

# USPOREDBA BRZINE, JEDNOSTAVNOSTI I PRECIZNOSTI MJERENJA OPSEGA POKRETA TORAKALNE KRALJEŽNICE GRAVITACIJSKIM GONIOMETROM I MOBILNOM APLIKACIJOM

---

Jelovčić, Kristina

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Health Studies / Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija u Rijeci**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:184:855329>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-31**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Health Studies - FHSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ  
FIZIOTERAPIJA

Kristina Jelovčić

USPOREDBA BRZINE, JEDNOSTAVNOSTI I PRECIZNOSTI MJERENJA  
OPSEGA POKRETA TORAKALNE KRALJEŽNICE GRAVITACIJSKIM  
GONIOMETROM I MOBILNOM APLIKACIJOM

Završni rad

Rijeka, 2022.

UNIVERSITY OF RIJEKA  
FACULTY OF HEALTH STUDIES  
UNDERGRADUATE PROFESSIONAL STUDY OF PHYSIOTHERAPY

Kristina Jelovčić

COMPARISON OF TIME, ACCURACY AND USABILITY OF MEASURING THE RANGE  
OF THORACIC SPINE MOVEMENT WITH BUBBLE GONIOMETER AND MOBILE  
APPLICATION

Bachelor thesis

Rijeka, 2022.

## Izvešće o provedenoj provjeri izvornosti studentskog rada

## Opći podatci o studentu:

Sastavnica	FZSRI
Studij	PREDDIPLOMSKI FIZIOTERAPIJA
Vrsta studentskog rada	ZAVRŠNI RAD
Ime i prezime studenta	KRISTINA JELOVČIĆ
JMBAG	0351010200

## Podatci o radu studenta:

Naslov rada	USPOREDBA BRZINE, JEDNOSTAVNOSTI I PRECIZNOSTI MJERENJA OPSEGA POKRETA TORAKALNE KRALJEŽNICE GRAVITACIJSKIM GONIOMETROM I MOBILNOM APLIKACIJOM
Ime i prezime mentora	JASNA LULIĆ DRENJAK
Datum predaje rada	2.09.2022.
Identifikacijski br. podneska	1891210947
Datum provjere rada	2.09.2022.
Ime datoteke	E_NICE_GRAVITACIJSKIM_GONIOMETROM_1_
Veličina datoteke	1.97M
Broj znakova	49425
Broj riječi	7339
Broj stranica	43

## Podudarnost studentskog rada:

Podudarnost (%)	10%
-----------------	-----

## Izjava mentora o izvornosti studentskog rada

Mišljenje mentora	
Datum izdavanja mišljenja	2.09.2022.
Rad zadovoljava uvjete izvornosti	<input checked="" type="checkbox"/>
Rad ne zadovoljava uvjete izvornosti	<input type="checkbox"/>
Obrazloženje mentora (po potrebi dodati zasebno)	

Datum  
2.09.2022.

Potpis mentora  
*Jasna Lulić Drenjak*  
JASNA LULIĆ DRENJAK

Rijeka, 24. svibnja 2022.

## Odobrenje nacrt završnog rada

Povjerenstvo za završne i diplomske radove Fakulteta zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci  
odobrava nacrt završnog rada:

USPOREDBA BRZINE, JEDNOSTAVNOSTI I PRECIZNOSTI MJERENJA OPSEGA  
POKRETA TORAKALNE KRALJEŽNICE GRAVITACIJSKIM GONIOMETROM I  
MOBILNOM APLIKACIJOM  
COMPARISON OF TIME, ACCURACY AND USABILITY OF MEASURING THE  
RANGE OF THORACIC SPINE MOVEMENT WITH BUBBLE GONIOMETER AND MOBILE  
APPLICATION

Student: Kristina Jelovčić  
Mentor: Jasna Lulić Drenjak, prof. kinez.  
Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija  
Preddiplomski stručni studij Fizioterapija

Povjerenstvo za završne i diplomske radove

Predsjednik Povjerenstva

  
\_\_\_\_\_

Pred. Helena Štrucelj, dipl. psiholog – prof.

## Sadržaj:

<b>1. UVOD</b> .....	1
1.1. <i>Anatomija torakalne kralježnice</i> .....	2
1.2. <i>Biomehanika kralježnice</i> .....	4
1.3. <i>Biomehanika torakalne kralježnice</i> .....	5
1.4. <i>Goniometar</i> .....	6
1.5. <i>Gravitacijski goniometar</i> .....	8
1.6. <i>Mobilne aplikacije za mjerenje opsega pokreta</i> .....	8
<b>2. CILJEVI I HIPOTEZE</b> .....	10
<b>3. ISPITANICI (MATERIJALI) I METODE</b> .....	10
3.1. <i>Ispitanici</i> .....	10
3.2. <i>Postupak i instrumentarij</i> .....	11
3.3. <i>Statistička obrada podataka</i> .....	11
3.4. <i>Etički aspekti istraživanja</i> .....	12
<b>4. REZULTATI</b> .....	12
<b>5. RASPRAVA</b> .....	26
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	28
<b>7. LITERATURA</b> .....	30
<b>8. PRIVITCI</b> .....	32
<b>9. ŽIVOTOPIS</b> .....	34

## **POPIS KRATICA**

Lat. – latinski

Tzv. – takozvani

Lig. – *ligamentum* – ligament

Ligg. – *ligamenta* – ligamenti

Eng. – engleski

Grav. - gravitacijski

ROM – range of motion – opseg pokreta

## SAŽETAK

Klinička mjerenja opsega pokreta koriste se za određivanje pokretljivosti određenih zglobova. Točno i precizno mjerenje pokretljivosti zgloba od iznimne je važnosti za medicinske stručnjake, fizioterapeute, dizajnere proizvoda te računalne modele. Poznavanje normalnog raspona pokretljivosti zglobova kralježnice te sposobnost pravilnog mjerenja, može pomoći u određivanju patologije ozljede, planiranju rehabilitacijskih procesa i mjerenju učinkovitosti liječenja. Za izvođenje točne procjene pokretljivosti zglobova, neophodne su objektivne kliničke metode mjerenja.

Cilj ovog istraživanja je zaključiti koliko je vremena potrebno za mjerenje opsega pokreta kralježnice s pojedinim instrumentom; gravitacijskim goniometrom i mobilnom aplikacijom. Isto tako, cilj je i na temelju usporedbe prikupljenih podataka donijeti zaključak o jednostavnosti upotrebe i preciznosti ovih instrumenata.

Uzorak ispitanika čini ukupno 10 studenata i studentica Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci, smjer Fizioterapija, odabranih metodom slučajnog odabira. U istraživanju su se od instrumenata koristili gravitacijski goniometar i PhysioMaster mobilna aplikacija.

Mjerenje svakog ispitanika provelo se u uspravnom stojećem položaju, okomito postavljajući instrument na torakalnu kralježnicu. Uzete su mjere fleksije, ekstenzije te desne i lijeve laterofleksije pomoću oba instrumenta. Vrijeme potrebno za uzimanje mjera za svaki pojedini pokret također je zabilježeno.

Statističkim izračunom pomoću Studentovog t-testa rezultati istraživanja pokazali su da nema statistički značajne razlike u preciznosti, brzini mjerenja i jednostavnosti korištenja između mobilne aplikacije PhysioMaster i gravitacijskog goniometra.

**Ključni pojmovi: goniometar, kralježnica, opseg pokreta**



## **ABSTRACT**

Clinical range of motion measurements are used to determine the mobility of certain joints. Accurate and precise measurement of joint mobility is extremely important for medical professionals, physiotherapists, product designers and computer modellers. Knowing the normal range of motion of the spine joints and the ability to measure correctly can help in determining the pathology of injuries, planning rehabilitation processes and measuring the overall effect of the treatment. To perform an accurate assessment of joint mobility, objective clinical measurement methods are required.

The aim of this research is to conclude how much time is needed to measure the range of motion of the spine with a particular instrument; gravity goniometer and mobile application. Likewise, the goal is to draw a conclusion on the ease of use and precision of these instruments based on the comparison of the collected data.

The sample of respondents consists of a total of 10 students of the Faculty of Health Studies in Rijeka, majoring in Physiotherapy, chosen by random selection. The instruments used in the research were a gravity goniometer and the PhysioMaster mobile application.

The measurement of each subject was carried out in an upright standing position, placing the instrument vertically on the thoracic spine. Take measurements of flexion, right extension and left lateroflexion using both instruments. The time taken to take measures for each individual movement was also recorded.

By statistical calculation using the Student's t-test, the research results showed that there are no statistically significant differences in precision, measurement speed and ease of use between the PhysioMaster mobile application and the gravity goniometer.

**Key words: joint, range of motion, spine**

## 1. UVOD

Kralježnica je koštana struktura i oslonac trupa koja se proteže duljinom leđa povezujući pritom lubanju i zdjelicu. Često se opisuje kao stup, no ne radi se o čvrstoj i krutoj građi već o lancu spojenih, pokretnih koštanih zglobova koji mogu biti stabilizirani pasivno, pomoću ligamenata i aktivno pomoću mišića. Gibljiva je kroz sve tri ravnine, transverzalnu, sagitalnu i vertikalnu. Torakalni dio kralježnice, manje je pokretan u odnosu na vratni i lumbalni dio (1).

Opseg pokreta kralježnice koristan je parametar za određivanje nivoa funkcioniranja i stupnja oštećenja, postavljanja dijagnoze, planiranja i praćenja procesa liječenja te procjenu ukupne učinkovitosti rehabilitacijskih postupaka kod ozljeda, reumatskih i/ili degenerativnih bolesti, prirođenih stanja (npr. cerebralna paraliza, tortikolitis) te stečenih stanja (npr. nepravilna postura, profesionalne deformacije) (2).

Pri svakodnevnom radu iznimno je važno upotrebljavati mjerni instrument koji je precizan, neinvazivan, pouzdan te jednostavan za korištenje (3).

Gravitacijski goniometar je instrument za mjerenje kojim se temeljem promjene razine tekućine (ovisno o gravitaciji) na jednostavan način očitavaju vrijednosti opsega pokreta (4).

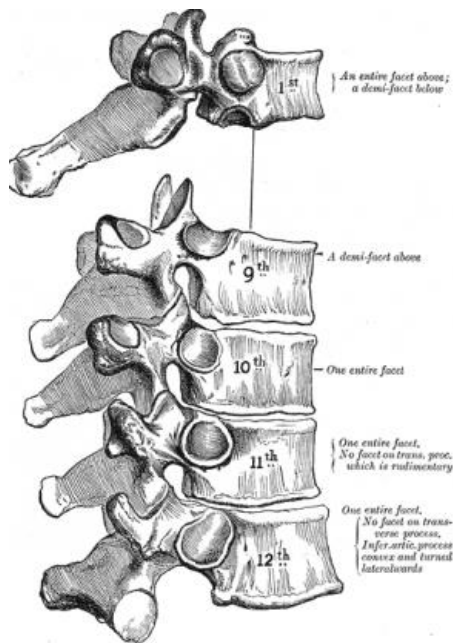
Razvojem novih mobilnih aplikacija fizioterapeuti danas imaju još jedan alat koji mogu koristiti u svakodnevnom radu. Relativno nova aplikacija PhysioMaster, programirana je na Tehničkom fakultetu u Rijeci, a namijenjena je za različite fizioterapijske postupke poput analize posture ili analize funkcionalnog pokreta. Aplikacija koristi inercijalne senzore kako bi detektirala orijentaciju i kretanje uređaja. Obradom dobivenih informacija kroz matematičke algoritme, postiže se mogućnost točnog i preciznog mjerenja bez obzira na orijentaciju i položaj samog uređaja. To omogućava izuzetno široku primjenu u mjerenju opsega pokreta, a također je i prednost u odnosu na npr. gravitacijske goniometre koji zahtijevaju "savršeno" poravnanje kako ne bi došlo do povećanja pogreške mjerenja (5).

