

HUMERALNA RETROTORZIJA KOD SPORTAŠA U HVATAČKO-BACAČKIM SPORTOVIMA

Šestak, Marko

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:875385>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje visoke stručne spreme
i stručnog naziva magistar kineziologije)

Marko Šestak

HUMERALNA RETROTORZIJA KOD
SPORTAŠA U HVATAČKO-BACAČKIM
SPORTOVIMA

(diplomski rad)

Mentor:

prof. dr. sc. Marija Rakovac

Zagreb, srpanj, 2020.

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završena verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

prof. dr .sc. Marija Rakovac

Student:

Marko Šestak

HUMERALNA RETROTORZIJA KOD SPORTAŠA U HVATAČKO-BACAČKIM SPORTOVIMA

Sažetak

Bez obzira na vrstu tjelesne aktivnosti kojom se bavimo, u profesionalnom, ali i rekreativnom sportu, dolazi do mnogih adaptivnih promjena u našem organizmu. Uzimajući u vid biomehaničke strukture gibanja tijela, za vrijeme izvođenja hvatačkih i bacačkih pokreta, dolazi do koštanih, mišićnih, tetivnih i ostalih prilagodba kod ekstremiteta koji dominantno sudjeluju u vršenju pokreta. Cilj ovog rada je pregled i sistematična analiza znanstvenih radova objavljenih u bibliografskoj bazi Medline koji opisuju humeralnu retrotorziju kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima. U pretrazi su korištene ključne riječi „humeral torsion AND/OR humeral retortorsion AND/OR humeral retroversion“ i ograničenje Species: Humans. Pretragom je pronađeno 297 članaka. U detaljniju analizu uključena su 23 članka, koji su bili grupirani u četiri skupine i prikazuju rezultate istraživanja humeralne retrotorzije kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima. Rezultati potvrđuju postojanje jasnih adaptivnih promjena na humerusu, jer su zabilježene u brojnim istraživanjima, dok povezanost humeralne retrotorzije s ozljedama, trajanjem sportskog staža i/ili karakteristikama treninga i dominantnosti ruke treba detaljnije istražiti zbog nedovoljnog broja provedenih studija.

Ključne riječi: tjelesna aktivnost, koštane prilagodbe, retroverzija

HUMERAL RETROTORSION IN ATHLETES IN CATCHING AND THROWING SPORTS

Abstract

Regardless of the type of physical activity we do, in professional and recreational sports, there are many adaptive changes in our body. Taking into account the biomechanical structure of body movements, during the performance of catching and throwing movements, there are bone, muscle, tendon and other adaptations in the extremities, which dominantly participate in the movement. The aim of this research is to review and systematically analyze scientific papers published in the Medline bibliographic database that describe humeral retortorsion in athletes in catch-and-throw sports. The keywords "humeral torsion AND / OR humeral retortorsion AND / OR humeral retroversion" and the limit Species: Humans were used in the search. Search yielded 297 articles. A more detailed analysis included 23 articles, which were grouped into four groups and show the results of the studies of humeral retortorsion in athletes in catch-and-throw sports. The results indicate clear adaptive changes in the humerus, as they have been reported in numerous studies, while association of humeral retortorsion with injuries, duration of sports career and/or training characteristics, and arm dominance need to be confirmed in further studies.

Key words: physical activity, bone adaptations, retroversion

Sadržaj

1. Uvod.....	3
1.1 Humeralna retrotorzija.....	4
1.1.1 Definicija.....	4
1.1.2 Načini mjerenja	4
1.1.3 Promjene kuta tijekom života.....	5
1.2 Dosadašnje spoznaje o humeralnoj retrotorziji kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima	6
2. Cilj rada.....	8
3. Metode istraživanja	9
4. Rezultati	10
4.1 Adaptivne promjene humerusa kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima	10
4.2 Povezanost humeralne retrotorzije i ozljeda kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima	20
4.3 Povezanost humeralne retrotorzije i trajanja sportskog staža i/ili karakteristika treninga	25
4.4 Humeralna retrotorzija i dominantnost ruke.....	29
5. Rasprava.....	32
6. Zaključak.....	35
7. Literatura	36

1. Uvod

Ponavljajuća tjelesna aktivnost, posebno ako se radi o profesionalnom sportu, sa sobom nosi određene adaptacije i promjene našeg tijela. U to spadaju i koštane adaptacije na mehaničko opterećenje (Warden, 2006).

Kod sportova koji uključuju pokrete bacanja i hvatanja dolazi do različitih koštanih prilagodbi nadlaktične kosti i prilagodbi ramenog zgloba u vidu zadebljanja zglobne čahure, povećavanja opsega pokreta vanjske rotacije i smanjivanja opsega unutarnje rotacije, što može pozitivno, ali i negativno utjecati na karijeru i zdravlje osoba koje provode takve aktivnosti. Promjene su izraženije kod dominantne ruke, odnosno ekstremiteta koji najviše izvodi pokret.

Fiziološke prilagodbe bacanju, dakle, uključuju povećanu vanjsku rotaciju, pojačanu humeralnu i glenoidnu retroverziju (usmjerenost glave nadlaktične kosti i glenoidne udubine lopatice) i prednju labavost čahure, što sve, zajedno s velikim silama i amplitudama pokreta koje se manifestiraju za vrijeme izvođenja takvih aktivnosti, može predisponirati pojedinca na tzv. unutarnji impingement (Drakos, Rudzki, Allen, Potter i Altchek, 2009). Unutarnji impingement označava niz patoloških stanja, uključujući, ali nije ograničeno, na razdore rotatorne manšete, labralne razdore, tendinitis bicepsa, prednju nestabilnost, deficit unutarnje rotacije i skapularnu disfunkciju (Drakos i sur., 2009).

Tema ovoga rada je koštana prilagodba na dugotrajne i ponavljane pokrete hvatanja i bacanja u sportu. Uočeno je da se kod sportaša iz skupine sportova koje karakteriziraju ovi pokreti pojavljuje povećan tzv. kut retrotorzije humerusa.

1.1 Humeralna retrotorzija

1.1.1 Definicija

Humeralna retrotorzija (ili retroverzija) općenito se definira kao kutna razlika između orijentacije humeralne glave na proksimalnom kraju i fleksijsko-ekstenzijske osi lakta na distalnom dijelu humerusa (Oh, Kim i Cayetano, 2017). Ako se kroz glavu humerusa provuče jedna linija, a kroz medijalni i lateralni epikondil distalno druga linija, one će međusobno zatvarati kut – kut retrotorzije (Slika 1). Glava humerusa je uobičajeno za 14-20° zakrenuta prema natrag u odnosu na os koja prolazi kroz epikondile na distalnom kraju humerusa (Aumüller i sur., 2018). Uz humeralnu retroverziju je povezan povećan opseg pokreta vanjske rotacije i smanjena unutarnja rotacija ramena pri 90° abdukcije (Quadros i Dohnert, 2015).



Slika 1. Model desnog humerusa, prikazan odozgo, s naznačenom osi glave humerusa (proksimalno, označeno crvenom linijom) i osi kroz epikondile humerusa (distalno, označeno plavom linijom). U vertikalnoj projekciji dvije osi zatvaraju kut humeralne retrotorzije.

1.1.2 Načini mjerenja

Humeralna retrotorzija mjeri se, dakle, kao kut koji formiraju os koja prolazi kroz humeralnu glavu i vrat i poprečna os koja prolazi kroz epikondile na distalnom kraju, gledajući u

vertikalnoj (proksimalno-distalnoj) projekciji uzduž humerusa (Kinsella, Thomas, Huffman i Kelly, 2014).

Postupci kojima se humeralna retrotorzija može izmjeriti su ultrazvučna tehnika, kompjuterizirana tomografija, radiografska metoda, kroz bicipito-podlaktični kut, uz palpaciju i korištenje inklinometra. Bicipito-podlaktični kut je kut koji se mjeri između podlaktice (ulne) i vertikale, kao pokazatelj humeralne retrotorzije (ovakvo mjerenje je moguće jer je ulna okomita na epikondilarnu os distalnog kraja humerusa, koja s linijom koja povezuje veliku i malu kvržicu (*tuberculum maius et minus*) proksimalnog humerusa zatvara kut retrotorzije) (Dashottar i Borstad, 2013).

Po dosadašnjim istraživanjima čini se kako je najpopularnija, odnosno najčešće korištena ultrazvučna tehnika.

1.1.3 Promjene kuta tijekom života

Fetalni humerus pokazuje značajno veći stupanj retrotorzije u odnosu na humerus odraslih, čak do 87°, dok se za vrijeme rasta i razvoja retrotorzija smanjuje do vrijednosti od 30° i manje u odrasloj dobi (Kinsella i sur., 2014). Aktivnosti kao što su plivanje, bacanje, smečiranje ili serviranje utječu na mobilnost, stabilnost i postavljaju funkcionalne zahtjeve koji su jedinstveni za određeni sport, što uvelike utječe na promjene koje se zbivaju pretežito u dominantnom ramenu sportaša. To se ponajviše odnosi na povećanu vanjsku rotaciju, te smanjenu unutarnju rotaciju ramenog zgloba dominantne ruke. Bacači, koji su s bacačkim aktivnostima započeli u dječjoj dobi (*Little League*), često imaju više od 45° retroverzije u odrasloj dobi (Kinsella i sur., 2014).

1.2 Dosadašnje spoznaje o humeralnoj retrotorziji kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima

O humeralnoj retrotorziji objavljeno je više preglednih radova.

Kay i sur. (2018) su u svome istraživanju nastojali istražiti adaptacije humerusa i mekih tkiva, uključujući humeralnu retroverziju, opseg pokreta i promjene na stražnjoj strani zglobne čahure ramenog zgloba, kod sportaša bacačkih sportova. Od ukupno analiziranih 14 istraživanja, deset je procjenjivalo razlike između humeralne retroverzije dominantne i nedominantne ruke (u svima, retroverzija je bila značajno veća u dominantnoj ruci), 11 ih je uspoređivalo opsege pokreta između dominantne i nedominantne ruke, pri čemu je unutarnja rotacija bila manjeg, a vanjska rotacija većeg opsega u dominantnoj ruci. Utvrđena je i značajna negativna korelacija između krutosti stražnje strane zglobne čahure i unutarnje rotacije ramena, veća debljina stražnje čahure u dominantnoj ruci (kod 4 istraživanja), značajna negativna korelacija između debljine stražnjeg dijela čahure i opsega unutarnje rotacije (u 3 istraživanja), te značajna pozitivna korelacija između debljine stražnje čahure i stupnja vanjske rotacije (u jednom istraživanju). Autori su zaključili da se kod sportaša u bacačkim sportovima konzistentno pojavljuje nekoliko jasnih promjena u dominantnom ramenu, koje uključuju povećanu humeralnu retroverziju, zadebljanje i povećanu krutost stražnje strane zglobne čahure, uz čestu prisutnost smanjenog opsega unutarnje rotacije i povećan opseg vanjske rotacije dominantne ruke (Kay i sur., 2018).

