

Scapuladyskineszis közepes méretű, teljes vastagságú supraspinatusizom-szakadások esetén

Nyőgér Zoltán dr.¹ ■ Szakály Norbert²
Molnár Csenge A.² ■ Várnagy Anna³ ■ Terebessy Tamás dr.³
Gunther Tibor dr.¹ ■ Skaliczki Gábor dr.³

¹Petz Aladár Egyetemi Oktató Kórház, Traumatológiai, Ortopédiai és Kézsebészeti Szakcsoport, Győr

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar,

Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék, Budapest

³Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Ortopédiai Klinika, Budapest

Bevezetés: A lapocka mozgászavara rotátorköpeny-szakadásban jól ismert tünet, jelentősége azonban nem egyértelmű. Egyes szerzők a rotátorköpeny-szakadás kiváltó okának, mások a betegség következményének tartják.

Célkitűzés: Vizsgálatunk célja az volt, hogy felmérjük a scapula mozgásában létrejövő elváltozásokat degeneratív eredetű, közepes kiterjedésű, teljes vastagságú supraspinatusizom-szakadás esetén egészséges kontrollcsoporthoz viszonyítva.

Anyag és módszer: Vizsgálatunkba 10 egészséges (kontrollcsoport) és 9, közepes méretű (1–3 cm), panaszos supraspinatusizom-szakadással rendelkező (vizsgálati csoport) embert vontunk be, akiknél VICON 3D 'motion capture' rendszer és U.L.E.M.A. mozgásanalitikai szoftver segítségével elemeztük a vállöv, ezen belül a lapocka mozgásait sagittalis és scapularis síkban végzett flexio során. Kétféle *t*-próbával vizsgáltuk, hogy az egyes humerusflexiók szöghelyzetekhez tartozó lapocka posterior tilting, felfelé rotáció és protractio értékei között megfigyelhető-e szignifikáns eltérés a két csoport között.

Eredmények: A vizsgálati csoportban sagittalis karmemelések során 40°-os és 50°-os karmelés mellett szignifikáns növekedést igazoltunk a lapocka protractiójában a kontrollcsoporthoz képest ($p < 0,05$), míg a lapocka felfelé rotációs és posterior tilting mozgásában szignifikáns különbséget nem igazoltunk. Scapularis síkban végzett flexio során szignifikáns eltérést nem tudtunk igazolni a lapocka mozgásaiban a kontrollcsoporthoz képest.

Következtetés: Közepes kiterjedésű supraspinatusizom-szakadások esetén is észlelhető lapockadyskineszis. Lapockadyskineszisben először a protractióban jelentkezik szignifikáns eltérés, mely a szakadás további növekedése során a későbbiekben érintheti a lapocka felfelé rotációt és tiltinget is.

Orv Hetilap. 2023; 164(31): 1213–1221.

Kulcsszavak: U.L.E.M.A., VICON, biomechanika, rotátorköpeny-szakadás, lapockadyskineszis, musculus supraspinatus

Scapula dyskinesia in medium size full-thickness supraspinatus muscle tears

Introduction: Scapular motion abnormality in rotator cuff tears is a well-known symptom, but its significance is not clear. Some authors consider it as a cause of rotator cuff tear, others as a consequence of the disease.

Objective: The aim of our study was to assess the changes in scapular motion in medium size full-thickness rotator cuff tear of degenerative origin compared to a healthy control group.

Material and method: 10 healthy (control group) and 9 subjects with a medium size (1–3 cm), complaining rotator cuff tear (study group) were included in our study, in whom we analyzed the movements of the shoulder girdle, including the scapula, during sagittal and scapular plane flexion using a VICON 3D motion capture system and U.L.E.M.A. motion analysis software. A two-sample *t*-test was used to test whether significant differences in scapular posterior tilting, upward rotation and protraction values were observed between the two groups for each humeral flexion angular position.

Results: In the study group, a significant increase in scapular protraction was demonstrated in sagittal arm elevations at 40 and 50 degrees of arm elevation compared to the control group ($p < 0.05$), whereas no significant difference in scapular upward rotation and posterior tilting was demonstrated. During scapular plane flexion, no significant difference in scapular movements was demonstrated compared to the control group.

Conclusion: Scapular dyskinesia is already present in cases of medium size rotator cuff tears. In scapular dyskinesia, a significant difference in protraction is first observed, which may affect scapular upward rotation and tilting as the tear continues to grow.

Keywords: U.L.E.M.A., VICON, biomechanics, rotator cuff tear, scapular dyskinesia, supraspinatus muscle

Nyőgér Z, Szakály N, Molnár CsA, Várnagy A, Terebessy T, Gunther T, Skaliczki G. [Scapula dyskinesia in medium size full-thickness supraspinatus muscle tears]. *Orv Hetil.* 2023; 164(31): 1213–1221.

(Beérkezett: 2023. április 3.; elfogadva: 2023. május 3.)

Rövidítések

3D = háromdimenziós; ASES = (American Shoulder and Elbow Surgeon) Amerikai Váll- és Könyöksebészeti Társaság; CM = Constant–Murley; MR = mágneses rezonancia; U.L.E.M.A. = upper limb evaluation in motion analysis

A scapuladyskinesis jelen lehet egészségesnek vélt átlagpopuláció tagjai között [1], ugyanakkor vállpanaszok mellett előfordulása sokkal gyakoribb. A vállpanaszok eredhetnek traumás háttérből [2], illetve lehetnek degeneratív jellegűek. Az egyik legáltalánosabb elváltozás a vállízületben a rotátorköpeny érintettsége, szakadása. A rotátorköpeny szakadása minden életkorban komoly vállpanaszokhoz vezethet. Fiatal korban főleg a sérülések, idősebb korosztályban a degeneratív eltérések dominálnak. Ennek révén a váll mozgástartomány csökken, a lapocka mozgása zavart szenved, scapuladyskinesis alakulhat ki, illetve a válltáji izmok működése is abnormalissá válik [3–6]. A klinikai gyakorlatban sok esetben látjuk, hogy a rotátorköpenyben észlelt, azonos nagyságú és elhelyezkedésű szakadások ellenére teljesen más mozgáskészséggel rendelkeznek a betegek, illetve kutatások jelentős számban igazolják a tünetmentes rotátorköpenyszakadások jelenlétét a társadalomban [7, 8]. Ez felveti a kérdést, vajon miben különböznek ezek a betegek egymástól, hogyan tudják kompenzálni egyesek a szakadás miatt kiesett izomfunkciót. Karunk emelése a scapulothoracalis és glenohumeralis mozgások összehangolt működése révén lehetséges: amennyiben a rotátorköpeny valamelyik inában szakadás jön létre, a rotátorköpeny centralizáló hatása elégtelenné válik, abnormalis mozgásminta jön létre, a kinetikai lánc zavart szenved [9–12]. Mégis sok esetben kiváló vállműködéssel találkozunk a sérült rotátorköpeny ellenére. Azt feltételezzük, hogy ezen esetekben a scapulothoracalis „ízületben” létrejött kompenzációs mozgások segítik a váll jó funkcióját. Vizsgálatunk célja az volt, hogy egyforma rotátorköpeny-szakadási mintával rendelkező emberek scapulothoracalis mintáját hasonlítsuk egészséges emberek lapockamozgásához. Feltételezésünk szerint a scapuladyskinesis kialakulása egy folyamat, melynek révén a szervezet folyamatosan alkalmazkodik az izomműködések kieséséből származó funkciók korrigálásához.

