



Originalni znanstveni rad

USPOREDBA RUČNE GONIOMETRIJE I FOTOGRAMETRIJE TEMELJENE NA SOFTVERU KINOVEA ZA PROCJENU INFRASTERALNOG KUTA

Sonja Ostojić¹, Ivan Jurak^{2,3}

¹ Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska

² Zdravstveno veleučilište Zagreb, Odsjek za fizioterapiju, Zagreb, Hrvatsku

³ Sveučilište Alma Mater Europaea – Evropski center, Maribor, Maribor, Slovenija

Dopisni autor: Ivan Jurak  ivan.jurak@zvu.hr

DOI: <https://doi.org/10.65241/wh.9.1.12>

Za citiranje: Ostojic S, Jurak I. Usporedba ručne goniometrije i fotogrametrije temeljene na softveru Kinovea za procjenu infrasternalnog kuta. *World of Health*. 2026;1(9):108-113. <https://doi.org/10.65241/wh.9.1.12>

Primljeno: 24. prosinca 2025. | Recenzirano: 13. veljače 2026. | Prihvaćeno: 18. veljače 2026.

SAŽETAK

Pozadina: Infrasternalni kut (ISA) nedavno je privukao pozornost kao potencijalno relevantan klinički i kinematički parametar zbog svoje povezanosti s obrascima disanja, funkcijom trbušnih mišića i interakcijom prsnog koša i zdjelice. Međutim, nedostatak standardiziranog protokola mjerenja i varijabilnost ručnih tehnika ograničavaju njegovu širu kliničku i istraživačku primjenu. Upotrebom softvera Kinovea fotogrametrija može predstavljati praktičnu i objektivnu alternativu, iako njezina primjena na mjerenje ISA još nije sustavno istražena. Cilj je ove studije bio usporediti ručnu goniometriju i fotogrametriju temeljenu na Kinovei kako bi se procijenila njihova podudarnost za mjerenje ISA kod zdravih mladih odraslih osoba, pretpostavljajući visoku razinu podudarnosti između metoda.

Metode: ISA je mjereno kod 94 zdrave mlade odrasle osobe korištenjem ručne goniometrije i frontalnih fotografija analiziranih u Kinovei. Kontinuirani podaci su sažeti korištenjem deskriptivne statistike; normalnost je procijenjena Shapiro-Wilkovim testom. Sustavne razlike između metoda procijenjene su t-testom za uparene uzorke. Apsolutno slaganje na individualnoj razini kvantificirano je korištenjem dvosmjernog koeficijenta intraklasne korelacije (ICC) za jednu mjeru. Pogreška mjerenja karakterizirana je standardnom pogreškom mjerenja (SEM) i minimalnom zamjetnom promjenom na razini pouzdanosti od 95% (MDC95). Slaganje je dalje ispitano korištenjem Bland-Altmanove analize.

Rezultati: ICC (2,1) za apsolutno slaganje bio je 0,955 (95% CI 0,941–0,970). SEM je bio 2,54°, a MDC95 7,04°. Bland-Altmanova analiza pokazala je srednju pristranost od 1,63° s 95% granicama slaganja od –4,84° do 8,09°, pri čemu se većina vrijednosti nalazi unutar tih granica.

Zaključci: Fotogrametrija Kinovea pokazuje izvrsno slaganje s ručnom goniometrijom s malim i konzistentnim razlikama između metoda koje su ispod praga MDC95. Ovi nalazi ukazuju na to da Kinovea predstavlja pouzdanu i metodološki konzistentnu alternativu ručnoj goniometriji za procjenu ISA, nudeći prednosti kao što su objektivna dokumentacija, smanjena ovisnost o ispitaču i prikladnost za istraživanje, obrazovanje i prikupljanje podataka velikih razmjera.

Ključne riječi: infrasternalni kut, goniometrija, fotogrametrija.