Borsa, Laudner i Sauers (2008) objavili su iscrpan pregledni rad o zahtjevima za stabilnost i mobilnost ramenog zgloba kod sportaša u sportovima s velikim udjelom pokreta iznad vodoravne linije, odnosno iznad 90°, uz prikaz adaptivnih promjena i sindroma prenaprezanja karakterističnih kod ove skupine sportaša. Pregledom su potvrdili da se koštane prilagodbe u obliku humeralne i glenoidne retrotorzije pojavljuju u dominantnom ramenu kod sportaša bacača. Smatra se da se promjene vezane uz retroverziju razvijaju kod mladih bacača preadolescentne dobi (između 12 i 16 godina), prije zatvaranja proksimalne epifizne ploče humerusa (Borsa, Laudner i Sauers, 2008). Pretpostavlja se da retrotorzija djeluje kao mehanizam za kontrolu aktivnosti iznad 90°, poput bacanja, i sprječava prekomjerno naprezanje zglobne čahure i ligamenata. Autori zaključuju da su, usprkos postojanju dokaza o koštanim prilagodbama, potrebna daljnja istraživanja za utvrđivanje jasne povezanosti između

izmijenjene pokretljivosti i strukturnih adaptacija dominantnog ramena kod sportaša bacača (Borsa, Laudner i Sauers, 2008).

Helmkamp i sur. (2020) u svojem sistematskom preglednom radu i meta-analizi na 32 istraživanja utvrđuju odnos između humeralne retrotorzije, opsega pokreta i rizika od ozljede kod bejzbol igrača, te stupanj humeralne torzije s obzirom na natjecateljsku razinu. Nije bilo razlike u humeralnoj torziji između bejzbol igrača s ozljedom ramena i lakta i neozlijeđenih igrača. Za svaki stupanj povećanja unutarnje rotacije, utvrđeno je povećanje humeralne torzije za $0,65^\circ$. Humeralna torzija nije objašnjavala opseg vanjske rotacije i horizontalne adukcije te nije bilo razlike u humeralnoj torziji između srednjoškolaca, studenata, ili sportaša na profesionalnoj razini (Helmkamp i sur., 2020).

Zaključno, autori nisu utvrdili vezu između humeralne torzije i rizika od ozljede. Humeralna torzija je objasnila 65% opsega pokreta unutarnje rotacije, ali nije bilo povezanosti s vanjskom rotacijom i horizontalnom adukcijom, te se nije utvrdila nikakva razlika u humeralnoj torziji što se tiče natjecateljske razine, uz napomenu da se adaptacija humeralne torzije može razviti već prije srednje škole (Helmkamp i sur., 2020).

Kibler, Sciascia i Thomas (2012) opisuju deficit glenohumeralne unutarnje rotacije (GIRD, *eng. Glenohumeral Internal Rotation Deficit*) i deficit ukupnog opsega pokreta (TAMD, *eng. Total Arc of Motion Deficit*) koji je suma unutarnje i vanjske rotacije. Radi se o značajnim promjenama opsega pokreta rotacije u ramenom zglobo, što narušava optimalnu glenohumeralnu artrokinematiku koja je povezana s ozljedom ramena i lakta. Deficitu pokreta mogu doprinijeti koštane, kapsularne i mišićne promjene, s time da najvjerojatnije najveći značaj imaju kapsularne i mišićne promjene. Autori naglašavaju da različiti tipovi istezanja i tehnika mobilizacije povećavaju opseg pokreta i smanjuju naveden rotacijski deficit te da je utvrđeno da će velika većina sportaša dobro će reagirati na te programe. Budući da su GIRD i TAMD povezani s patofiziologijom ozljeda, imaju tendenciju napredovanja tijekom igračke sezone i reagiraju na korektivne vježbe, preporuka je da se kontroliraju u predsezoni i tijekom sezone, uz primjenu programa mobilizacije/istezanja na svim natjecateljskim razinama (Kibler, Sciascia i Thomas, 2012).

Većina dosadašnjih istraživanja je parcijalno, s pojedinih aspekata istraživala temu humeralne retrotorzije kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima. Nedostaje recentnijih obuhvatnih pregleda koji ujedinjuju različite pristupe ovoj temi.

2. Cilj rada

Cilj rada je pregled i sistematična analiza znanstvenih radova objavljenih u bibliografskoj bazi Medline koji opisuju humeralnu retrotorziju kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima.

3. Metode istraživanja

U svrhu pronalaženja dosad objavljenih članaka koji proučavaju humeralnu retrotorziju, u ožujku 2020. godine pretražena je bibliografska baza Medline. U pretrazi su korištene ključne riječi „humeral torsion AND/OR humeral retrotorsion AND/OR humeral retroversion“ i ograničenje Species: Humans. Pretragom je pronađeno 297 članaka. Pretraživanjem naslova i sažetaka izdvojeni su članci koji nisu odgovarali temi te pregledni članci u kojima se spominje humeralna retrotorzija koji su zasebno opisani u uvodnom dijelu ovoga rada.

U daljnju analizu uključeni su članci (ukupno 23) koji prikazuju rezultate istraživanja humeralne retrotorzije kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima. Članci su grupirani u četiri tematske skupine:

- adaptivne promjene kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima (14 članaka)
- povezanost između humeralne retrotorzije i ozljeda (4 članka)
- retrotorzija i dužina sportskog staža i/ili karakteristike treninga (4 članka, od kojih jedan spomenut i u prethodnoj tematskoj skupini)
- retrotorzija i dominantnost ruke (2 članka).

4. Rezultati

4.1 Adaptivne promjene humerusa kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima

Tablica 1 prikazuje karakteristike objavljenih istraživanja koja su proučavala adaptivne promjene ramenog zgloba kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima. Opisani su cilj i dizajn istraživanja, uzorak ispitanika, mjerene varijable i metode te rezultati i zaključci.

Tablica 1. Karakteristike istraživanja o adaptivnim promjenama kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima

Autor, godina izdanja, država	Cilj i dizajn istraživanja	Uzorak ispitanika broj ispitanika (n) spol (M/Ž) prosječna dob (AS±SD) sport pozicija u sportu razina natjecanja	Mjerene varijable i metode	Rezultati	Zaključci
1.Vogler i sur., 2019, Njemačka	Cilj: Usporediti opseg pokreta u ramenu i debljinu stražnjeg dijela zglobne čahure ramena između dominantne i nedominantne ruke sportaša te između dominantne ruke sportaša i kontrolne skupine. Dizajn: presječno istraživanje	n=46 23 rukometaša (13M, 10Ž) prosječne dobi 22,8 g. (raspon, 18–29 g.), sveučilišna klupska razina; prosjek treniranja 14 g. (raspon 6-21 g.) kontrolna skupina: 23 sportaša iz nebacačkih sportova (10M, 13Ž) prosječne dobi 23,5 g. (raspon, 19–31 g.)	Humeralna retrotorzija – mjerena ultrazvukom Debljina stražnjeg dijela zglobne čahure ramena – mjerena ultrazvukom Opseg pokreta u ramenom zglobu – mjereno inklinometrom, u ležećem položaju	Humeralna retrotorzija (prosječno (raspon)): Dominantno rame rukometaša 11,7°(0,2°-27,7°) Nedominantno rame 9,2°(1,1°-21,6°)(p=0,057 u odnosu na dominantno) Kontrolna skupina – dominantno rame 10,8°(1,5°-21,4°)(p=0,672 u odnosu na rukometaše) Debljina čahure: Dominantno rame rukometaša 1,4mm (1,0-2,2 mm) Nedominantno rame 1,3 mm (0,6–2,6 mm)(p=0,071) Kontrolna skupina 1,2mm (0,8–1,6 mm)(p=0,028) Vanjska rotacija: Dominantno rame rukometaša 113°(80°– 160°) Nedominantno rame 104°(70°– 160°)(p=0,002) Kontrolna skupina 104°(80°– 135°)(p=0,016) Unutrašnja rotacija:	Rukometaši su imali povećanu debljinu stražnjeg dijela zglobne čahure dominantnog ramena bez promjena humeralne retrotorzije, te povećan opseg vanjske rotacije bez razlike u unutarnjoj rotaciji, u odnosu na kontrolnu skupinu. Rezultati sugeriraju da je usporedba dominantnog ramena sportaša iz bacačkih sportova s dominantnim ramenom sportaša iz nebacačkih sportova preporučljiva u evaluaciji adaptivnih promjena dominantne strane od usporedbe dominantnog i nedominantnog ramena samog sportaša.

				Dominantno rame rukometaša $60^{\circ}(35^{\circ}-90^{\circ})$ Nedominantno rame $65^{\circ}(40^{\circ}-90^{\circ})(p=0,014)$ Kontrolna skupina $58^{\circ}(45^{\circ}-80^{\circ})(p=0,618)$	
2.Reuther i sur., 2018, SAD	Cilj: odrediti adaptacije opsega pokreta, kostiju i mekog tkiva bilateralno i ispitati povezanost između kliničkog opsega pokreta i humeralne retroverzije, odnosno korigiranog opsega pokreta Dizajn: presječno istraživanje	n=30 Profesionalni bacači u bejzbolu prosječne dobi $22,5\pm 3,5$ g.), prosječne mase $96,1\pm 8,8$ kg) i prosječne visine $190,8\pm 4,9$ cm)	Humeralna retrotorzija- mjerena ultrazvučnom tehnikom Debljina stražnje čahure ramenog zgloba – mjerena ultrazvučnom tehnikom Opseg unutarnje i vanjske rotacije u ramenom zglobu- mjeran inklinometrom	Humeralna retrotorzija Dominantna ruka $-10,9^{\circ}\pm 11,1^{\circ}$ Nedominantna ruka $-28,3^{\circ}\pm 10,6^{\circ}$ (p=,0001) Vanjska rotacija Dominantna ruka $98,5^{\circ}\pm 8,6^{\circ}$ Nedominantna ruka $96,2^{\circ}\pm 7,1^{\circ}$ (p=,0001) Debljina stražnje čahure Dominantna ruka $0,22\pm 0,04$ mm Nedominantna ruka $0,18\pm 0,03$ mm (p=,001) Unutarnja rotacija Dominantna ruka $49,6^{\circ}\pm 7,9^{\circ}$ Nedominantna ruka $60,7^{\circ}\pm 9,3^{\circ}$ (p=,01) Ukupni pokret Dominantna Ruka $148,1^{\circ}\pm 9,9^{\circ}$ Nedominantna ruka $156,9^{\circ}\pm 9,1^{\circ}$ (p=,0001) Deficit unutarnje rotacije ramenog zgloba(GIRD) Neispravljen $-11,1^{\circ}\pm 9,1^{\circ}$ Ispravljen $6,4^{\circ}\pm 9,0^{\circ}$ (p=,0001) Prirast vanjske rotacije (ERG) Neispravljena $2,3^{\circ}\pm 6,7^{\circ}$	Utvrđene su bilateralne razlike u više parametara opsega pokreta. Glenohumeralni deficit unutarnje rotacije i povećanje vanjske rotacije preciznije odražavaju doprinos promjena mekih tkiva opsegu pokreta. Mjerenje humeralne retroverzije nije uvijek praktično izvedivo te je klinički teško razlikovati doprinos adaptacije koštanog od doprinosa promjenama u opsegu pokreta.