Módszer

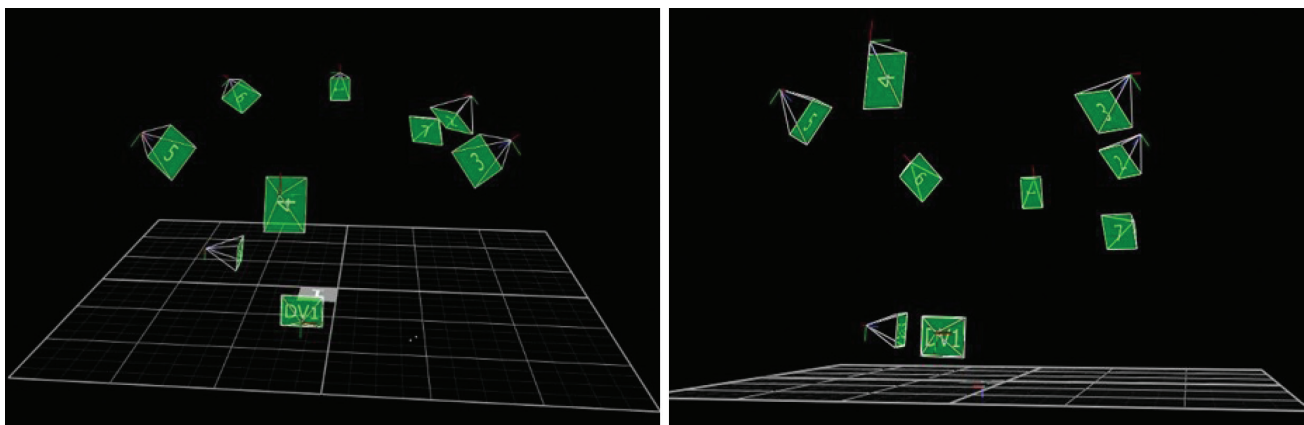
Mozgáselemző rendszer

A lapocka mozgásainak pontos követése bőrfelszínre helyezett markerekkel nehézkes, mivel vastag izomréteg fedi, ezért a bőr könnyen elmozdul a csont felett, pontatlan mérési eredményeket szolgáltatva. Korábbi vizsgálatok során próbáltak fix markereket alkalmazni, akár a scapula testébe fűrt tűződrótokra szerelt érzékelők [13], akár a lapocka feletti bőrfelszínre ragasztott, a scapula vázát modellező „scapula tracking” szerkezetek révén [14]. Ezek a módszerek fájdalmas vagy éppen körülményes felhelyezésük, illetve a kalibrációjuknál észlelt nehézségek folytán nem terjedtek el. Ennek következtében jelen vizsgálatunkban olyan mérési eljárást alkalmazunk, amellyel tényleges fizikális markerek, illetve kalibrációs markerek használhatók a lapocka mozgásának pontos követésére. Vizsgálatainkat a Semmelweis Egyetem Ortopédiai Klinikájának Járáslaborjában végeztük. Vizsgálatainkhoz VICON 'motion capture' rendszert (VICON, Centennial, CO, USA) alkalmaztunk: ez 7 infravörös-kamerával van szerelve, melyből 6 darab MX T40-es és 1 darab különálló Vantage V5 kamera (1. ábra). Az infravörös-kamerákon kívül a rendszerhez tartozik 2 darab, a mérés tényleges képanyagát rögzítő kamera is. A kamerák infravörös-tartományban dolgozva a vizsgált alanyok testének meghatározott pontjaira rögzített, összesen 17 darab valódi markert érzékelnek (1. táblázat és 2. ábra).

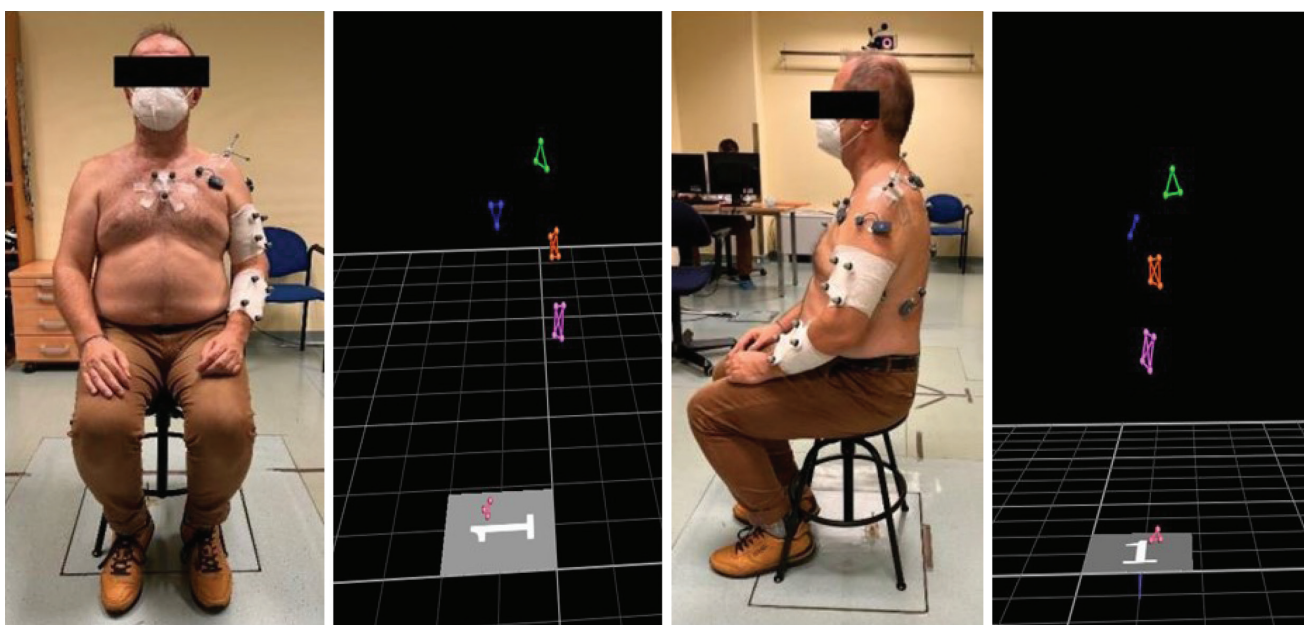
A VICON-rendszerrel együttműködve az U.L.E.M.A. szoftvert alkalmaztuk [15]. Ez a felső végtag 3D kinematikájának elemzésére szolgáló eljárás, mely testszerte elhelyezett passzív markerek detektálásán, illetve virtuálisan felvett kalibrációs pontok azonosításán és ezek mozgás közben történő követésén alapul. Az U.L.E.M.A. a MATLAB 7.3-as vagy magasabb rendű verzióján