UVOD

Infrasternalni ili subkostalni kut (ISA) anatomski je definiran donjim rubom sternuma i medijalnim rubovima lažnih rebara, a u novijoj literaturi prepoznat je kao potencijalno važan parametar u procjeni disanja, funkcije trbušnih mišića i biomehaničke interakcije između prsnog koša i zdjelice (1,2). Iz šire biomehaničke perspektive, ISA predstavlja strukturno i funkcionalno sučelje između respiratorne mehanike i stabilnosti trupa, što čini njegovu točnu

kvantifikaciju relevantnom ne samo za procjenu posture, već i za analizu pokreta, planiranje rehabilitacije i procjenu sportskih performansi. Pouzdana i reproducibilna mjerna metoda stoga je preduvjet za integraciju ISA-a u kliničko razmišljanje i znanstvena istraživanja. Unatoč rastućem interesu, ISA još nije postao dio standardizirane kliničke procjene, prvenstveno zbog nedostatka jasno definiranog i općeprihvaćenog postupka mjerenja. Postojeća istraživanja identificiraju dvije primarne metode za mjerenje ISA-a: ručnu goniometriju i radiografsku analizu. Ručna goniometrija, iako tehnički jednostavna i široko dostupna, sklona je pogreškama koje proizlaze iz anatomskih varijacija, poteškoća u palpaciji obalnih rubova, varijabilnosti među ispitivačima i ograničenja povezanih s konstrukcijom samog instrumenta. Radiografska ispitivanja pokazala su da se širina ISA-a može pouzdano kvantificirati (3). Međutim, radiografska procjena nije prikladna za rutinsku primjenu zbog izloženosti zračenju, financijskih troškova i vremenskih zahtjeva. Ovaj metodološki nedostatak stvorio je prostor za primjenu fotogrametrije koja je već uspostavljena u biomehanici i sportskim znanostima kao objektivna, pristupačna i ponovljiva metoda za analizu kutova i položaja tijela. Kinovea, besplatni softver za kinematičku analizu dvodimenzionalnih slika i videa, dokumentirano pokazuje vrlo visoku pouzdanost procjene pri različitim kutnim parametrima. Više studija potvrdilo je valjanost 2D sustava u usporedbi s referentnim 3D sustavima za snimanje pokreta i standardnim kliničkim alatima poput ručnih goniometara i digitalnih inklinometara (4,5). Kinovea pouzdano mjeri kutne odnose i u statičkim i u dinamičkim uvjetima, s ICC vrijednostima koje najčešće prelaze 0,85–0,95 i niskom standardnom pogreškom mjernih vrijednosti (6,7). Nadalje, istraživanja sugeriraju da video analiza pomoću Kinovee može omogućiti precizniju, dosljedniju i strožu procjenu u usporedbi s procjenom uživo, što rezultira manjom varijabilnosti rezultata i većom objektivnošću kada su ispunjeni specifični uvjeti snimanja (8). Unatoč dokazanoj pouzdanosti softvera u drugim područjima posturalne i kinematičke analize, njegova primjena u mjerenju ISA-a još nije sustavno istražena. Osim toga, nedostaju validirani protokoli koji bi standardizirali uvjete snimanja, identifikaciju anatomskih orijentira i postupke digitalne analize za procjenu ISA-a u fotogrametriji. S obzirom na to da je ručno mjerenje osjetljivo na pogreške povezane s ispitivačem, dok fotogrametrijske metode omogućuju objektivnu i trajnu dokumentaciju mjerenja s mogućnošću naknadne analize (9), opravdano je istražiti stupanj slaganja između ova dva pristupa i utvrditi može li Kinovea predstavljati pouzdanu alternativu ili metodu komplementarnu ručnoj procjeni (10). Stoga je cilj ovog istraživanja bio usporediti ručnu goniometriju i fotogrametrijsko mjerenje ISA pomoću Kinovea softvera kako bi se procijenila njihova metodološka usklađenost, identificirale potencijalne sistavne razlike i ispitala izvedivost fotogrametrije kao standardizirane, objektivne i ponovljive metode za procjenu infrasternalnog kuta.

