra. A következő lépcsőfok reálisan egy megnövekedett fizikai terheléssel jár, melynek kizárólag kellőképpen felkészített sportolót szabad kitenni. A folyamatos kontroll lehetőséget biztosít arra, hogy a páciens csak akkor kapja meg a következő megemelt terhelési egységet, amikor az aktuális szint feladatait megfelelően abszolválta. A rehabilitációs folyamat végén a teljes program hatékonysága visszamérhető, és a vizsgálati eredmények függvényében mérlegelhető, hogy az adott személy visszaengedhető-e az aktív sportba/szolgálatba, vagy további rehabilitációs feladatok elé kell néznie.

## Konklúzió

A hazai fizikai állapotfelmérő tesztek és a fizikai felkészítés módszertana az elmúlt évtizedek során nem sokat változott. Azonban a sporttudomány és az egészségügy hatalmas fejlődésen ment keresztül. A nemzetközi sporttudományi gondolkodásban a prevenció, a mozgásszervi sérülések megelőzése rendkívül nagy figyelmet kap, hiszen a sérülések következményei igen komolyak, és akár végzetesek is lehetnek a sportoló számára. A hon- és rendvédelemben dolgozók sérülése esetén is igen jelentős a veszély, hogy egy kritikus pozícióban dolgozó szakember feladata a sérülés idejére (esetleg utána is) ellátatlan marad, a szolgálatból kieső személy szaktudása nem, vagy csak nehezen pótolható. A sérülésekből való teljes felépülés, valamint a további szolgálati alkalmasság is kétséges. A mozgásszervi sérülések megelőzésén keresztül a nemzetgazdasági kiadások, valamint az egészségügyi ellátórendszer terheltsége is csökken. Külföldi adatok alapján a hon- és rendvédelmi területen dolgozók sérülésmegelőzése és fizikai teljesítményük fejlesztése a korszerű, foglalkozásspecifikus edzésgyakorlatokon és speciális mozgáselemzési teszteken keresztül optimálisan megvalósítható. A mozgásszervi deficit időben történő feltárásával és az azokra összeállított korrekciós edzéstervekkel a bevetési állomány fizikai teljesítménye nagymértékben javítható. A technológia jelenlegi színvonalával – viszonylag alacsony költségvonzat mellett – megoldható a mestersé-



geszintelligencia-alapú mozgásmintaszűrés, mely precíz adatokat biztosít a felmérésen részt vett állomány fizikai állapotával kapcsolatban, mely alapján intézkedési tervek állíthatók össze.

