

VILNIAUS UNIVERSITETAS

VALDAS MAČIONIS

RANKOS TRIFALANGIŲ PIRŠTŲ GRAFINĖS POPIERIAUS JUOSTŲ IR
STANDARTINĖS GONIOMETRIJOS TARPUSAVIO PAKEIČIAMUMAS
IR JO REIKŠMĖ SAVITYRAI

Daktaro disertacija

Biomedicinos mokslai, medicina (06 B)

Vilnius, 2013

Disertacija rengta 2009–2013 metais Vilniaus universiteto Medicinos fakulteto Reumatologijos, traumatologijos-ortopedijos ir rekonstrukcinės chirurgijos klinikoje

Mokslinis vadovas prof. habil. dr. Algirdas Venalis (Vilniaus universitetas, biomedicinos mokslai, medicina – 06 B)

TURINYS

SANTRUMPOS.....	5
1. ĮVADAS.....	8
1.1. Tiriamoji problema ir darbo aktualumas.....	8
1.2. Darbo tikslas ir uždaviniai	13
1.3. Darbo naujumas ir praktinė reikšmė	13
1.4. Ginamieji disertacijos teiginiai	14
2. LITERATŪROS APŽVALGA.....	14
2.1. Sąnarių paslankumo tyrimo būdai, priemonės bei jų istorinės gairės.....	14
2.1.1. Goniometriniai sąnarių paslankumo tyrimo būdai.....	15
2.1.2. Negoniometriniai sąnarių paslankumo tyrimo būdai	20
2.2. Sąnarių paslankumo užrašymo būdai ir jų istorinės gairės.....	22
2.2.1. Bendrieji sąnarių paslankumo užrašymo aspektai.....	22
2.2.2. Rankos pirštų sąnarių paslankumo užrašymo aspektai	27
2.3. Matavimų bendrieji ir biomedicininiai aspektai	29
2.4. Matavimų savybių statistinės charakteristikos	36
2.5. Veiksniai, darantys įtaką sąnarių paslankumo matavimo patikimumui.....	42
2.5.1. Instrumentinių procedūrinių veiksnių įtaka.....	43
2.5.2. Kartotinių matavimų įtaka	46
2.5.3. Sąnario funkcinės anatominės klinikinės specifikos ir kitų tiriamojo ypatybių įtaka	46
2.5.4. Pasyvaus ir aktyvaus judesio įtaka	48
2.5.5. Matuotojo veiksnio įtaka	49
2.6. Bendrieji sąnarių paslankumo matavimo validumo aspektai	50

2.7. Ankstesni rankos pirštų sąnarių paslankumo matavimo patikimumo tyrimai	51
3. TYRIMO MEDŽIAGA IR METODAI	62
3.1. Neklinikinis tyrimas	64
3.1.1. Neklinikinio tyrimo dalyviai	64
3.1.2. Neklinikinio tyrimo priemonės.....	64
3.1.3. Neklinikinio tyrimo procedūros	66
3.1.4. Neklinikinio tyrimo imties tūrio nustatymas	72
3.1.5. Neklinikinio tyrimo duomenų analizė	72
3.2. Klinikinis tyrimas.....	75
3.2.1. Klinikinio tyrimo dalyviai	75
3.2.2. Klinikinio tyrimo priemonės	76
3.2.3. Klinikinio tyrimo procedūros	76
3.2.4. Klinikinio tyrimo duomenų analizė.....	78
4. REZULTATAI.....	82
4.1. Neklinikinio tyrimo rezultatai	82
4.2. Klinikinio tyrimo rezultatai.....	91
5. REZULTATŲ APTARIMAS	97
5.1. Neklinikinio tyrimo rezultatų aptarimas	97
5.2. Klinikinio tyrimo rezultatų aptarimas.....	99
6. IŠVADOS	102
7. LITERATŪROS SĄRAŠAS	103
8. DISERTACIJOS TEMA PASKELBTŲ DARBŲ SĄRAŠAS	124

SANTRUMPOS

angl. = angliškai

AOOS = Amerikos ortopedų akademija (angl. *American Academy of Orthopaedic Surgeons*)

ASSH = Amerikos plaštakos chirurgijos draugija (angl. *American Society for Surgery of the Hand*)

B = matavimo bandymas

D = distalinis tarpfalanginis sąnarys

d. = diena

DIP = distalinis tarpfalanginis sąnarys

Dm = dominuojanti ranka, pacientas atliko savityrą dominuojančia ranka

E = matavimo paklaida

EXT = imituota ekstenzija

FLEX = imituota fleksija

G = standartinis goniometras arba tyrėjo matavimas standartiniu goniometru

gyd. = gydytojas

Gn = goniometro faktorius arba goniometras

ICC = vidinis klasės koreliacijos koeficientas (angl. *intraclass correlation coefficient*)

ISO = tarptautinė standartizacijos organizacija (angl. *International Standards Organization*)

Kart. mat. sk. = kartotinių matavimų skaičius

lent. = lentelė

M = metakarpofalanginis sąnarys

max = maksimali reikšmė

MCP = metakarpofalanginis sąnarys

MDC = mažiausias išmatuojamas pokytis (angl. *minimal detectable change*)

min = minimali reikšmė

Mt = matuotojo faktorius arba matuotojas

n, N = tiriamųjų, matavimų ir pan. skaičius

n/a = neatlikta

Ndm, NDm = nedominuojanti ranka, pacientas atliko savityrą
nedominuojančia ranka

n/n = nenaudota

Nr. = numeris

n/r = nereikšminga

Pr = proksimalinis tarpfalanginis sąnarys

P = popieriaus juostų goniometras arba tyrėjo atliekamas matavimas popieriaus juostų goniometru.

pav. = paveikslas

pcn. = pacientas

PGn = popieriaus juostų goniometras arba tyrėjo atliekamas matavimas popieriaus juostų goniometru.

PIP = proksimalinis tarpfalanginis sąnarys (angl. *proximal interphalangeal joint*)

Pt. = pacientas

R = patikimumas arba patikimumo koeficientas (angl. *reliability*)

ROM = sąnario judesio apimtis, sąnario paslankumas (angl. *range of motion*)

S = stebimas matavimo rezultatas

sav. = savaitė

SD = standartinis nuokrypis

SEM = standartinė matavimo paklaida (angl. *standard error of measurement*)

SFTR = vidurinė plokštuma, kaktinė plokštuma, skersinė plokštuma, rotacija – sąnario paslankumo užrašymo sistema (angl. *sagittal plane, frontal plane, transverse plane, rotation*)

SGn = standartinis piršto goniometras

stud. = studentas

svk. = sveikas asmuo

T = tikroji matuojamosios savybės reikšmė

TAM = piršto bendras aktyvus judesys (angl. *total active motion*)

tp = matuotojų arba instrumentų tarpusavio patikimumas (angl. *interrater or interdevice reliability*)

TPM = piršto bendras pasyvus judesys (angl. *total pasive motion*)

vp = matuotojo (instrumento) vidinis patikimumas (angl. *intrarater, intradevice reliability*)

Δ = skirtumas tarp matavimų

σ^2 = imties dispersija

95% 1-s L-L CI = 95% vienpusis apatinės ribos pasikliautinis intervalas
(angl. *95% one-sided lower-limit confidence interval*)