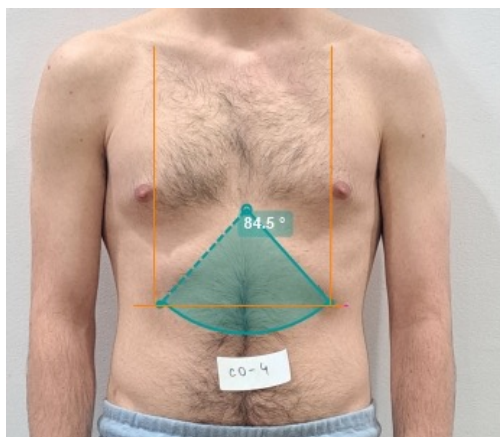
METODE

ISPITANICI

Mjerenja su provedena na uzorku od 94 zdrava sudionika, od kojih 37 muškaraca i 57 žena. Ciljana populacija uključivala je studente Zdravstvenog veleučilišta u Zagrebu u dobi između 18 i 25 godina. Kriteriji isključenja uključivali su urođene i stečene deformacije prsnog koša kao što su pectus excavatum i pectus carinatum zbog njihovog izravnog utjecaja na komponente kuta, skoliozu veću od 20 stupnjeva prema Cobbovoj metodi zbog rotacija u transverzalnoj ravnini i prethodnu trudnoću koja je potvrđena kao alternativni faktor za dimenzije infrasternalnog kuta, poznate kao „proširenje rebara“. Ispitanici su dali pisani informirani pristanak i obaviješteni su o svom pravu da se u bilo kojem trenutku povuku iz studije bez posljedica, a mjerenje je odobrio Etički odbor Sveučilišta (KL: 053-01/24-01/76; UB: 25-379-10-24-02).

POSTUPAK MJERENJA

Mjerni instrumenti uključivali su standardnu antropometrijsku opremu poput stadiometra s medicinskom vagom, ručnog goniometra i mjerne trake. Sudionicima su dodijeljeni kodovi koji se sastoje od slova koje označava odgovarajuću skupinu i broja koji predstavlja redoslijedni položaj sudionika unutar te skupine. Svaki je sudionik dobio upute da zauzme neutralni (nulti) položaj tijela, definiran kao uspravan stav sa spojenim stopalima, rukama opuštenim uz tijelo i glavom postavljenom u frankfurtsku horizontalu. Ksifoidni nastavak i medijalni rubovi rebarnih lukova označeni su dermatografskom olovkom na razini ortogonalne projekcije medioklavikularne linije u odnosu na deseto rebro. Širina ISA-a mjerena je ručnim goniometrom i dodatno procijenjena fotogrametrijskom analizom pomoću kinematičkog softvera Kinovea. Posebna je pozornost posvećena dosljednoj identifikaciji orijentira i pozicioniranju sudionika, budući da je poznato da ti čimbenici značajno utječu na točnost kutnog mjerenja i u ručnim i u fotogrametrijskim procjenama. Kako bi se osigurala dosljednost pregleda, palpacije, označavanja orijentira i mjerenja, sve postupke izvodio je isti ispitivač. Fotografije su snimljene Sony Cyber-Shot DSC-RX100 VII fotoaparatom postavljenim na stativ s individualno podešenom visinom objektivna za svakog sudionika kako bi se poravnala s razinom ksifoidnog nastavka. Kamera je bila postavljena na fiksnoj udaljenosti od 2 metra od sudionika. Kinovea (verzija 0.9.5) je preuzeta sa službene platforme (11) i instalirana na osobno računalo. Kutni krakovi su konstruirani unutar softvera povezivanjem prethodno označenih anatomskih orijentira, a kut je izmjeren pomoću ugrađenog goniometra (slika 1).



Slika 1: ISA marker u softveru Kinovea (vlasništvo autora)

METODE STATISTIČKE ANALIZE

Deskriptivna statistika korištena je za sažimanje karakteristika sudionika i ishoda ISA. Kontinuirane varijable prikazane su kao srednja vrijednost i standardna devijacija (SD) uz medijan i interkvartilni raspon (IQR). Normalnost kontinuiranih podataka procijenjena je Shapiro-Wilkovim W testom i vizualnim pregledom Q-Q dijagrama i dijagrama gustoće.

Za procjenu sustavnih razlika između metoda mjerenja, rezultati ISA dobiveni ručnom goniometrijom i Kinovea fotogrametrijom uspoređeni su pomoću t-testa uparenih uzoraka. Ova analiza imala je za cilj utvrditi postoji li konzistentan pomak srednje vrijednosti (sustavna pristranost) između metoda.