## 1.1. Anatomija torakalne kralježnice

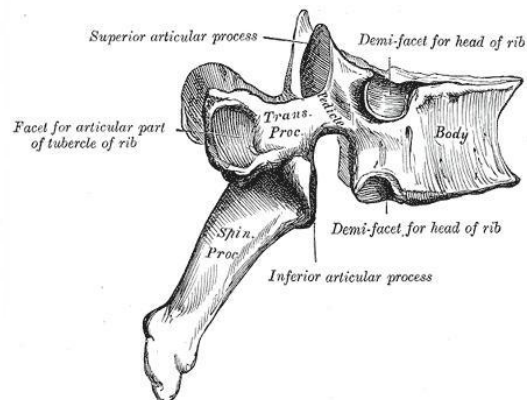
Prsnu (torakalnu) kralježnicu (lat. *columna thoracica*) sačinjava 12 kralježaka koji se označavaju simbolima Th1-Th12. (Slika 1.) Torakalni kralješci razlikuju se od ostalih kralježaka zbog posjedovanja zglobnih udubljenja u području trupa kralješka (lat. *foveae costales superiores et inferiores*) preko kojih se uzgobljavaju s glavama rebara te zbog zglobnih udubljenja na transverzalnim nastavcima kojima se zglobno povezuju s rebrenim kvrgama (lat. *fovea costalis transversalis*). (Slika 2.)

Trup kralješka je trostranog oblika, a njegov otvor je okrugao. U smjeru od kranijalnog prema kaudalnom, trupovi torakalnih kralježaka se povećavaju, a oni najniži nalikuju slabinskim kralješcima (6,7).

Koštanu strukturu grudnog koša izgrađuje 37 kostiju. Torakalnih kralježaka ima dvanaest, a rebara dvanaest parova i zajedno s neparnom kosti sternuma čine okvir prsnoga koša. Sedam gornjih rebara povezano je sa sternumom, a preostalih pet se sa svojim završetkom veže na sljedeće gornje rebro. U grudnom košu nalaze se i brojni mišići koji polaze ili se hvataju na torakalnoj kralježnici. Mišići omogućuju održavanje stojećeg ili sjedećeg položaja tijela. Osim ove uloge, zajedno s rebrima, mišići sudjeluju i u procesu disanja (7,8).



Slika 1. Torakalni kralješci



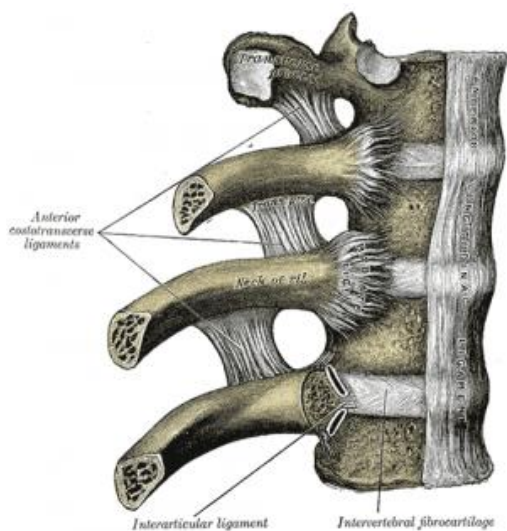
Slika 2. Anatomija torakalnog kralješka

Uzduž prednjeg dijela tijela kralješka, proteže se prednji uzdužni ligament (lat. *ligamentum longitudinale anterius*), dok se na dorzalnoj strani proteže stražnji uzdužni ligament (lat. *ligamentum longitudinale posterius*). Oba ligamenta hvataju se na trupovima kralježaka i intervertebralnim diskovima te pridonose održavanju normalnog izgleda kralježnice, ali i ograničavaju kretne fleksije i ekstenzije. (Slika 3.)

Lukove kralježaka spajaju žute sveze (lat. *ligamenta flava*). Zbog svoje velike elastičnosti, prilikom savijanja kralježnice prema nazad, ne postoji mogućnost da pritisnu i ugroze leđnu moždinu. Zajedno sa leđnim mišićima, ovi ligamenti opiru se težini organa prednjeg dijela trupa i sprječavaju pregibanje kralježnice.

Poprečne nastavke povezuju intertransverzarni ligamenti (lat. *ligamenta intertransversaria*), a spinozne, šiljaste nastavke povezuju interspinozni ligamenti (lat. *ligamenta interspinalia*). Supraskinalni ligament pruža se iznad spinoznih nastavaka i međusobno ih povezuje.

Među zglobne ploštine kralježaka, uvlače se nabori čahure koji imaju oblik meniskusa, a služe kako bi prilikom vršenja kretnji uklonili inkongruenciju među zglobnim ploštinama (7,8).

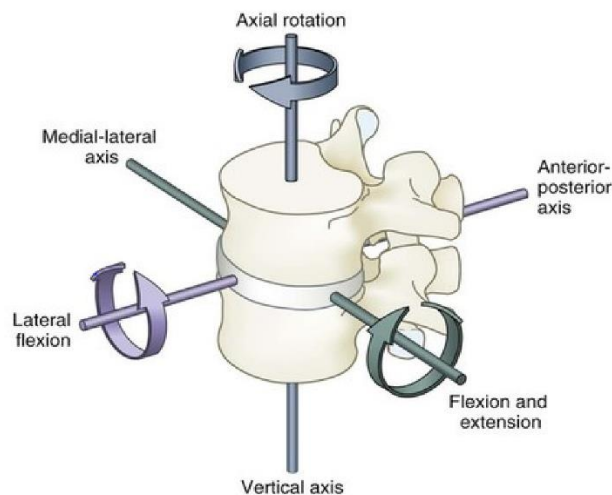


**Slika 3.** Spojevi kralježaka

## 1.2. Biomehanika kralježnice

Arhitektonika kralježnice uspoređuje se s konstrukcijom koja se sastoji od tri stupa. Prednji stup tvore trupovi kralježaka i intervertebralni diskovi, a dva stražnja stupa, lijevi i desni, čine intervertebralni zglobovi. Važnu ulogu u mehanici kralježnice ima prednji dio luka kralješka koji je smješten ispred vertebralnog zgloba, tzv. nožica – *pediculus*. Stražnji ligamentarni sustav (*ligg. flava, ligg. interspinalia, ligg. supraspinalia*) te stražnji dio luka kralješka, tzv. lamina, imaju znatno manju ulogu u biomehanici kralježnice. Između dva susjedna kralješka ne nalazi se jednostavan zglob, već zglobni sustav, kojeg čine intervertebralni diskovi te zglobovi s njihovim čahurama i ostalim svezama. Sve te strukture povezuju kralješke u jednu dinamičku cjelinu (*segmentum mobilitatis*) koju u hrvatskom jeziku nazivamo „vertebralni dinamički segment” (9). Svaki pojedini kralježak može izvesti neznatno male ekskurzije pokreta u odnosu na susjedni kralježak. Međutim, te kretnje se sumiraju u obilata i raznolika gibanja koja izvode pojedini segmenti kralježnice, a posebno kao kretnje kralježnice u cijelosti. Slika 4. prikazuje osi gibanja i pokrete koji se izvode u kralježnici. Ona se u prostoru kreće kroz sve tri ravnine, tj. oko tri osi:

- frontalne osi; inklinacija i reklinacija (antefleksija i retrofleksija)
- sagitalne osi; laterofleksija udesno i ulijevo
- uzdužne osi; rotacija udesno ili ulijevo



**Slika 4.** Osi gibanja kralježnice

Zglobovi vratnog i slabinskog dijela kralježnice u usporedbi s torakalnim zglobovima znatno su dinamički opterećeniji jer svojom građom omogućuju maksimalnu pokretljivost pritom osiguravajući stabilnost kralježnice. U rigidnome torakalnom dijelu kralježnice češće se susreću različiti oblici deformacija (skolioza, kifoza). U funkcijskom pogledu, kralježnica je nedjeljiva cjelina. No, pokretljivost kralježnice nije u svim dijelovima jednaka (9, 10). Opseg pokreta određen je sinartrozama, prvenstveno intervertebralnim diskusima. Što je diskus viši u usporedbi sa svojim promjerom, to je raspon pokreta veći. U torakalnom dijelu, pokretljivost je manja u odnosu na cervikalni i lumbalni dio kralježnice jer su diskusi niži. Isto tako, pokretljivost smanjuje povezanost ovih kralježaka s rebrima te vrlo strmi položaj spinoznih nastavaka (7, 9, 10).

Unutar kralježnice karakteristična je međusobna povezanost svih pojedinih dijelova jednog vertebralnog dinamičkog segmenta. To je tzv. intrasegmentalna povezanost, za razliku od intersegmentalne, koja označava povezanost svih vertebralnih dinamičkih segmenata zajedno. Stoga pri ozljedi ili oštećenju jednoga dinamičkog segmenta ostali, zdravi dinamički segmenti tu ozljedu ili oštećenje funkcijski kompenziraju (11).

### *1.3. Biomehanika torakalne kralježnice*

Znatno je malo studija isključivo usredotočenih na biomehaniku torakalne kralježnice, budući da su istraživanja kralježnice u prošlosti bila uglavnom usmjerena na lumbalnu i vratnu kralježnicu. Osobito je slabo istražen utjecaj struktura prednjeg rebarnog luka na ukočenost i pokretljivost torakalne kralježnice. To je zbog mišljenja da kronične degenerativne bolesti torakalne kralježnice imaju manju incidenciju i stoga se čini da su klinički manje važne (12, 14). Međutim, patologije torakalne kralježnice ne treba zanemariti.

Anatomija torakalne kralježnice povezana je izravno s njegovom funkcijom. Fasetni zglobovi su dovoljno rigidni da zaštite vitalne organe, ali dovoljno pokretni da omogućuju respiraciju, kao i da se torakalnom segmentu omogući sudjelovanje u pokretima cijele kralježnice. U torakalnoj kralježnici mogući su pokreti fleksije prema naprijed i natrag od 0° do 20°, te lateralna fleksija u obje strane od 0° do 30° gdje pritom sudjeluje i lumbalna kralježnica (13). Fasetni zglobovi, kao i relativno tanki intervertebralni diskovi, uzrokuju da torakalna regija ima najmanju sposobnost fleksije i ekstenzije kralježnice. Povećanje veličine tijela kralježaka u kaudalnom smjeru izravno je povezano s povećanim zahtjevom za nošenje težine (14).

Intervertebralni disk važan je za normalno funkcioniranje kralježnice. To je vezivnohrskavična pločica, trajna sinhondroza, u području torakalnih kralježaka. Svaki disk sastoji se od dva dijela; čvrsti vanjski dio (*anulus fibrosus*) i mekaniji unutrašnji dio (*nucleus pulposus*). U torakalnoj regiji ima ih dvanaest (7) (Slika 5.).

Diskovi omogućuju kralježnici fleksibilnost, pružaju učinak amortizacije udaraca unutar kralježnice te tako štite kralježnicu i sprječavaju da kralješci stružu jedan o drugi.

#### 1.4. Goniometar

Goniometar je instrument koji mjeri kut odnosno opseg pokreta određenog segmenta. Pojam 'goniometrija' potječe od dvije grčke riječi, *gonia*, što znači kut, i *metron*, što znači mjeriti. Prvu poznatu upotrebu primitivne verzije modernog goniometra dala je nizozemska liječnica i matematičarka po imenu Gemma Frisius, koja ga je koristila za izračunavanje i bilježenje položaja nebeskih tijela u odnosu na Zemlju (4).

Metoda ili instrument koji koristi kliničar može varirati i često ovisi o dostupnosti instrumenata kliničaru, cijeni, obrazovnoj dogmi i specifičnim pokretima koji se procjenjuju. Goniometrija je naširoko korištena zbog svoje prenosivosti i niske cijene. Ograničenje goniometrije je to što od kliničara zahtijeva korištenje obje ruke i lociranje anatomskih orijentira, što otežava stabilizaciju položaja pacijenta, čime se povećava rizik od pogreška zbog netočnog očitavanja ili netočnog postavljanja. Osim toga, goniometrija ne dopušta razlikovanje doprinosa zdjelice i lumbalne pokretljivosti kralježnice (14).

