

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

Kristina Jelovčić<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fakultet zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci

Autor za korespondenciju: kjelovcic@student.uniri.hr

## SAŽETAK

Kralježnica je osnova ljudskog kostura koja se proteže duljinom leđa, a spojevi kralježaka koji je sačinjavaju omogućuju njenu pokretljivost kroz sve tri ravnine. Torakalni dio kralježnice, s obzirom na fasetno uzglobljavanje s rebri i relativno tanke intervertebralne diskove, znatno je rigidan. U svakodnevnom radu, 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.

Uzorak ispitanika činilo je 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, 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, vremenu mjerenja i jednostavnosti korištenja između mobilne aplikacije PhysioMaster i gravitacijskog goniometra.

*Ključne riječi: goniometar, kralježnica, opseg pokreta*

## SUMMARY

The spine is the basis of the human skeleton that extends along the length of the back and the joints of the vertebrae that make it allow its mobility through all three planes. The thoracic part of the spine, due to the facet articulation with ribs and relatively thin intervertebral discs, is significantly rigid. In everyday work, clinical measurements of the range of movement 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 models. Knowledge of the normal range of mobility of the joints of the spine and the ability to measure correctly can help determine the pathology of the injury, plan rehabilitation processes and measure the effectiveness of treatment. To perform an accurate assessment of joint mobility, objective clinical measurement methods are necessary.

The sample of respondents consisted of a total of 10 students of the Faculty of Health Studies in Rijeka, Department of Physiotherapy, selected by random selection method. In the study, gravity goniometer and PhysioMaster mobile application were used. The measurement of each subject was carried out in an upright standing position, placing the instrument on the thoracic spine. Measurements of flexion, extension and right and left lateroflexia were taken using both instruments. The time required to take measurements for each movement was also recorded.

The results of the study showed that there was no statistically significant difference in precision, measurement time and ease of

use between the PhysioMaster mobile application and the gravity goniometer.

*Keywords: goniometer, spine, range of motion*

## 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. Prednji stup kralježnice tvore trupovi kralježaka i intervertebralni diskovi, a dva stražnja stupa, lijevi i desni, čine intervertebralni zglobovi. Između dva susjedna kralješka ne nalazi se jednostavan zglob, već zglobni sustav, kojeg čine intervertebralni diskovi, 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”. 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. (1).

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 sudje-

luje i lumbalna kralježnica (2). Fasetni zglobovi, kao i relativno tanki intervertebralni diskovi, uzrokuju da torakalna regija ima najmanju sposobnost fleksije i ekstenzije kralježnice (3).

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, prirodnih stanja (npr. cerebralna paraliza, tortikolitis) te stečenih stanja (npr. nepravilna postura, profesionalne deformacije) (4).

Mnoge metode i mjerni instrumenti omogućuju nam da na izravan, ili neizravan način ispitamo opseg pokreta torakalne kralježnice. Od jednostavnih plastičnih univerzalnih goniometara i mjernih vrpca, gravitacijskih goniometara, magnetnih goniometara pa sve do izokinetičkih sustava. Pri svakodnevnom radu iznimno je važno da fizioterapeut upotrebljava mjerni instrument koji je precizan, neinvazivan, pouzdan te jednostavan za korištenje (5).

Gravitacijski goniometar je instrument za mjerenje kojim se temeljem promjene razine tekućine (ovisno o gravitaciji) na jednostavan način očitavaju vrijednosti opsega pokreta (6).

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 (7). Osim navedene aplikacije, postoje još brojne koje su dostupne za slobodno preuzimanje na iOS ili Android mobilni uređaj poput Curvate, PeerWell i GetMyROM, a djeluju po istom principu. Ovakve aplikacije su vrlo praktične te zahtijevaju minimalno potrebnu edukaciju za korištenje (4).