1. táblázat | A fizikálisan felhelyezett markerek helyzete, illetve a markerek szerkezeti felépítése

1.	Sternum	3 osztatú marker
2.	Az acromion teteje	3 osztatú marker
3.	A felkar lateralis oldala	4 osztatú marker
4.	Az alkar feszítő felszíne	4 osztatú marker
5.	A szék alatti terület	3 osztatú marker



1. ábra | A labor VICON-rendszerének felépítése. A talajon lévő szürke 1-es jel a vizsgált személy helyét mutatja. A zöld 1–7-es jelzések az infravörös-kamerák helyzetét jelzik, a DV1 és a DV2 a valódi képanyagot rögzítő kamerákat mutatja (felső és oldalsó nézet)



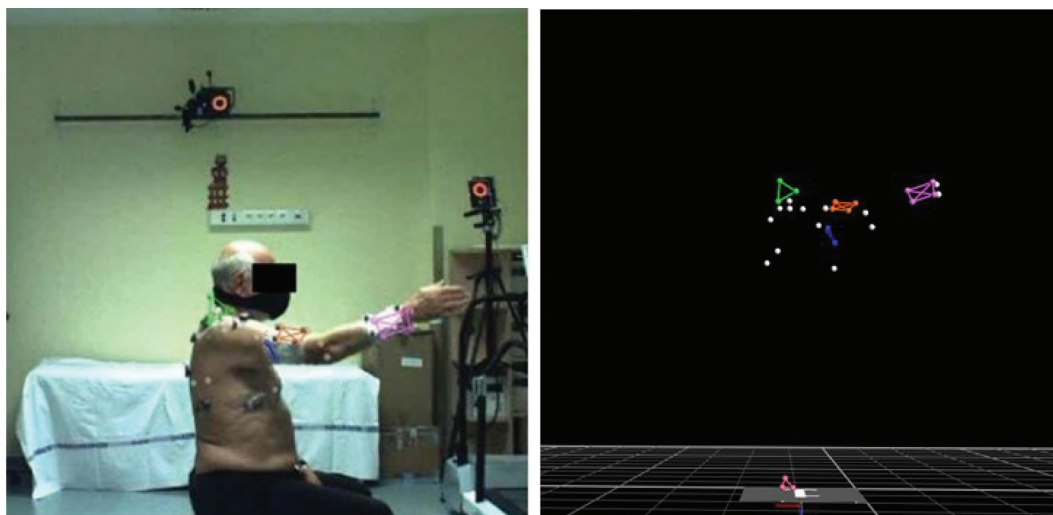
2. ábra | A valódi markerek felhelyezéséről készült fénykép (a valódi markerek mellett EMG-elektrodák is láthatók) elülső és oldalsó nézetből. A digitális képen a VICON által érzékelt valódi markerek elülső és oldalsó nézetből (17 darab)
EMG = elektromiográfia

(MathWorks, Natick, MA, USA) fut, ezen keresztül végzi számításait. A felső végtagot érintő kinematikai számítások a merevtest-modell feltételezésen alapulnak, helyi koordináta-rendszerek hozzárendelésével egyes szegmensekhez (törzs, lapocka, felkar, alkar, kéz). A szoftver International Society of Biomechanics irányelveket alkalmaz az anatómiai koordináta-rendszerek és ízületi szögek (törzs, „scapulothoracalis ízület”, váll, könyök, csukló) számításához [16]. A mérési protokollokhoz [17]. A protokollok módosíthatók a kívánt mérési gyakorlatoknak megfelelően.

Az U.L.E.M.A. alkalmazása során a tényleges markereken kívül kalibrációs markerek felvétele is szükséges jelölőpálca segítségével. A kalibrációs markerek virtuális markerek (2. táblázat), melyek helyzetének rögzítésekor

2. táblázat | A kalibrációs markerek neve és anatómiai elhelyezkedésük

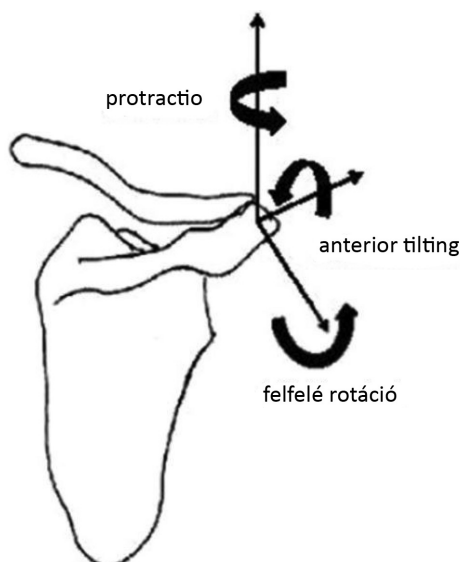
1.	calEL (epicondylus lateralis, könyök)
2.	calEM (epicondylus medialis, könyök)
3.	calUS (ulnar styloid, csukló)
4.	calRS (radial styloid, csukló)
5.	calAA (angulus acromialis, lapocka)
6.	calTS (trigonum scapulae, lapocka)
7.	calPS (processus coracoideus, lapocka)
8.	calAC (acromioclavicular joint, AC ízület)
9.	calIJ (jugulum interna, sternum)
10.	calPX (processus xiphoideus, sternum)
11.	calC7 (C7-es nyakcsigolya, gerinc)
12.	calT8 (thoracalis 8-as hátszigolya, gerinc)
13.	GHr (glenohumeral rotation, a váll rotációs központja)