Opseg pokreta, eng. range of motion (ROM), koji je mjera opsega pokreta zgloba, koristi se za procjenu i klasifikaciju oštećenja zglobova kod pacijenata ili učinkovitosti određenog rehabilitacijskog programa. Procjena opsega pokreta zgloba važna je komponenta pregleda fizikalne terapije. Ova su mjerenja nužna za pružanje osnovnih podataka, određivanje funkcionalnih ograničenja i praćenje promjena u pokretljivosti zglobova kao odgovor na liječenje. Mjerenje opsega pokreta također se može koristiti za otkrivanje asimetrije i ograničenja kretanja koja mogu povećati rizik od ozljeda. Procjena opsega pokreta koristi se za kvantificiranje osnovnih ograničenja kretanja (15, 16, 17).

Goniometar se koristi prilikom: prisutnost disfunkcije povezane s mišićima, tetivama ili zglobovima, postavljanje dijagnoze, razvijanje ciljeva liječenja, ocjenjivanje napretka ili nedostatka istog, promjene liječenja na temelju napretka, izrade ortoza, mjerenja u svrhu istraživanja itd.

Uvjeti u kojima se goniometar ne bi trebao koristiti za mjerenje aktivnog raspona kretanja uključuju sljedeće: dislokacija zgloba, nezarasli prijelom, nakon operacije ako kretanje ometa proces zacjeljivanja, prisutnost osteoporoze ili krhkosti kostiju, jer prisilna mjerenja mogu uzrokovati ozljedu, neposredno nakon ozljede kod koje je vjerojatno došlo do oštećenja mekog tkiva (14, 15). Uvjeti u kojima je uporaba goniometra prikladna uz dodatne mjere opreza su: infekcija ili upala oko zgloba, jaka bol koja se pojačava pokretom, hipermobilnost ili nestabilnost samog zgloba.

Samo obučeni liječnici, fizikalni terapeuti, radni terapeuti ili drugo osoblje s prethodnom obukom trebaju provoditi procjene pomoću goniometra. Stručna osoba mora znati kako pravilno postaviti i stabilizirati zglob. Važno je znati odrediti kraj opsega pokreta te pomaknuti dio tijela pacijenta kroz odgovarajući raspon pokreta. Pravilno poravnanje i mogućnost prepoznavanja odgovarajućih koštanih orijentira također je od iznimne važnosti. Krajnji cilj je ispravno očitati mjere na instrumentu te zabilježiti mjerenja (16).

Korištenje goniometra ne zahtijeva detaljnu pripremu. Bolesnika treba unaprijed savjetovati, a pristanak na pregled je obavezan. Pregled se mora obaviti usred bijela dana s dobro izloženim zglobovom koji se procjenjuje i okolnim područjem. Pomoćnika, ako je potrebno, treba unaprijed pozvati. Goniometar može procijeniti i aktivni i pasivni raspon pokreta.

Pozicioniranje igra važnu ulogu u goniometriji jer se na taj način zglob postavi u nulti početni položaj ili neutralni položaj te stabilizira proksimalni segment zgloba. Ispitivač zatim palpira relevantne koštane orijentire i poravnava goniometar.

Ispitivač bilježi početno mjerenje, a pacijent pomiče zglob kroz raspoloživi opseg pokreta. Nakon što je zglob prošao kroz raspoloživi raspon pokreta, ispitivač očitava i bilježi mjerenje. Potrebno je paziti da pacijent ne pomiče tijelo dok pomiče zglob, čime se osigurava točno mjerenje.

Pozicioniranje također značajno utječe na napetost u strukturama mekog tkiva kao što su kapsule, mišići i ligamenti, koji obavijaju zglob. Svaki položaj koji zateže strukture mekog tkiva



dovest će do ograničenog raspona pokreta u usporedbi s položajem u kojem su strukture opušteno (16,17).

Od iznimne je važnosti osigurati isti položaj testiranja tijekom uzastopnih mjerenja kako bi se osiguralo da količina napetosti u mekom tkivu ostane konstantna u usporedbi s prošlim mjerenjima. Ovaj pristup osigurava dobivanje sličnih rezultata. Svaka promjena položaja dovest će do pogrešnih očitavanja. Raspon pokreta razlikuje se od osobe do osobe, te ovisi o dobi ispitanika i vrsti zgloba.

### *1.5. Gravitacijski goniometar*

Gravitacijski goniometar je alternativa univerzalnom goniometru jer uključuje korištenje konstantne gravitacije kao referentne točke. Gravitacijski goniometar, „bubble“ goniometar ili jednostavno inklinometar prijenosan je, lagan, jeftin, a način upotrebe je sličan kao i za univerzalni goniometar. Nedostatak može biti njihova dostupnost u klinikama i poznavanje mjernih postupaka od strane kliničara. Izvor najveće varijabilnosti gravitacijskih mjerenja mogu biti proceduralne pogreške kao što je krivo postavljanje inklinometra na područje koje je udaljeno od orijentira, neuspjeh u održavanju stalnog pritiska tijekom kretanja i tehničke pogreške; držanje inklinometra malo odmaknuto, što može dati netočna očitavanja. U ovom istraživanju upotrijebljen je standardni novi Baseline gravitacijski goniometar (18, 19, 20).

### *1.6. Mobilne aplikacije za mjerenje opsega pokreta*

Napredak u tehnologiji senzora pametnih telefona rezultirao je jeftinim alatima za mjerenje ROM-a s kliničkim i istraživačkim potencijalom. Konkretno, pametni telefon koristi ugrađeni akcelerometar i magnetometar za otkrivanje kretanja pomoću gravitacije i zemljinog magnetskog polja. Aplikacije za pametne telefone nude pristupačnu, jeftinu i praktičnu opciju za mjerenje opsega pokreta kralježnice u kliničkim okruženjima (21, 22, 23).

U jednom istraživanju iz 2013. godine „*The reliability and concurrent validity of measurements used to quantify lumbar spine mobility: an analysis of an iPhone application and gravity based inclinometry*“, na temelju mjerenja raspona pokreta lumbalne kralježnice 30 ispitanika pomoću iHandy Level aplikacije i gravitacijskog goniometra, autori su zaključili da je iHandy Level aplikacija na iPhoneu pouzdana i usporediva s gravitacijskim goniometrom (16).

Mobilne aplikacije osim za standardno mjerenje opsega pokreta mogu poslužiti i za određivanje stupnja skolioze. U istraživanju „*Inter- and intraobserver reliability assessment of the axial trunk rotation: manual versus smartphone-aided measurement tools*“ iz 2014. godine, provelo se mjerenje Cobbovog kuta na šezdeset i četiri pacijenta s adolescentnom idiopatskom skoliozom pomoću skoliometra i mobilne aplikacije. Dokazana je izvrsna pouzdanost i rad je potvrdio kliničku upotrebu mobilne aplikacije za mjerenje aktivnog kuta raspona pokreta kralježnice (23).

Novije istraživanje „*Measurement properties of smartphone applications for the measurement of neck range of motion: a systematic review and meta analyses*“ iz 2022. godine provedeno na 376 ispitanika potvrdilo je pouzdanost mobilne aplikacije kao praktičnog alata za mjerenje opsega pokreta vratne kralježnice. Unatoč tome, smatra se da je potrebno novo visokokvalitetno istraživanje s velikim veličinama uzorka kako bi se dodatno pružili dokazi koji podupiru mjerna svojstva aplikacija za pametne telefone za procjenu aktivnog opsega pokreta (24).

Ovim radom usporedit će se vrijeme potrebno za mjerenje opsega pokreta kralježnice s pojedinim instrumentom; mobilnom aplikacijom i gravitacijskim goniometrom. Na temelju rezultata donijet će se zaključak o njihovoj preciznosti i jednostavnosti upotrebe, a sve u svrhu efikasnijeg i kvalitetnijeg provođenja fizioterapijskih intervencija u svakodnevnom radu.

## **2. CILJEVI I HIPOTEZE**

Cilj istraživanja je zaključiti koliko je vremena potrebno za mjerenje opsega pokreta kralježnice s pojedinim instrumentom; gravitacijskim goniometrom i mobilnom aplikacijom. Isto tako, cilj je i na temelju usporedbe prikupljenih podataka donijeti zaključak o jednostavnosti upotrebe i preciznosti ovih instrumenata.

### **Hipoteze:**

1. Prikupljanje podataka mobilnom aplikacijom zahtijeva manje vremena u odnosu na prikupljanje goniometrom.
2. Prilikom mjerenje opsega pokreta kralježnice, mobilna aplikacija jednostavnija je za upotrebu u odnosu na gravitacijski goniometar.
3. Mobilna aplikacija i gravitacijski goniometar jednako su precizni instrumenti pri mjerenju opsega pokreta kralježnice.

## **3. ISPITANICI (MATERIJALI) I METODE**

### *3.1. Ispitanici*

Kriteriji za uključivanje u istraživanje su da su osobe studenti, bez deformiteta i ozljeda kralježnice, u dobi između 18 i 23 godine. Spol nije kriterij za uključivanje u istraživanje. U istraživanju će sudjelovati deset ispitanika, muškog i ženskog spola. Istraživanje će se provesti na Fakultetu zdravstvenih studija kroz svibanj 2022. godine. Uzorak ispitanika činit će studenti stručnog studija Fizioterapije, Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci, te će biti odabrani uzorkovanjem tipa prigodni uzorak odnosno pozvani dobrovoljci zbog lake dostupnosti.

### *3.2. Postupak i instrumentarij*

Podaci potrebni za istraživanje prikupljat će se mjerenjem opsega kretnji torakalne kralježnice u stojećem (nultom) položaju svakog ispitanika pomoću PhysioMaster mobilne aplikacije, a zatim pomoću gravitacijskog goniometra. Oba instrumenta mjerit će kretnje torakalne kralježnice na isti način. Postavit će se okomito na torakalnu kralježnicu u visini lopatica. Provest ćemo korekciju nule poradi fiziološke zakrivljenosti torakalnog dijela kralježnice. Iz tog položaja ispitanik će izvesti fleksiju torakalne kralježnice prema naprijed i prema natrag. Za mjerenje lateralne fleksije, instrument ćemo položiti uzduž kralježnice, između lopatica s nulom prema gore, a zatim će ispitanik izvesti pokret lateralne fleksije na obje strane. Dakle, kod svakog ispitanika uzet će se četiri mjere pomoću gravitacijskog goniometra i četiri mjere pomoću mobilne aplikacije. Rezultati mjerenja prikazivat će se u stupnjevima. Također, mjerit će se vrijeme potrebno za uzimanje podataka pojedinim instrumentom izraženo u sekundama. Aplikacija je standardizirana te ima licencu za korištenje i dostupna je za slobodno preuzimanje na mobilni uređaj.

Istraživanje će se provesti u kabinetu Fizioterapijskih vještina, na Fakultetu zdravstvenih studija. Podaci će se prikupiti kroz jedan dan u trajanju od sat vremena. Mjerenja će provesti student uz nadzor mentora. Kvaliteta prikupljanja podataka bit će osigurana po principu provođenja svih mjerenja od strane iste osobe kao i osiguravanja istih uvjeta prilikom svakog mjerenja.