Apsolutno slaganje između metoda kvantificirano je korištenjem dvosmjernog koeficijenta intraklasne korelacije slučajnih efekata za pojedinačna mjerenja (ICC (2, 1)). Pogreška mjerenja dodatno je karakterizirana izračunom standardne pogreške mjerenja (SEM) i minimalne zamjetne promjene na 95%-tnoj razini pouzdanosti (MDC95). SEM je izračunat pomoću formule:

$$SEM = SD \times \sqrt{1 - ICC}$$

gdje je SD ukupna varijabilnost ISA-a u ovoj studiji, SD je uzet iz ukupne varijabilnosti uzorka prosječne mjere ISA-e. MDC95 je izračunat kao:

$$MDC_{95} = 1.96 \times \sqrt{2} \times SEM$$

što ukazuje na najmanju razliku između metoda koja vjerojatno premašuje pogrešku mjerenja.

Slaganje je dodatno ispitano pomoću Bland-Altmanove analize. Srednja razlika (pristranost) i 95%-tne granice slaganja (LoA) izračunate su kao:

$$Bias = (X - Y); LoA = Bias \pm 1.96 \times SD_{diff}$$

s odgovarajućim 95%-tnim intervalima pouzdanosti za pristranost te za donju i gornju LoA vrijednost. Bland-Altmanov dijagram prikazao je razlike pojedinačnih metoda u odnosu na srednje vrijednosti metode, liniju pristranosti, gornju i

donju LoA vrijednost te granice intervala pouzdanosti za te procjene kako bi se olakšala procjena slaganja i potencijalne proporcionalne pristranosti.

Svi testovi bili su dvostrani sa stopom pogreške tipa I postavljenom na 5% ($\alpha = 0,05$). Analize su provedene pomoću softvera jamovi (verzija 2.6.44.0.).

REZULTATI

Tablica 1. Deskriptivna statistika osnovnih antropometrijskih varijabli po spolu.

Varijabla	Spol	Srednja vrijednost	Medijan	SD	IQR
dob	muškarci	19.65	19.00	1.27	1.00
	žene	19.40	19.00	1.18	0.00
tjelesna masa	muškarci	82.06	83.10	14.75	20.00
	žene	64.86	63.00	11.27	19.00
visina	muškarci	1.82	1.81	0.07	0.09
	žene	1.68	1.68	0.06	0.09
BMI	muškarci	23.38	22.79	4.47	4.84
	žene	23.77	23.34	3.77	5.28

Sudionici su bili mladi odrasli; muškarci su očekivano pokazali veću visinu i tjelesnu masu od žena, sa sličnom distribucijom BMI-a među spolovima (tablica 1).

Sažeci ISA bili su konzistentni među metodama i pokazali su više vrijednosti kod muškaraca nego kod žena, pružajući deskriptivni kontekst za snažno slaganje između metoda i malu sustavnu razliku uočenu u primarnim analizama (tablica 2).

Tablica 2. Ključne deskriptivne statistike za ISA ukupno i po spolu.

Varijabla	Grupa	Srednja vrijednost	Medijan	SD	IQR
ISA ručno mjerenje [°]	ukupno	83.71	86.00	12.23	18.75
	muškarci	87.84	90.00	11.03	14.00
	žene	81.04	81.00	12.32	20.00
ISA fotogrametrija [°]	ukupno	82.09	83.45	11.96	18.65
	muškarci	85.62	86.40	10.48	13.20
	žene	79.79	79.80	12.38	20.80
ISA (prosječno) [°]	ukupno	82.90	84.15	11.98	19.23
	muškarci	86.73	88.15	10.61	14.75
	žene	80.41	80.40	12.25	20.45

ISA izmjeren goniometrom bio je nešto viši od ISA-a izmjerenog Kinoveom, s malom, ali statistički značajnom srednjom razlikom od $1,63^\circ$ (95% CI 0,95–2,30; $p < 0,001$), što ukazuje na umjereni sustavni pomak između metoda (tablica 3).