? = autorių nenurodyta

x = faktorių sąveika, daugybės ženklas

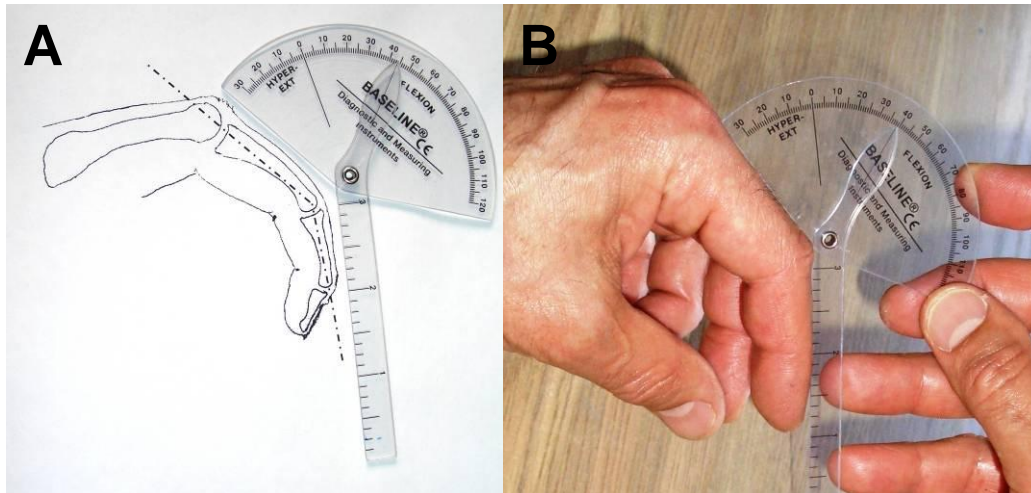
1. ĮVADAS

1.1. Tiriamoji problema ir darbo aktualumas

Plaštakos kaip vieno svarbiausių žmogaus instrumento judesiais domisi biomedicinos, technologijos, humanitarinių ir socialinių mokslų atstovai. Tačiau dažniausiai plaštakos judesius tiria medicinos specialistai, ir ypač plaštakos terapeutai bei chirurgai (Tubiana, 1981; Weckesser, 1991; Green, 1999; Cambridge-Keeling, 2002). Iš judesių apimties sprendžiama apie diagnozę, gydymo efektyvumą ir paciento darbingumą. Judesiai taip pat matuojami grynai akademiniais tikslais, pavyzdžiui, normalios sąnario funkcijos tyrimui, sąnario paslankumo matavimo metodų vertinimui ir kt. Vienas svarbiausių sąnario paslankumo matavimo tikslų yra palyginti išmatuotą judesio apimtį su atitinkamomis normaliomis reikšmėmis arba su sąnario paslankumu, buvusiu prieš pradedant gydymą. Judesio pakartotiniai matavimai gali skatinti paciento norą laikytis paskirto gydymo. Pastebėta, kad paciento motyvacija stipresnė, kai jam žinoma judesių apimties dinamika. Taigi judesių periodišką užrašymą vertintinas ir kaip gydomoji priemonė (Albee and Gilliland, 1920; Rosen, 1922; Palmer and Epler, 1998).

Pirštai yra judriausi plaštakos elementai. Standartinis būdas pirštų, kaip ir kitų anatominių vienetų, sąnarių paslankumui matuoti yra goniometrija (Miller, 1985; Lea and Gerhardt, 1995; Greene and Heckman, 1994; Green, 1999; Maud and Kerr, 2006). Nors plačiaja prasme goniometrija apima visus sąnario paslankumo tyrimo būdus, dažniausiai šis terminas siejamas su standartinio goniometro panaudojimu kampui tarp išilginių sąnario anatominių segmentų ašių nustatyti (1 pav.). Deja, goniometras kasdieniame gydytojo darbe ne visada šalia. Todėl labai dažnai pasitikima greitu, tačiau nepatikimu, subjektyviu vizualiuoju pirštų judesių vertinimu (Bruton et al., 1999; Rose et al., 2002). Kitas goniometro trūkumas yra šio instrumento standartinės dimensijos. Goniometro liniuočių ilgiai dažniausiai neatitinka pirštų segmentų ilgių. Todėl tam tikrose piršto padėtyse išmatuoti sąnarių kampus yra sudėtinga. Be to, gali trukdyti edema ir kitos deformacijų priežastys (Hamilton

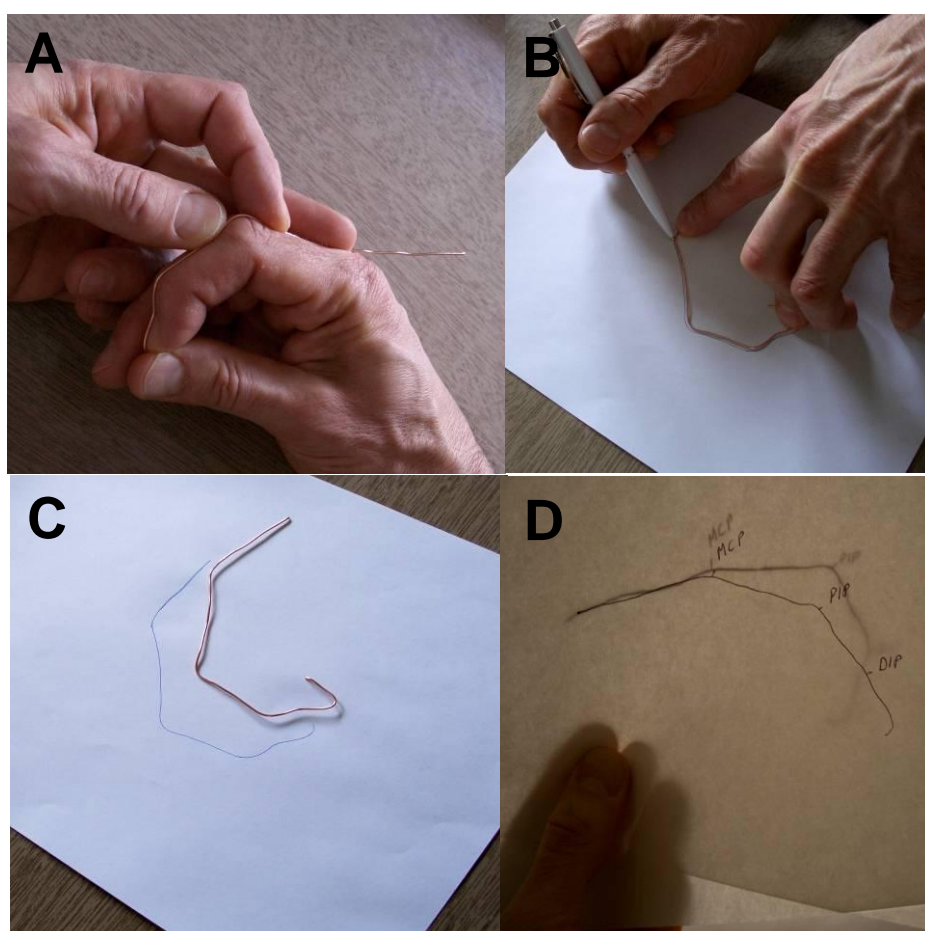
and Lachenbruch, 1969; Stam et. al., 2006; Lewis et al., 2010). Pavyzdžiui, maksimaliai sulenkus trečią arba ketvirtą pirštą, neįmanoma atlikti jų tolimųjų sąnarių standartinės goniometrijos, nes goniometro liniuotės per ilgos ir per plačios, kad įsitemtų į tarpelį tarp delno ir piršto nago. Kitas žymus