### *3.3. Statistička obrada podataka*

Jedna od glavnih varijabli u istraživanju je vrijeme potrebno za mjerenje svakog pojedinog pokreta. Prikupljeni podaci vremena potrebnog za mjerenje opsega pokreta kralježnice s gravitacijskim kutomjerom i mobilnom aplikacijom bit će izraženi u sekundama te obrađeni računanjem i usporedbom aritmetičkih sredina varijabli. Ostale varijable su jednostavnost upotrebe i preciznost. Dobiveni rezultati opsega pokreta kralježnice bit će prikazani na intervalnoj ljestvici i obrađeni Studentovim t-testom za male nezavisne uzorke u programu Statistica 13.0 ( TIBICO Software Inc.) te uspoređeni. Na temelju tih rezultata dobit će se podaci o jednostavnosti upotrebe i preciznosti gravitacijskog kutomjera i mobilne aplikacije. Deskriptivnom statistikom prikazat će se aritmetička sredina, standardna devijacija i razina statističke značajnosti kao  $p > 0.05$ .

Obrađeni podaci prikazat će se grafovima i tablicama. Temeljem statističke analize podataka prihvatit će se ili odbaciti hipoteze.

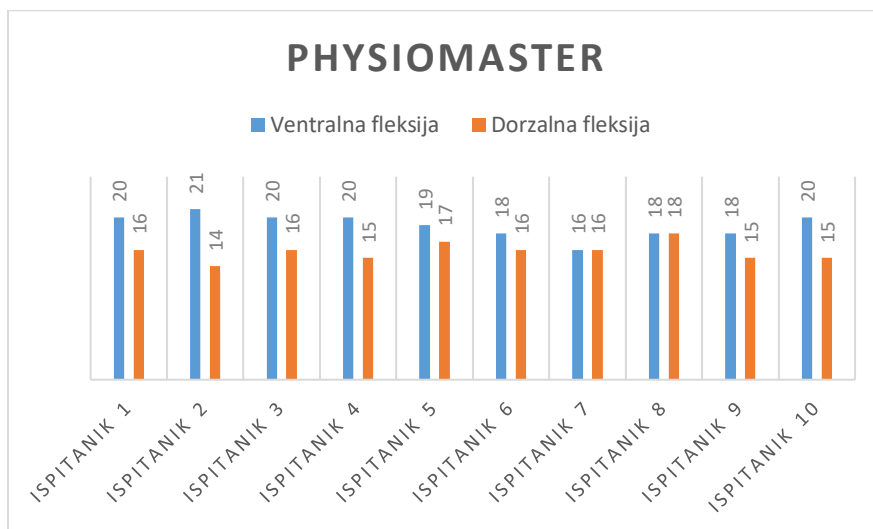
### 3.4. Etički aspekti istraživanja

Svi ispitanici upoznati su sa svrhom provedbe istraživanja te o etičkim aspektima istraživanja. Sudjelovanje je dobrovoljno i anonimno. Ispitanici su informirani kako popunjavanjem anketnog upitnika daju suglasnost za sudjelovanje u istraživanju. Istraživanje nije invazivno i sudjelovale su punoljetne osobe. Za istraživanje nije potrebna dozvola Etičkog 16 povjerenstva za biomedicinska istraživanja Fakulteta zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci. Jedino je bila potrebna Izjava mentora o etičnosti istraživanja niskog rizika.

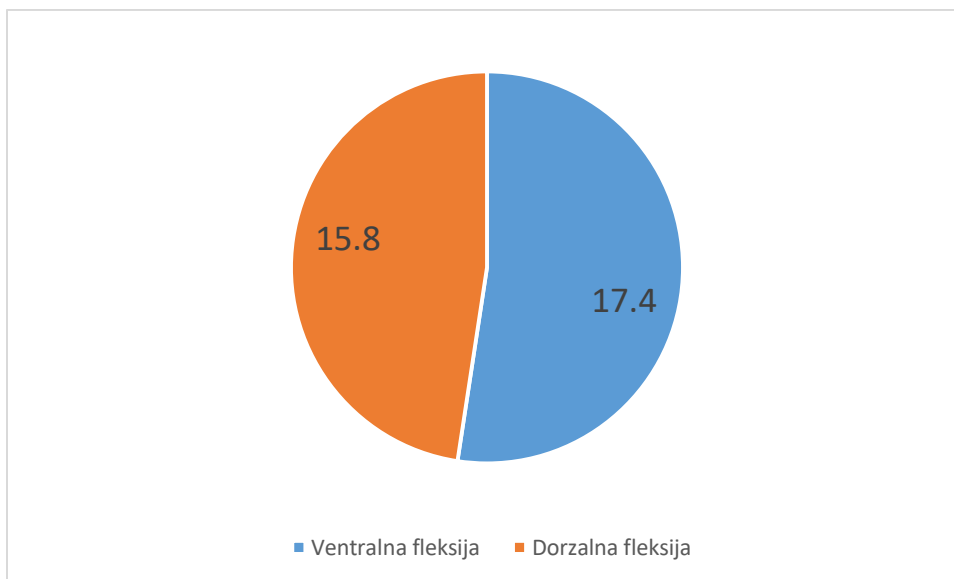
## 4. REZULTATI

U ovome istraživanju usporedbe brzine, jednostavnosti i preciznosti mjerenja opsega pokreta torakalne kralježnice gravitacijskim goniometrom i mobilnom aplikacijom Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci, smjer fizioterapije, sudjelovalo je 10 studenata u dobi od 18. do 23. godine.

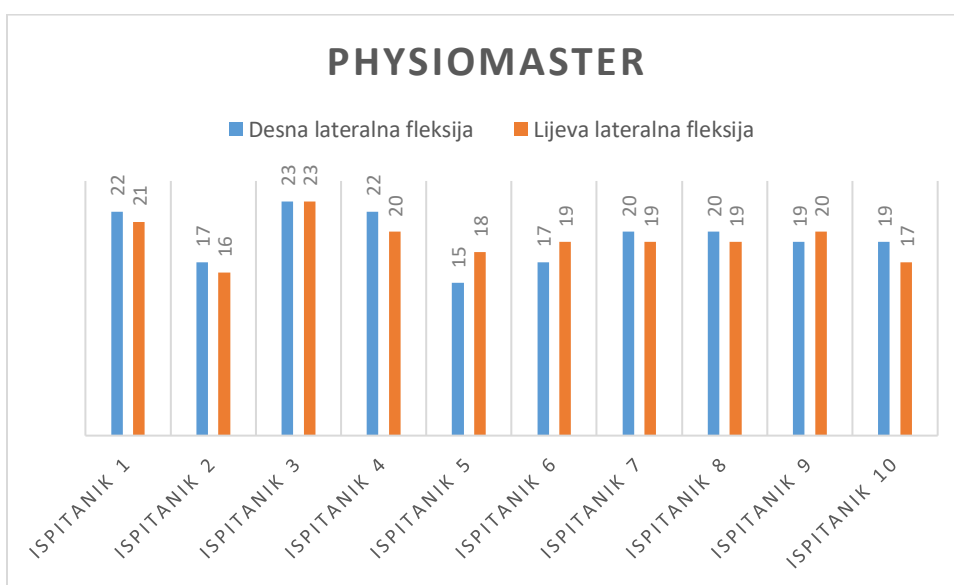
Na slici 5, prikazani su rezultati u stupnjevima (°) mjerenja ventralne i dorzalne fleksije kod ispitanika pomoću mobilne aplikacije PhysioMaster.



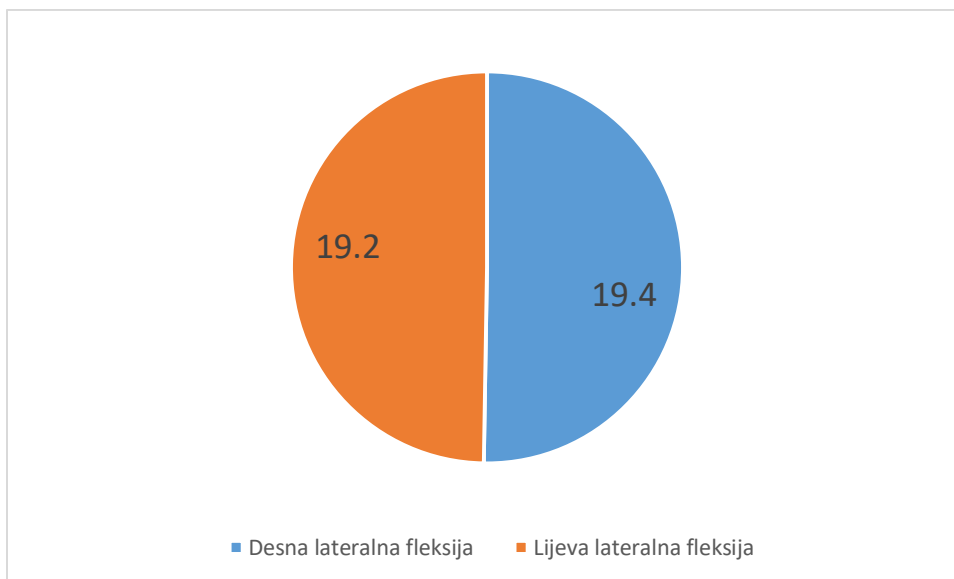
**Slika 5.** Usporedba ventralne i dorzalne fleksije izmjerene pomoću PhysioMaster aplikacije



**Slika 6.** Aritmetička sredina ventralne i dorzalne fleksije izmjerenih PhysioMaster aplikacijom

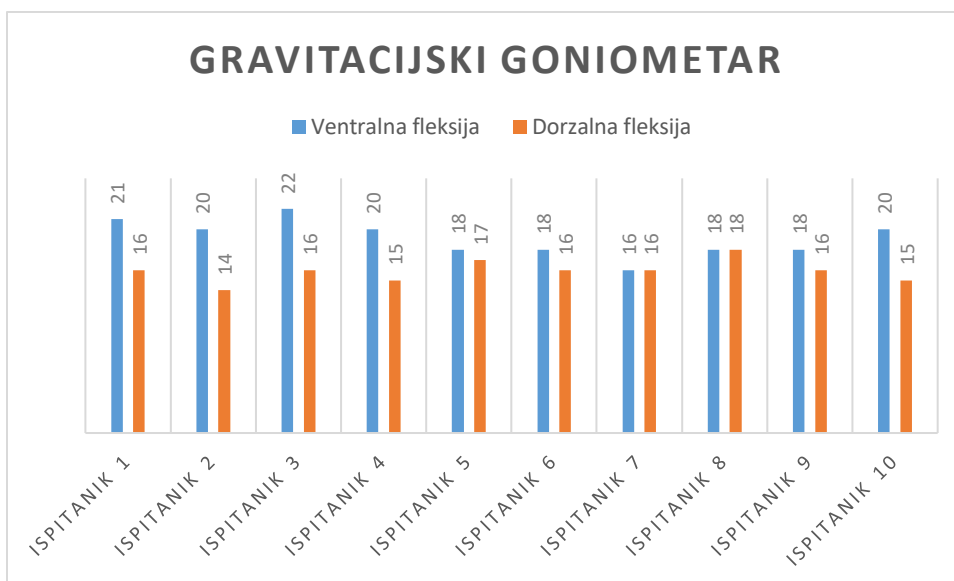


**Slika 7.** Usporedba desne i lijeve lateralne fleksije izmjerene pomoću PhysioMaster aplikacije

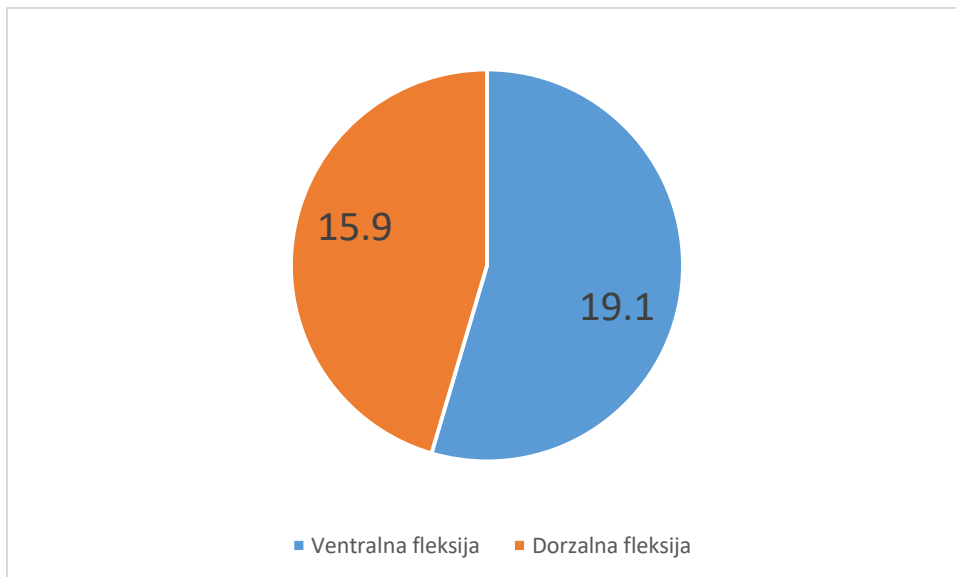


**Slika 8.** Aritmetička sredina opsega pokreta lijeve i desne lateralne fleksije izmjerene pomoću PhysiMaster aplikacije