				Ispravljena $-15,2^{\circ} \pm 9,1^{\circ}$ ($p=,0001$) Korelacija između razlike u ukupnom pokretu i ispravljene humeralne retroverzije(HR) GIRD (0,477, $P=,01$) i ERG (0,457, $P=,01$)	
3.Kurokawa i sur., 2017 Japan	Cilj: utvrditi kada se počinju pojavljivati razlike u humeralnoj retroverziji dominantne i nedominantne ruke kod igrača bejzbola Dizajn: retrospektivno <i>case-control</i> istraživanje	$n=172$ Muški igrači bejzbola osnovnoškolske dobi. Prosječna visina $133,0 \pm 10,5$ cm. Prosječna težina $30,3 \pm 8,2$ kg. 41 dječak iz prvog razreda, 33 iz drugog razreda, 26 iz trećeg, 33 iz četvrtog, 29 iz petog, 10 iz šestog razreda	Humeralna retrotorzija Mjerena ultrazvukom Bicipitalno-podlaktični kut (BFA) Mjeren digitalnim inklinometrom Opseg pokreta Mjeren inklinometrom	BFA Kod dominantne ruke $17^{\circ} \pm 12^{\circ}$, a $19^{\circ} \pm 12^{\circ}$ kod nedominantne ruke. BFA kod nedominantne ruke značajno se povećavao kod dječaka viših razreda ($r=0,32$, $p<,0001$), ali nije bilo značajne korelacije kod ramena dominantne ruke ($r = 0,08$, $p=,29$). Od prvog do trećeg razreda nije bilo razlika između BFA kuta dominantne i nedominantne ruke. Od četvrtog do šestog razreda kut je bio značajno veći kod nedominantne ruke.	Humeralna retroverzija se smanjuje s dobi u nedominantnoj, ali ne i u dominantnoj ruci. Razlike u humeralnoj retroverziji počinju se manifestirati oko četvrtog razreda (početak zamaha rasta kod dječaka). Autori sugeriraju da bi to moglo biti povezano s ponavljajućim pokretima bacanja koji mijenjanju (ograničuju) fiziološki proces derotacije humerusa.
4.Greenberg i sur., 2016 SAD	Cilj: utvrditi utjecaj bacačkih aktivnosti i dobi na razvoj asimetrije u humeralnoj retrotorziji i opsegu pokreta u ramenu dominantne i nedominantne ruke Dizajn: presječno istraživanje	$n=153$ Dob - raspon 8-14 g. (prosječna dob $11,5$ g.), svi su sudjelovali u bacačkim ili drugim sportskim aktivnostima. 85 bacača i 68 nebacača.	Humeralna tetrotorzija Mjerena ultrazvukom Vanjska i unutarnja rotacija u ramenu te ukupan opseg pokreta pri 90° abdukcije Mjerene digitalnim inklinometrom	Humeralna retroverzija Bacačka skupina pokazala je veću asimetriju od nebacačke ($8,7^{\circ}$ nasuprot $4,8^{\circ}$), pri čemu je dominantna ruka imala veću retrotorziju. Izmjerena je i značajna razlika u humeralnoj retrotorziji između mlađih ispitanika dobi 8-10,5 g. ($3,9^{\circ}$) i ranih tinejdžera dobi 12,5-14,9 g. ($8,8^{\circ}$). Bacačka skupina je također pokazala veću razliku u vanjskoj rotaciji između dominantne i nedominantne ruke ($5,2^{\circ}$ nasuprot $1,8^{\circ}$) kao i u	Bacačke aktivnosti uzrokuju adaptivne promjene u humeralnoj retroverziji i opsegu pokreta ramenog zgloba kod mladih bejzbol igrača u ranoj dobi. Uz humeralnu retroverziju i ostali čimbenici utječu na pokrete u ramenu unutar ove populacije.

				unutarnjoj rotaciji ($-6,0^\circ$ nasuprot $-2,7^\circ$), ukazujući na manju unutarnju rotaciju na dominantnoj strani u odnosu na nebacače. Značajne razlike u unutarnjoj rotaciji ramenog zgloba postojale su između mlađe skupine (8-10,5 g.) i ranih tinejdžera ($12,5-14,9$ g.) ($-3,6^\circ$ nasuprot $-7,2^\circ$) te između 10,5-12,5 godišnjaka i 12,5-14,9 godišnjaka ($-3,3^\circ$ nasuprot $-7,2^\circ$). Utvrđena je pozitivna korelacija između humeralne retroverzije i vanjske rotacije koja je bila jača kod nebacača ($r=0,63$) nego kod bacača ($r=0,23$), dok je negativna korelacija postojala kod unutarnje rotacije, veća kod bacača ($r=-0,40$) nego kod nebacača ($r=-0,27$).	
5.Wyland i sur., 2012 SAD	Cilj: odrediti postoji li povezanost između humeralne retrotorzije i glenoidne retroverzije unutar istog ramena kod profesionalnih bacača Dizajn: presječno istraživanje	n=32 profesionalni bacači, prosječna dob $23,4 \pm 2,6$ g.	Humeralna retrotorzija (HRT) Mjerena ultrazvučnom tehnikom Glenoidna retroverzija (GRV) Određena iz rendgenskih snimki	HRT i GRV bile su značajno veće na dominantnoj strani (HRT-dominantna $9,0^\circ \pm 11,4^\circ$, nedominantna $22,1^\circ \pm 10,07^\circ$, $p < ,001$; GRV-dominantna $8,6^\circ \pm 6,0^\circ$, nedominantna $4,9^\circ \pm 4,8^\circ$, $p = ,001$). U istom ramenu utvrđena je značajna pozitivna povezanost na dominantnoj strani ($r=0,43$, $p = ,016$), ali ne i na nedominantnoj strani ($r = -0,13$, $p = ,50$).	Istovremeno povećanje HRT i GRV u dominantnom ramenu opaženo je kao „omjer bacača“ u iznosu 2:1. Činjenica da takav odnos nije primijećen na nedominantnom ramenu sugerira da su koštana adaptacija proksimalnog humerusa i glenoida povezane tijekom skeletnog razvoja u dominantnom ramenu bacača, ali hipotezu je potrebno potvrditi longitudinalnim istraživanjima.
6.Roach i sur., 2012 USA	Cilj: razjasniti i generalizirati odnos između humeralne torzije i opsega pokreta rotacije u	n=25 (18-35 g). 13 sveučilišnih sportaša i 12 ispitanika koji nisu bili sportaši	Humeralna retroverzija Mjerena kompjuteriziranom tomografijom	Rezultati pokazuju da je humeralna torzija negativno povezana (goniometrija: $r=0,409$, $p = ,047$; kinematika: $r=0,442$, $p = ,035$) s opsegom vanjske	Autori predlažu metodu za neinvazivno procjenjivanje stupnjeva torzije u istraživanjima evolucije i biomehanike ramena i ruku, te za testiranje hipoteza o

	ramenu na uzorku sveučilišnih sportaša i nesportaša. Autori predlažu model za predikciju očekivanih vrijednosti torzije iz podataka o opsegu pokreta prikupljenih iz standardnih goniometrijskih i kinematičkih mjerenja. Dizajn: presječno istraživanje		Opseg pokreta Standarna goniometrija i trodimenzionalno kinematičko snimanje	rotacije i pozitivno povezana (goniometrija: $r = 0,741$, $p < ,001$; kinematika: $r = 0,559$, $p = ,006$) s unutarnjom rotacijom. Predviđene vrijednosti torzije su visoko povezane (goniometrija: $r = 0,815$, $p < ,001$; kinematika: $r = 0,617$, $p = ,006$) sa stvarnim vrijednostima torzije.	etiologiji sindroma prenaprezanja kod sportaša i ostalih osoba koje često provode bacačke aktivnosti.
7.Thomas i sur., 2012 USA	Cilj: istražiti međupovezanost humeralne retroverzije i debljine stražnje strane čahure ramenog zgloba Dizajn: post-test dizajn, jedna skupina ispitanika	$n=24$ sveučilišni igrači bejzbola (12 bacača prosječne dobi $19,4 \pm 1,16$ g., težine $88,14 \pm 4,81$ kg, visine $188,38 \pm 5,61$ cm; te 12 pozicijskih igrača dobi $19,8 \pm 1,48$ g., težine $90,19 \pm 6,67$ kg, visine $184,15 \pm 2,97$ cm)	Humeralna retroverzija Mjerena ultrazvučnom tehnikom Opseg pokreta Digitalni inklinometar Debljina stražnje čahure Ultrazvučna tehnika	Humeralna retroverzija (HR) Dominantna ruka je imala značajno veću HR ($15,6^\circ$, $p = ,0001$) u odnosu na nedominantnu. Dobivena je i značajna negativna korelacija između HR i unutarnje rotacije ($-0,472$, $p = ,001$) i statistički značajna pozitivna korelacija između HR i vanjske rotacije ($0,295$, $p = ,042$). Značajna pozitivna korelacija dobivena je i između HR i debljine stražnje čahure ($0,427$, $p = ,003$)	Prethodno je utvrđeno da humeralna retroverzija predstavlja pozitivnu prilagodbu zbog povećanja vanjske rotacije ramena bez slabljenja prednje čahure. Ovo istraživanje sugerira da humeralna retroverzija možda doprinosi negativnoj adaptaciji debljine stražnje čahure ramenog zgloba.
8.Murachovsky et al. 2010, Brazil	Cilj: procijeniti prisutnost rendgenskih promjena na ploči rasta proksimalnog humerusa kod 21 mladog bacača Dizajn: prikaz 21 slučaja	$n=21$ muški bacači adolescentne dobi iz Brazilskog nacionalnog tima, prosječne dobi $14,5$ g. (raspon 13-16 g.)	Promjene na ploči rasta proksimalnog humerusa Rtg nalaz	14 sportaša (66%) je imalo radiografske promjene ploče rasta, ali samo 5 njih je imalo bolove (36%). U 11 slučajeva je zapažena i korelacija između kliničke i radiografske procjene, iako nije bila značajna ($p = ,612$).	Radiografske promjene na ploči rasta proksimalnog humerusa pronađene su u 66% slučajeva, ali 64% ih je bilo asimptomatsko. Navedene promjene sugeriraju moguć kasniji razvoj većeg stupnja retroverzije u dominantnom ramenu bacača.