1 paveikslas. Standartinės piršto goniometrijos principas (A) ir praktinis panaudojimas (B). Siekiama nustatyti kampą tarp sąnario kaulinių segmentų menamų anatominių išilginių ašių

standartinės goniometrijos trūkumas yra susijęs su didele goniometrinių matavimų užrašymo sistemų įvairove. Priklausomai nuo užrašymo būdo, tie patys skaičiai gali reikšti skirtingą sąnario judesio apimtį (Cambridge-Keeling, 2002). Be to, skaičiais išreikštus sudėtinius pirštų daugiasąnarinės grandinės judesius sunku interpretuoti. Pavyzdžiui, norint užrašyti trifalangio piršto visų sąnarių sinchroninį tiesiamąjį ir lenkiamąjį judesį, reikia šešių skaičių. Iš tokios informacijos net ir patyrusiam specialistui sunku greitai įvertinti bendrą piršto funkciją. Problema dar labiau pasunkėja, kai reikia vertinti visų piršto sąnarių nevienodą funkcijos pokytį, ypač kai vieno sąnario funkcija pagerėja, o kito pablogėja. Dar klinikinės goniometrijos pradžioje pastebėta, kad šią problemą galima sumažinti atvaizduojant pirštų sąnarių kampus grafiškai (Nutter, 1919; Rosen, 1922). Schemiškai užrašytas piršto judesys suprantamas tiek specialistui, tiek pacientui. Nereikia gaišti laiko mintimis paverčiant skaičius

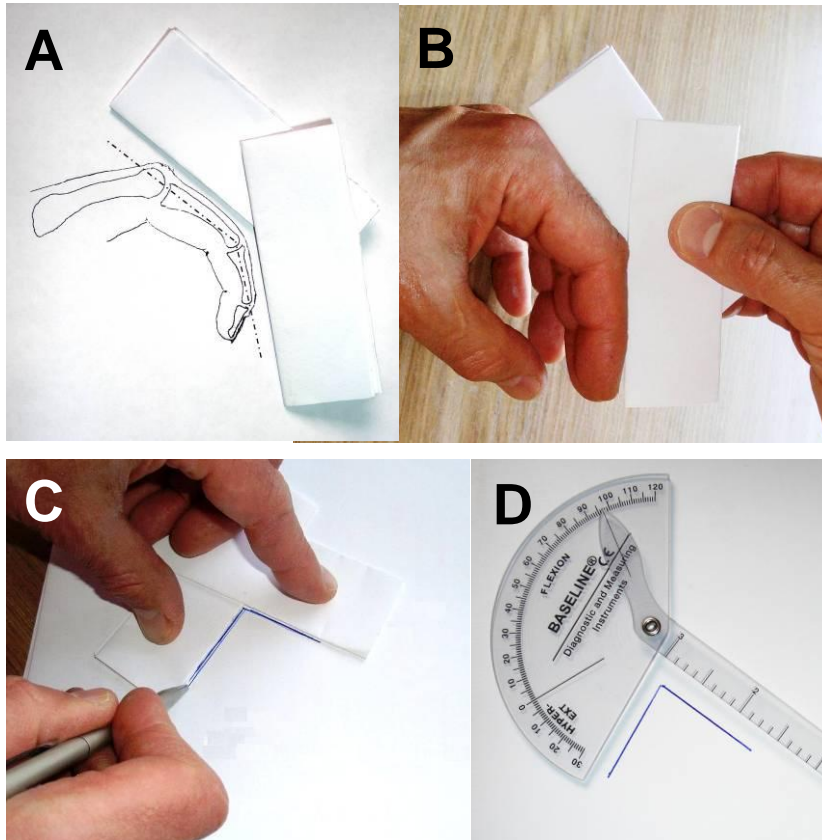
tam tikru vaizdu. Jau daugelį metų yra žinomas piršto nugarinio kontūro (silueto) braižymas kopijuojant piršto nugarinį atspaudą iš lanksčios lydmetalių vielos (2 pav.). Šis Glanville'io (1964) pasiūlytas metodas leidžia gana lengvai vizualizuoti piršto segmentų tarpusavio padėtį. Britanijos ortopedijos asociacija ir Britanijos plaštakos chirurgijos draugija rekomendavo lanksčios vielos metodą naudoti plaštakos funkcijos tyrimui greta standartinės goniometrijos (Robins, 1986). Tačiau vėliau buvo pademonstruota, kad lanksčios vielos būdo patikimumas daug prastesnis nei standartinės goniometrijos (Ellis et al., 1997).



2 paveikslas. Grafinis vaizdinis piršto judesio užrašymas kopijuojant nugarinį siluetą lanksčia viela (A, B, C) Glanville'io metodu (1964). Gautus siluetus galima palyginti prieš šviesą stebint suglaustus lapus (D)

Paklaida galima dėl vielos spyruokliavimo ir poslinkio nuimant vielą nuo piršto bei brėžiant palei vielą. Be to, lydmetalyje esantis švinas yra

nepageidaujamas dėl savo toksiškumo. Izoliavus vielą specialiomis įmovomis, padidėja spyruokliavimas. Taigi klinikiniam darbe lanksčios vielos būdas negali pakeisti standartinės goniometrijos. Kiti pirštų judesio grafinio užrašymo būdai klinikiniam darbe beveik nenaudojami dėl jų sudėtingumo.



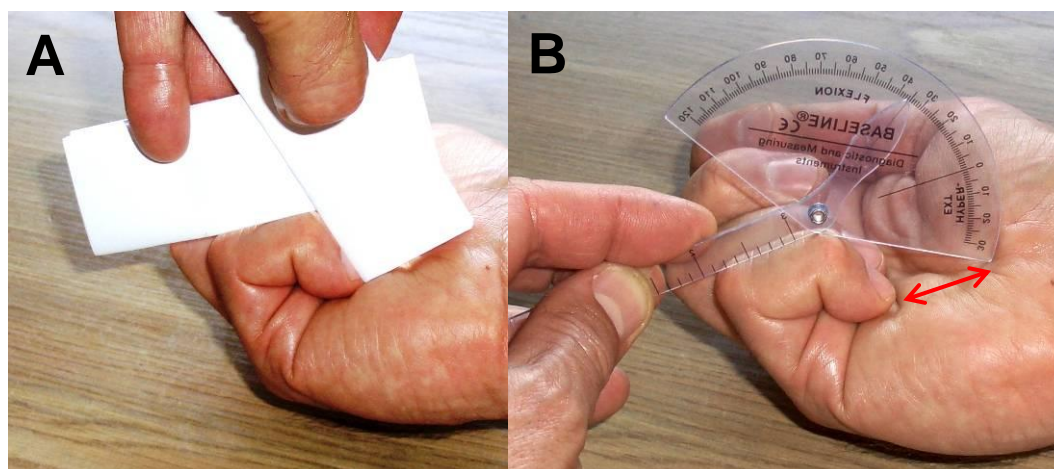
3 paveikslas. Piršto sąnario kampo tyrimo popieriaus juostomis principas (A) ir praktinis panaudojimas (B, C, D)