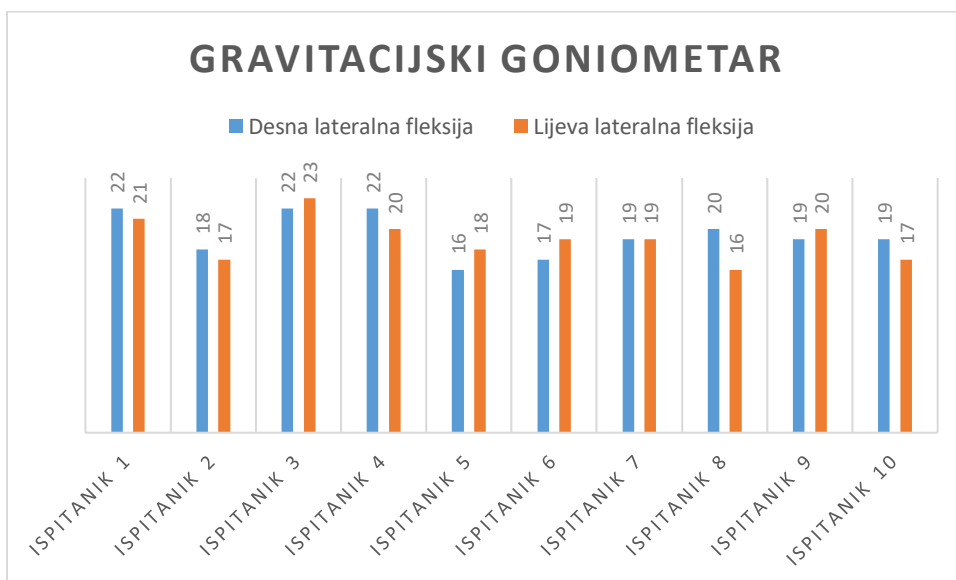
Mjere opsega pokreta ventralne i dorzalne fleksije te lijeve i desne lateralne fleksije torakalne kralježnice, izmjerene pomoću gravitacijskog goniometra, prikazuju Slika 9 i Slika 11.



**Slika 9.** Usporedba ventralne i dorzalne fleksije izmjerene pomoću gravitacijskim goniometrom

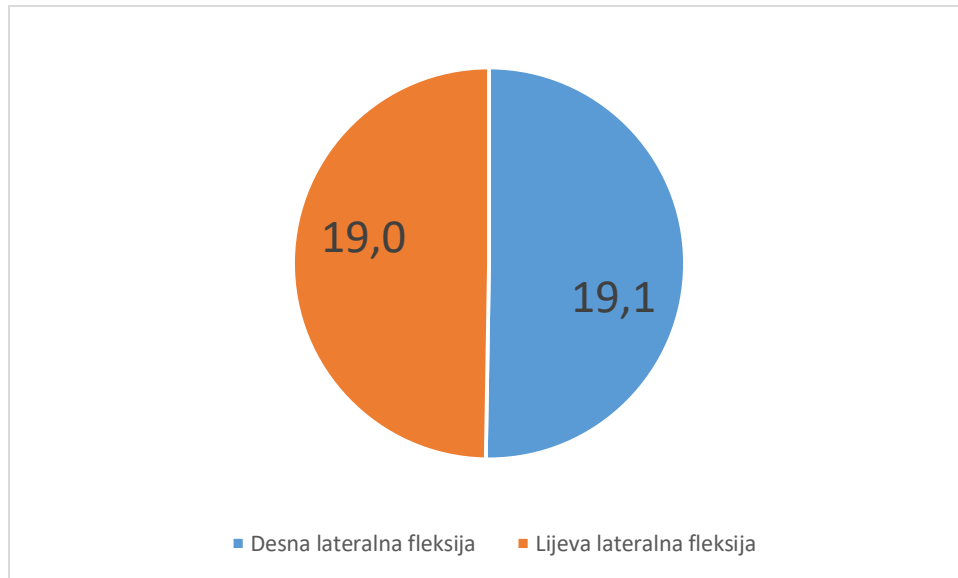


**Slika 10.** Aritmetička sredina opsega pokreta ventralne i dorzalne fleksije izmjerene gravitacijskim goniometrom



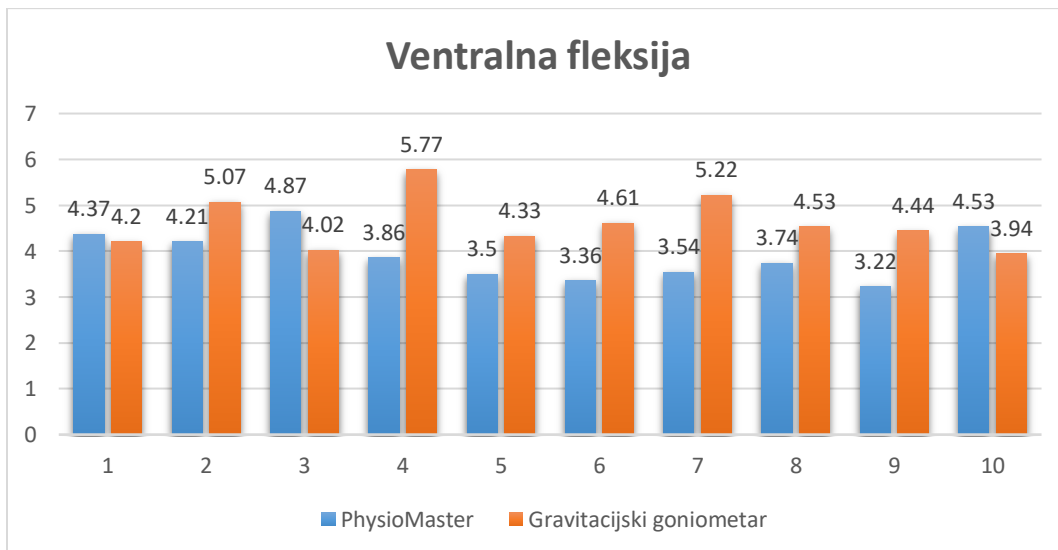
**Slika 11.** Usporedba desne i lijeve lateralne fleksije izmjerene gravitacijskim goniometrom



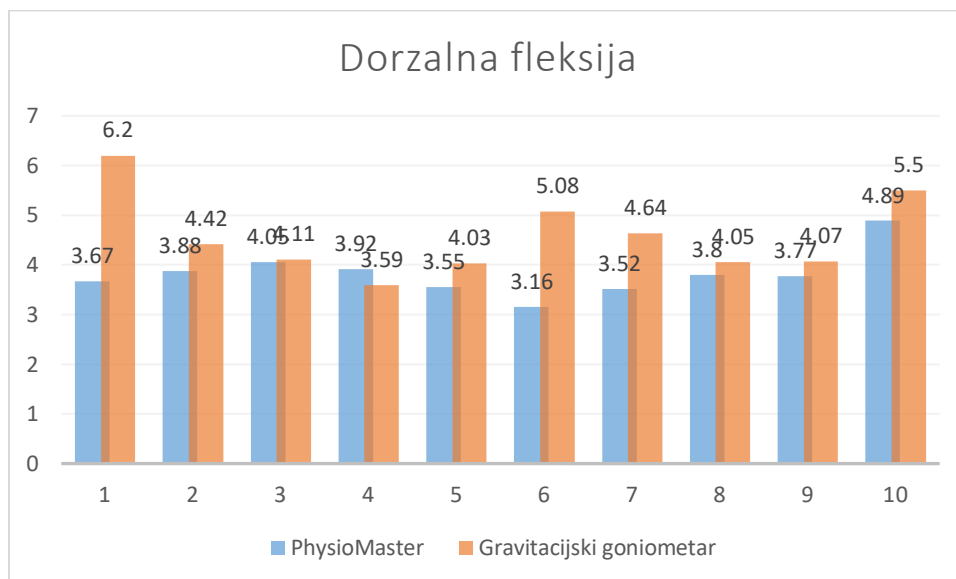


**Slika 12.** Aritmetička sredina opsega pokreta lijeve i desne lateralne fleksije izmjerene gravitacijskim goniometrom

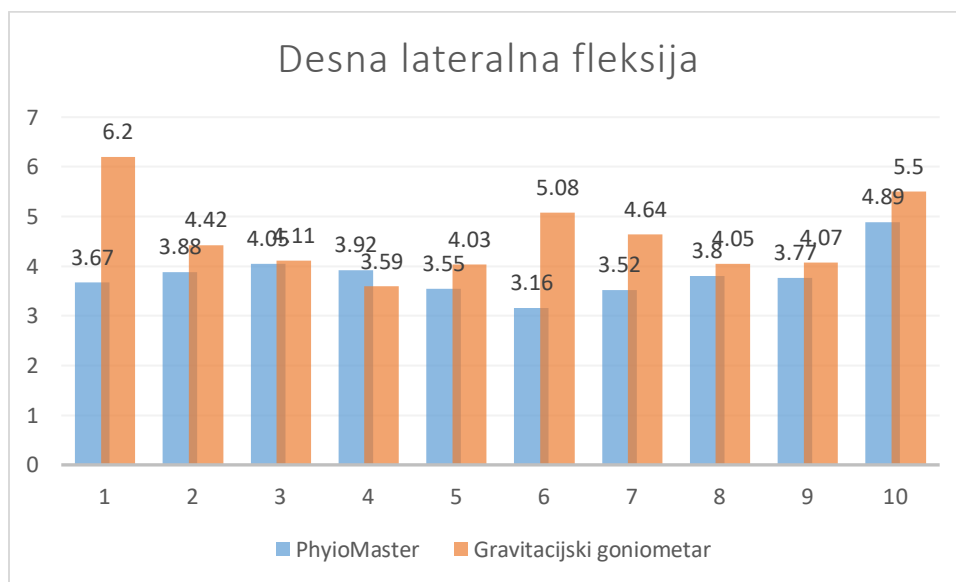
Isto tako, usporedbe vremena u sekundama (s) potrebnog za mjerenje ventralne i dorzalne fleksije te lijeve i desne lateralne fleksije torakalne kralježnice pomoću mobilne aplikacije i gravitacijskog goniometra prikazana je na slikama 13, 14, 15 i 16.