Tablica 3. T-test za uparene uzorke koji uspoređuje ISA izmjeren goniometrom i Kinoveom.

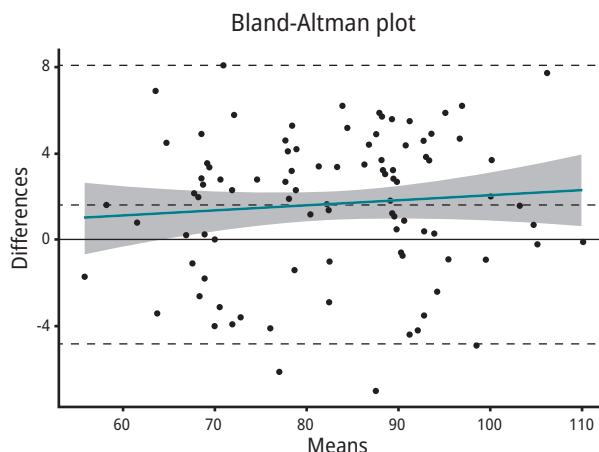
Usporedba	Ručno mjerenje u usporedbi s fotogrametrijom
t	4.78
p	< 0.001
Srednja razlika	1.63°
95% CI	$0.95^\circ - 2.30^\circ$

ICC za apsolutno slaganje bio je 0,955, što ukazuje na izvrsno slaganje između goniometra i Kinovee na individualnoj razini. Na temelju ukupne varijabilnosti ISA, procijenjena standardna pogreška mjerenja (SEM) bila je približno $2,54^\circ$, s minimalnom zamjetljivom promjenom na razini pouzdanosti od 95% (MDC95) od oko $7,04^\circ$, što sugerira da razlike manje od $\sim 7^\circ$ mogu spadati u pogrešku mjerenja (tablica 4).

Tablica 4. Intraklasna korelacija za ISA mjerena goniometrom i Kinoveom.

Model	dvosmjerni
Tip	slaganje
Jedinica	Single
ICC	0.955
95% CI	0.941–0.970
p	< 0.001
SEM	2.54°
MDC95	7.04°

Bland-Altmanova analiza potvrdila je malu sustavnu razliku između metoda koja je već bila vidljiva u uparenom t-testu. Srednja pristranost bila je $1,63^\circ$ (95% CI 0,95 do 2,30), što ukazuje na to da je ISA izmjerena goniometrom u prosjeku nešto viša od Kinovea vrijednosti. Granice slaganja od 95% kretale su se od $-4,84^\circ$ do $8,09^\circ$, što znači da je za pojedinačnog sudionika vrijednost goniometra mogla biti do $\sim 5^\circ$ niža ili $\sim 8^\circ$ viša od Kinovea vrijednosti. Dijagram prikazuje većinu točaka unutar tih granica, što podržava ukupno dobro slaganje, s blagim uzlaznim trendom koji sugerira moguću blagu proporcionalnu pristranost, što znači da se razlike mogu donekle povećati pri višim vrijednostima ISA.



Slika 1. Bland-Altmanov dijagram slaganja između ISA mjenjenog ručnom goniometrijom i fotogrametrijom Kinovea.

RASPRAVA

Usporedba ručne goniometrije i fotogrametrijskog mjerenja infrasternalnog kuta (ISA) pomoću Kinovea softvera u ovoj studiji otkrila je nekoliko važnih metodoloških i praktičnih razmatranja s izravnim implikacijama za odabir mjerenja u istraživačkom i kliničkom kontekstu. Naši rezultati pokazuju da ručna metoda daje u prosjeku nešto više ISA vrijednosti u usporedbi s fotogrametrijskom procjenom, sa statistički značajnom razlikom. Međutim, ukupno slaganje između metoda bila je vrlo visoka i u skladu s nalazima izvještenim u prethodnim metodološkim usporednim studijama. Srednja pristranost i granice slaganja dobivene Bland-Altmanovom analizom, u kombinaciji s relativno niskom SEM ($2,54^\circ$) i MDC95 ($7,04^\circ$), potvrđuju stabilan odnos između metoda i ukazuju na to da, iako razlike postoje, one su male i dosljedne među sudionicima. U praktičnom smislu, to sugerira da se dvije metode ne ponašaju identično, ali su razlike dovoljno predvidljive da bi se podržalo njihovo prihvatljivo slaganje u kontroliranim uvjetima. S kliničkog i preventivnog gledišta, vrijednost MDC95 može pomoći u razlikovanju stvarnih promjena ISA od varijabilnosti mjerenja. Promjene koje prelaze ovaj prag mogu ukazivati na potencijalno značajne prilagodbe, dok su manje razlike vjerojatne unutar pogreške mjerenja. Stabilna razlika između metoda podržava upotrebu fotogrametrije za longitudinalno praćenje kada se primjenjuju dosljedni protokoli.