Kaip paprasta alternatyva pirštų standartinėi goniometrijai bei nugarino silueto braižymui, VU Plastinės chirurgijos centre buvo sukurtas popieriaus juostų grafinės goniometrijos būdas (Macionis, 2011). Šio būdo, skirtingai nei kitų, beveik neriboja specialių instrumentinių priemonių reikalingumas. Visada šalia esantis popieriaus lapas gali būti sulankstytas į liniuotės pavidalo juostą. Dvi kryžmai sudėtas tokias juostas galima tapatinti su atitinkamomis sąnario anatominėmis ašimis (3A ir 3B pav.). Tuomet, paguldžius šį improvizuotą kampamatį ant popieriaus lapo, nubrėžiamas juostų ribojamas kampas (3C

pav.), kuri vėliau galima išmatuoti (3D pav.). Popieriaus juostomis galima lengvai manipuliuoti vienos rankos pirštais skleidžiant ir suglaudžiant jas kaip vėduoklę (4 pav.). Todėl ši nesudėtingą pirštų judesių grafinį užrašymą galėtų atlikti ir patys pacientai individualios mankštos efektyvumo savikontrolei. Svarbus popieriaus juostų būdo pranašumas yra galimybė gauti reikiamų matmenų ir formos instrumentą (5 pav.).



4 paveikslas. Popieriaus juostų goniometro valdymas vienos rankos pirštais



5 paveikslas. Vienas iš popieriaus juostų goniometrijos techninių pranašumų prieš tradicinę goniometriją (A). Standartinis piršto goniometras per didelis nugariniam tapatinimui (B)

Tačiau tam, kad klinikiniam darbe būtų galima naudoti popieriaus juostų būdą kaip standartinės goniometrijos pakaitalą, būtina palyginti šių matavimo metodų patikimumą. Galima spėti, kad popieriaus juostų metodas

yra ekvivalentiškas standartinei goniometrijai, nes techniškai abu metodai yra panašūs. Pirštų judesių vaizdavimas kampais savo patikimumu prilygsta standartinei goniometrijai, o popieriaus juostų būdas galėtų tapti papildoma objektyvia plaštakos funkcijos tyrimo priemone.

1.2. Darbo tikslas ir uždaviniai

Šio **darbo tikslas** yra ištirti, ar galima patikimai pakaitomis naudoti standartinę goniometriją ir popieriaus juostų grafinę goniometriją rankos trifalangių pirštų sąnarių paslankumo tyrimui ir savityrai.

Tiksliui pasiekti sprendžiami šie **darbo uždaviniai**:

(1) Palyginti popieriaus juostų metodo ir standartinės goniometrijos patikimumą neprofesionaliems matuotojams tiriant sveikų asmenų rankos trifalangio piršto sąnarių statines pozicijas, imituojančias ribotą tiesimą ir lenkimą.

(2) Palyginti popieriaus juostų metodo ir standartinės goniometrijos patikimumą profesionaliam matuotojui tiriant pacientų rankos trifalangio piršto sąnarių aktyvų tiesimą, esant ribotam bendram piršto aktyviam tiesimui.

(3) Nustatyti popieriaus juostų goniometrijos įgūdžių neturinčių pacientų atliekamo rankos trifalangio piršto aktyvaus tiesimo, kai yra ribotas bendras piršto aktyvus tiesimas, savityros popieriaus juostomis ir atitinkamų patyrusio tyrėjo atliktų matavimų standartiniu bei juostų goniometru tarpusavio patikimumą.

1.3. Darbo naujumas ir praktinė reikšmė

Darbo originalumas yra tai, kad popieriaus juostų metodas anksčiau nebuvo naudotas sąnarių judesiams tirti, ir tai, kad apskritai joks goniometrijos būdas dar nebuvo naudotas sąnarių paslankumo savityrai.

Darbo praktinė reikšmė. Žinodamas popieriaus juostų būdo ir standartinės goniometrijos patikimumo santykį, gydytojas praktikas galės spėti, ar galima pasikliauti popieriaus juostomis – visada prieinamu

standartinio goniometro analogu. Be to, bus žinoma tiriamojo metodo naudojimo pacientų rankos pirštų judesių savityrai perspektyva.

1.4. Ginamieji disertacijos teiginiai

(1) Popieriaus juostų patikimumas prilygsta standartinės goniometrijos patikimumui neprofesionaliems matuotojams tiriant sveikų asmenų rankos trifalangio piršto sąnarių statines pozicijas, imituojančias ribotą tiesimą ir lenkimą.

(2) Popieriaus juostų patikimumas prilygsta standartinės goniometrijos patikimumui patyrusiam matuotojui tiriant paciento rankos trifalangio piršto sąnarių aktyvų tiesimą, kai yra ribotas bendras piršto aktyvus tiesimas.

(3) Neturinčių popieriaus juostų goniometrijos įgūdžių pacientų rankos trifalangio piršto aktyvaus tiesimo, kai yra ribotas bendras piršto aktyvus tiesimas, savityros popieriaus juostomis ir profesionalios standartinės goniometrijos matavimų tarpusavio patikimumas siekia kliniškai priimtinas patikimumo charakteristikų reikšmes.

2. LITERATŪROS APŽVALGA

Kadangi nemažai su šios disertacijos tema susijusių klausimų yra aiškinama skirtingai, šioje disertacijos dalyje neapsiribojama vien ankstesnių pirštų goniometrijos patikimumo tyrimų analize, bet taip pat pateikiama giminingų problemų apžvalga, reikalinga tinkamam šio tyrimo suvokimui.

2.1. Sąnarių paslankumo tyrimo būdai, priemonės bei jų istorinės gairės

Norint suprasti grafinio vaizdinio sąnarių paslankumo tyrimo reikšmę, svarbu apžvelgti kitus judesio tyrimo metodus. Milleris (1985) juos skirsto į goniometrinius ir negoniometrinius. Pagal šią klasifikaciją galima išskirti tokius sąnario paslankumo tyrimo būdus:

(1) Goniometriniai metodai:

- (1.1) Standartinė goniometrija;
- (1.2) Vizualioji (subjektyvioji) goniometrija;
- (1.3) Elektrogoniometrija;
- (1.4) Gravitacinė goniometrija;
- (1.5) Sąnario fotografijos goniometrija;
- (1.6) Sąnario silueto ir sąnario kampo brėžinio goniometrija;
- (1.7) Sąnario rentgenogramos goniometrija;
- (1.8) Trigonometrinė goniometrija;
- (1.9) Trimačio vaizdo kompiuterizuotos analizės goniometrija;

(2) Negoniometriniai metodai:

- (2.1) Instrumentiniai linijiniai matavimai;
- (2.2) Vizualusis (subjektyvusis) linijinių matmenų vertinimas;
- (2.3) Sąnario silueto ir kampo brėžinio subjektyvus vertinimas;
- (2.4) Dvimačio vaizdo grafinė matematinė analizė.