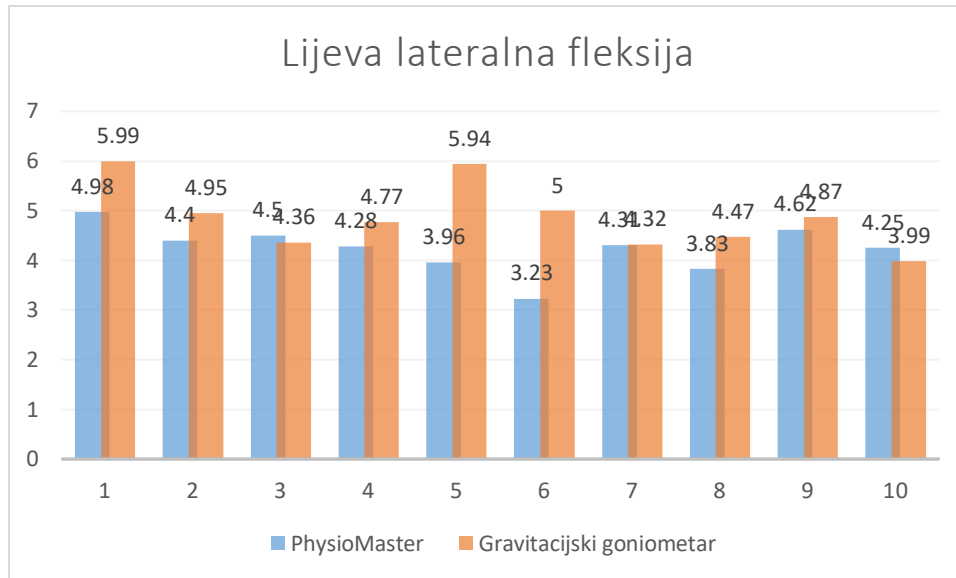
**Slika 13.** Usporedba vremena mjerenja ventralne fleksije pomoću PhysioMaster aplikacije i gravitacijskog goniometra



**Slika 14.** Usporedba vremena mjerenja dorzalne fleksije pomoću PhysioMaster aplikacije i gravitacijskog goniometra



**Slika 15.** Usporedba vremena mjerenja desne lateralne fleksije pomoću PhysioMaster aplikacije i gravitacijskog goniometra



Slika 16. Usporedba vremena mjerenja lijeve lateralne fleksije pomoću PhysioMaster aplikacije i gravitacijskog goniometra

Variable	Descriptive Statistics			
	Valid N	Mean	Std.Dev.	Standard Error
Vrijeme 1 (PhysioMaster)	10	3,92000€	0,54990€	0,173897
Vrijeme 2 (Grav. goniometar)	10	4,93100€	1,29166€	0,408462

Tablica 1. Deskriptivna statistika izračuna aritmetičke sredine, standardne devijacije i standardne pogreške vremena (s) mjerenja ventralne fleksije

Variable	Descriptive Statistics			
	Valid N	Mean	Std.Dev.	Standard Error
Vrijeme 1 (PhysioMaster)	10	3,84900€	0,822577	0,260122
Vrijeme 2 (Grav. goniometar)	10	4,13300€	0,95705€	0,302648

Tablica 2. Deskriptivna statistika izračuna aritmetičke sredine, standardne devijacije i standardne pogreške vremena (s) mjerenja dorzalne fleksije

Variable	Descriptive Statistics			
	Valid N	Mean	Std.Dev.	Standard Error
Vrijeme 1 (PhysioMaster)	10	3,821000	0,451576	0,142801
Vrijeme 2 (Grav. goniometar)	10	4,665000	1,418287	0,448502

Tablica 3. Deskriptivna statistika izračuna aritmetičke sredine, standardne devijacije i standardne pogreške vremena (s) mjerenja desne laterofleksije

Variable	Descriptive Statistics			
	Valid N	Mean	Std.Dev.	Standard Error
Vrijeme 1 (PhysioMaster)	10	4,236000	0,478219	0,151226
Vrijeme 2 (Grav. goniometar)	10	4,793000	0,907157	0,286868

Tablica 4. Deskriptivna statistika izračuna aritmetičke sredine, standardne devijacije i standardne pogreške vremena (s) mjerenja lijeve laterofleksije

Kako bi ispitati postoji li statistički značajna razlika između vremena mjerenja PhysioMaster aplikacijom i gravitacijskim goniometrom primijenjen je Studentov t-test za male ( $N < 50$ ) nezavisne uzorke. Dobiveni rezultati su prikazani u sekundama (s). Pomoću dobivenih aritmetičkih sredina i standardnih devijacija, za svaki od četiri pokreta dobiveni su rezultat Studentovog t-testa. Za svaki navedeni pokret (ventralna fleksija, dorzalna fleksija, desna lateralna fleksija i lijeva lateralna fleksija) rezultati pokazuju da nema statistički značajne razlike.

	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	T-test	p
Vrijeme 1 (PhysioMaster)	3,92	0,5499	2,2773	> 0,05
Vrijeme 2 (Grav. goniometar)	4,93	1,2916		

Tablica 5. Rezultati usporedbe vremena mjerenja ventralne fleksije s oba kutomjera

Tablica 5. prikazuje rezultat Studentovog t-testa dobivenog pomoću izračuna aritmetičke sredine i standardne devijacije vremena (s) mjerenja ventralne fleksije s PhysioMaster aplikacijom i gravitacijskim goniometrom. Rezultati pokazuju da ne postoji značajna razlika između vremena mjerenja opsega pokreta ventralne fleksije kralježnice mobilnom aplikacijom PhysioMaster i gravitacijskim goniometrom, odnosno prikupljanje podataka PhysioMaster aplikacijom ne zahtijeva statistički značajno manje vremena u odnosu na gravitacijski goniometar.

	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	T-test	p
Vrijeme 1 (PhysioMaster)	3,84	0,8225	0,7166	> 0,05
Vrijeme 2 (Grav. goniometar)	4,13	0,9570		

Tablica 6. Rezultati usporedbe vremena mjerenja dorzalne fleksije s oba kutomjera

Tablica 6. prikazuje rezultat Studentovog t-testa dobivenog pomoću izračuna aritmetičke sredine i standardne devijacije vremena (s) mjerenja dorzalne fleksije pomoću PhysioMaster aplikacije i gravitacijskog goniometra. Rezultati pokazuju da ne postoji značajna razlika između vremena mjerenja opsega pokreta dorzalne fleksije kralježnice mobilnom aplikacijom PhysioMaster i gravitacijskim goniometrom, odnosno prikupljanje podataka PhysioMaster aplikacijom ne zahtijeva statistički značajno manje vremena u odnosu na gravitacijski goniometar.

	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	T-test	p
Vrijeme 1 (PhysioMaster)	3,82	0,4782	1,7176	> 0,05
Vrijeme 2 (Grav. goniometar)	4,66	0,9071		

Tablica 7. Rezultati usporedbe vremena mjerenja desne laterofleksije s oba kutomjera

U Tablici 7. prikazan je rezultat Studentovog t-testa dobivenog pomoću izračuna aritmetičke sredine i standardne devijacije vremena (s) mjerenja desne lateralne fleksije pomoću PhysioMaster aplikacije i gravitacijskog goniometra. Rezultati pokazuju da ne postoji značajna razlika između vremena mjerenja opsega pokreta desne lateralne fleksije kralježnice mobilnom aplikacijom PhysioMaster i gravitacijskim goniometrom, odnosno prikupljanje podataka PhysioMaster aplikacijom ne zahtijeva statistički značajno manje vremena u odnosu na gravitacijski goniometar.

	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	T-test	p
Vrijeme 1 (PhysioMaster)	4,23	0,4515	1,7931	> 0,05
Vrijeme 2 (Grav. goniometar)	4,79	1,4182		

Tablica 8. Rezultati usporedbe vremena mjerenja lijeve laterofleksije s oba kutomjera

Tablica 8. prikazuje rezultat Studentovog t-testa dobivenog pomoću izračuna aritmetičke sredine i standardne devijacije vremena (s) mjerenja lijeve lateralne fleksije pomoću PhysioMaster aplikacije i gravitacijskog goniometra. Rezultati pokazuju da ne postoji značajna razlika između vremena mjerenja opsega pokreta lijeve lateralne fleksije kralježnice mobilnom aplikacijom PhysioMaster i gravitacijskim goniometrom, odnosno prikupljanje podataka PhysioMaster aplikacijom ne zahtijeva statistički značajno manje vremena u odnosu na gravitacijski goniometar.

Prikazom statističkog izračuna za sva četiri navedena pokreta (ventralna fleksija, dorzalna fleksija, desna laterofleksija i lijeva laterofleksija) pomoću Studentovog t-testa prikazano je da kod nijednog pokreta nema statistički značajne razlike između vremena mjerenja opsega pokreta torakalne kralježnice mobilnom aplikacijom PhysioMaster i gravitacijskim goniometrom čime se prva hipoteza odbacuje (H1).

Temeljem dokazivanja da ne postoji značajna statistička razlika između vremena mjerenja opsega pokreta kralježnice mobilnom aplikacijom PhysioMaster i gravitacijskim goniometrom, dobiva se uvid i u jednostavnost korištenja odnosno, nema statistički značajne razlike u vremenu mjerenja pa

tako ni u jednostavnosti korištenja oba instrumenta. Oba instrumenta jednako su primjenjiva u postupku mjerenja, praktična za držanje u ruci prilikom korištenja i lagana. Druga hipoteza (H2) s pretpostavkom da je prilikom mjerenja opsega pokreta kralježnice mobilna aplikacija jednostavnija za upotrebu u odnosu na gravitacijski goniometar se odbacuje.

Rezultati preciznosti mjerenja sva četiri opsega pokreta (ventralna fleksija, dorzalna fleksija, lijeva lateralna fleksija i desna lateralna fleksija) opsega pokreta pomoću PhysioMaster aplikacije i gravitacijskog mjerenja, prikazani su u sljedećim tablicama. (Tablica 9, Tablica 10, Tablica 11, Tablica 12)

Variable	Descriptive Statistics			
	Valid N	Mean	Std.Dev.	Standard Error
Ventralna fleksija (PhysioMaster)	10	19,0000	1,490712	0,471405
Ventralna fleksija (Grav. goniometar)	10	19,1000	1,791957	0,566667

Tablica 9. Deskriptivna statistika izračuna aritmetičke sredine, standardne devijacije i standardne pogreške mjerenja ventralne fleksije

Variable	Descriptive Statistics			
	Valid N	Mean	Std.Dev.	Standard Error
Dorzalna fleksija (PhysioMaster)	10	15,8000	1,135292	0,359011
Dorzalna fleksija (Grav. goniometar)	10	15,9000	1,100505	0,348010

Tablica 10. Deskriptivna statistika izračuna aritmetičke sredine, standardne devijacije i standardne pogreške mjerenja dorzalne fleksije

Variable	Descriptive Statistics			
	Valid N	Mean	Std.Dev.	Standard Error
Desna laterofleksija (PhysioMaster)	10	19,4000	2,547330	0,805536
Lijeve laterofleksija (Grav. goniometar)	10	19,0000	2,260777	0,714920

Tablica 11. Deskriptivna statistika izračuna aritmetičke sredine, standardne devijacije i standardne pogreške mjerenja desne lateralne fleksije

Variable	Descriptive Statistics			
	Valid N	Mean	Std.Dev.	Standard Error
Lijeva laterofleksija (PhysioMaster)	10	19,20000	1,988858	0,628932
Lijeva laterofleksija (Grav. goniometar)	10	19,00000	2,108185	0,666667

Tablica 12. Deskriptivna statistika izračuna aritmetičke sredine, standardne devijacije i standardne pogreške mjerenja lijeve lateralne fleksije

Kako bi ispitali postoji li statistički značajna razlika između preciznosti PhysioMaster aplikacije i gravitacijskog goniometra primijenjen je Studentov t-test za male ( $N < 50$ ) nezavisne uzorke. Dobiveni rezultati su prikazani u stupnjevima ( $^{\circ}$ ). Pomoću dobivenih aritmetičkih sredina i standardnih devijacija, za svaki od četiri pokreta dobiveni su rezultat Studentovog t-testa.

	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	T-test	p
Ventralna fleksija (PhysioMaster)	19,4	2,5473	0,1357	> 0,05
Ventralna fleksija (Grav. goniometar)	19,0	2,2607		

Tablica 13. Rezultati preciznosti mjerenja opsega pokreta ventralne fleksije za oba kutomjera

Tablica 13. prikazuje statističke izračune aritmetičkih sredina i standardnih devijacija opsega pokreta ventralne fleksije torakalne kralježnice. Rezultat Studentovog t-testa prikazuje kako nema statistički značajne razlike između preciznosti mjerenja opsega pokreta ventralne fleksije torakalne kralježnice mjerene mobilnom aplikacijom PhysioMaster i gravitacijskim goniometrom.