3. ábra

A bal képen a kamerák által rögzített élőkép a VICON és U.L.E.M.A. rendszerek együttműködéséért észlelt minden tényleges és kalibrációs marker együttes megjelenítésével. A jobb képen a VICON által megjelenített verzió, minden tényleges és kalibrációs markerrel, összesen 30 darab

U.L.E.M.A. = upper limb evaluation in motion analysis



4. ábra

A scapulamozgások sematikus ábrája, a mozgások tengelyeinek jelölésével: felfelé rotáció/lefelé rotáció (+/-), scapula posterior/anterior tilting (+/-), scapula protractio/retractio (+/-)

az U.L.E.M.A. szoftver a testszerte felhelyezett fizikai markerekhez és a pálcán található fizikai markerekhez viszonyít. A vizsgált alanyok karmelési gyakorlatai során a tényleges markerek helyzetében létrejött változást a VICON detektálja, a virtuális markerek helyzetében létrejött elváltozásokat az U.L.E.M.A. algoritmusok alapján számolja. Így minden mérésnél összesen 30 pont kerül rögzítésre, 17 valódi marker és 13 kalibrációs pont formájában (3. ábra).

A vállöv következő 3D kinematikai paramétereit analizáltuk a vizsgálatok során: humerus sagittalis flexio, humerus scapularis flexio, scapula felfelé rotáció/lefelé rotáció (+/-), scapula posterior/anterior tilting (+/-), scapula protractio/retractio (+/-) (4. ábra).

Résztevők

A méréseket a Semmelweis Egyetem Ortopédiai Klinikájának Járáslaborjában végeztük 2020. szeptember és 2022. szeptember között a Regionális, Intézményi Tudományos és Kutatás-Értékelési Bizottság SE RKEB 90/2020. számú engedélye alapján. A mérések során közepes kiterjedésű, teljes vastagságú (1–3 cm közötti), MR-vizsgálattal igazolt supraspinatusizom-szakadással rendelkező betegeket vizsgáltunk, és az ő eredményeiket hasonlítottuk össze egészséges emberek mérési adataival. A szakadások méretét az MR-vizsgálatok coronalis és sagittalis síkjában elemeztük, ahol felmértük a szakadás antero-posterior (sagittalis sík) és mediolateralis (coronalis sík) kiterjedését. Irodalmi adatok alapján szakadt rotátorköpeny esetében a betegek jelentős százalékában észlelhető az ellenoldalon is rotátorköpeny-patológia [18], illetve a karok dominanciája is szerepet játszik ugyanazon személyek lapockamozgásában [19, 20]. Ezt figyelembe véve választottunk kontrollcsoportnak egészséges alanyokat. A vizsgálatok elvégzéséhez 2 csoportba osztottuk a mért alanyokat. Az első csoportba (10 fő) 6 férfi és 4 nő (átlagéletkor: 59,6 [41–74] év) tartozott, egészséges emberek, akiknek korábban semmilyen vállpanaszuk nem volt, nem volt az adott vállat érintő semmilyen műtétük vagy traumájuk. A második csoportba (9 fő) 6 férfi és 3 nő tartozott (átlagéletkor 60,56 [46–71] év), akiknek 1–3 cm közé eső, izolált, teljes vastagságú supraspinatusizom-szakadásuk volt, és komoly panaszuk volt mind a fájdalmakat, mind a karjukat érintő mozgásmaradás tekintetében. A második csoportnál a panaszok miatt a későbbiekben műtéti ellátást is tervezünk. A mérések megkezdése előtt minden beteggel az állapotukat jellemző funkcionális és életminőség-kérdőíveket töltöttünk ki, hogy objektíven felmérjük a vállfunkciójukat. Az általunk alkalmazott tesztek: ASES (American Shoulder and



5. ábra | Dinamométer használata rotátorköpenytestek vizsgálata során: a kirotaációs erő mérése, a Jobe-teszt és a „bear-hug” teszt végzése közben (balról jobbra haladva)

Elbow Surgeons) Shoulder Score, Oxford Shoulder Score, Constant–Murley Score [21]. Emellett a rotátorköpenytestek elvégzése során minden egyes résztvevőnél mértük az izomerőket dinamométer segítségével [22] (5. ábra).

Mérési gyakorlatok

A gyakorlatokat ülő helyzetben végeztettük. A gyakorlat első eleme a kar flexiója (sagittalis flexio, V1-mérés), melynél megkértük a vizsgálatban részt vevőket, hogy a karjukat – maguk mellől indítva – háromszor egymás után emeljék fel az általuk elérhető maximális magassáig. A második elem a kar emelése a lapocka síkjában (scapularis flexio, V2-mérés), szintén háromszor egymás után. A mérések mindegyikéről teljes terjedelemben videofelvétel készült, melyet két kamera rögzített egyszerre, oldal- és hátsó nézetből, mivel ezekben a nézetekben értékelhető a leginkább a lapocka mozgása, így az esetleges hibás markerelhelyezés is észlelhető. Az így alkalmazott mérési eljárás előnye, hogy a mérés során nemcsak fizikai markereket alkalmazunk, hanem kalibrációs markereket is. Így a VICON és U.L.E.M.A. rendszerek együttműködése révén olyan jellegű mozgásokat is pontosan detektálhatunk, amelyek csak a fizikai markerek segítségével nem lehetségesek.

Statisztikai számolás

Score-ok: A Mann–Whitney-próba szerint szignifikáns különbség volt a kontroll- és a műtétes csoport mindhárom típusú (Oxford, ASES, CM) score-értéke között ($p < 0,0001$ mindhárom esetben) (3. táblázat).