9. Chant i sur., 2007, Kanada	Cilj: utvrditi može li koštana komponenta kao što je povećana humeralna retroverzija ramena pridonijeti uočenim razlikama u opsegu rotacije između ramena dominantne i nedominantne ruke natjecateljskih igrača bejzbola Dizajn: prospektivni prikazi slučajeva	n=25 19 kompetitivnih igrača bejzbola ($23,4 \pm 1,4$ g.; visine $183,9 \pm 3,9$ cm; težine $86,8 \pm 5,1$ kg). Kontrolna skupina od 6 osoba bez anamnestičkih podataka o sudjelovanju u bacačkim aktivnostima ($24,7 \pm 1,2$ g.; visine $181,5 \pm 4,8$ cm; težine $80,3 \pm 10,4$ kg).	Humeralna retroverzija Mjerena kompjuteriziranom tomografijom Aktivni i pasivni opseg rotacije u ramenu Mjeren goniometrom	Humeralna retroverzija Igrači su imali statistički značajnu razliku ($p < ,001$) između dvije ruke, s prosječno $10,6^\circ$ većom retroverzijom u dominantnoj ruci. Kod kontrolne skupine nije utvrđena značajna razlika između dvije strane (prosječna razlika $2,3^\circ$; $p = ,197$). Veća humeralna retroverzija bila je povezana s većom vanjskom rotacijom i manjom unutarnjom rotacijom bacačke/dominantne ruke kod sportaša bacača.	Rezultati pokazuju da visoko kompetitivni bejzbol igrači imaju veću humeralnu retroverziju na dominantnoj ruci, što djelomično može objasniti uočene razlike u rotaciji ramena između dominantne i nedominantne ruke.
10. Lintner i sur., 2007, SAD	Cilj: evaluirati deficit unutarnje rotacije u ramenu kod profesionalnih bacača u bejzbolu, i odrediti učinak programa istezanja (koji uključuje unutarnju rotaciju) na taj deficit Dizajn: presječno istraživanje	n=85 profesionalnih bacača Grupa 1- igrači koji su bili uključeni u Houston Astros (ili ekvivalentni) program istezanja 3 ili više godina ($n=44$) Grupa 2- igrači manje od 3 godine uključeni u program istezanja ($n=41$)	Opseg unutarnje i vanjske rotacije i puni opseg pokreta Mjereni goniometrom Deficit unutarnje rotacije Izračunat	Unutarnja rotacija i puni opseg pokreta Bacači koji su 3 ili više godina bili uključeni u program (grupa 1) imali su veću unutarnju rotaciju ($74,3^\circ$ nasuprot $54,3^\circ$) i veći puni opseg pokreta ($217,0^\circ$ nasuprot $194,2^\circ$) u dominantnom ramenu od onih s manje od 3 godine uključenosti u program istezanja (grupa 2). Za grupu 1, ukupni opseg pokreta bio je veći u dominantnoj ruci nasuprot nedominantne. Deficit unutarnje rotacije bio je značajno veći kod druge u odnosu na prvu grupu.	Kretnje bacanja pomiču ukupni luk kretanja prema vanjskoj rotaciji i smanjuju unutarnju rotaciju. Povećana vanjska rotacija može se pripisati povećanoj humeralnoj retroverziji. Deficit unutarnje rotacije uzrokovan je adaptacijom mekih tkiva, na što se može utjecati programom istezanja usredotočenom na unutarnju rotaciju.
11. Yamamoto i sur., 2006, Japan	Cilj: odrediti odnos između humeralne retroverzije i rasta u dominantnom i nedominantnom ramenu kod igrača bejzbola osnovnoškolske i	n=66 osnovnoškolci i srednjoškolci. Prosječna dob 12 g. (raspon 9-14 g.), prosječna visina 153 cm (raspon 132-173 cm) i težina 45 kg (raspon 27-86 kg).	Humeralna retroverzija Mjerena ultrazvučnom tehnikom Pasivni opseg pokreta u ramenu	Unutarnja i vanjska rotacija Svi ispitanici imali su povećanu vanjsku i smanjenu unutrašnju rotaciju u položaju ruke u abdukciji od 90° u dominantnom ramenu. Rezultat je bila značajna razlika u vanjskoj ($4,5^\circ$, $p = ,0001$) i unutarnjoj rotaciji ($-7,8^\circ$, $p < ,0001$)	Kut humeralne retroverzije smanjuje se s dobi, a smanjenje je puno manje u dominantnom ramenu. Autori pretpostavljaju da ponavljajući bacački pokreti ne povećavaju retroverziju ramena, nego prije ograničavaju fiziološki

	rane srednjoškolske dobi Dizajn: presječno istraživanje	- 8 bacača i 58 pozicijskih igrača	Nije navedena metoda.	između dominantne i nedominantne ruke. Humeralna retroverzija Kod sportaša od petog do osmog razreda, bicipito-podlaktični kut je bio manji u dominantnoj u odnosu na nedominantnu ruku. Postojala je značajna razlika u kutu između dva ramena, ali samo kod sportaša iz petih razreda ($p=,0306$). Svi ispitanici su imali veći kut, $10,6^{\circ}\pm 8,9^{\circ}$ u prosjeku u dominantnom ramenu nasuprot $13,5^{\circ}\pm 9,7^{\circ}$ u nedominantnom ramenu ($p=,0133$).	proces derotacije glave humerusa tijekom rasta.
12. Reagan i sur., 2002, USA	Cilj: utvrditi odnos između humeralne retroverzije i opsega rotacije u ramenom zglobu Dizajn deskriptivno anatomsko istraživanje	n=54 muški bejzbol igrači sveučilišne razine, prosječne dobi 19,3 g. (raspon, 18-23 g.), visine 183,5 cm (167,6-198,1 cm) i težine 83,7 kg (raspon 66,7-106,6 kg).	Unutarnja i vanjska rotacija Mjerene goniometrom Humeralna retroverzija Utvrđena putem rendgenske snimke	Unutarnja i vanjska rotacija Ukupni opseg rotacije, mjereno u ramenoj abdukciji od 90° iznosio je $159,5^{\circ}$ u dominantnom i $157,8^{\circ}$ u nedominantnom ramenu. Prosječne razlike u vanjskoj i unutarnjoj rotaciji između dominantne i nedominantne ruke iznosile su $9,7^{\circ}$ i $8,2^{\circ}$ (redom). Humeralna retroverzija $36,6^{\circ}\pm 9,8^{\circ}$ u dominantnoj i $26^{\circ}\pm 9,4^{\circ}$ u nedominantnoj ruci. Prosječna razlika u retroverziji značajno je povezana s razlikom u vanjskoj ($p=,001$) i unutarnjoj ($p=,003$) rotaciji.	Postoji obrazac povećane vanjske rotacije i smanjene unutarnje rotacije u dominantnom ramenu koji je značajno povezan s povećanjem humeralne retroverzije. Smanjenje unutarnje rotacije i porast vanjske rotacije možda su jače povezani s adaptivnim promjenama u anatomiji proksimalnog humerusa nego s promjenama u mekim tkivima.
13. Osbahr i sur., 2002, USA	Cilj: ocijeniti radiografske slike ramena muških sveučilišnih bacača u bejzbolu, radi utvrđivanja doprinosa	n=19 Muški bacači u bejzbolu, sveučilišna razina, prosjek godina 19,1 g. (raspon 18-21 g.)	Vanjska i unutarnja rotacija Mjerena goniometrom, uz opterećenje od 3,5 kg (dinamometar)	Unutarnja i vanjska rotacija Statistički značajna razlika između dominantne i nedominantne pasivne ramene vanjske rotacije kod 0° ramene abdukcije ($9,1^{\circ}$, $p=,0130$), i unutarnje rotacije kod	Rotacijske promjene u bacačkom (dominantnom) ramenu rezultat su koštane prilagodbe, ali i prilagodbe mekih tkiva.

	proksimalnog remodeliranja humerusa toj rotacijskoj asimetriji Dizajn Deskriptivno anatomska istraživanje	- prosječni igrački staž 7,6 g (raspon 2-9 g.)	Humeralna retroverzija Mjerena radiografskom metodom	90° ramene abdukcije (12,3°, p=,0010), te unutarnje rotacije kod 90° ramene abdukcije (-12,1°, p=,0090) Humeralna retroverzija Svi ispitanici su imali veću humeralnu retroverziju u dominantnom ramenu (prosjeak 33,2°), nasuprot 23,1° kod nedominantnog ramena. Svi ispitanici su imali statistički značajnu razliku između dominantne i nedominantne ruke (10,1°, p= ,0049).	
14. Crockett i sur., 2002, USA	Cilj: odrediti ulogu humeralne retroverzije u odnosu na povećanu vanjsku rotaciju u ramenu Dizajn Presječno istraživanje	n=50, 25 muških profesionalnih bacača u bejzbolu i 25 muškaraca koji nisu sudjelovali u nikakvim bacačkim aktivnostima, dobi između 18-35 g.	Unutarnja i vanjska rotacija Mjerene goniometrom. Humeralna retroverzija Mjerena kompjuteriziranom tomografijom.	Bacačka skupina imala je značajno veću humeralnu retroverziju, glenoidnu retroverziju, vanjsku rotaciju pri 90° abdukcije i vanjsku rotaciju u skapularnoj ravnini, u dominantnom ramenu naspram nedominantnog. Unutarnja rotacija je bila smanjena u dominantnoj ruci. Ukupni opseg pokreta te prednji i stražnji laksitet u ramenu nisu se razlikovali između dva ramena. Nebacačka skupina nije pokazivala nikakve značajne razlike između dva ramena u navedenim varijablama. Usporedba dominantnih ramena u dvije skupine pokazuje da su u bacačkoj skupini vanjska rotacija i humeralna retroverzija bile značajno veće u odnosu na nebacačku skupinu.	Istraživanje pokazuje da povećana vanjska rotacija i smanjena unutarnja rotacija kod dominantnog ramena elitnih bacača, možda nije prvenstveno posljedica povećanog laksiteta prednje strane čahure i zategnutosti stražnje strane čahure, kao što se prethodno tvrdilo. Rezultati ukazuju na značajan koštani doprinos, posebno onaj koji uključuje adaptaciju humerusa i glenoida.

U skupini istraživanja koja su proučavala adaptivne promjene humerusa kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima opisano je 14 istraživanja. Od toga osam presječnih istraživanja (Crockett i sur., 2002, Greenberg, Lawrence, Fernandez-Fernandez i McClure, 2017, Lintner, Mayol, Uzodinma, Jones i Labossiere, 2007, Reuther, Sheridan i Thomas, 2018, Roach, Lieberman, Gill Palmer i Gill, 2012, Vogler i sur., 2019, Wyland i sur., 2012, Yamamoto i sur., 2006), jedno retrospektivno (*case control*) istraživanje (Kurokawa i sur., 2017), jedna kvazieksperimentalna studija (post-test dizajn, jedna skupina ispitanika) (Thomas i sur., 2012), dva članka s višestrukim prikazima slučajeva (Chant, Litchfield, Griffin i Thain, 2007, Murachovsky i sur., 2010), te dva deskriptivna anatomska istraživanja (Osahr, Cannon i Speer, 2002, Reagan i sur., 2002). U većini istraživanja ispitanici su bili muški sportaši iz bacačkih sportova, ponajviše bejzbola. Istraživanja su najčešće uključivala mjerenje humeralne retroverzije koja je u većini slučajeva bila mjerena ultrazvučnom tehnikom (Greenberg i sur., 2017, Kurokawa i sur., 2017, Reuther i sur., 2018, Thomas i sur., 2012, Vogler i sur., 2019, Wyland i sur., 2012, Yamamoto i sur., 2006), mjerenje opsega pokreta (vanjska i unutarnja rotacija) (Chant i sur., 2007, Crockett i sur., 2002, Greenberg i sur., 2017, Kurokawa i sur., 2017, Lintner i sur., 2007, Osahr i sur., 2002, Reagan i sur., 2002, Reuther i sur., 2018, Roach i sur., 2012, Thomas i sur., 2012, Vogler i sur., 2019, Yamamoto i sur., 2006), te debljinu stražnje čahure (Reuther i sur., 2018, Thomas i sur., 2012, Vogler i sur., 2019). Od ukupno 14 istraživanja, u njih 12 (osim istraživanja Wyland i sur., 2012 i Murachovsky i sur., 2010, kojima to i nije bio istraživački cilj) uočena je povećana humeralna retroverzija, veća vanjska rotacija i manja unutarnja rotacija u ramenu dominantne ruke naspram nedominantne. Presječno istraživanje Lintner i sur. (2007) uočilo je povećanje opsega unutarnje rotacije i ukupnog opsega pokreta dominantnog ramena kod višegodišnje primjene programa istezanja koje je uključivalo rotacijske pokrete. Istraživanje autora Greenberg i sur. (2016) uključivalo je bacačku i nebacačku skupinu, pri čemu je prva skupina pokazala puno veće asimetrije retroverzije između dva ramena, te je dominantna ruka imala veću retroverziju, veću razliku vanjske rotacije i manju unutarnju rotaciju, naspram nebacačke skupine. Također izmjerene su značajne razlike u humeralnoj retroverziji između mlađih ispitanika (8-10,5 g.) i ranih tinejdžera (12,5-14,9 g.), ukazujući na dob nastupa adaptivnih promjena.