Prednosti fotogrametrije postaju posebno očite kada se uzme u obzir sama priroda ISA-a. Budući da je kut određen anatomske izbočinama rebra VIII-X, ručno mjerenje ISA-a uvelike ovisi o iskustvu ispitivača, kvaliteti palpacije i preciznom pozicioniranju goniometra. Ovo oslanjanje na vještinu ispitivača čini ručnu goniometriju podložnijom varijabilnosti, posebno u

populacijama s povećanom pretilašću ili izraženim individualnim anatomskim varijacijama. Nasuprot tome, fotogrametrijska analiza omogućuje mjerenje na temelju vizualno označenih orijentira na dvodimenzionalnoj slici, čime se uklanja potreba za ponovljenom palpacijom tijekom svake procjene. To smanjuje potencijalne izvore pogrešaka povezanih s instrumentom i ispitivačem te poboljšava reproducibilnost, što se odražava u visokim vrijednostima ICC-a uočenima u ovoj studiji. Sudionici se mogu fotografirati u kratkom vremenskom okviru, dok se analize mogu provoditi neovisno i bez njihove prisutnosti, čime se povećava fleksibilnost rasporeda i ukupna izvedivost studije. Iako se Kinovea često opisuje kao „jeftina i pristupačna“ metoda (12), ovu karakterizaciju treba tumačiti s rezervom. Iako je sam softver besplatan, potrebna je minimalna oprema poput kamere, tronošca i računala, kao i kontrolirano okruženje za snimanje. Međutim, treba napomenuti da su sve to jednokratni troškovi. Općenito, u kontekstima kliničkog probira gdje je brza procjena bitna, ručna goniometrija ostaje praktičnija zbog minimalnih zahtjeva za opremom i nedostatka naknadne obrade. Fotogrametrija se stoga ne bi trebala smatrati zamjenom za klinički pregled, već komplementarnom metodom u scenarijima koji zahtijevaju veću preciznost, dokumentaciju i kontrolu kvalitete. Standardizacija postupaka snimanja predstavlja još jedan ključni aspekt. Iako fotogrametrija nudi veću kontrolu nad uvjetima mjerenja, zahtijeva strogo pridržavanje protokola koji definiraju udaljenost kamere, visinu, vidljivost markera i položaj tijela. Određene prilagodbe, poput prilagodbe visine kamere stasu sudionika, neizbježne su, ali se mogu sustavno kontrolirati. To se slaže s nalazima biomehaničkih i kinezioloških istraživanja koja pokazuju da je fotogrametrija najpouzdanija kada su uvjeti snimanja strogo standardizirani i ujednačeni; u suprotnom, izobličenje perspektive i kretanje izvan ravnine mogu ugroziti točnost (13,14). U ovoj studiji, važnost standardizacije ogleda se u relativno uskim granicama slaganja i niskim vrijednostima SEM-a, što sugerira da su postupci snimanja i analize bili dovoljno konzistentni za smanjenje tehničke varijabilnosti. Sustavna tendencija ručnih mjerenja da daju nešto više vrijednosti može se djelomično objasniti subjektivnim smještajem krakova goniometra na koštane orijentacijske točke i razlikama u percipiranim rubovima rebara u usporedbi s jasno označenim točkama na fotografijama.