Cilj je ovog istraživanja zaključiti koliko

je vremena potrebno za mjerenje opsega pokreta kralježnice 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. Na temelju ciljeva postavljene su tri hipoteze. Prva hipoteza pretpostavlja da prikupljanje podataka mobilnom aplikacijom zahtijeva manje vremena u odnosu na prikupljanje goniometrom. Drugom se pokušava dokazati da prilikom mjerenje opsega pokreta kralježnice, mobilna aplikacija jednostavnija je za upotrebu u odnosu na gravitacijski goniometar. Trećom se hipotezom pretpostavlja da su mobilna aplikacija i gravitacijski goniometar jednako precizni instrumenti pri mjerenju opsega pokreta kralježnice.

## MATERIJALI I METODE

### Ispitanici

Kriteriji za uključivanje u istraživanje bio je da su osobe studenti stručnog studija Fizioterapije, Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci, bez deformiteta i ozljeda kralježnice, u dobi između 18 i 23 godine. Sudjelovalo je deset ispitanika, muškog i ženskog spola. Ispitanici su se odabrali uzorkovanjem tipa prigodni uzorak odnosno pozvani dobrovoljci, a ispitivanje se provelo kroz svibanj 2022. godine.

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

### Metode

Podaci potrebni za istraživanje prikupljali su se mjerenjem opsega kretanja torakalne kralježnice u stojećem (nultom) položaju svakog ispitanika pomoću mobilne aplikacije PhysioMaster, a zatim pomoću gravitacijskog goniometra. Nakon upute ispitaniku kako da izvede pokret fleksije, ekstenzije i lateralne fleksije torakalne kralježnice započelo se s mjerenjem. Mjer-

enje fleksije i ekstenzije pomoću aplikacije provelo se tako da se mobilni uređaj s pokrenutom aplikacijom prislonio okomito na torakalnu kralježnicu u visini lopatica. Za mjerenje laterofleksije, mobilni uređaj je bio prislonjen na kralježnicu usporedno s leđima, također u visini lopatica. Nakon odabira opcije „Start“ ispitaniku se dala naredba za izvedu pokret. Aplikacija je započela mjerenje, a nakon što je ispitanik izveo maksimalan pokret u svojoj mogućnosti, pritisnuli smo opciju „Stop“. Vrijeme mjerenja između odabira „Start“ i „Stop“ na aplikaciji, odnosno vrijeme potrebno za uzimanje podatka, također je zabilježeno. Svaka mjera opsega pokreta zabilježena je na ekranu mobilnog uređaja, a nakon svakog pojedinog pokreta, rezultati opsega u stupnjevima i vremena mjerenja u sekundama prepisani su na računalo.

Pri mjerenju fleksije i ekstenzije gravitacijskim goniometrom, instrument se postavio u istu poziciju kao i mobilni uređaj, okomito na torakalnu kralježnicu. Za mjerenje lateralne fleksije, instrument se položio uzduž kralježnice, između lopatica s nulom prema gore. Prije svakog pokreta provela se korekcija nule poradi fiziološke zakrivljenosti torakalnog dijela kralježnice. Pri opsegu svakog pojedinog pokreta prema maksimalnoj mogućnosti ispitanika, pomak tekućine u gravitacijskom goniometru izražen u stupnjevima i vrijeme početka i kraja pokreta izraženo u sekundama zabilježeni su i zapisani na računalo.

Dakle, kod svakog ispitanika izmjerene su četiri mjere pomoću gravitacijskog goniometra i četiri mjere pomoću mobilne aplikacije.

Istraživanje se provelo u kabinetu Fizioterapijskih vještina, na Fakultetu zdravstvenih studija, od strane studenta uz nadzor mentora. Kvaliteta prikupljanja podataka osigurana je po principu provođenja svih mjerenja od strane iste osobe kao i osiguravanja istih uvjeta prilikom svakog mjerenja.