4.2 Povezanost humeralne retrotorzije i ozljeda kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima

Tablica 2 prikazuje karakteristike objavljenih istraživanja koja su proučavala povezanost između humeralne retrotorzije i ozljeda kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima. Opisani su cilj i dizajn istraživanja, uzorak ispitanika, mjerene varijable i metode te rezultati i zaključci.

Tablica 2. Karakteristike istraživanja o povezanosti između humeralne retrotorzije i ozljeda

Autor, godina izdanja, država	Cilj i dizajn istraživanja	Uzorak ispitanika broj ispitanika (n) spol (M/Ž) prosječna dob (AS±SD) sport pozicija u sportu razina natjecanja	Mjerene varijable i metode	Rezultati	Zaključci
1. Hosokawa i sur., 2017 Japan	Cilj: trodimenzionalna analiza deformacije humerusa (valgus-varus, fleksija-ekstenzija i rotacijska deformacija) nakon ozljede - sindrom bolnog ramena mladih bacača (<i>Little leaguer's shoulder</i>) pomoću 3D računalne tomografije 15-godišnjeg muškog bejzbol igrača Dizajn: prikaz slučaja	n=1 Igrač vanjskog polja Dob -15 g.	Longitudinalna os tijela humerusa 3D CT Humeralna retroverzija 3D CT	Longitudinalna os tijela humerusa Os dominantnog humerusa pokazala varus deformaciju od 9,4°, s rezultirajućim smanjenjem kuta između vrata i tijela (127,5° u odnosu na 135,1° na nedominantnoj ruci) Humeralna retroverzija Povećana za 27,1° na dominantnoj ruci u odnosu na nedominantnu.	Sindrom bolnog ramena mladih bacača može uzrokovati znatno veću humeralnu retroverziju nego što se prije mislilo i rezultira varusnom i ekstenzijskom deformacijom humerusa. Zaključno, humeralna deformacija kod sportaša iz bacačkih sportova ne odražava uvijek samo adaptaciju na aktivnost bacanja.
2. Meyer i sur., 2016, USA	Cilj: odrediti razlikuje li se nalaz humeralne retroverzije u dominantnoj i nedominantnoj ruci kod igrača bejzbola s puknućem ularnog kolateralnog ligamenta od nalaza zdrave ujednačene kohorte igrača	n=112 56 bejzbol igrača s dijagnosticiranim puknućem ularnog kolateralnog ligamenta (dob 17,9±2,2 g.) 56 bejzbol igrača bez ozljede lakta u anamnezi, ujednačeni po dobi, iskustvu i igračkoj poziciji (dob 17,6±2,8 g.).	Humeralna retroverzija Mjerena ultrazvučnom tehnikom	Bejzbol igrači s ozljedom ligamenta imali su značajno veću torziju humerusa (tj., manju retroverziju) u nedominantnom ramenu u usporedbi sa zdravim sportašima (33,27°±10,27° i 27,82°±10,88°, redom; p=,007). Igrači s puknućem ligamenta nisu imali razlike u humeralnoj retroverziji kod dominantne ruke naspram zdravih igrača (18,67°±9,41° i 17,09°±9,92°, redom; p=,391). Značajna razlika u humeralnoj retroverziji između dvije	Utvrđena je značajno veća prosječna torzija humerusa nedominantne ruke kod skupine s puknućem ularnog kolateralnog ligamenta, ali nije bilo značajne razlike u prosječnoj humeralnoj retrotorziji dominantne ruke između skupina. Ozlijeđena skupina imala je veću razliku u retrotorziji između dominantne i nedominantne ruke. Stupanj do kojeg je bacač stekao humeralnu retrotorziju na dominantnoj i nedominantnoj ruci

	Dizajn- case-control istraživanje			ruke postojala je između grupa (-14,60°±6,72° / -10,72°±6,88°, redom; p=,003).	može utjecati na rizik od puknuća ulnarnog kolateralnog ligamenta. Nadalje, moguće je da veličina genetski uvjetovane humeralne retrotorzije nedominantne ruke može utjecati na povećanje humeralne retrotorzije u dominantnoj ruci uvjetovano bacačkim aktivnostima.
3. Itami i sur.; 2016, Japan	Cilj: Evaluirati razliku u humeralnoj retroverziji dominantne i nedominantne ruke kod bejzbol igrača i ozbiljnost (stupanj) tih promjena pomoću trodimenzionalnih računalnih tomografskih (3D CT) koštanih modela. Dizajn: presječno istraživanje	n=25 bejzbol igrača (12 bacača i 13 igrača iz polja) koji su bili podvrgnuti operaciji zbog ozljede ramena (15 igrača) i lakta (10 igrača). Prosječna dob u trenutku operacije 20,0±5,9 g.	Humeralna retroverzija Mjerena kompjuteriziranom tomografijom	Humeralna retroverzija (HR) Prosječno ukupno povećanje humeralne retroverzije 13,0°±6,2° na dominantnoj strani. Najveće razlike u HR između dviju strana uočene su na hvatištima unutarnjih rotatornih mišića (2,5°±4,3°). Na hvatištima zglobove čahure i tetiva rotatorne manšete, gornja polovica humeralne glave bila je u većoj retroverziji od donje polovice (p<.0001). Razlika u HR između dvije strane bila je značajno veća kod bacača (16,2°±5,1°), nego kod igrača iz polja (10,0°±5,7°) (p=,009).	Igrači bejzbola pokazali su značajne razlike u humeralnoj retroverziji između dominantne i nedominantne ruke na više mjesta na čitavom humerusu, uključujući proksimalni humerus u blizini epifizne ploče i na hvatištima mišića unutarnjih rotatora, sredinu tijela humerusa i distalnu trećinu humerusa. Dakle, treba uzeti u obzir da se povećana humeralna retroverzija kod sportaša iz bacačkih sportova ne nalazi samo u području glave humerusa, već čitavom njegovom dužinom.
4. Schwab i sur., 2009, Australija	Cilj: vrednovati varijacije u humeralnoj torziji kod profesionalnih muških igrača odbojke i odrediti jesu li te promjene povezane s podacima o treningu, anamnestičkim podacima o prethodnim ozljedama i pokazateljima izvedbe u odbojci.	n=24 muški igrača odbojke dobi 16-26 g., igračkog iskustva od 3 do 18 g.	Humeralna retroverzija Mjerena ultrazvučnom tehnikom Vanjska i unutarnja rotacija Mjerena goniometrom	Humeralna retroverzija Kut retroverzije humerusa dominante ruke prosječno je bio veći za 9,6° od nedominantne ruke (p=,00). Vanjska i unutarnja rotacija Kod nedominantne strane, igrača koji su imali ozljedu u prošlosti, imali su značajno smanjenu vanjsku rotaciju iz neutralne pozicije humeralne torzije (prosječna razlika=-15,1, p=,04). Utvrđena je neočekivana slaba negativna povezanost između dobi	Humeralna retroverzija veća je na dominantnoj ruci elitnih muških odbojkaša. Kod odbojkaša koji su u anamnezi imali ozljedu, na nedominantnoj ruci uočeno je smanjenje vanjske rotacije. Nije utvrđena značajna povezanost između kuta humeralne torzije i mjera izvedbe u odbojci.

	Dizajn: presječno istraživanje			u kojoj su ispitanici počeli trenirati odbojku i smanjene humeralne retroverzije ($r=-0,413$, $p=,045$). Nije utvrđena povezanost između humeralne torzije i pokazatelja sportske izvedbe.	
--	--------------------------------	--	--	---	--

Kod istraživanja koja su proučavala povezanost humeralne retrotorzije i ozljeda kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima opisana su 4 istraživanja. Dva su bila presječna (Itami, Mihata, Shibano, Sugamoto i Neo, 2016, Schwab i Blanch, 2009), jedan prikaz slučaja (Hosokawa, Mihata, Itami, Neo i Doi, 2017) i jedno *case-control* istraživanje (Meyer, Garrison i Conway, 2017). U istraživanjima ispitanici su bili muški sportaši, igrači bejzbola, a u jednom istraživanju (Schwab i Blanch, 2009) igrači odbojke. U svim je istraživanjima mjerena humeralna retrotorzija, a u istraživanju Schwab i Blanch (2009) i vanjska i unutarnja rotacija u ramenom zglobu. U sva četiri istraživanja ispitanici su pokazivali veću humeralnu retroverziju u dominantnoj ruci naspram nedominantne.

Kako je navedeno, Schwab i Blanch (2009) su, uz humeralnu retroverziju, također promatrali unutarnju i vanjsku rotaciju kod igrača odbojke. Kod nedominantne strane, igrači koji su imali ozljedu u prošlosti, imali su značajno smanjenu vanjsku rotaciju iz neutralne pozicije (prosječna razlika=-15,1, $p=,04$). Utvrđena je neočekivana slaba negativna povezanost između dobi u kojoj su ispitanici počeli trenirati odbojku i smanjene humeralne retroverzije ($r=-0,413$, $p=,045$).

Meyer, Garrison i Conway (2016) proučavali su razlikuje li se nalaz humeralne retroverzije u dominantnoj i nedominantnoj ruci kod igrača bejzbola s puknućem ulnarnog kolateralnog ligamenta od nalaza zdrave ujednačene kohorte igrača. Bejzbol igrači s ozljedom ligamenta imali su značajno manju retroverziju u nedominantnom ramenu u usporedbi sa zdravim sportašima ($33,27^{\circ} \pm 10,27^{\circ}$ i $27,82^{\circ} \pm 10,88^{\circ}$, redom; $p=,007$).

4.3 Povezanost humeralne retrotorzije i trajanja sportskog staža i/ili karakteristika treninga

Tablica 3 prikazuje karakteristike objavljenih istraživanja o humeralnoj retrotorziji i dužini sportskog staža i/ili karakteristikama treninga kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima. Opisani su cilj i dizajn istraživanja, uzorak ispitanika, mjerene varijable i metode te rezultati i zaključci.