Važno je istaknuti i pitanje anticipacije sudionika. U praksi, sudionici mogu reagirati na ručnu palpaciju prsnog koša promjenama u mišićnom tonusu ili položaju trupa, što potencijalno utječe na konfiguraciju rebara i širinu ISA-e. Fotografsko snimanje, posebno kada se izvodi bez izravnog fizičkog kontakta, smanjuje te reakcije i može dati prirodniji prikaz torakalne morfologije. Štoviše, fotogrametrijska procjena može smanjiti anticipatorne reakcije u mjerenjima koja uključuju torakalne parametre na koje utječu obrasci disanja, posebno tijekom spontanog udisaja i izdisaja (15). To dodatno podupire potencijalnu korisnost fotogrametrije u studijama koje ispituju mehaniku disanja i biomehaniku trupa. Osim metodološke suglasnosti, fotogrametrijska procjena nudi nekoliko prednosti koje je čine posebno prikladnom za istraživačke svrhe. U studijama koje uključuju veće uzorke,

ključna razmatranja uključuju vremensku učinkovitost, smanjeno opterećenje sudionika i mogućnost osiguranja kontrole kvalitete tijekom cijelog procesa prikupljanja podataka. Fotogrametrija omogućuje brzo prikupljanje podataka mjerenja, dok se analitička faza može provoditi neovisno o sesiji snimanja, čime se uklanja potreba za ponovnim uključivanjem sudionika. Ovo odvajanje prikupljanja i analize podataka značajno poboljšava izvedivost u istraživačkim nacrtima velikih razmjera ili više sesija. Dodatna prednost fotogrametrije leži u njezinoj objektivnosti i trajnosti dokumentacije. Svaka slika predstavlja trajni zapis mjerenja, što omogućuje retrospektivnu provjeru, ponovnu analizu ili evaluaciju od strane više ocjenjivača. To smanjuje potrebu za većim brojem ispitivača tijekom prikupljanja podataka i posebno je korisno u studijama s većim uzorcima, gdje fotogrametrija omogućuje znatno učinkovitiju logistiku. Nadalje, dostupnost trajnih digitalnih zapisa omogućuje ponovljene analize istog materijala, što je posebno vrijedno u istraživačkim okruženjima gdje je potrebno testiranje pouzdanosti između i unutar ocjenjivača, sekundarne analize ili metodološko usavršavanje. S preventivne i javnozdravstvene perspektive, fotogrametrija temeljena na Kinovei omogućuje brzo snimanje slika s naknadnom offline analizom, što je čini prikladnom za veće kohorte u obrazovnim, sportskim ili istraživačkim okruženjima. Trajni digitalni zapis omogućuje kontrolu kvalitete, neovisnu ponovnu analizu i longitudinalnu usporedbu pod standardiziranim uvjetima. Ovaj pristup može biti posebno koristan u studijama koje ispituju torakoabdominalnu morfologiju u odnosu na obrasce disanja, stabilnost trupa i parametre povezane s posturom, kao i u praćenju promjena ISA tijekom strukturiranih intervencijskih programa kada se protokoli snimanja dosljedno primjenjuju. Važno je da se metoda promatra kao alat za istraživanje i praćenje, a ne kao dijagnostički instrument.

OGRANIČENJA

Treba navesti nekoliko ograničenja. Primarno ograničenje odnosi se na pogrešku ispitivača i vanjske čimbenike koji utječu na preciznost mjerenja. Posebno je važno napomenuti da su u ženskom poduzorku sportski grudnjaci predstavljali prepreku preciznom označavanju ksifoidnog nastavka. Osim toga, povećana masnoća u torakalnom području može otežati točnu identifikaciju anatomskih orijentira. Imajući na umu ta ograničenja, buduća mjerenja idealno bi bilo provoditi bez odjeće koja prekriva područje prsnog koša. Buduća istraživanja trebala bi imati za cilj validaciju standardiziranih ISA-a fotogrametrijskih protokola u različitim populacijama, uključujući kliničke skupine, starije odrasle osobe i osobe s posturalnim ili respiratornim disfunkcijama. Osim toga, usporedbe s trodimenzionalnim tehnikama snimanja pokreta ili snimanja dodatno bi ojačale bazu dokaza za fotogrametrijsku procjenu ISA-a.