Statistička obrada podataka

Jedna je od glavnih varijabli u istraživanju vrijeme potrebno za mjerenje svakog pojedinog pokreta. Prikupljeni podaci vremena potrebnog za mjerenje opsega pokreta kralježnice gravitacijskim kutomjerom i mobilnom aplikacijom bit će izraženi u sekundama te obrađeni računanjem i usporedbom aritmetičkih sredina varijabli na intervalnoj ljestvici. Deskriptivnom statistikom prikazat će se aritmetička sredina, standardna devijacija i razina statističke

značajnosti kao  $p > 0.05$ . Ostale su varijable jednostavnost upotrebe i preciznost. Dobiveni rezultati 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. Obradeni podaci prikazat će se grafovima i tablicama. Na temelju tih rezultata dobit će se podaci o jednostavnosti upotrebe na ordinalnoj ljestvici i preciznosti gravitacijskog kutomjera i mobilne aplikacije na intervalnoj ljestvici. Temeljem statističke analize podataka prihvatit će se ili odbaciti hipoteze.

## REZULTATI

Rezultati vremena mjerenja opsega sva četiri pokreta (ventralna fleksija, dorzalna fleksija, desna lateralna fleksija i lijeva lateralna fleksija) te usporedba vremena mjerenja pomoću oba kutomjera, a vezani za prvu hipotezu prikazani su u tablicama od 1-4.

Statistički podaci vezani za preciznost mjerenja opsega sva četiri pokreta pokret (ventralna fleksija, dorzalna fleksija, desna lateralna fleksija i lijeva lateralna fleksija) te usporedba preciznosti oba mjerna instrumenta prikazali su sljedeće rezultate.

## RASPRAVA

Postavljena je pretpostavka 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 pokazali su kako nema statistički značajne razlike u brzini mjerenja mobilnom aplikacijom i gravitacijskim goniometrom. Oba instrumenta približno su jednake veličine, kao i postupak korištenja te pozicioniranja, a s obzirom da nema ni statistički značajne razlike u vremenu mjerenja pretpostavka da je mobilna aplikacija jednostavnija za upotrebu u odnosu na gravitacijski goniometar se odbacila.

Također, odbacila se i pretpostavka da prikupljanje podataka mobilnom aplikacijom zahtijeva manje vremena u odnosu na gravitacijski goniometar. Naime, usporedbom vremena mjerenja za sva 4 navedena pokreta (ventralna fleksija, dorzalna fleksija, lijeva laterofleksija i desna laterofleksija) pomoću oba instrumenta te izračunom aritmetičke

sredine i standardne devijacije, dobiveni su rezultati Studentovog t-testa. Statistički rezultati mjerenja opsega pokreta ventralne fleksije kao i rezultati mjerenja dorzalne fleksije torakalne kralježnice pokazuju kako ne postoji statistički značajna razlika u vremenu mjerenja korištenjem oba navedena instrumenta. Pri uzimanju mjera opsega pokreta desne i lijeve lateralne fleksije torakalne kralježnice te mjerenju potrebnog vremena za postupak, rezultati Studentovog t-testa također su pokazali kako nema statistički značajne razlike u korištenju mobilne aplikacije i gravitacijskog goniometra.

Nadalje, dobiveni rezultati ventralne i dorzalne fleksije te lijeve i desne laterofleksije, izraženi u stupnjevima, pokazali su kako nema statistički značajne razlike u preciznosti mjerenja mobilnom aplikacijom i gravitacijskim goniometrom. Statističkim izračunom pomoću Studentovog t-testa, zaključeno je da su mobilna aplikacija i

gravitacijski goniometar, jednako precizni instrumenti za mjerenje opsega pokreta koje omogućuje torakalna kralježnica. Stoga se prihvaća pretpostavka da su mobilna aplikacija i gravitacijski goniometar jednako precizni instrumenti pri mjerenju opsega pokreta torakalne kralježnice.

Oba instrumenta mogu jednako efikasno poslužiti u svakodnevnom radu fizioterapeuta, a kako navode Keogh J W L i suradnici u svome istraživanju, također je važno da se prilikom uzimanja mjera jednog pacijenta stalno koristi isti instrument kako bi se i minimalna odstupanja izbjegla (8).