Tablica 3. Karakteristike istraživanja o humeralnoj retroverziji i dužini sportskog staža i/ili karakteristikama treninga

Autor, godina izdanja, država	Cilj i dizajn istraživanja	Uzorak ispitanika broj ispitanika (n) spol (M/Ž) prosječna dob (AS±SD) sport pozicija u sportu razina natjecanja	Mjerene varijable i metode	Rezultati	Zaključci
1. Takenaga i sur., 2019, Japan	Cilj: istražiti odnos između bilateralnog kuta humeralne retroverzije i dobi uključivanja u sport (početka treniranja) kod skeletno zrelih bejzbol igrača Dizajn: presječno istraživanje	n=117 muški igrači bejzbola, sveučilišni ili amaterski timovi. Prosječna dob 21,8±3,4 g., visina 175,9±5,8 cm, masa 76,5±8,6 kg. Četiri skupine ispitanika (igrači koji su počeli igrati s manje od 6 godina, između 7 i 8 godina, između 9 i 10 godina i nakon 11 godina)	Bilateralna humeralna retroverzija Mjerena ultrazvučnom tehnikom	Svi igrači su započeli igrati bejzbol između 5 i 12 godina. U usporedbi dominantne (bacačke) ruke, humeralna retroverzija u grupi koja je s treningom krenula u dobi 11-12 g. (72°) bila je značajno manja nego u ostale 3 grupe (81°, 82°, 80° za grupe 5-6, 7-8, 9-10 g.). Kod nebacačke ruke nisu utvrđene značajne razlike između 4 grupe (71°, 72°, 70°, 66° za grupe 5-6, 7-8, 9-10, 11-12 g., redom).	Skeletno zreli igrači bejzbola koji su počeli trenirati nakon 11. g, imali su značajno manju humeralnu retroverziju na bacačkoj ruci od igrača koji su počeli trenirati prije 11. g.
2. Nakase i sur., 2016, Japan	Cilj: istražiti povezanost između humeralne retroverzije i duljine bejzbol karijere prije 16-e g. Dizajn: presječno istraživanje	n=112 Srednjoškolski bejzbol igrači (32 bacača i 80 pozicijskih igrača), prosječne dobi 15,6 g. (raspon, 15-16 g.)	Rameni opseg pokreta Mjeren digitalnim inklinometrom Humeralna retroverzija Mjerena ultrazvučnom tehnikom	Humeralna retroverzija Značajno veća na dominantnoj strani i kod bacača ($p<,0001$) i kod pozicijskih igrača ($p=,0005$). Razlike u stranama kod bacača ($13,9^{\circ}\pm 11,2^{\circ}$), bile su značajno veće nego kod pozicijskih igrača ($9,0^{\circ}\pm 11,1^{\circ}$, $p=,0361$). Kod bacača je utvrđena značajna negativna korelacija između humeralne retroverzije i dobi kada su igrači počeli s bejzbolom ($p=,033$, $\beta=-2,494$).	Rezultati sugeriraju da je humeralna retroverzija tim veća što je dob početka treniranja niža, ranije od dobi od 16 godina kod bacača u bejzbolu.
3. Schwab i sur.,	Cilj: vrednovati varijacije u humeralnoj	n=24	Humeralna retroverzija	Humeralna retroverzija	Humeralna retroverzija veća je na dominantnoj ruci elitnih muških odbojkaša. Nije utvrđena značajna

2009, Australija <i>Članak je već prikazan i u tablici 2.</i>	torziji kod profesionalnih muških igrača odbojke i odrediti jesu li te promjene povezane s podacima o treningu, anamnestičkim podacima o prethodnim ozljedama i pokazateljima izvedbe u odbojci. Dizajn: presječno istraživanje	muški igrači odbojke dobi 16-26 g., igračkog iskustva od 3 do 18 g.	Mjerena ultrazvučnom tehnikom Vanjska i unutarnja rotacija Mjerena goniometrom	Kut retroverzije humerusa dominantne ruke prosječno je bio veći za 9,6° od nedominantne ruke ($p=,00$). Utvrđena je neočekivana slaba negativna povezanost između dobi u kojoj su ispitanici počeli trenirati odbojku i smanjene humeralne retroverzije ($r=-0,413$, $p=,045$). Nije utvrđena povezanost između humeralne torzije i pokazatelja sportske izvedbe.	povezanost između kuta humeralne torzije i mjera izvedbe u odbojci. Prisutna slaba negativna povezanost između dobi u kojoj su ispitanici počeli trenirati odbojku i smanjene humeralne retroverzije.
4. Habechian i sur., 2017, Brazil	Cilj: usporediti humeralnu retrotorziju kod ne-sportaša, plivača amatera i natjecateljskih plivača i analizirati vezu između humeralne retrotorzije i volumena plivanja kod natjecateljskih plivača. Dizajn: presječno istraživanje	$n=90$ djeca i adolescenti, oba spola (30 ne-sportaša: $11,50 \pm 1,94$ g.; 30 amaterskih plivača: $11,56 \pm 1,81$ g.; 30 natjecateljskih plivača: $12,63 \pm 2,02$ g.)	Humeralna retroverzija Mjerena kroz bicipito-podlaktični kut, palpacijom i korištenjem inklinometra.	Natjecateljski plivači imali su veću humeralnu retrotorziju u usporedbi s amaterima (prosječna razlika 8,3°, $p=,013$, veličina učinka 0,82) i s ne-sportašima (prosječna razlika 8,5°; $p=,010$, veličina učinka 0,80). Utvrđena je značajna negativna korelacija ($r=-0,37$; $p=,04$) između bicipito-podlaktičnog kuta i volumena treninga plivanja.	Natjecateljski mladi plivači imali su povećanu humeralnu retrotorziju. Veći volumen plivanja povezan je s manjim bicipito-podlaktičnim kutom (tj., većom humeralnom retrotorzijom).

Kod istraživanja koja su proučavala povezanost humeralne retrotorzije i trajanja sportskog staža i/ili karakteristika treninga opisana su 4 istraživanja. Sva četiri su bila presječni tip istraživanja (Habechian, Lozana i Camargo, 2018, Nakase, Mihata, Itami, Takeda i Neo, 2016, Schwab i Blanch, 2009, Takenaga i sur., 2019). U tri istraživanja ispitanici su bili muškog spola (Nakase, i sur., 2016, Schwab i Blanch, 2009, Takenaga i sur., 2019), dok je u jednom bilo i muških i ženskih ispitanika (Habechian i sur., 2018). Također, u dva istraživanja ispitanici su bili igrači bejzbola (Nakase i sur., 2016, Takenaga i sur., 2019), a u druga dva odbojkaši (Schwab i Blanch, 2009) i plivači (Habechian i sur., 2018). Uz humeralnu retrotorziju, u dva je istraživanja mjeren opseg vanjske i unutarnje rotacije (Nakase i sur., 2016, Schwab i Blanch, 2009). Takenaga i sur. (2019) istraživali su odnos između bilateralnog kuta humeralne retroverzije i dobi uključivanja u sport (početka treniranja) kod skeletno zrelih bejzbol igrača. Promatrali su četiri skupine ispitanika (igrači koji su počeli igrati s manje od 6 godina, između 7 i 8 godina, između 9 i 10 godina i nakon 11 godina). Utvrđen je značajno manji stupanj humeralne retroverzije na bacačkoj ruci igrača koji su počeli trenirati nakon 11. g. u odnosu na igrače koji su počeli trenirati prije 11. g. Utjecaj ranog početka treniranja na humeralnu retrotorziju u svom su istraživanju potvrdili su i Nakase i sur. (2016).

Hebechian, Lozana i Camargo (2018) su na uzorku natjecateljskih plivača utvrdili pozitivnu povezanost između humeralne retrotorzije i volumena plivanja.

4.4 Humeralna retrotorzija i dominantnost ruke

Tablica 4 prikazuje karakteristike objavljenih istraživanja o humeralnoj retrotorziji i dominantnosti ruke kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima. Opisani su cilj i dizajn istraživanja, uzorak ispitanika, mjerene varijable i metode te rezultati i zaključci.

Tablica 4. Karakteristike istraživanja o humeralnoj retrotorziji i dominantnosti ruke

Autor, godina izdanja, država	Cilj i dizajn istraživanja	Uzorak ispitanika broj ispitanika (n) spol (M/Ž) prosječna dob (AS±SD) sport pozicija u sportu razina natjecanja	Mjerene varijable i metode	Rezultati	Zaključci
1. Takeuchi i sur., 2019, Japan	Cilj: usporediti opseg pokreta u ramenu i kut humeralne torzije (HTA) između mladih bejzbol bacača - ljevaka i dešnjaka Dizajn: presječno istraživanje	n=65 mladi bejzbol bacači (9-12 g.) 46 dešnjaka - D skupina 19 ljevaka - L skupina	Unutarnja i vanjska rotacija pri 90° abdukcije Mjerene digitalnim inklinometrom Kut humeralne torzije Mjeren ultrazvučnom metodom	HTA i vanjska rotacija kod bacačke ruke bili su značajno veći nego kod nebacačke ruke u D skupini (HTA: 84° nasuprot 77°; p<,001, vanjska rotacija: 116° nasuprot 111°; p<,001). U L skupini nije bilo značajnih razlika (HTA: 79° nasuprot 77°, p=,103; vanjska rotacija: 113° nasuprot 114°, p=,380). U usporedbi s grupom D, grupa L je imala značajno manju razliku HTA između dvije ruke (2° nasuprot 8°, p<,001) i razliku u vanjskoj rotaciji između dvije skupine (5° nasuprot -2°, p=,004), ali nije bilo značajne razlike u prilagođenoj glenohumeralnoj vanjskoj rotaciji između grupa (-3° nasuprot -4°, p=,690).	U usporedbi s bacačima dešnjacima, razlike u kutu glenohumeralne vanjske rotacije i kutu humeralne torzije između dominantne i nedominantne ruke bile su značajno manje kod ljevaka u mlađoj dobi.
2. Takenaga i sur., 2017, Japan	Cilj: usporediti bilateralnu humeralnu retroverziju između ljevaka i dešnjaka, skeletno zrelih igrača bejzbola Dizajn: presječno istraživanje	n=260 muški igrači bejzbola, 196 dešnjaka i 64 ljevaka	Bilateralna humeralna retroverzija Mjerena ultrazvučnom tehnikom	U usporedbi dominantne ruke, humeralna retroverzija bila je značajno manja kod ljevaka nego kod dešnjaka (77° naspram 81°, p<,001). Kod nedominantne ruke retroverzija je bila značajno veća kod ljevaka nego kod dešnjaka (73° naspram 69°; p<,001). Prosječna razlika u retroverziji između dominantne i nedominantne strane bila je značajno manja kod ljevaka nego kod dešnjaka (3° naspram 12°; p<,001).	Humeralna retroverzija kod skeletno zrelih bejzbol igrača ljevaka značajno je manja u bacačkoj ruci, veća u nebacačkoj ruci, a razlike između dominantne i nedominantne strane su manje nego kod dešnjaka. Nalazi se mogu odraziti i na biomehaničke razlike između ljevaka i dešnjaka u bejzbolu.