	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	T-test	p
Dorzalna fleksija (PhysioMaster)	15,8	1,1352	0,2000	> 0,05
Dorzalna fleksija (Grav. goniometar)	15,9	1,1005		

Tablica 14. Rezultati preciznosti mjerenja opsega pokreta dorzalne fleksije za oba kutomjera

Tablica 14. prikazuje statističke izračune aritmetičkih sredina i standardnih devijacija opsega pokreta dorzalne fleksije torakalne kralježnice. Rezultat Studentovog t-testa prikazuje kako nema statistički značajne razlike između preciznosti mjerenja opsega pokreta dorzalne fleksije torakalne kralježnice mjerene mobilnom aplikacijom PhysioMaster i gravitacijskim goniometrom.

	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	T-test	p
Desna laterofleksija (PhysioMaster)	19,0	2,5473	0,3713	> 0,05
Desna laterofleksija (Grav. goniometar)	19,4	2,1187		

Tablica 15. Rezultati preciznosti mjerenja desne laterofleksije za oba kutomjera

Tablica 15. prikazuje statističke izračune aritmetičkih sredina i standardnih devijacija opsega pokreta desne lateralne fleksije torakalne kralježnice. Rezultat Studentovog t-testa prikazuje kako nema statistički značajne razlike između preciznosti mjerenja opsega pokreta desne lateralne fleksije torakalne kralježnice mjerene mobilnom aplikacijom PhysioMaster i gravitacijskim goniometrom.

	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	T-test	p
Lijeva laterofleksija (PhysioMaster)	19,2	1,9888	0,2182	> 0,05
Lijeva laterofleksija (Grav. goniometar)	19,0	2,1081		

Tablica 16. Rezultati preciznosti mjerenja lijeve laterofleksije za oba kutomjera

Tablica 16. prikazuje statističke izračune aritmetičkih sredina i standardnih devijacija opsega pokreta lijeve lateralne fleksije torakalne kralježnice. Rezultat Studentovog t-testa prikazuje kako nema statistički značajne razlike između preciznosti mjerenja opsega pokreta lijeve lateralne fleksije torakalne kralježnice mjerene mobilnom aplikacijom PhysioMaster i gravitacijskim goniometrom.

Prikazom statističkog izračuna za sva četiri navedena pokreta (ventralna fleksija, dorzalna fleksija, desna laterofleksija i lijeva laterofleksija) pomoću Studentovog t-testa prikazano je da kod nijednog pokreta nema statistički značajne razlike u preciznosti mjerenja opsega pokreta torakalne kralježnice mobilnom aplikacijom PhysioMaster i gravitacijskim goniometrom. Treća hipoteza (H3) koja navodi da su mobilna aplikacija i gravitacijski goniometar jednako precizni instrumenti prilikom mjerenja opsega pokreta kralježnice se prihvaća.

## 5. RASPRAVA

Cilj ovog istraživanja je usporediti vrijeme potrebno za mjerenje opsega pokreta kralježnice s pojedinim instrumentom; PhysiMaster mobilnom aplikacijom i gravitacijskim goniometrom. Osim toga, na temelju rezultata mjera opsega pokreta i vremena mjerenja istog, donesen je zaključak o njihovoj preciznosti i jednostavnosti upotrebe, a sve u svrhu efikasnijeg i kvalitetnijeg provođenja fizioterapijskih intervencija u svakodnevnom radu.

Rezultati istraživanja dobiveni su mjerenjem opsega pokreta ventralne, dorzalne, lijeve i desne lateralne fleksije torakalne kralježnice na 10 studenata u dobi od 18 do 23 godine, Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci, smjer Fizioterapija.

Postavljena je pretpostavka da prikupljanje podataka mobilnom aplikacijom zahtjeva manje vremena u odnosu na gravitacijski goniometar. Usporedbom vremena mjerenja za sva 4 navedena pokreta (ventralna fleksija, dorzalna fleksija, lijeva laterofleksija i desna laterofleksija) pomoću oba instrumenta ( Tablica 1, Tablica 2, Tablica 3 i Tablica 4) te izračunom aritmetičke sredine i standardne devijacije, dobiveni su rezultati studentovog t-testa. Statistički rezultati Studentovog t-testa mjerenja opsega pokreta ventralne fleksije torakalne kralježnice pokazuju kako nema statistički značajne razlike u vremenu mjerenja pomoću oba navedena instrumenta (Tablica 5). Studentov t-test usporedbe vremena mjerenja dorzalne fleksije pomoću PhysiMaster aplikacije i gravitacijskog goniometra pokazuje da statistički značajne razlike nema (Tablica 6) . Pri uzimanju mjera opsega pokreta desne lateralne fleksije torakalne kralježnice te mjerenju potrebnog vremena za postupak, rezultati Studentovog t-testa pokazuju kako nema statistički značajne razlike u korištenju mobilne aplikacije i gravitacijskog goniometra (Tablica 7). Rezultat Studentovog t-testa vremena potrebnog za mjerenje opsega pokreta lijeve lateralne fleksije također prikazuje kako nema statistički značajne razlike u vremenu mjerenja mobilnom aplikacijom i gravitacijskim goniometrom (Tablica 8).

Druga pretpostavka je da je mobilna aplikacija, pri mjerenju opsega pokreta kralježnice, jednostavnija za upotrebu u odnosu na gravitacijski goniometar. Na temelju podataka dobivenih o vremenu, te izračunom aritmetičkih sredina brzine mjerenja u sekundama za svaki pojedini pokret, rezultati Studentovog t-testa pokazuju kako nema statistički značajne razlike (Tablica 5, Tablica 6, Tablica 7, Tablica 8) između brzine mjerenja pomoću mobilne aplikacije i gravitacijskog goniometra. Oba instrumenta približno su jednake veličine, kao i postupak korištenja te pozicioniranja, a s obzirom na to da nema ni statistički značajne razlike u vremenu mjerenja

pretpostavka da je mobilna aplikacija jednostavnija za upotrebu u odnosu na gravitacijski goniometar se odbacuje.

Mjerenjem opsega pokreta ventralne fleksije, dorzalne fleksije, desne lateralne fleksije i lijeve lateralne fleksije s gravitacijskim goniometrom i mobilnom aplikacijom, dobiveni su rezultati izraženi u stupnjevima. Izračunom aritmetičkih sredina i standardnih devijacija potrebnih za računanje statističke značajnosti pomoću Studentovog t-testa donesen je zaključak o trećoj hipotezi (Tablica 9, Tablica 10, Tablica 11, Tablica 12). Statistički rezultati mjerenja ventralne fleksije pomoću oba instrumenta pokazuju kako nema statistički značajne razlike u preciznosti mjerenja (Tablica 13). Isto tako, mjerenjem dorzalne fleksije te izračunatim t-testom, rezultati pokazuju kako nema statistički značajne razlike preciznosti mjerenja pomoću mobilne aplikacije i gravitacijskog goniometra (Tablica 14). Rezultati statističkog izračuna preciznosti mjerenja pokreta desne lateralne fleksije također pokazuju kako nema statistički značajne razlike u preciznosti između mobilne aplikacije i gravitacijskog goniometra (Tablica 15). Mjerenjem opsega pokreta lijeve lateralne fleksije i izračunatim t-testom također se zaključuje kako nema statistički značajne razlike u preciznosti mjerenja s oba instrumenta (Tablica 16). Pretpostavka da su i mobilna aplikacija i gravitacijski goniometar jednako precizni instrumenti pri mjerenju opsega pokreta se prihvaća jer rezultati studentovog t-testa pokazuju kako nema statistički značajne razlike u preciznosti mjerenja između ova dva instrumenta za sva četiri navedena pokreta torakalne kralježnice.

Pri izračunu aritmetičkih sredina opsega pokreta ( $^{\circ}$ ) ventralne i dorzalne fleksije s PhysioMaster aplikacijom (Slika 6), primjećuje se razlika od  $1,6^{\circ}$  te je kod većine ispitanika ventralna fleksija veća u odnosu na dorzalnu (Slika 5) što može biti povezano sa samom konstitucijom kralježnice odnosno koštanim strukturama koje ograničavaju pokret dorzalne fleksije. Aritmetičke sredine fleksija u lijevo i fleksija u desno također se razlikuju (Slika 8), a kod većine ispitanika opseg pokreta desne lateralne fleksije je veći u odnosu na opseg pokreta lijeve lateralne fleksije (Slika 7). Razlog tome može biti razlika u dominantnoj strani tijela, odnosno jesu li osobe dešnjaci ili ljevac. Isto tako, pri izračunu aritmetičkih sredina ventralne i dorzalne fleksije ispitanika, izmjerenih pomoću gravitacijskog goniometra (Slika 10) razlika je  $3,2^{\circ}$  te većina ispitanika ima veći opseg pokreta ventralne u odnosu na dorzalnu fleksiju (Slika 9). Kod izračuna aritmetički sredina desne i lijeve lateralne fleksije (Slika 12) pomoću gravitacijskog goniometra, razlika je tek  $0,1^{\circ}$ , no i dalje je kod većine ispitanika veći opseg desne lateralne fleksije u odnosu na lijevu (Slika 11).

Oba instrumenta mogu jednako efikasno poslužiti u svakodnevnom radu fizioterapeuta, a kako navodi istraživanje autora Keogh J W L, Cox A, Anderson S, Liew B, Olsen A, Schram B, Furness J, „Reliability and validity of clinically accessible smartphone applications to measure joint range of motion“, također je važno da se prilikom uzimanja mjera jednog pacijenta stalno koristi isti instrument kako bi se i minimalna odstupanja izbjegla (11).

S obzirom na jednak način rukovanja, pozicioniranja i očitavanja mjera opsega pokreta, jedino što se trenutno može uzeti kao prednost mobilne aplikacije je sposobnost momentalne pohrane podatka na mobilni uređaj, no pritom bi mobilni uređaj trebao biti povezan s računalom kako bi se fizioterapeutu omogućila jednostavnija obrada podataka kasnije. Kao što prethodno spomenuto istraživanje navodi, fizioterapeuti bi trebali težiti suradnji s razvojnim programerima za stvaranje aplikacija koje će u potpunosti moći zamijeniti standardne goniometre čime bi olakšali svoj svakodnevni klinički rad (11).

## 6. ZAKLJUČAK

Mjerenje opsega pokreta zglobova jedan je od osnovnih zadataka fizioterapeuta za procjenu stanja pacijenta i evaluaciju rehabilitacijskog programa. Važan aspekt pri uzimanju mjera opsega pokreta, nije samo iskustvo i stručnost fizioterapeuta već i kvaliteta instrumenta kojim se koristi. Kvalitetan instrument trebao bi biti jednostavan, efikasan i precizan za korištenje.

Mjerenje opsega pokreta torakalnog dijela kralježnice zahtijeva dodatnu preciznost zbog složenosti kretnji, ali i zbog njene izrazite rigidnosti. S obzirom na mali broj istraživanja biomehanike torakalne kralježnice te nemogućnosti izoliranja pokreta torakalne kralježnice *in vivo* bez sudjelovanja pokreta lumbalne kralježnice za fizioterapeute predstavlja dodatan izazov.