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

**Tablica 1. Rezultati Studentovog T-testa usporedbe vremena mjerenja ventralne fleksije s oba kutomjera**

	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 2. Rezultati Studentovog T-testa usporedbe vremena mjerenja dorzalne fleksije s oba kutomjera**

	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 3. Rezultati Studentovog T-testa usporedbe vremena mjerenja desne laterofleksije s oba kutomjera**

	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 4. Rezultati Studentovog T-testa usporedbe vremena mjerenja lijeve laterofleksije s oba kutomjera**

	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		

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 (9).

## ZAKLJUČAK

Gravitacijski goniometar, jednostavan je za upotrebu i lako prijenosan instrument, no pojavom aplikacija sa senzorima koje reagiraju na promjenu položaja segmenta, mjerenju opsega pokreta fizioterapeuti pristupaju na moderniji način. Fizioterapeuti bi se trebali kontinuirano educirati o primjeni ovakvih aplikacija te na jedan način modernizirati, što bi značilo da u svakodnevnom radu pokušaju primijeniti aplikaciju kao što je PhysioMaster jer na taj način pomoći razvojnim programerima u poboljšanju kvalitete istih.

Iako su rezultati pokazali kako nema statistički značajne razlike u preciznosti, vremenu i jednostavnosti upotrebe mjerenja opsega kretanja torakalne kralježnice, 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 inercijalne senzore. Potrebno je navesti kako je ograničenje ovog istraživanja bilo mali broj ispitanika.

## 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. Zulle M, Fužinac-Smojver A, Lulić-Drenjak J. Mjerenje opsega pokreta i antropometrijsko mjerenje. Medicinski fakultet sveučilišta u Rijeci. 2012.
3. Takatalo J, Ylinen J, Pienimäki T, Häkkinen A. Intra- and inter-rater reliability of thoracic spine mobility and posture assessments in subjects with thoracic spine pain. BMC Musculoskelet Disord 21, 529; 2020. doi: 10.1186/s12891-020-03551-4. PubMed PMID: 32778081; PubMed central PMCID: PMC7418198.
4. Šalić Herjavac D. Izravne i neizravne metode utvrđivanja deficita opsega pokreta vratne kralježnice u bolesnika s vratoboljom. Fizikalna i rehabilitacijska medicina. 2017;30(3-4):75-91.
5. 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.
6. Gandbhir VN, Cunha B. Goniometer. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022. Dostupno na URL adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK558985/>
7. 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. doi: 10.1155/2015/328142. PubMed PMID: 26583101; PubMed Central PMCID: PMC4637026.
8. 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). doi: 10.1371/journal.pone.0215806. PubMed PMID: 31067247; PubMed Central PMCID: PMC6505893.

**Tablica 5. Rezultati Studentovog T-testa preciznosti mjerenja opsega pokreta ventralne fleksije za oba kutomjera**

	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	T-test	p
Vrijeme 1 (PhysioMaster)	19,4	2,5473	0,1357	> 0,05
Vrijeme 2 (Grav. goniometar)	19,0	2,2607		

**Tablica 6. Rezultati Studentovog T-testa preciznosti mjerenja opsega pokreta dorzalne fleksije za oba kutomjera**

	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	T-test	p
Vrijeme 1 (PhysioMaster)	15,8	1,1352	0,2000	> 0,05
Vrijeme 2 (Grav. goniometar)	15,9	1,1005		

**Tablica 7. Rezultati Studentovog T-testa preciznosti mjerenja desne laterofleksije za oba kutomjera**

	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	T-test	p
Vrijeme 1 (PhysioMaster)	19,0	2,5473	0,3713	> 0,05
Vrijeme 2 (Grav. goniometar)	19,4	2,1187		

**Tablica 8. Rezultati Studentovog T-testa preciznosti mjerenja lijeve laterofleksije za oba kutomjera**

	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	T-test	p
Vrijeme 1 (PhysioMaster)	3,92	1,9888	0,2182	> 0,05
Vrijeme 2 (Grav. goniometar)	4,93	2,1081		