## Köszönetnyilvánítás

*A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.*



## Irodalomjegyzék

- 10/2015. (VII. 30.) HM rendelet a katonai szolgálatra való egészségi, pszichikai és fizikai alkalmasságról, valamint a felülvizsgálati eljárásról (2015) <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1500010.hm>
- 47/2016. (XI. 23.) BM rendelet egyes, az Országgyűlési Őrség hivatásos állományára vonatkozó miniszteri rendeletek módosításáról (2016) <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A1600047.BM&txreferer=A1200085.BM>
- 57/2009. (X. 30.) IRM-ÖM-PTNM együttes rendelet egyes rendvédelmi szervek hivatásos állományú tagjai egészségi, pszichikai és fizikai alkalmasságáról, közalkalmazottai és köztisztviselői munkaköri egészségi alkalmasságáról, a szolgálat-, illetve keresőképzetlenség megállapításáról, valamint az egészségügyi alapellátásról (2009) <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0900057.irm>
- AFHSC (A. F. H. S. C.) (2013) Medical evacuations from Afghanistan during Operation Enduring Freedom, active and reserve components, U.S. Armed Forces, 7 October 2001-31 December 2012. *Msmr*, Vol. 20. No. 6. pp. 2–8.
- Asaeda, M., Kuwahara, W., Fujita, N., Yamasaki, T., & Adachi, N. (2018) Validity of motion analysis using the Kinect system to evaluate single leg stance in patients with hip disorders. *Gait Posture*, Vol. 62. pp. 458–462. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.04.010>
- Blacker, S. D., Carter, J. M., Wilkinson, D. M., Richmond, V. L., Rayson, M. P., & Peattie, M. (2013) Physiological responses of Police Officers during job simulations wearing chemical, biological, radiological and nuclear personal protective equipment. *Ergonomics*, Vol. 56. No. 1. pp. 137–147. DOI: <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.734335>
- Bock, C., & Orr, R. M. (2015) Use of the Functional Movement Screen in a Tactical Population: A Review. *Journal of Military and Veterans Health*, Vol. 23. No. 2. pp. 33–42.
- Bonazza, N. A., Smuin, D., Onks, C. A., Silvis, M. L., & Dhawan, A. (2016) Reliability, Validity, and Injury Predictive Value of the Functional Movement Screen: A Systematic Review and Meta-analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, Vol. 45. No. 3. pp. 725–732. DOI: <https://doi.org/10.1177/0363546516641937>
- Carlton, S. D., Orr, R., Stierli, M., & Carbone, P. D. (2013) The impact of load carriage on mobility and marksmanship of the tactical response officer. *J. Australian Strength and Conditioning*, Vol. 22. pp. 23–27.
- Cook, G., Burton, L., & Hoogenboom, B. (2006) Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function. Part 1. *N Am J Sports Phys Ther*, Vol. 1. No. 2. pp. 62–72.
- Cook, G., Burton, L., Kiesel, K., Rose, G., & Briant, F. M. (2010) *Movement: Functional Movement Systems: Screening, Assessment and Corrective Strategies*. On Target Publications
- Davis, J. D., Orr, R., Knapik, J. J., & Harris, D. (2019) Functional Movement Screen (FMS™) Scores and Demographics of US Army Pre-Ranger Candidates. *Military Medicine*, Vol. 185. No. 5–6. pp. e788–e794. DOI: <https://doi.org/10.1093/milmed/usz373>
- Dubecz, J. (2009) *Általános edzéselmélet és módszertan*. Budapest: Rectus Kft.
- Gray, A. D., Willis, B. W., Skubic, M., Huo, Z., Razu, S., Sherman, S. L., ... Siesener, N. J. (2017) Development and Validation of a Portable and Inexpensive Tool to Measure the Drop Vertical Jump Using the Microsoft Kinect V2. *Sports Health*, Vol. 9. No. 6. pp. 537–544.
- Gáspár S. (2014) Elülső keresztszalag sérülés előfordulása a Magyar Honvédség állományán belül és rekonstrukciós taktikák a Honvédkórházban. *Hadmérnök*, Vol. IX. No. 1. pp. 277–283.
- Hanzlíková, I. & Hébert-Losier, K. (2020) Is the Landing Error Scoring System Reliable and Valid? A Systematic Review. *Sports Health*, Vol. 12. No. 2. pp. 181–188. DOI: <https://doi.org/10.1177/1941738119886593>
- Hauret, K. G., Jones, B. H., Bullock, S. H., Canham-Chervak, M., & Canada, S. (2010) Musculoskeletal injuries description of an under-recognized injury problem among military personnel. *Am J Prev Med*, Vol. 38. (1 Suppl.) pp. S61–70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.10.021>
- Hauret, K. G., Taylor, B. J., Clemmons, N. S., Block, S. R., & Jones, B. H. (2010) Frequency and causes of nonbattle injuries air evacuated from operations iraqi freedom and enduring freedom, u.s. Army, 2001–2006. *Am J Prev Med*, Vol. 38. (1 Suppl.) pp. S94–107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.10.022>
- von Heimburg, E. D., Rasmussen, A. K., & Medbo, J. I. (2006) Physiological responses of firefighters and performance predictors during a simulated rescue of hospital patients. *Ergonomics*, Vol. 49. No. 2. pp. 111–126. DOI: <https://doi.org/10.1080/00140130500435793>
- Jones, B. H., Cowan, D. N., & Knapik, J. J. (1994) Exercise, Training and Injuries. *Sports Med.*, Vol. 18. No. 3. pp. 202–214. DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-199418030-00005>
- Knapik, J. J., Rieger, W., Palkoska, F., Van Camp, S., & Darakjy, S. (2009) United States Army physical readiness training: rationale and evaluation of the physical training doctrine. *J Strength Cond Res*, Vol. 23. No. 4. pp. 1353–1362. DOI: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318194df72>
- Lakatos N. (2021). Mennyibe kerül a sportoló? A Soproni Darazsak Sportakadémia sportolójának nevelési költségei. (Ba) Soproni Egyetem, Sopron
- Lincoln, A. E., Smith, G. S., Amoroso, P. J., & Bell, N. S. (2002) The natural history and risk factors of musculoskeletal conditions resulting in disability among US Army personnel. *Work*, Vol. 18. No. 2. pp. 99–113.
- Lisman, P., O'Connor, F. G., Deuster, P. A., & Knapik, J. J. (2013) Functional movement screen and aerobic fitness predict injuries in military training. *Med Sci Sports Exerc.*, Vol. 45. No. 4. pp. 636–643. DOI: <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31827a1c4c>
- Mavor, M. P., Ross, G. B., Clouthier, A. L., Karakolis, T., & Graham, R. B. (2020) Validation of an IMU Suit for Military-Based Tasks. *Sensors (Basel)*, Vol. 20. No. 15. 4280. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20154280>