Izomerők: Az erők esetén kétmintás t -próbával szignifikáns különbség volt kimutatható a csoportok között a Jobe-teszt ($p = 0,0008$) és a kirotaációs erők ($p = 0,0041$) során, a „bear-hug” („medveölelés”) tesztben viszont nem mutatkozott szignifikáns különbség ($p = 0,5372$). A minták normális eloszlása Lilliefors-teszttel, varianciá-

3. táblázat | A funkcionális score-ok értékei a kontroll- és a vizsgálati csoportban

	Kontrollcsoport	Vizsgálati csoport	P-érték
Oxford Score	47 ± 0,8	26,5 ± 10,21	$p < 0,0001$
ASES Score	98,1 ± 1,36	48,5 ± 19,3	$p < 0,0001$
CM Score	89,3 ± 2,45	46,3 ± 17,3	$p < 0,0001$

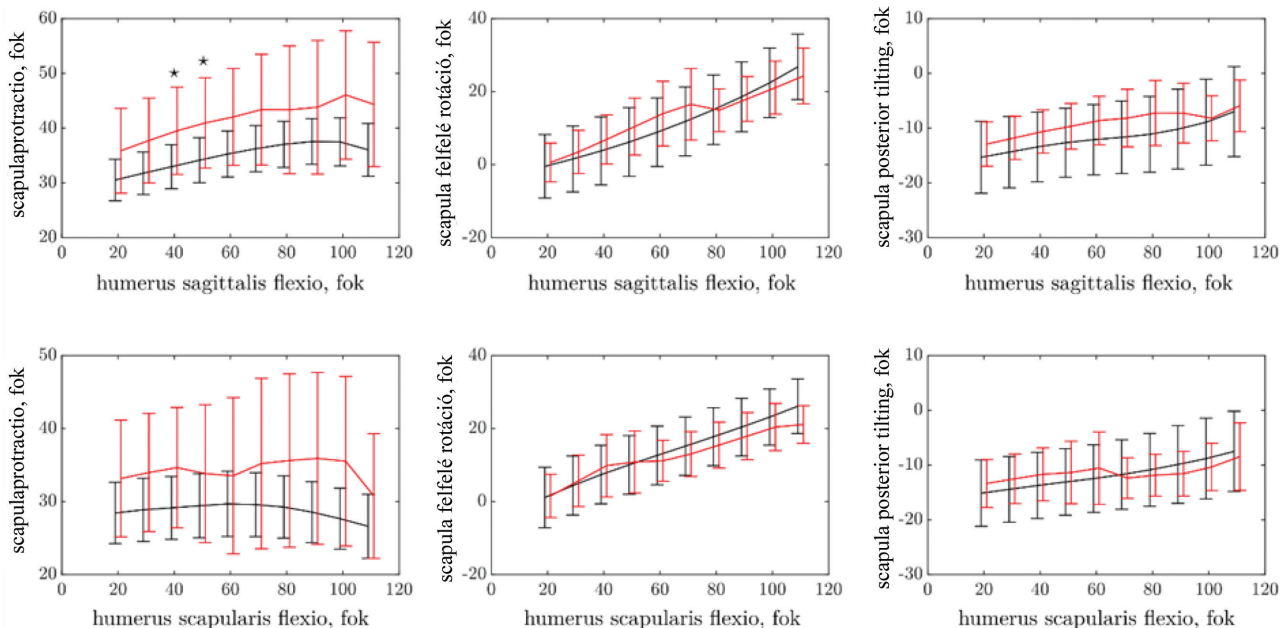
ASES = Amerikai Váll- és Könyöksebészeti Társaság; CM = Constant–Murley

juk azonossága Fisher-próbával igazolható. A szignifikanciaszint minden statisztikai teszt esetén $p = 0,05$ volt.

Maximális flexió: Egy vizsgálati alany maximális flexiója a három emelés átlagából adódott. A maximális flexio normális eloszlású volt a Lilliefors-teszt szerint mindkét csoport esetén, $p = 0,05$ szignifikanciaszint mellett. A kontrollcsoport maximális flexiója $145 \pm 10^\circ$, a szakadt rotátorköpenyű csoport maximális flexiója $99 \pm 37^\circ$ volt. A Fisher-próba eredménye szerint a két minta varianciája megegyezik. Kétmintás t -próbát végezve a kontrollcsoport és a vizsgálati csoport maximális flexiója között szignifikáns különbséget tapasztaltunk ($p = 0,002$).

Lapockamozgások: A kontrollcsoport és a szakadt rotátorköpenyű csoport V1- (sagittalis) és V2- (scapularis) emelése esetén a csoportok átlagos posterior tiltingje, protractiója és felfelé rotációja a 6. ábrán látható módon alakult. Kétmintás t -próbával vizsgálható, hogy az egyes flexiós szöghelyzetekhez tartozó posterior tilting, felfelé rotáció és protractio értékei között megfigyelhető-e szignifikáns eltérés a két csoport között. Minden adatsor normális eloszlást mutatott a Lilliefors-teszt szerint, $p = 0,05$ szignifikanciaszinten. A t -próbák eredménye az 4. táblázatban látható. Két esetben volt megfigyelhető statisztikailag szignifikáns eltérés a két csoport protractiója között $p = 0,05$ szignifikanciaszint mellett: 40° -os és 50° -os flexiónál, V1 esetén.

Minden statisztikai teszt előtt normalitásvizsgálatot végeztünk. Az adatsorok minden esetben normális eloszlásúak voltak a Lilliefors-teszt szerint $p = 0,05$ szigni-



6. ábra | V1- (sagittalis flexio) (1. sor) és V2- (scapularis flexio) (2. sor) mérés során a kar flexiójának függvényében ábrázolt scapulamozgások szögértékei. Fekete színnel a kontrollcsoport átlaggörbéje, piros színnel a szakadt rotátorköpenyes csoport átlaggörbéje, a szórásokkal kiegészítve. Csillaggal jelölve a szignifikáns eltérések

fikanciaszinten. Az összehasonlított minták varianciájának egyezőségét Fisher-próbával igazoltuk, szintén $p = 0,05$ szignifikanciaszinten. Abban az esetben, amikor a két csoport varianciája különbözőnek bizonyult, a kétmintás t -próba helyett Welch-tesztet végeztünk. Ezeket az eseteket vastagítottan jelöljük a 4. táblázatban.

Eredmények

Score-ok: A kontroll- és a vizsgálati csoport alanyainál végzett mindhárom funkcionális score (Oxford, ASES, CM) esetében szignifikánsan magasabb értéket igazoltunk a kontrollcsoport javára.

Izomerők: A mérések során szignifikánsan magasabb izomerőt észleltünk a kontrollcsoportban a Jobe-teszt és a kirotációs erők vizsgálata során, mint a vizsgálati csoportban. Ugyanakkor a „bear-hug” teszt végzése közben szignifikáns eltérést nem azonosítottunk a két csoport között.