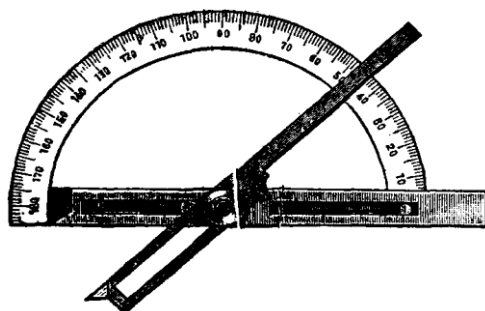
Judesio apimties analizės būdus galima skirstyti ir kitaip, pavyzdžiui, į universalius (skirtus visiems sąnariams) ir specialius (skirtus tik tam tikram sąnariui) (Moore, 1949), tiesioginius (pvz., standartinė goniometrija) ir netiesioginius (pvz., grafinio sąnario vaizdo goniometrija), statinius (pvz., standartinė goniometrija) ir dinامينius (pvz., judesio videoanalizė).

2.1.1. Goniometriniai sąnarių paslankumo tyrimo būdai

Medicinoje dažniausiai naudojami goniometriniai judesio vertinimo būdai. Kadangi goniometrija paraidžiui reiškia kampo matavimą (Norikin and White, 2003; Dorland's Medical Dictionary, 2007), medicinoje vartojamo goniometrijos termino nereikėtų painioti su tuo, kuris vartojamas tikslųjų mokslų ir technikos srityse (Encyclopedic Dictionary of condensed matter physics, 2004). Medicinoje goniometrija suprantama išskirtinai kaip kampo tarp sąnario kaulinių segmentų išilginių ašių matavimas (Miller-Keane Encyclopedia, 2003; Dorland's Medical Dictionary, 2007). Judesio apimties sąvoką kaip kampo dydį vienas pirmųjų apibrėžė Rosenas (1922). Sąnario goniometriniai kampai išreiškiami laipsniais.

Kampo matavimui tenka išskirtinė vieta žmonijos istorijoje. Akivaizdu, kad senovėje astronominių stebėjimų ir didesnių statybų nebuvo įmanoma atlikti be kampų matavimo. Šiuolaikinio trigonometrinių kampamačio prototipas, apskritimas, suskirstytas į padalus, žinomas apie 4400 metų (Wallis 2005). Greičiausiai tuomet senovės astronomai pastebėjo, kad žvaigždės danguje per dieną pasislenka apie 1/360 dalį viso metinio žvaigždžių kelio – apskritimo (Hairer and Wanner, 2008.). Taigi tokio pat senumo turėtų būti ir paprastas trigonometrinis kampamatis – apskritimas, padalytas į 360 padalų, arba laipsnių. Medicininio standartinio goniometro prototipą – kampamatį su pasisukančia liniuote – pirmieji panaudojo senovės romėnai apie 150 metus prieš mūsų erą. Herono (10–70 m. p.m.e.) teigimu, šis instrumentas buvo naudojamas kaip primityvus teodolito, naudoto navigacijai ir vadinto dioptra, sudedamoji dalis (Wallis, 2005). Viduramžių astronomai maždaug XIII amžiuje naudojo goniometrą primenantį instrumentą, vadintą *torquetum* (Encyclopædia Britannica, 2012).

Goniometro terminas atsirado XVIII amžiaus antroje pusėje (Random House Webster's College Dictionary, 1992). Tuomet, 1783 metais, Carangeot sukonstravo pirmąjį kristalografinį goniometrą (The Encyclopædia Britannica, 1910), labai primenantį dabartinius medicininius goniometrus (6 pav.).



6 paveikslas. Carangeot kontaktinis goniometras kampams tarp kristalų sluoksnių matuoti (The 1911 Classic Encyclopedia, 2006)

Sudėtingesnę įtaisą – navigacinį goniometrą su trimis pasisukančiomis liniuotėmis – 1801 metais išrado kapitonas Josephas Huddartas (Wallis, 2005).

Nors žmogaus kūno judesio tyrimai buvo atliekami jau XIX amžiuje (Muybridge, 1887; Bronner, 2003), klinikiniais tikslais sąnarių paslankumą imta vertinti tik dvidešimtojo amžiaus pradžioje. Pirmoji žinoma medicininė goniometrinė publikacija pasirodė Jungtinėse Amerikos Valstijose 1914 metais. Šiame straipsnyje Giffordas (1914) aprašė kampinius matavimo prietaisus čiurnos, alkūnės, kelio, riešo bei stipinkaulio-alkūnkaulio sąnarių judesiams ir deformacijai matuoti. Giffordo medicininiai goniometrai buvo pritaikyti konkrečioms sąnariams. Principiniu techniniu požiūriu, šie instrumentai buvo šiuolaikinių goniometrų prototipai, nes turėjo kampinę skalę, sujungtą su strypais, tvirtinamais išilgai atitinkamo sąnario segmento. Salteris (1955) cituoja Camus ir Faidherbe'ą 1915 metais aprašius supinacijos ir pronacijos kampo matavimus. Tačiau žmogaus sąnarių paslankumo tyrimai įgavo pagreitį tik Pirmojo pasaulinio karo pabaigoje. Tuomet gydytojams tekdavo tirti suluošintų galūnių judesius ne tik klinikiniais, bet ir darbingumo nustatymo tikslais. Jungtinėse Amerikos Valstijose sąnario paslankumo instrumentinius tyrimus taip pat skatino XX amžiaus pradžios poliomielioto epidemija (Salter, 1955). 1917 metais Foxas (1917) aprašė plaštakai skirtus fleksimetrus, kuriuos dar anksčiau pradėjo naudoti profesoriai Camus ir Amaras Paryžiaus „Grand Palais“ ligoninėje. Šie prietaisai ir Foxo anksčiau sukurtas čiurnos fleksimetras nelabai skyrėsi nuo šiuolaikinių universaliųjų medicininių goniometrų.

Greičiausiai dar anksčiau, nei pradėta naudoti instrumentinius kampinius judesio tyrimus, buvo pasikliaujama tiesiog **vizualiuoju subjektyviu kampo nustatymu** „iš akies“. Clevelandas (1918) mėgino iš dalies instrumentalizuoti šį būdą siūlydamas atitinkamo anatominio segmento padėtį žymėti ant specialių blankų su sąnarių paveikslais ir apskritiminėmis skalėmis. Nors anksčiau buvo manyta, kad vizualusis sąnario kampo nustatymas yra patikimas, keli tyrimai įrodė šios prielaidos klaidingumą (Lea and Gerhardt, 1995). Vis dėlto praktiniame klinikiname darbe vizualusis vertinimas lieka populiariausias sąnario paslankumo tyrimo būdas nuo pat goniometrijos ištakų.