ZAKLJUČCI

Rezultati ove studije pokazuju da je fotogrametrijska procjena temeljena na Kinovei pouzdana i metrički stabilna alternativa ručnoj goniometriji za mjerenje infrasternalnog kuta. Iako postoji minimalni sistematski pomak, on je predvidljiv i lako se može uzeti u obzir tijekom interpretacije rezultata. Kinovea nudi praktičnu i učinkovitu opciju u istraživačkim i obrazovnim okruženjima, dok ručna goniometrija ostaje preferirana metoda u kliničkoj praksi.

LITERATURA

1. Nourbakhsh MR, Bluestein A, Power R, Underwood S, White L. The effects of pelvic alignment versus hip joint mobility on shoulder internal rotation deficit and torque production: a blinded randomized controlled study. *Phys Ther Sport*. 2018;34:164–173.
2. Ishida H, Hirose R, Watanabe S. Comparison of changes in the contraction of the lateral abdominal muscles between the abdominal drawing-in maneuver and breath held at the maximum expiratory level. *Man Ther*. 2012;17(5):427–431.
3. Kim MH, Weon JH. Intra- and inter-rater reliabilities of infrasternal angle measurement. *J Korean Phys Ther*. 2015;27(3):154–158.
4. Elrahim RMA, Embaby EA, Ali MF, Kamel RM. Inter-rater and intra-rater reliability of Kinovea software for measurement of shoulder range of motion. *Bull Fac Phys Ther*. 2016;21(2):80–87.
5. Quintero-Diaz KJ, Mendez-Antolinez LN, Pabon-Rozo CE, Mateus-Arias OE, Martínez-Torres J. Reliability of manual goniometry versus photogrammetry for elbow and wrist range of motion. *Phys Ther Rev*. 2025;30(3):245–251.
6. Puig-Diví A, Escalona-Marfil C, Padullés-Riu JM, Busquets A, Padullés-Chando X, Marcos-Ruiz D. Validity and reliability of the Kinovea program in obtaining angles and distances using coordinates in four perspectives. *PLoS One*. 2019;14(6):e0216448.
7. Fernández-González P, Galán-Mercant A, Cuesta-Vargas AI. Reliability of Kinovea® software and agreement with a three-dimensional motion system for gait analysis in healthy subjects. *Sensors (Basel)*. 2020;20(11):3154.
8. Jurak I, Kiseljak D, Rađenović O. Assessing young gymnasts' dynamic posture: a comparison of methods. *J Appl Health Sci*. 2020;6(1):129–135.
9. Elwardany SH, El-Sayed WH, Ali MF. Reliability of Kinovea computer program in measuring cervical range of motion in sagittal plane. *Open Access Library Journal*. 2015;2:e1916.
10. Elgendy MH, Ramadan Awad DM, Elazab DR. Validity and reliability of Kinovea software measurement of hamstring extensibility using sit & reach test. *Delta University Scientific Journal*. 2024;7(1):163–174. doi:10.21608/dusj.2024.259444.1047
11. Kinovea version 0.9.5 release notes [Internet]. Kinovea.org. Published 2021 [cited 2025 Dec 21]. Available from: <https://www.kinovea.org/download/releases/0.9.5.html>
12. Sharifnezhad A, Raissi GR, Forogh B, Soleymanzadeh H, Mohammadpour S, Daliran M, et al. The validity and reliability of Kinovea software in measuring thoracic kyphosis and lumbar lordosis. *Iran Rehabil J*. 2021;19(2):129–136.
13. Shishov N, Elabd K, Komisar V, Chong H, Robinovitch SN. Accuracy of Kinovea software in estimating body segment movements during falls captured on standard video: effects of fall direction, camera perspective and video calibration technique. *PLoS One*. 2021;16(10):e0258923.
14. Stolinski L, Kozinoga M, Czaprowski D, Tyrakowski M, Cerny P, Suzuki N, et al. Two-dimensional digital photography for child body posture evaluation: standardized technique, reliable parameters and normative data for age 7–10 years. *Scoliosis Spinal Disord*. 2017;12:38.
15. Seddon P. Options for assessing and measuring chest wall motion. *Paediatr Respir Rev*. 2015;16(1):3–10.