Maximális flexio: Mind a V1- (sagittalis flexio), mind a V2- (scapularis flexio) mérések során a kontrollcsoportban szignifikánsan magasabb karemelési értékeket igazoltunk, mint a vizsgálati csoportban.

Lapockamozgások (6. ábra): Protractióban a V1- (sagittalis flexio) és a V2- (scapularis flexio) mérések mind egyikénél észleltük a szakadt rotátorköpenyes csoportban a lapocka fokozott protractiójának jelenlétét, mely az egész emelési ciklus alatt jelen van. Ez az eltérés a V1- (sagittalis flexio) mérések során a humerus 40°-os és 50°-os flexiójánál szignifikáns eltérésnek bizonyult.

A lapocka felfelé rotációjában V1- (sagittalis flexio) mérés során a vizsgálati csoportban 70°-os karemelésig

fokozott értéket észleltünk a kontrollcsoporthoz képest, majd további emelés során a lapocka felfelé rotációja elmaradt a kontrollcsoporthoz képest. V2- (scapularis flexio) mérésnél 50°-os karemelésig enyhe emelkedést, majd ezt követően folyamatos csökkenést észleltünk a scapula felfelé rotációjában a kontrollcsoporthoz képest.

Posterior tiltingben V1- (sagittalis flexio) mérésnél a szakadt rotátorköpenyes vizsgálati csoportban 20° és 90°

4. táblázat | A V1- (humerus sagittalis flexio) és V2- (humerus scapularis flexio) mérések kétmintás t -próbas eredményei (*: szignifikáns eredmény, $p < 0,05$) Abban az esetben, amikor a két csoport varianciája különbözőnek bizonyult, a kétmintás t -próba helyett Welch-tesztet végeztünk. Ezeket az eseteket vastagítottan jelöljük

Humerusflexio (°)	V1 (Humerus sagittalis flexio)			V2 (Humerus scapularis flexio)		
	Scapula posterior tilting	Scapula protractio	Scapula felfelé rotáció	Scapula posterior tilting	Scapula protractio	Scapula felfelé rotáció
20	0,363	0,089	0,761	0,489	0,136	0,903
30	0,317	0,062	0,599	0,452	0,115	0,726
40	0,277	0,047*	0,421	0,440	0,094	0,536
50	0,251	0,048*	0,312	0,572	0,234	0,854
60	0,199	0,061	0,255	0,575	0,435	0,701
70	0,249	0,095	0,330	0,841	0,350	0,616
80	0,279	0,252	0,978	0,772	0,303	0,592
90	0,419	0,273	0,904	0,639	0,239	0,561
100	0,852	0,181	0,790	0,682	0,208	0,515
110	0,799	0,182	0,608	0,825	0,260	0,254

közötti karemelésnél csökkent posterior tiltinget észleltünk a kontrollcsoporthoz képest. V2- (scapularis flexio) mérés során a vizsgálati csoportban 60°-os karemelésig csökkent posterior tiltinget, majd további emelés közben enyhe növekedést igazoltunk posterior tiltingnél a kontrollcsoporthoz képest.

Megbeszélés

Vizsgálatunk során a szakadt rotátorköpenyes csoportban a Jobe-teszt végzése során, illetve a kirotációs erők mérésekor csökkent erőket észleltünk, ami megfelel a vizsgálati csoport rotátorköpeny-sérülésének (supraspinatus izom) lokalizációjából adódó funkciócsökkenésnek. Ugyanakkor a „bear-hug” teszt végzése során érdemi eltérést nem igazoltunk a két csoport között, hiszen a rotátorköpeny anterior területén sérülést a vizsgálati csoportban MR-vizsgálattal nem igazoltunk. Eredményeink egybeesnek a *Miller és mtsai* [23] által végzett vizsgálatokkal, amelyeknél a supraspinatus izom szakadása mellett szintén az abdukciós és kirotációs erőkben találtak csökkenést.

A lapocka mozgásainak elemzésekor minden irányú scapulamo mozgásban észleltük a scapuladyskinesis jelenlétét a kontrollcsoporthoz képest, mely a protractiós mozgások esetében szignifikáns eltérésnek bizonyult. *Kijima és mtsai* [24] a vizsgálataik során egészséges emberek lapockamo mozgását hasonlították közepes méretű (1–3 cm) rotátorköpeny-szakadással bíró tünetmentes és szimptomás betegek scapulamo mozgásához. Csak a szimptomás betegeknél észleltek szignifikánsan kisebb értékeket a posterior tilting tekintetében az egészséges emberekhez képest. Az egészséges és a tünetmentes szakadt rotátorköpenyes betegek között nem észleltek szignifikáns eltérést a lapocka mozgásaiban. Jelen vizsgálatunkban mi is igazolni tudtuk a csökkent posterior tilting jelenlétét a szakadt rotátorköpenyes csoportban az egészséges csoporthoz viszonyítva, de szignifikáns eltérést nem találtunk. *Obl és mtsai* [25] a kutatásaik során egészséges embereket és szakadt rotátorköpenyes, valamint szakadt rotátorköpenyes + subacromialis „impingement” („vállütközési”) szindrómás betegeket hasonlítottak össze. Eredményeik elemzését követően a szakadt rotátorköpenyes és az egészséges emberek összehasonlítása során nem észleltek szignifikáns eltérést a lapocka orientációjában. A szakadt rotátorköpenyes + „impingement” szindrómás csoportban a lapocka felfelé rotációjában szignifikáns csökkenést igazoltak az egészséges csoporthoz képest. Kutatásunk során igazolni tudtuk a csökkent felfelé rotációt a lapocka mozgásaiban mindkét emelési síkban, de szignifikáns eltérést nem találtunk. Véleményünk szerint a csökkent felfelé rotáció hátterében a fájdalom állhat, amikor az emelések során a nagyobb szögértékek mellett a szakadt ín nyomás alá kerül az acromion által.