- Mehl, J., Diermeier, T., Herbst, E., Imhoff, A. B., Stoffels, T., Zantop, T., ... Aichtmich, A. (2018) Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Arch Orthop Trauma Surg.*, Vol. 138. No. 1. pp. 51–61. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00402-017-2809-5>
- Nagymáté G., Tuchband T., & Kiss R. M. (2018) A novel validation and calibration method for motion capture systems based on micro-triangulation. *Journal of Biomechanics*, Vol. 74. pp. 16–22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2018.04.009>
- Nindl, B. C., Williams, T. J., Deuster, P. A., Butler, N. L., & Jones, B. H. (2013) Strategies for optimizing military physical readiness and preventing musculoskeletal injuries in the 21st century. *US Army Med Dep J.*, Oct-Dec, pp. 5–23.
- Örücü, S. & Selek, M. (2020) Design and Validation of Rule-Based Expert System by Using Kinect V2 for Real-Time Athlete Support. *Applied Sciences*, Vol. 10. No. 2. 611.
- Petersen, E. J. & Smith, K. C. (2007) Benefits of a musculoskeletal screening examination for initial entry training soldiers. *Mil Med.*, Vol. 172. No. 1. pp. 92–97. DOI: <https://doi.org/10.7205/milmed.172.1.92>
- Placzek, J. D. & Boyce, D. A. (2017) *Orthopaedic Physical Therapy*. (Third Edition ed.) Elsevier
- Pék E. (2017) A váz-, izomrendszeri megbetegedések egészségi állapot önértékelésre gyakorolt hatása mentődolgozók körében. (PhD-értekezés) Pécsi Tudományegyetem, Pécs. [https://doktoriiskola.etk.pte.hu/public/upload/files/Doktoriiskola/Teziszuzetek/Pek\\_Emese\\_dissz.pdf](https://doktoriiskola.etk.pte.hu/public/upload/files/Doktoriiskola/Teziszuzetek/Pek_Emese_dissz.pdf)
- Ressman, J., Rasmussen-Barr, E., & Grooten, W. J. A. (2020) Reliability and validity of a novel Kinect-based software program for measuring a single leg squat. *BMC Sports Sci Med Rehabil.*, Vol. 12. Article No. 31.
- Sell, T. C., Pederson, J. J., Abt, J. P., Nagai, T., Deluzio, J., Wirt, M. D., ... Lephart, S. M. (2013) The addition of body armor diminishes dynamic postural stability in military soldiers. *Mil Med*, Vol. 178. No. 1. pp. 76–81. DOI: <https://doi.org/10.7205/milmed-12-00185>
- Songer, T. J. & LaPorte, R. E. (2000) Disabilities due to injury in the military. *Am J Prev Med.*, Vol. 18. (3 Suppl.) pp. 33–40. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0749-3797\(00\)00107-0](https://doi.org/10.1016/s0749-3797(00)00107-0)
- Tengku Muzaffar, T. M. S., Shahrulazua A., Musa, K., Masdamin M. N., Fuad, D. M., & Amiruddin H. M. (2013) The Activity Leading to ACL Injury and the ability to Resume Duty following Reconstructive Surgery in Malaysian Military Patients. *Med J Malaysia*, Vol. 68. No. 2. pp. 115–118.
- Toor, A. S., Limpisvasti, O., Ihn, H. E., McGarry, M. H., Banffy, M., & Lee, T. Q. (2019) The significant effect of the medial hamstrings on dynamic knee stability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, Vol. 27. No. 8. pp. 2608–2616. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5283-x>
- Uhlár, Á., Ambrus, M., Kékesi, M., Fodor, E., Grand, L., Szathmáry, G., ... Lacza, Z. (2021) Kinect Azure-Based Accurate Measurement of Dynamic Valgus Position of the Knee—A Corrigible Predisposing Factor of Osteoarthritis. *Applied Sciences*, Vol. 11. No. 12. 5536. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11125536>
- Uhlár, Á., Fodor, E., & Lacza, Z. (2019) Exploring the relationship between knee injuries and dynamic knee valgus. *Physical Education, Sport, Science*, Vol. 4. No. 3–4. pp. 16–22. DOI: <https://doi.org/10.21846/tst.2019.3-4.2>
- Vásárhelyi-Nagy I. (2018) A beavatkozó állomány kondicionális képességei fejlesztésének új irányai, különös tekintettel a proprioceptív módszerek alkalmazására. *Hadmérnök*, Vol. XII. No. 4. pp. 408–422.
- Vásárhelyi-Nagy I. (2022) Új irányok az előzetes fizikai alkalmassági vizsgálatok rendszerében. *Védelem Tudomány: Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat*, Vol. 5. No. 3. pp. 207–224.
- Walker, T. B., Lennemann, L. M., Anderson, V., Lyons, W., & Zupan, M. F. (2011) Adaptations to a new physical training program in the combat controller training pipeline. *J Spec Oper Med*, Vol. 11. No. 2. pp. 37–44. DOI: <https://doi.org/10.55460/xyke-p4n6>

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)