Mechaniniu požiūriu paprasčiausias **elektrogoniometras** yra standartinio goniometro analogas. Tokį goniometrą 1959 metais aprašė P. V. Karpovichius ir G. P. Karpovichius (Van Roy and Borms, 2009). Elektrogoniometras veikia Omo dėsnio principu. Kintamoji varža, įtaisyta šiame prietaise, leidžia nustatyti kampą tarp goniometro liniuočių pagal varžos dydžio pokyčius, atitinkančius liniuočių poslinkį (Robertson and Caldwell, 2004). Sudėtingesni elektrogoniometrai yra sudaryti iš lanksčia jungtimi sujungtų jutiklių, tvirtinamų prie atitinkamų sąnario segmentų (Van Roy and Borms, 2009). Lanksčios jungties savybių pokyčiai atliekant judesius leidžia nustatyti jutiklių tarpusavio padėties kampinius pokyčius. Lankstieji elektrogoniometrai leido sukurti goniometrines pirštines, kuriomis galima vienu momentu nustatyti visų pirštų sąnarių padėtį, dėl to palengvėjo plaštakos funkcijos tyrimas (Dipietro et al., 2008). Jutiklių tarpusavio padėties kampinis pakitimas gali būti nustatomas be lanksčios jungties įvairiais kitais būdais, pavyzdžiui, gravitaciniu ar optoelektroniniu. Tokie judesio apimtys matuojant yra labai sudėtingi ir reikalauja papildomų elektroninių įrenginių jutiklių tarpusavio padėčiai analizuoti (Dipietro et al., 2008; Bronner, 2003).

Gravitacijos principu veikiančius goniometrus, dar vadinamus inklinimetrais arba nuožulnumos matuokliais, imta naudoti praeito amžiaus pradžioje. Paprasčiausią inklinometrą, veikiantį svambalo principu, pirmasis panaudojo Falconeris 1918 metais (Van Roy and Borms, 2009). Vėliau svambalo tipo goniometrai buvo kelis kartus patobulinti. Sudėtingesnės konstrukcijos inklinometras yra apskritiminis vamzdelis, nevisiškai pripildytas vandens. Vandens lygis vamzdyje tapatinamas su goniometrines skalės padalomis. Van Roy ir Bormsas (2009), cituodami Moore (1965), teigia, kad pirmieji tokį prietaisą, vadinamą higrometru, pradėjo naudoti Buckas su kolegomis (1959) ir Schenkeris (1961). Gravitaciniai goniometrai dėl savo didokų matmenų dažniausiai naudojami didžiųjų sąnarių funkcijai vertinti. Šiuolaikiniai universalūs skaitmeniniai gravitaciniai kampamačiai yra kompaktiškesni ir gali būti naudojami plaštakai. Tačiau pirštų goniometrijai šie

prietaisai taip pat nelabai tinka, nes sunku užtikrinti proksimalinių rankos segmentų vienodą padėtį prieš judesį ir po jo.

Sąnario kampo vertinimą **fotografijoje** pasiūlė Wilsonas ir Staschas 1945 metais (Miller, 1985; Reese et al., 2010). Nors atsiradus skaitmeninėms technologijoms fotogoniometriją gali naudoti beveik kiekvienas gydytojas, dėl nemažų laiko sąnaudų, reikalingų vaizdams archyvuoti, šis būdas klinikiniame darbe taikomas retai (Miller, 1985). Be to, fotogoniometrija patogi ne visiems sąnariams, nes sagitalinėje projekcijoje pirštai dengia vienas kitą.

Sąnario siluetas, gaunamas nubrėžus piršto vielos atspaudą (2 pav.) arba nugarinį šešėlį, gali būti išmatuotas panašiai kaip ir atliekant standartinę goniometriją (Ellis et al, 1997). Lanksčios vielos būdą (angl. *Odstok wire*) pasiūlė Glanville'is (1964). Šio būdo trūkumai nurodyti įvade. Piršto šešėlio matavimą goniometrine skale, nubraižyta ant popierinio fono, aprašė Brandas ir Holister (1993). Pastarasis būdas turi panašių trūkumų kaip ir fotogoniometrija. Mažiau žinomas yra Schenkerio (1966) pasiūlytas grafinis goniometrinis sąnario paslankumo tyrimo būdas. Schenkeris siūlė sąnario judesio kampinę apimtį rasti iš lanko, kurį nubrėžia prie sąnario distalinio segmento tolimojo galo pritvirtintas rašiklis, ilgio.

Sąnario kampo matavimas **rentgenogramoje** laikomas tiksliausiu judesio matavimo būdu. Bakke'as (1931) pradėjo naudoti serijines rentgenogramas stuburo judesiams tirti (Salter, 1955). Harrisas ir Josephas (1949) rentgenologiškai nustatydamo nykščio metakarpofalanginio ir tarpfalanginio sąnario tiesimo kampus (Salter, 1955). Vėliau daugelis autorių naudojo rentgenogramas ir kitų sąnarių judesiams tirti. Dėl kenksmingumo ir instrumentinių priemonių sudėtingumo šis būdas vartojamas vien tik moksliniais tikslais.

Trigonometrinių sąnario judesių vertinimą 1952 metais aprašė Williamsas ir Cambas (Miller, 1985). Nustatant sąnario segmentų sudaromą kampą šiuo būdu, pažymimi trys anatomiciniai taškai – vienas sąnario centre ir po vieną atitinkamuose jo segmentuose. Sujungus taškus išmatuojamos gauto trikampio kraštinės, o tada trigonometriniu būdu randami atitinkami kampai.

Sudėtingiausi yra **trimačio vaizdo kompiuterizuotos analizės** goniometrijos būdai. Šiems metodams reikalingos labai sudėtingos techninės priemonės (Chao et al., 1989; Bronner, 2003; Van Roy and Borms, 2009). Prie anatominių segmentų tvirtinami optoelektroniniai jutikliai, kurių padėčių erdvėje fiksuoja kelios vaizdo kameros. Gautas trimatis vaizdas yra analizuojamas kompiuterinėmis priemonėmis.

2.1.2. Neginiometriniai sąnarių paslankumo tyrimo būdai

Linijinis sąnario judesio apimtį vertinimas patrauklus tuo, kad yra greitas ir paprastas. Schoberis (1937) pasiūlė vertinti stuburo judesius matuojant atstumą tarp anatominių orientyrų (Lea and Gerhardt, 1995). Vėliau tuo pačiu tikslu buvo siūloma matuoti atstumą tarp pirštų galų ir grindų (Lea and Gerhardt, 1995). Dažnai linijiniu būdu vertinami ir rankos pirštų judesiai. Atstumo tarp delninių raukšlių matavimas tinka tik Dupuytrenio kontraktūros dinamikai stebėti (Green, 1999). Tačiau atstumo tarp piršto galiuko ir distalinės delno raukšlės nustatymas paplitęs daug labiau. Šiuo būdu randamas vadinamasis piršto lenkimo deficitas (Bunnell, 1944). Analogiškai galima išmatuoti ir tiesimo deficitą matuojant mažiausią atstumą tarp nago galiuko ir linijos, sutampančios su atitinkamo delnkaulio išilgine ašimi (Van't Hof and Heiple, 1958).