Kozono és mtsai [26] egészséges emberek vállmozgásait vetették össze nagy kiterjedésű (3 cm feletti) szakadt rotátorköpenyes betegekével, humeruskirotációs és sca-

pularis síkban végzett emelés során. Az elemzések során a scapularis síkban történő emeléseknél a lapocka lateralis rotációjában és a posterior tiltingben észleltek szignifikáns emelkedést a kontrollcsoporthoz képest, a protractióban nem találtak szignifikáns eltérést. *Miura és mtsai* [27] masszív rotátorköpeny-szakadással bíró betegek lapockamo mozgását elemezték, akiket egészséges emberekkel vetettek össze. Vizsgálatuk szerint a nagyobb rotátorköpeny-szakadás mellett fokozott felfelé irányuló lapockarotációt észleltek, de a posterior tilting és protractiós mozgásokban szignifikáns különbséget nem észleltek. *Wieser és mtsai* [28] a kutatásaik alatt masszív rotátorköpeny-szakadásos betegeket hasonlítottak egészséges emberekhez. A rotátorköpeny-szakadásos csoportot pseudoparalyticus és nem pseudoparalyticus alcsoportokra osztották. Vizsgálatuk eredménye szerint masszív rotátorköpeny-szakadás esetén a kar emelése során a glenohumeralis és scapulothoracalis arány a scapulothoracalis irányba tolódik el. Ezekben a vizsgálatokban a fokozott scapula felfelé rotáció hátterében feltehetően a nagy vagy masszív rotátorköpeny-szakadásból adódó, a glenohumeralis ízületben kialakult csökkent aktív mozgástartomány állt, melyet szervezetünk a fokozott lapocka felfelé rotáció, illetve esetenként a fokozott posterior tilting révén igyekszik kompenzálni.

Az ebben a témakörben végzett vizsgálatok mindegyike igazolta a scapuladyskinesis jelenlétét, de állandó mozgásminta leírását nem tudták teljesíteni. Protractióban egyik mérés sem igazolt szignifikáns eltéréseket. Ugyanakkor *Yang és mtsai* [29] kutatásai arra világítanak rá, hogy a lapocka aktív protractiója mellett a felső végtag funkciói javulnak. Vizsgálatunkban közepes kiterjedésű (1–3 cm közötti) supraspinatusizom-szakadás esetén szignifikánsan megnövekedett scapulaprotractiót észleltünk a sagittalis síkban végzett emelés során, valamint csökkent lapocka felfelé rotációt és posterior tiltinget igazoltunk sagittalis és scapularis síkban történt emelés során a kontrollcsoporthoz képest. Tehát közepes méretű (1–3 cm) supraspinatusizom-szakadások esetén a lapocka fokozott protractiója mellett a rotátorköpeny még képes fenntartani a glenohumeralis ízületben a mozgásokat és ennek révén a kar emelését a lapocka fokozott felfelé rotációja és posterior tiltingje nélkül is.

Vizsgálatunknak vannak korlátai. Az első a relatív kicsi esetszám. A második, hogy a vizsgálatokat csak sagittalis és scapularis síkban történő flexio során vizsgáltuk, rotációs mozgásokat nem elemeztünk. A harmadik, hogy a kontrollcsoport esetében nem készült MR-vizsgálat, csak ultrahangvizsgálatot készítettünk. Ugyanakkor több tényező a vizsgálatunk erősségét támasztja alá. Az első a különálló egészséges vállú kontrollcsoport, amelynek átlagéletkora nagyon hasonló a vizsgálati csoportéhoz. A második a homogén szakadási mérettel rendelkező vizsgálati csoport, aminek révén hasonló nagyságú szakadásokat tudunk vizsgálni. Nem voltak nagy vagy masszív kiterjedésű szakadások, melyek következtében a

vizsgálati csoport elveszítette volna homogenitását. A harmadik az izomerők vizsgálata mind a kontroll-, mind a vizsgálati csoportban.

Következtetés

Az általunk végzett mérések során a lapocka mindhárom mozgásformájában igazolni tudtuk a vizsgálati csoportban a lapocka kóros mozgásmintáját, melyek közül az eltérés mértéke a protractiós mozgásokban szignifikánsnak bizonyult. A grafikonokat elemezve látható, hogy a szakadt rotátorköpenyes csoportban a lapocka alaphelyzetében is fokozott protractiós állás észlelhető (6. ábra). Vizsgálati eredményünk felveti annak lehetőségét, hogy a scapuladyskinesis egy folyamat, amelynél közepes kiterjedésű, izolált supraspinatusizom-szakadások esetén szervezetünk először fokozott scapulaprotractio révén igyekszik ellensúlyozni a rotátorköpeny-szakadásból származó glenohumeralis ízületi funkciót érintő elváltozásokat. Irodalmi adatok alapján [27–30] véleményezhető, hogy fokozódó scapuladyskinesis főként növekvő felfelé rotációval és esetenként fokozott posterior tiltinggel elsősorban nagy és masszív rotátorköpeny-szakadással bíró eseteknél észlelhető. Ezen ismeretek részben a rehabilitációs kezelések miatt fontosak, tekintve, hogy ennek révén a rehabilitációs kezelések célzottabb irányba fordíthatók [31]. Következésképpen a különböző méretű szakadások mellé más összetételű rehabilitációs kezelések párosíthatók a kóros állapotok pontos ismerete mellett. Másrészt a műtéti indikációk felállításában is szerepet játszhat, amennyiben a célzott rehabilitációs kezelések mellett nem érjük el a kívánt eredményt. A későbbiekben a nagy és masszív kiterjedésű szakadások biomechanikai elemzésének elvégzését is tervezzük.

Anyagi támogatás: A közlemény megírása és a kutatómunka anyagi támogatásban nem részesült. A közlemény doktori munka részét képezi.

Szerzői munkamegosztás: Ny. Z., Sz. N., V. A., T. T., G. T.: Mérések végzése. S. G.: Műtétek végzése. M. Cs. A.: Statisztikai számítások végzése. Ny. Z., S. G.: Irodalomkutatás, a közlemény megírása. A cikk végleges változatát valamennyi szerző elolvasta és jóváhagyta.

Érdekltségek: A szerzőknek nincsenek érdekltségeik.