Kod istraživanja koja su poručavala humeralnu retrotorziju i dominantnost ruke pronađena su 2 istraživanja, oba presječna (Takenaga i sur., 2017, Takeuchi i sur., 2019). Ispitanici su bili igrači bejzbola, mjerila se humeralna retrotorzija, a u istraživanju Takeuchi i sur. (2019) i opseg vanjske i unutarnje rotacije.

Takeuchi i sur. (2019) uspoređivali su opseg pokreta u ramenu i kut humeralne torzije između mladih bejzbol bacača - ljevaka i dešnjaka. Kod dešnjaka su kut humeralne torzije i vanjska rotacija kod bacačke ruke bili značajno veći nego kod nedominantne ruke. Razlike u torzijskom kutu i opsegu vanjske rotacije između dominantne i nedominantne ruke ljevaka bile su značajno manje.

Takenaga i sur. (2017) uspoređuju bilateralnu humeralnu retroverziju između ljevaka i dešnjaka, skeletno zrelih igrača bejzbola. U usporedbi dominantne ruke, humeralna retroverzija bila je značajno manja kod ljevaka (lijevi humerus) nego kod dešnjaka (desni humerus) (77° naspram 81° , $p < ,001$). Kod nedominantne ruke retroverzija je bila značajno veća kod ljevaka (desni humerus) nego kod dešnjaka (lijevi humerus) (73° naspram 69° ; $p < ,001$). Prosječna razlika u retroverziji između dominantne i nedominantne strane bila je značajno manja kod ljevaka nego kod dešnjaka (3° naspram 12° ; $p < ,001$).

5. Rasprava

U analizi rezultata objavljenih istraživanja koja su promatrala problem humeralne retrotorzije kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima uključena su 23 pojedinačna istraživanja.

Istraživanja su raspoređena u 4 skupine, grupirane prema predmetu istraživanja. Istraživanja u prvoj, ujedno i najbrojnijoj skupini obuhvaćala su probleme vezane uz adaptivne promjene humerusa kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima (Chant i sur., 2007, Crockett i sur., 2002, Greenberg i sur. 2017, Kurokawa i sur., 2017, Lintner i sur., 2007, Murachovsky i sur., 2010, Osbahr i sur., 2002, Reagan i sur., 2002, Reuther i sur., 2018, Roach i sur., 2012, Thomas i sur., 2012, Vogler i sur., 2019, Wyland i sur., 2012, Yamamoto i sur., 2006). Druga skupina promatrala je povezanost humeralne retrotorzije i ozljeda kod sportaša u hvatačko bacačkim sportovima (Hosokawa i sur., 2017, Itami i sur., 2016, Meyer i sur., 2017, Schwab i Blanch, 2009). Treća i četvrta skupina istraživanja, kojih je bilo najmanje, bavile su se povezanošću humeralne retrotorzije i trajanja sportskog staža i/ili karakteristika treninga (Habechian i sur., 2018, Nakase i sur., 2016, Schwab i Blanch, 2009, Takenaga i sur., 2019) i odnosom humeralne retrotorzije s dominantnošću ruke (Takenaga i sur., 2017, Takeuchi i sur., 2019).

Kod istraživanja vezanih za adaptivne promjene humerusa kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima, od njih 14, većina je zabilježila da se u dominantnom ramenu događa niz prilagodbi koštanih i mekih struktura, koje se javljaju zbog stalne izloženosti velikim amplitudama i silama za vrijeme stalnog ponavljanja hvatačkih i bacačkih aktivnosti (Chant i sur., 2007, Crockett i sur., 2002, Greenberg i sur. 2017, Kurokawa i sur., 2017, Lintner i sur., 2007, Osbahr i sur., 2002, Reagan i sur., 2002, Reuther i sur., 2018, Roach i sur., 2012, Thomas i sur., 2012, Vogler i sur., 2019, Yamamoto i sur., 2006). Pod njih dominantno spadaju povećana humeralna retrotorzija, povećana vanjska i smanjena unutrašnja rotacija, te zadebljanje stražnje čahure ramena. Thomas i sur. (2012) napominju da humeralna retroverzija predstavlja pozitivnu prilagodbu zbog povećanja vanjske rotacije ramena bez slabljenja prednje čahure. Ovo istraživanje sugerira da humeralna retroverzija možda doprinosi negativnoj adaptaciji debljine stražnje čahure ramenog zgloba. Malo drugačiji pogled na temu daju Yamamoto i sur. (2006.) i Kurokawa i sur. (2017) koji sugeriraju da ponavljajući bacački pokreti ne djeluju primarno povećavajući retroverziju ramena, nego prije

ograničavaju fiziološki proces derotacije glave humerusa koji se inače zbiva tijekom rasta. Osbahr, Cannon i Speer (2002) zaključuju da su rotacijske promjene u bacačkom (dominantnom) ramenu rezultat koštane prilagodbe, ali, uslijed toga, i prilagodbe mekih tkiva. Razlika u aktivnosti mišića ramena u korist dominantne ruke tijekom izvođenja pokreta uključenih i u aktivnosti bacanja i hvatanja dokazana je i elektromiografskim ispitivanjima (Diederichsen i sur., 2007).

Kod istraživanja vezanih za humeralnu retrotorziju i ozljede kod sportaša u hvatačko-bacačkim sportovima, od njih četiri, jedno je promatralo razliku u humeralnoj retroverziji dominantne i nedominantne ruke kod bejzbol igrača koji su bili podvrgnuti operacijama ramena i lakta, te ozbiljnost (stupanj) tih promjena (Itami i sur., 2016). Itami i sur. (2016) naglašavaju i važnost adaptacijskog učinka sportskih aktivnosti na humerus u cjelini, a ne samo na njegov proksimalni dio. Takve adaptacije, npr. koštane mase, strukture i jakosti središnjeg dijela humerusa dominantne ruke sportaša hvatačko-bacačkih sportova, potvrđene su i u drugim istraživanjima (Bogenschutz, Smith i Warden, 2011), uz napomenu o mogućoj povezanosti s rizikom od ozljeđivanja.

Drugo istraživanje (Schwab i Blanch, 2009) je proučavalo humeralnu torziju kod profesionalnih muških igrača odbojke i određivalo jesu li te promjene povezane s podacima o treningu, anamnestičkim podacima o prethodnim ozljedama i pokazateljima izvedbe u odbojci. Treće je pokušalo odrediti razlikuje li se nalaz humeralne retroverzije u dominantnoj i nedominantnoj ruci kod igrača bejzbola s puknućem ularnog kolateralnog ligamenta od nalaza zdrave ujednačene kohorte igrača (Meyer i sur., 2017). Četvrto pokušava analizirati trodimenzionalnu deformaciju humerusa (valgus-varus, fleksija-ekstenzija i rotacijska deformacija) nakon ozljede – sindroma bolnog ramena mladih bacača (*Little leaguer's shoulder*) (Hosokawa i sur., 2017). Kod sva četiri istraživanja, odnosno četiri tipa ozljede, zabilježena je povećana humeralna retrotorzija u ramenu dominantne ruke naspram nedominantne. Hosokawa i sur. (2017) smatraju da sindrom bolnog ramena mladih bacača može uzrokovati znatno veću humeralnu retroverziju nego što se prije mislilo i rezultira varusnom i ekstenzijskom deformacijom humerusa, odnosno, može znatno doprinijeti nastanku skeletnih promjena dominantne ruke uočene kod bacača, koje se inače pripisuju utjecaju karakteristika same sportske aktivnosti.

Kod istraživanja vezanih za povezanost humeralne retrotorzije i trajanja sportskog staža i/ili karakteristika treninga, sva četiri (Habechian i sur., 2018, Nakase i sur., 2016, Schwab i Blanch, 2009, Takenaga i sur., 2019) su pokazala da je humeralna retrotorzija veća, čim je dob početka treniranja niža, što bi značilo da se uključivanjem u aktivnosti hvatačko-bacačkog tipa u kasnijoj dobi moguće smanjuje i stupanj humeralne retrotorzije. Naravno, potreban je veći broj istraživanja da bi se sa sigurnošću potvrdila ova hipoteza. Također, Hebechian i sur. (2018) napominju da je veći volumen aktivnosti (u ovom slučaju plivanja) povezan s manjim izmjerenim bicipito-podlaktičnim kutom, odnosno većom humeralnom retrotorzijom.

Kod istraživanja vezanih za humeralnu retrotorziju i dominantnost ruke, u jednom se istraživanju zaključuje da su u usporedbi s bacačima dešnjacima, razlike u kutu glenuhumeralne vanjske rotacije i kutu humeralne torzije između dominantne i nedominantne ruke značajno manje kod ljevaka u mlađoj dobi (Takeuchi i sur., 2019), dok je u drugom (Takenaga i sur., 2017) humeralna retroverzija kod skeletno zrelih bejzbol igrača ljevaka značajno manja u bacačkoj ruci, veća u nebacačkoj ruci, a razlike između dominantne i nedominantne strane su manje nego kod dešnjaka. Moguće je da su promjene na ramenu veće kod dešnjaka u donosu na ljevake, međutim zbog malog broja istraživanja, potrebno je više dokaza za potvrdu ovakvih konstatacija. Od istraživanja koja su uspoređivala biomehaničke razlike između ljevorukih i desnorukih igrača bejzbola, u nekima su utvrđene male razlike u kinetičkim i kinematičkim parametrima, bez značajnije važnosti za praktični rad sa sportašima (Diffendaffer, Fleisig, Ivey i Aune, 2019), dok drugi navode postojanje biomehaničkih razlika u horizontalnoj abdukciji u ramenu, fleksiji lakta i pokretima ručnog zgloba (Solomito, Ferreira i Nissen, 2017).

6. Zaključak

Osobe koje se bave određenom tjelesnom aktivnošću će sukladno biomehaničkim karakteristikama, kretnjama i silama koje se učestalo pojavljuju za vrijeme izvedbe adaptirati određena tkiva. Kod hvatačko-bacačkih sportova rezultati takvih pokreta u većini slučajeva su povećana humeralna retrotorzija, povećana vanjska rotacija, smanjena unutarnja rotacija, te u nekim slučajevima zadebljana stražnja strana čahure ramena u dominantnoj ruci sportaša naspram nedominantne. Čini se da se humeralna retrotorzija povećava što je dob započinjanja treniranja u sportu niža. Moguća je povećana retrotorzija ramena dominantne ruke kod sportaša koji su imali određenu ozljedu lakta i ramena ili puknuća ulnarnog kolateralnog ligamenta te sindroma bolnog ramena. Također treba uzeti u obzir da se povećana humeralna retrotorzija kod sportaša iz hvatačko-bacačkih sportova ne nalazi samo u području glave humerusa, već su prilagodbe prisutne čitavom njegovom dužinom. Prisutne su i određene razlike između humeralne retroverzije koja je veća u dominantnoj ruci dešnjaka nego u ljevaka.

Zaključno, adaptivne promjene na humerusu su očite, jer su zabilježene u brojnim istraživanjima, dok povezanost humeralne retrotorzije s ozljedama, trajanjem sportskog staža i/ili karakteristika treninga i dominantnosti ruke treba detaljnije istražiti zbog nedovoljnog broja istraživanja.