Gravitacijski goniometar, jednostavan je za upotrebu i lako prijenosan instrument, no pojavom aplikacija sa sensorima koje reagiraju na promjenu položaja segmenta, mjerenju opsega pokreta fizioterapeuti pristupaju na moderniji način. Rezultati ovog istraživanja uz pomoć statističke obrade podataka i računanja t-vrijednosti pokazali su kako ne postoji statistički značajna razlika u vremenu mjerenja opsega kretnji torakalne kralježnice (ventralna i dorzalna fleksija te desna i lijeva lateralna fleksija) mobilnom aplikacijom i gravitacijskim goniometrom, a samim time ni u jednostavnosti upotrebe oba instrumenta prilikom mjerenja. Osim toga, rezultati su pokazali kako nema ni statistički značajne razlike u preciznosti mjerenja opsega kretnji torakalne

kralježnice, no svakako postoji još mjesta za napredak mobilnih aplikacija kao što je PhysioMaster te u skoroj budućnosti moguća potpuna zamjena klasičnih kutomjera s onima koji imaju ugrađene senzore.

Smatram da bi se fizioterapeuti trebali bolje educirati o primjeni ovakvih aplikacija te na jedan način modernizirati, što bi značilo da u svakodnevnom radu pokušaju primijeniti mobilnu aplikaciju kao što je PhysioMaster za mjerenje opsega pokreta jer tako mogu pomoći razvojnim programerima u poboljšanju kvalitete istih.

S obzirom na to da je istraživanje provedeno na 10 ispitanika, isto tako smatram da je potrebno provesti veće istraživanje, s više ispitanika, po mogućnosti u radnom okruženju od strane osobe s više radnog iskustva kako bi se mogla utvrditi i najmanja odstupanja prilikom mjerenja.

## 7. LITERATURA

1. Fanghaenel J, Pera, F, Anderhuber F, Nitsch R. Waldeyers human anatomy; (ur. Vinter, Ivan); poglavlje 4., Mišići glave i vrata, str. 225.-277 ; 1. hrvatsko izdanje, 2009.
2. Šalić Herjavec D. Izravne i neizravne metode utvrđivanja deficita opsega pokreta vratne kralješnice u bolesnika s vratoboljom. Fizikalna i rehabilitacijska medicina [Internet]. 2017 [pristupljeno 03.04.2022.];30(3-4):75-91. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/235063>
3. Sukari AAA, Singh S, Bohari MH, Idris Z, Ghani ARI, Abdullah JM. Examining the Range of Motion of the Cervical Spine: Utilising Different Bedside Instruments. *Malays J Med Sci.* 2021;28(2):100-105.
4. Gandbhir VN, Cunha B. Goniometer. [Updated 2021 Jun 11]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan-. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK558985/>
5. Mourcou Q, Fleury A, Diot B, Franco C, Vuillerme N. Mobile Phone-Based Joint Angle Measurement for Functional Assessment and Rehabilitation of Proprioception. *Biomed Res Int.* 2015;2015:328142.
6. Bobinac D, i suradnici. Sustavna anatomija. Rijeka: Digital point; 2007.
7. Križan Z. Pregled građe grudi, trbuha, zdjelice, noge i ruke. Školska knjiga, Zagreb; 1989.
8. Bobinac D, Dujmović M. Osnove anatomije. Glosa. Rijeka. 2003.
9. Johnson M, Mulcahey MJ. Interrater Reliability of Spine Range of Motion Measurement Using a Tape Measure and Goniometer. *J Chiropr Med.* 2021 Sep;20(3):138-147.
10. Wilke HJ, Herkommer A, Werner K, Liebsch C. In vitro analysis of the segmental flexibility of the thoracic spine. *PLoS One.* 2017 May 16;12(5).
11. Keogh JW, Cox A, Anderson S, Liew B, Olsen A, Schram B, Furness J. Reliability and validity of clinically accessible smartphone applications to measure joint range of motion: A systematic review. *PLoS One.* 2019;14(5).
12. Clarkson HM. Joint Motion and Function Assessment: A Research Based Practical Guide. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
13. Zulle M, Fužinac-Smojver A, Lulić-Drenjak J. Mjerenje opsega pokreta i antropometrijsko mjerenje. Medicinski fakultet sveučilišta u Rijeci. 2012.

14. Takatalo J, Ylinen J, Pienimäki T. et al. Intra- and inter-rater reliability of thoracic spine mobility and posture assessments in subjects with thoracic spine pain. *BMC Musculoskeletal Disord* 21, 529; 2020.
15. Morita D, Yukawa Y, Nakashima H, Ito K, Yoshida G, Machino M, Kanbara S, Iwase T, Kato F. Range of motion of thoracic spine in sagittal plane. *Eur Spine J.* 2014 Mar;23(3):673-8.
16. Kolber M J, Pizzini M, Robinson A, Yanez D, Hanney W J. The reliability and concurrent validity of measurements used to quantify lumbar spine mobility: an analysis of an iPhone application and gravity based inclinometry. *International Journal of Sports Physical Therapy.* 2013;8(2).
17. Mourcou Q, Fleury A, Diot B, Franco C, Vuillerme N. Mobile Phone-Based Joint Angle Measurement for Functional Assessment and Rehabilitation of Proprioception. *Biomed Res Int.* 2015.
18. Carter TI, Pansy B, Wolff AL, et al. Accuracy and reliability of three different techniques for manual goniometry for wrist motion: a cadaveric study. *J Hand Surg Am.* 2009;34(8):1422-1428.
19. Ferriero G, Sartorio F, Foti C, et al. Reliability of a new application for smartphones (DrGoniometer) for elbow angle measurement. *PM R.* 2011;3(12):1153-1154.
20. Kim TS, Park DD, Lee YB, Han DG, Shim JS, Lee YJ, Kim PC. A study on the measurement of wrist motion range using the iPhone 4 gyroscope application. *Ann Plast Surg.* 2014 Aug;73(2):215-8. doi: 10.1097/SAP.0b013e31826eabfe. PMID: 24322647.
21. Milani P, Coccetta CA, Rabini A, Sciarra T, Massazza G, Ferriero G. Mobile smartphone applications for body position measurement in rehabilitation: a review of goniometric tools. *PM R.* 2014 Nov;6(11):1038-43.
22. Bruyneel A, Bridon F. Inclinométrie du genou: comparaison de la reproductibilité d'un outil mécanique et d'une application sur smartphone. *Kinésithérapie la Revue.* 2015;15(158):74–79.
23. Qiao J, Xu L, Zhu Z, et al. Inter- and intraobserver reliability assessment of the axial trunk rotation: manual versus smartphone-aided measurement tools. *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2014;15(1, article 343).



24. Elgueta-Cancino E, Rice K, Abichandani D, Falla D. Measurement properties of smartphone applications for the measurement of neck range of motion: a systematic review and meta analyses. *BMC Musculoskelet Disord.* 2022 Feb 10;23(1):138.

## 8. PRIVITCI

### 8.1. Popis slika

Slika 1. Torakalni kralješci.....	2
Slika 2. Anatomija torakalnog kralješka.....	2
Slika 3. Spojevi kralježnice.....	3
Slika 4. Osi gibanja kralježnice.....	4
Slika 5. Usporedba ventralne i dorzalne fleksije izmjerene pomoću PhysioMaster aplikacije.....	12
Slika 6. Aritmetička sredina ventralne i dorzalne fleksije izmjerenih PhysioMaster aplikacijom.....	13
Slika 7. Usporedba desne i lijeve lateralne fleksije izmjerene pomoću PhysioMaster aplikacije.....	13
Slika 8. Aritmetička sredina opsega pokreta lijeve i desne lateralne fleksije izmjerene pomoću PhysioMaster aplikacije.....	14
Slika 9. Usporedba ventralne i dorzalne fleksije izmjerene pomoću gravitacijskim goniometrom.....	14
Slika 10. Aritmetička sredina opsega pokreta ventralne i dorzalne fleksije izmjerene gravitacijskim goniometrom.....	15
Slika 11. Usporedba desne i lijeve lateralne fleksije izmjerene gravitacijskim goniometrom.....	15
Slika 12. Aritmetička sredina opsega pokreta lijeve i desne lateralne fleksije izmjerene gravitacijskim goniometrom.....	16
Slika 13. Usporedba vremena mjerenja ventralne fleksije pomoću PhysioMaster aplikacije i gravitacijskog goniometra.....	16
Slika 14. Usporedba vremena mjerenja dorzalne fleksije pomoću PhysioMaster aplikacije i gravitacijskog goniometra.....	17
Slika 15. Usporedba vremena mjerenja desne lateralne fleksije pomoću PhysioMaster aplikacije i gravitacijskog goniometra.....	17

Slika 16. Usporedba vremena mjerenja lijeve lateralne fleksije pomoću PhysioMaster aplikacije i gravitacijskog goniometra.....	18
--	----

## 8.2. Popis tablica

Tablica 1. Deskriptivna statistika izračuna aritmetičke sredine, standardne devijacije i standardne pogreške vremena (s) mjerenja ventralne fleksije.....	18
Tablica 2. Deskriptivna statistika izračuna aritmetičke sredine, standardne devijacije i standardne pogreške vremena (s) mjerenja dorzalne fleksije.....	18
Tablica 3. Deskriptivna statistika izračuna aritmetičke sredine, standardne devijacije i standardne pogreške vremena (s) mjerenja desne laterofleksije.....	19
Tablica 4. Deskriptivna statistika izračuna aritmetičke sredine, standardne devijacije i standardne pogreške vremena (s) mjerenja lijeve laterofleksije.....	19
Tablica 5. Rezultati usporedbe vremena mjerenja ventralne fleksije s oba kutomjera.....	19
Tablica 6. Rezultati usporedbe vremena mjerenja dorzalne fleksije s oba kutomjera.....	20
Tablica 7. Rezultati usporedbe vremena mjerenja desne laterofleksije s oba kutomjera.....	20
Tablica 8. Rezultati usporedbe vremena mjerenja lijeve laterofleksije s oba kutomjera.....	21
Tablica 9. Deskriptivna statistika izračuna aritmetičke sredine, standardne devijacije i standardne pogreške mjerenja ventralne fleksije.....	22
Tablica 10. Deskriptivna statistika izračuna aritmetičke sredine, standardne devijacije i standardne pogreške mjerenja dorzalne fleksije.....	22
Tablica 11. Deskriptivna statistika izračuna aritmetičke sredine, standardne devijacije i standardne pogreške mjerenja desne lateralne fleksije.....	22
Tablica 12. Deskriptivna statistika izračuna aritmetičke sredine, standardne devijacije i standardne pogreške mjerenja lijeve lateralne fleksije.....	23
Tablica 13. Rezultati preciznosti mjerenja opsega pokreta ventralne fleksije za oba kutomjera.....	23
Tablica 14. Rezultati preciznosti mjerenja opsega pokreta dorzalne fleksije za oba kutomjera.....	24
Tablica 15. Rezultati preciznosti mjerenja desne laterofleksije za oba kutomjera.....	24
Tablica 16. Rezultati preciznosti mjerenja lijeve laterofleksije za oba kutomjera.....	24

## **9. KRATAK ŽIVOTOPIS PRISTUPNIKA**

Rođena sam 02.02.2001. godine u Šibeniku, Hrvatska. 2014. godine završila sam Osnovnu školu Vjekoslava Kaleba u Tisnom i upisala Medicinsku školu Šibenik, smjer farmaceutski tehničar. Cijelu osnovnu i srednju školu bavila sam se veslanjem. U izboru najboljih sportaša i sportašica Šibensko – kninske županije za 2014. godinu zauzela sam 2. mjesto s kolegicom. Iste godine od Općine Tisno dobila sam priznanje za osvajanje prvog mjesta u dvojcu na pariće na državnom prvenstvu. Redovna sam stipendistica Općine Tisno, posjedujem znanje engleskog i talijanskog jezika. Redovno sam zaposlena kao učenik/student kroz cijelu sezonu, a povremeno i zimi. Od prosinca 2020. godine do ožujka 2021. godine volontirala sam u KBC Rijeka na Covid odjelima. Posjedujem izvrsno razvijene komunikacijske vještine, visoku samo-motiviranost i te sam izrazito zainteresirana za poslove koje uključuju interakciju s ljudima. Kreativna sam osoba i redovito fizički aktivna.