Galimas ir grynai **grafinis vizualusis judesio vertinimas** nesinaudojant skaitmeninėmis išraiškomis. Tam siūloma nubraižyti atitinkamų sąnario segmentų **siluetus** arba **brėžinius**, atspindinčius sąnario segmentų išilgines anatomines ašis, ir tokius vaizdus palyginti. Kaip jau aprašyta, tokius brėžinius galima gauti naudojant piršto šešėlį, lanksčios vielos atspaudą, arba tiesiogiai brėžiant rašikliu palei piršto nugarinį paviršių ant gretimo popieriaus lapo. Sąnario kampo brėžinį taip pat galima gauti pasinaudojus standartinio goniometro liniuotėmis po to, kai išmatuojamas judesys.

Ranka atliekamus (angl. *free hand*) dilbio, plaštakos ir pirštų anatominių ašių brėžinius su atitinkamų kampų nuorodomis pirmasis pradėjo naudoti Nutteris (1919). Moore (1949) cituoja Nutterį siūlius naudotis išskirtinai

anatominių ašių brėžiniais ir matuoti tokių brėžinių kampus, tačiau originaliame Nutterio straipsnyje užuominų apie nubrėžto kampo matavimą nepavyko rasti. Greitesnį ir tikslesnį pirštų brėžinių gavimo būdą aprašė McCulley (1999), kuris sukonstravo daugiakampį goniometrą. Nors toks instrumentas pradėtas gaminti serijiniu būdu, šio goniometro galimybės yra ribotos. Įtaisas nepatogus tuo, kad gali pasislinkti liniuotės atitraukiant jas nuo piršto. Be to, dėl paslankias liniuotes jungiančių detalių iškilumo tokį goniometrą sunku priglauti prie popieriaus lapo.

Rosenas (1922), kritikuodamas Nutterio metodu ranka atliekamų brėžinių netikslumą (1919), aprašė falangofleksimetrą – metalinę plokštę su išpjova atitinkamam plaštakos tarpdelnakauliniam tarpui. Prie tokios sagitalinėje plokštumoje padėtos plokštės Rosenas siūlė priglauti persišviečiantį popieriaus lapą, pažymėti gretimo piršto sąnarių nugarinius taškus ir juos sujungus gauti piršto kampų brėžinį. Nors Roseno prietaisas turėjo specialią liniuotę, sujungtą su plokšte lankstu ir skirtą tapatinimui su delnakauliu bei popieriaus kraštu, neaišku, kaip autoriui tame pačiame popieriaus lape pavyko gauti visą delnakaulio projekciją, nes pastaroji visada turėdavo atsidurti lapo išorėje. Galbūt dėl šio trūkumo Roseno metodas nepaplito. Tačiau kai kurie plaštakos specialistai užrašydavo pirštų kampus įdėję standų popieriaus lapą į tarpupirštį sagitalinėje plokštumoje ir tiesiogiai rašikliu brėždami prie to lapo priglauto piršto nugarinį siluetą. Taip gaunamas taip pat tik dalinis piršto siluetas, kuriame metakarpofalanginio sąnario kampą reikia nuspėti. Šią tiesioginio piršto silueto braižymo problemą pasiūlyta spręsti naudojant kartono arba plastiko plokštes, kuriose galima lengvai iškirpti specialią išpjovą delnui (Macionis, 2008). Prie kartono plokštės priglaudus standartinio formato lapą su atitinkama iškirpte ir naudojantis tam tikslui sukonstruotu rašikliu, galima nubrėžti piršto nugarinį siluetą. Tokia iškirptė leidžia nubrėžti ir delnakaulio nugarinį siluetą, skirtingai nei Roseno (1922) pasiūlytas būdas. Piršto silueto braižymo ypatumai Glanville'io vielos būdu (1964) bei Brando ir Holister šešėlio metodu (1993) aptarti pirmiau.

Chiu (1995) pasiūlė **grafiniu matematinu** būdu analizuoti kreivės, kurią brėžia sąnario segmento distalinė dalis, ribojamą figūros plotą. Taip pat matematinu būdu siūlyta analizuoti atstumą tarp piršto galo ir distalinės raukšlės. Tam reikia vertinti plotą, kurį riboja ši atstumą atitinkančios normaliojo skirstinio tankio funkcijos x ašies dalis ir atitinkama Gauso kreivės dalis (Catalano et al., 2001).

Apibendrinant goniometrijos evoliucijos gaires, galima pasakyti, kad, siekiant išvengti standartinės goniometrijos trūkumų, nuo paprastesnių goniometrijos būdų buvo pereinama prie sudėtingesnių. Praktiniame gydytojo darbe labiausiai naudojami būdai išlieka standartinė goniometrija bei linijinis matavimas arba atitinkamas vizualusis subjektyvus vertinimas.

2.2. Sąnarių paslankumo užrašymo būdai ir jų istorinės gairės

Šis skyrius atspindi grafinio vaizdinio pirštų judesių užrašymo pranašumus standartinių sąnario paslankumo žymėjimo būdų atžvilgiu.

2.2.1. Bendrieji sąnarių paslankumo užrašymo aspektai

Sąnario judesio matavimo rezultatai reikia užrašyti taip, kad vėliau būtų įmanoma suprasti, koks judesys buvo atliktas ir kokia buvo to judesio apimtis. Labai svarbu, kad skirtingų specialistų užrašytus judesių duomenis būtų lengva interpretuoti ir palyginti (Miller, 1985; Greene and Heckman, 1994). Deja, nėra universalus judesių užrašymo būdas, kuris vienodai tiktų visiems sąnariams ir judesiams. Galbūt dėl to esama gana didelės sąnarių paslankumo užrašymo būdų įvairovės, lemiančios tam tikrą painiavą šioje srityje (Lea and Gerhardt, 1995; Gerhardt and Rondinelli, 2001). Nors yra išsirutulioję keli pripažinti judesio užrašymo metodai, daugelis gydymo ir mokslo centrų naudoja juos savaip modifikavę (Gerhardt and Rondinelli, 2001). Todėl vertinant literatūroje pateikiamus sąnarių paslankumo duomenis reikėtų išsiaiškinti užrašymo būdo detales.

Esminiai visų užrašymo metodų elementai yra sutartinė matavimo atskaitos linija, sutartinė pradinė distalinio sąnario segmento padėtis

proksimalinio segmento atžvilgiu bei šių segmentų tarpusavio padėtis atlikus atitinkamos krypties maksimalų judesį. Apibendrinant, yra trys sąnario judesio išreiškimo būdai: skaitmeninis, grafinis vaizdinis ir mišrus skaitmeninis grafinis (Moore, 1949). Grafinis vaizdinis sąnario judesio vertinimas nėra matavimas. Tačiau, kaip jau minėta, užrašius judesį grafiniu būdu, galima atlikti gauto vaizdo matavimus (Ellis et al, 1997). Todėl būtų sunku kalbėti apie grafinio sąnarių judesio užrašymo svarbą neapžvelgus standartinio skaitmeninio kampinio judesių užrašymo.