7. Literatura

- Aumüller, G. i sur. (2018). *Duale Reihe Anatomija, 3., prerađeno izdanje*. Zagreb: Medicinska naklada.
- Bogenschutz, E. D., Smith, H. D., & Warden, S. J. (2011). Mid-humerus adaptation in fast pitch softballers and the impact of throwing mechanics. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(9), 1698–1706. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182134e4f
- Borsa, P., Laudner, K., & Sauers, E. (2008). Mobility and stability adaptations in the shoulder of the overhead athlete: A theoretical and evidencebased perspective. *Sports medicine*, 38, 17-36. doi: 10.2165/00007256-200838010-00003
- Chant, C. B., Litchfield, R., Griffin, S., & Thain, L. M. (2007). Humeral head retroversion in competitive baseball players and its relationship to glenohumeral rotation range of motion. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 37(9), 514–520. doi: 10.2519/jospt.2007.2449
- Crockett, H. C., Gross, L. B., Wilk, K. E., Schwartz, M. L., Reed, J., OMara, J., . . . Andrews, J. R. (2002). Osseous adaptation and range of motion at the glenohumeral joint in professional baseball pitchers. *The American journal of sports medicine*, 30(1), 20–26. doi: 10.1177/03635465020300011701
- Dashottar, A., & Borstad, J.D. (2013). Validity of measuring humeral torsion using palpation of bicipital tuberosities. *Physiotherapy Theory and Practice*, 29(1), 67–74. doi: 10.3109/09593985.2012.675416
- Diederichsen, L. P., Nørregaard, J., Dyhre-Poulsen, P., Winther, A., Tufekovic, G., Bandholm, ., . . . Krogsgaard, M. (2007). The effect of handedness on electromyographic activity of human shoulder muscles during movement. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 17(4), 410-419. doi: 10.1016/j.jelekin.2006.03.004
- Diffendaffer, A. Z., Fleisig, G. S., Ivey, B., & Aune, K. T. (2019). Kinematic and Kinetic Differences Between Left-And Right-Handed Professional Baseball Pitchers. *Sports biomechanics*, 18(4), 448-455. doi: 10.1080/14763141.2018.1429489
- Drakos, M., Rudzki, J., Allen, A., Potter, H., & Altchek, D. (2009). Internal impingement of the shoulder in the overhead athlete. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 91, 2719-2728. doi: 10.2106/JBJS.I.00409
- Greenberg, E. M., Lawrence, J. T. R., Fernandez-Fernandez, A., & McClure, P. (2017). Humeral retrotorsion and glenohumeral motion in youth baseball players compared with age-matched nonthrowing athletes. *The American journal of sports medicine*, 45(2), 454–461. doi: 10.1177/0363546516676075

- Habechian, F. A., Lozana, A. L., & Camargo, P. R. (2018). Quantifying humeral retrotorsion in young swimmers and association with swim volume. *Physical Therapy in Sport*, 30, 34–38. doi: 10.1016/j.ptsp.2017.11.004
- Helmkamp, J. K., Bullock, G. S., Rao, A., Shanley, E., Thigpen, C., & Garrigues, G. E. (2020). The relationship between humeral torsion and arm injury in baseball players: A systematic review and meta-analysis. *Sports Health*, 12(2), 132–138. doi: 10.1177/1941738119900799
- Hosokawa, Y., Mihata, T., Itami, Y., Neo, M., & Doi, M. (2017). Little leaguer's shoulder can cause severe three-dimensional humeral deformity. *Clinics in orthopedic surgery*, 9(4), 537–541. doi: 10.4055/cios.2017.9.4.537
- Itami, Y., Mihata, T., Shibano, K., Sugamoto, K., & Neo, M. (2016). Site and severity of the increased humeral retroversion in symptomatic baseball players: a 3-dimensional computed tomographic analysis. *The American journal of sports medicine*, 44(7), 1825–1831. doi: 10.1177/0363546516638331
- Kay, J., Kirsch, J., Bakshi, N., Ekhtiari, S., Horner, N., Gichuru, M., . . . Bedi, A. (2018, 01). Humeral retroversion and capsule thickening in the overhead throwing athlete: A systematic review. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic Related Surgery*, 34(4), 1308–1318. doi: 10.1016/j.arthro.2017.10.049
- Kibler, W. B., Sciascia, A., & Thomas, S. J. (2012). Glenohumeral internal rotation deficit: pathogenesis and response to acute throwing. *Sports medicine and arthroscopy review*, 20(1), 34–38. doi: 10.1097/JSA.0b013e318244853e
- Kinsella, S. D., Thomas, S. J., Huffman, G. R., & Kelly, J. D. (2014). The thrower's shoulder. *The Orthopedic Clinics of North America*, 45(3), 387–401. doi: 10.1016/j.ocl.2014.04.003
- Kurokawa, D., Yamamoto, N., Ishikawa, H., Nagamoto, H., Takahashi, H., Muraki, T., . . . Itoi, E. (2017). Differences in humeral retroversion in dominant and nondominant sides of young baseball players. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 26(6), 1083–1087. doi: 10.1016/j.jse.2016.11.051
- Lintner, D., Mayol, M., Uzodinma, O., Jones, R., & Labossiere, D. (2007). Glenohumeral internal rotation deficits in professional pitchers enrolled in an internal rotation stretching program. *The American journal of sports medicine*, 35(4), 617–621. doi: 10.1177/0363546506296736
- Meyer, C. J., Garrison, J. C., & Conway, J. E. (2017). Baseball players with an ulnar collateral ligament tear display increased nondominant arm humeral torsion compared with healthy baseball players. *The American journal of sports medicine*, 45(1), 144–149. doi: 10.1177/0363546516664718
- Murachovsky, J., Ikemoto, R. Y., Nascimento, L. G., Bueno, R. S., Strose, E., & Almeida, L. H. (2010). Does the presence of proximal humerus growth plate changes in young baseball

- pitchers happen only in symptomatic athletes? an x ray evaluation of 21 young baseball pitchers. *British journal of sports medicine*, 44(2), 90–94. doi: 10.1136/bjsm.2007.044503
- Nakase, C., Mihata, T., Itami, Y., Takeda, A., & Neo, M. (2016). Relationship between humeral retroversion and length of baseball career before the age of 16 years. *The American journal of sports medicine*, 44(9), 2220–2224. doi: 10.1177/0363546516651864
- Oh, J. H., Kim, W., & Cayetano, A. A. (2017). Measurement methods for humeral retroversion using two-dimensional computed tomography scans: which is most concordant with the standard method? *Clinics in orthopedic surgery*, 9(2), 223–231. doi: 10.4055/cios.2017.9.2.223
- Osbahr, D. C., Cannon, D. L., & Speer, K. P. (2002). Retroversion of the humerus in the throwing shoulder of college baseball pitchers. *The American journal of sports medicine*, 30(3), 347–353. doi: 10.1177/03635465020300030801
- Reagan, K., Meister, K., Horodyski, M. B., Werner, D. W., Carruthers, C., & Wilk, K. (2002). Humeral retroversion and its relationship to glenohumeral rotation in the shoulder of college baseball players. *The American journal of sports medicine*, 30(3), 354–360. doi: 10.1177/03635465020300030901
- Reuther, K. E., Sheridan, S., & Thomas, S. J. (2018). Differentiation of bony and soft-tissue adaptations of the shoulder in professional baseball pitchers. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 27(8), 1491–1496. doi: 10.1016/j.jse.2018.02.053
- Roach, N. T., Lieberman, D. E., Gill IV, T. J., Palmer, W. E., & Gill III, T. J. (2012). The effect of humeral torsion on rotational range of motion in the shoulder and throwing performance. *Journal of anatomy*, 220(3), 293–301. doi: 10.1111/j.1469-7580.2011.01464.x
- Quadros, G. A., & Döhnert, M. B. (2015). Humeral retroversion and shoulder rotational mobility in young handball practitioners. *Acta ortopedica brasileira*, 23(6), 299–302. doi: 10.1590/1413-785220152306149003
- Schwab, L. M., & Blanch, P. (2009). Humeral torsion and passive shoulder range in elite volleyball players. *Physical Therapy in Sport*, 10(2), 51–56. doi: 10.1016/j.ptsp.2008.11.006
- Solomito, M. J., Ferreira, J. V., Nissen, C. W. (2017). Biomechanical Differences Between Left-And Right-Handed Baseball Pitchers. *Sports biomechanics*, 16(2), 143-151. doi: 10.1080/14763141.2016.1186725
- Takenaga, T., Goto, H., Sugimoto, K., Tsuchiya, A., Fukuyoshi, M., Nakagawa, H., . . . Otsuka, T. (2017). Left-handed skeletally mature baseball players have smaller humeral retroversion in the throwing arm than right-handed players. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 26(12), 2187–2192. doi: 10.1016/j.jse.2017.07.014
- Takenaga, T., Goto, H., Tsuchiya, A., Yoshida, M., Fukuyoshi, M., Nakagawa, H., . . . Sugimoto, K. (2019). Relationship between bilateral humeral retroversion angle and starting baseball

- age in skeletally mature baseball players—existence of watershed age. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 28(5), 847–853. doi: 10.1016/j.jse.2018.10.017
- Takeuchi, S., Yoshida, M., Sugimoto, K., Tsuchiya, A., Takenaga, T., & Goto, H. (2019). The differences of humeral torsion angle and the glenohumeral rotation angles between young right-handed and left-handed pitchers. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 28(4), 678–684. doi: 10.1016/j.jse.2018.09.002
- Thomas, S., Swanik, C., Kaminski, T., Higginson, J., Swanik, K., Bartolozzi, A., & Nazarian, L. (2012). Humeral retroversion and its association with posterior capsule thickness in collegiate baseball players. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 21(7), 910-916. doi: 10.1016/j.jse.2011.05.028
- Vogler, T., Schorn, D., Gosheger, G., Kurpiers, N., Schneider, K., Rickert, C., . . . Liem, D. (2019). Adaptive changes on the dominant shoulder of 3 collegiate handball players—a comparative study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(3), 701–707. doi: 10.1519/JSC.0000000000003014
- Warden, S. J. (2006). Breaking the rules for bone adaptation to mechanical loading. *Journal of Applied Physiology*, 100, 1441–1442. doi:10.1152/jappphysiol.00038.2006
- Wyland, D. J., Pill, S. G., Shanley, E., Clark, J., Hawkins, R. J., Noonan, T. J., . . . Thigpen, C. A. (2012). Bony adaptation of the proximal humerus and glenoid correlate within the throwing shoulder of professional baseball pitchers. *The American journal of sports medicine*, 40(8), 1858–1862. doi: 10.1177/0363546512452720
- Yamamoto, N., Itoi, E., Minagawa, H., Urayama, M., Saito, H., Seki, N., . . . Matsuura, T. (2006). Why is the humeral retroversion of throwing athletes greater in dominant shoulders than in nondominant shoulders? *Journal of shoulder and elbow surgery*, 15(5), 571–575. doi: 10.1016/j.jse.2005.06.009