Irodalom

- [1] Kovács DN, Moldoványi M, Varga V, et al. Scapular dyskinesis: the origo of shoulder lesions? [Scapuladyskinesis: a vállleváltozások origója?] Orv Hetil. 2021; 162: 587–594. [Hungarian]
- [2] Bíró Cs, Lukács Á, Balasa T, et al. Operative treatment of acute acromioclavicular joint dislocation with anatomic reconstruction. [Akut acromioclavicuális ízületi ficamok műtéti kezelése anatómiai rekonstrukcióval.] Orv Hetil. 2022; 163: 1992–1999. [Hungarian]
- [3] Teixeira D, Alves L, Gutteries M. The role of scapular dyskinesia on rotator cuff tears: a narrative review of the current knowledge. EFORT Open Rev. 2021; 6: 932–940.
- [4] Huang TS, Ou HL, Huang CY, et al. Specific kinematics and associated muscle activation in individuals with scapular dyskinesia. J Shoulder Elbow Surg. 2015; 24: 1227–1234.
- [5] Parel I, Jaspers E, De Baets L, et al. Motion analysis of the shoulder in adults: kinematics and electromyography for the clinical practise. Eur J Phys Rehabil Med. 2016; 52: 575–582.
- [6] Kibler WB, McMullen J. Scapular dyskinesia and its relation to shoulder pain. J Am Acad Orthop Surg. 2003; 11: 142–151.
- [7] Minagawa H, Yamamoto N, Abe H, et al. Prevalence of symptomatic and asymptomatic rotator cuff tears in the general population: from mass-screening in one village. J Orthop. 2013; 10: 8–12.
- [8] Lawrence RL, Moutzourou V, Bey MJ. Asymptomatic rotator cuff tears. JBJS Rev. 2019; 7: e9.
- [9] Kertész Németh B, Terebessy T, Bejek Z. Intact and limited in movement kayak athletes biomechanics motion analysis and comparative examination. [Ép és mozgásukban korlátozott kajakos sportolók biomechanikai mozgáselemzése és összehasonlító vizsgálata.] Orv Hetil. 2019; 160: 2061–2066. [Hungarian]
- [10] Ludewig PM, Reynolds JF. The association of scapular kinematics and glenohumeral joint pathologies. J Orthop Sports Phys Ther. 2009; 39: 90–104.
- [11] Mell AG, LaScala S, Guffrey P, et al. Effect of rotator cuff pathology on shoulder rhythm. J Shoulder Elbow Surg. 2005; 14(1 Suppl): 58S–64S.
- [12] Scibek JS, Mell AG, Downie BK, et al. Shoulder kinematics in patients with full-thickness rotator cuff tears after subacromial injection. J Shoulder Elbow Surg. 2008; 17: 172–181.
- [13] Karduna AR, McClure PW, Michener LA, et al. Dynamic measurements of three-dimensional scapular kinematics: a validation study. J Biomech Eng. 2001; 123: 184–190.
- [14] Prinold JA, Shaheen AF, Bull AM. Skin-fixed scapula trackers: a comparison of two dynamic methods across a range of calibration positions. J Biomech. 2011; 44: 2004–2007.
- [15] Jaspers E, Monari D, Molenaers G, et al. U.L.E.M.A. – Upper limb evaluation in movement analysis: open source custom made MATLAB based software. Gait Posture 2014; 39: S76–S77.
- [16] Wu G, van der Helm FC, Veeger HE, et al. ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion. Part II: shoulder, elbow, wrist and hand. J Biomech. 2005; 38: 981–992.
- [17] Jaspers E, Feys H, Bruyninckx H, et al. Upper limb kinematics: development and reliability of a clinical protocol for children. Gait Posture 2011; 33: 279–285.
- [18] Yamaguchi K, Tetro AM, Blam O, et al. Natural history of asymptomatic rotator cuff tears: a longitudinal analysis of asymptomatic tears detected sonographically. J Shoulder Elbow Surg. 2001; 10: 199–203.
- [19] Matsuki K, Matsuki KO, Mu S, et al. In vivo 3-dimensional analysis of scapular kinematics: comparison of dominant and non-dominant shoulders. J Shoulder Elbow Surg. 2011; 20: 659–665.
- [20] Rossi DM, Resende RA, Fayão JG, et al. Interaction of scapular dyskinesia with hand dominance on three-dimensional scapular kinematics. J Bodyw Mov Ther. 2022; 30: 89–94.
- [21] Constant CR, Gerber C, Emery RJ, et al. A review of the Constant score: modifications and guidelines for its use. J Shoulder Elbow Surg. 2008; 17: 355–361.
- [22] Rawat P, Eapen C, Seema KP. Effect of rotator cuff strengthening as an adjunct to standard care in subjects with adhesive capsulitis: a randomized controlled trial. J Hand Ther. 2017; 30: 235–241.e8.
- [23] Miller JE, Higgins LD, Dong Y, et al. Association of strength measurement with rotator cuff tear in patients with shoulder

- pain: the rotator cuff outcomes workgroup study. Am J Phys Med Rehabil. 2016; 95: 47–56.
- [24] Kijima T, Matsuki K, Ochiai N, et al. In vivo 3-dimensional analysis of scapular and glenohumeral kinematics: comparison of symptomatic or asymptomatic shoulders with rotator cuff tears and healthy shoulders. J Shoulder Elbow Surg. 2015; 24: 1817–1826.
- [25] Ohl X, Hagemeister N, Zhang C, et al. 3 D scapular orientation on healthy and pathologic subjects using stereoradiographs during arm elevation. J Shoulder Elbow Surg. 2015; 24: 1827–1833.
- [26] Kozono N, Takeuchi N, Okada T, et al. Dynamic scapulohumeral rhythm: comparison between healthy shoulders and those with large or massive cuff tear. J Orthop Surg (Hong Kong) 2020; 28: 2309499020981779.
- [27] Miura Y, Kai Y, Morihara T, et al. Three-dimensional scapular kinematics during arm elevation in massive rotator cuff tear patients. Prog Rehabil Med. 2017; 2: 20170005.
- [28] Wieser K, Rahm S, Schubert M, et al. Fluoroscopic, magnetic resonance imaging, and electrophysiologic assessment of shoulders with massive tears of the rotator cuff. J Shoulder Elbow Surg. 2015; 24: 288–294.
- [29] Yang J, Lee J, Lee B, et al. The effects of active scapular protraction on the muscle activation and function of the upper extremity. J Phys Ther Sci. 2014; 26: 599–603.
- [30] Kolk A, Henseler JF, de Witte PB, et al. The effect of a rotator cuff tear and its size on three dimensional shoulder motion. Clin Biomech. 2017; 45: 43–51.
- [31] Sciascia A, Kibler WB. Current views of scapular dyskinesis and its possible clinical relevance. Int J Sports Phys Ther. 2022; 17: 117–130.

(Nyőgér Zoltán dr.,
Győr, Vasvári Pál u. 2–4., 9023
e-mail: nyogerzoltan@gmail.com)

„*Quam est felix vita quae sine odiis transiit.*”
(Milyen szerencsés is az élet, mely gyűlölködés nélkül telik.)

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)