Visas sąnario judesio kampinės apimties užrašymo sistemas sieja bendras mintinio kampo, sudaryto iš išilginių anatominių sąnario segmentų ašių, konstravimo principas. Tačiau užrašymo sistemos skiriasi pagal sutartinę pradinę sąnario segmentų padėtį bei pagal didžiausią galimą vienos krypties judesio apimtį. Skiriama **neutralaus 0°** ir **neutralaus 180° pradinė padėtis**. Didžiausia vienos krypties judesio apimtis gali būti skaičiuojama iki 180° (pusės apskritimo) arba iki 360° (viso apskritimo). Žinomiausi yra trys užrašymo metodai, derinantys pastaruosius kriterijus. Tai „**nuo 0° iki 180°**“ („0°–180°“), „**nuo 180° iki 0°**“ („180°–0°“), ir „**nuo 0° iki 360°**“ („0°–360°“) metodai (Moore, 1949; Norkin and White, 2003, Palmer and Epler, 1998), išsirutulioję jau pirmoje XX amžiaus pusėje. „0°–180°“ sistemoje didžiausia galima judesio apimtis yra 180° į vieną ir į kitą pusę nuo nulio. Kitose dviejose sistemose naudojamosi viso apskritimo 360°. Visos kitos kampinio sąnario segmentų judesio užrašymo metodikos remiasi šių trijų sistemų esminiais elementais. Viena žinomesnių šių sistemų modifikacijų yra Schlaaffo (1957) pasiūlytas anatominių plokštumų metodas su judesio atskaita nuo 180° (Lea and Gerhardt, 1995). Pastarąjį būdą Gerhardtas (1964, 1994) pritaikė populiarenei neutralaus nulio atskaitai (Lea and Gerhardt, 1995; Gerhardt and Rondinelli, 2001). Šis kombinuotas metodas vadinamas **SFTR** (angl. *sagittal, frontal, transversal, rotation*) metodu (pagal judesio vertinimą atitinkamose anatominėse plokštumose ir rotacinio judesio galimybę visose plokštumose). Sąnario distalinio segmento judesių pavadinimai SFTR plokštumose pateikiami 1 lentelėje. Pagrindinių užrašymo sistemų

palyginamosios iliustracijos ir paaiškinimai pateikti 7, 8 ir 9 paveiksluose bei 2, 3, 4 ir 5 lentelėse.

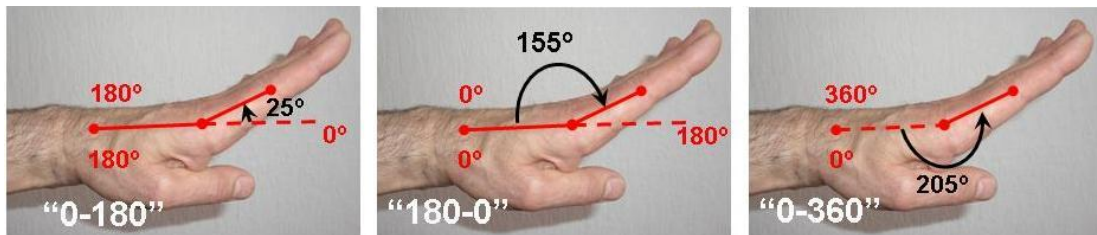
Nors sutartinė pradinė padėtis žymima skirtingai, faktinė pradinė kūno pozicija yra vienoda visose užrašymo sistemose. Goniometrijoje ši kūno laikysena yra vadinama neutralaus nulio pozicija ir sutampa su standartine anatomine kūno padėtimi. Tai tokia laikysena, kai žmogus stovi išsitiesęs, pėdos suglaustos, rankos nuleistos, plaštakos atsuktos delnais į priekį, plaštakų pirštai ištiesti, nykščiai priglausti prie delno išorinės pusės ir atgręžti į priekį (Lea and Gerhardt, 1995; Clarkson, 2005). Deja, standartinėje anatomicinėje pozicijoje ne visi segmentai atsiduria neutralaus nulio padėtyje (pavyzdžiui, dilbiai atsiduria beveik visiškai supinacijos padėtyje). Todėl kai kuriems judesiams neutralaus nulio poziciją reikia nurodyti atskirai (Moore, 1949; Greene and Heckman, 1994). Visose žymėjimo sistemose pradinė atskaitos linija sutampa su proksimalinio sąnario segmento anatomine ašimi. „0°–180°“ ir „180°–0°“ sistemose sąnario judesio apimtis skaičiuojama nuo pastarosios ašies distalinės taškos, o „0°–360°“ sistemoje atskaitai naudojama tiesiog pačia proksimalinio segmento anatomine ašimi.

1 lentelė. Distalinio sąnario segmento galimų judesio krypčių pavadinimai pagal Gerhardtą ir Rondinelli (2001)

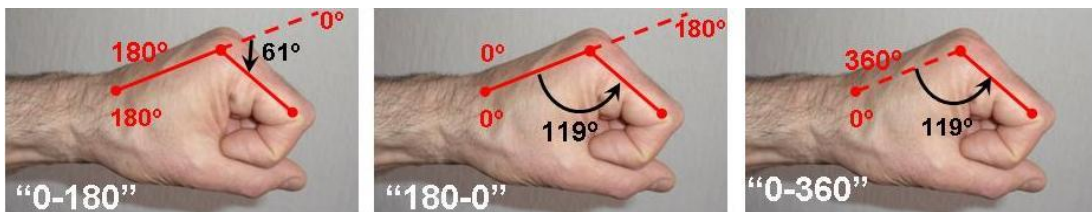
Plokštuma		
Sagitalinė	Frontalinė	Transversalinė
Fleksija	Pritraukimas	Horizontalus pritraukimas
Ekstenzija	Atitraukimas	Horizontalus atitraukimas
Rotacija	Rotacija	Rotacija

Visos judesių kampinio užrašymo sistemos turi savo pranašumų ir trūkumų. Dažniausiai naudojamos „0°–180°“ sąnarių judesio sistemos įvairios modifikacijos, o „180°–0°“ ir „0°–360°“ sistemos faktiškai turi tik istorinę reikšmę dėl sudėtingos šių metodų interpretacijos. Juk natūralu, kad atskaitos taškas turėtų būti nulis. Be to, reiškiant didesnės nei 180° apimties judesį,

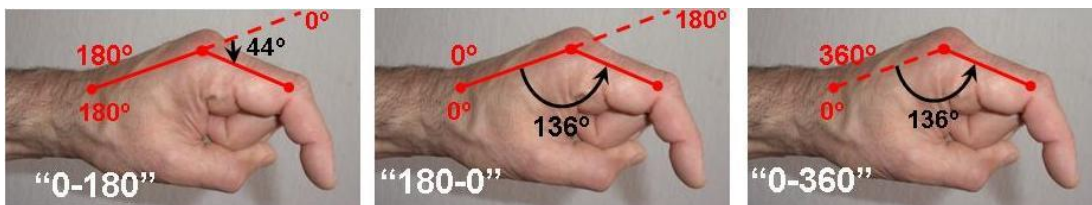
tampa sunku suvokti tikrą sąnario segmentų tarpusavio padėtį. Nors SFTR sistemoje naudojamos judesio anatominės plokštumos santrumpos leidžia smarkiai sutrumpinti įrašus, šis metodas taip pat nėra plačiai vartojamas greičiausiai dėl to, kad vertinant skaičius įrašė reikalinga papildoma frazeologija. Visų užrašymo sistemų trūkumas yra tas, kad pradinė padėtis turi būti vertinama vizualiai (Lea and Gerhardt, 1995). Todėl atsiranda paklaida, susijusi su pradinės padėties nustatymu.



7 paveikslas. MCP sąnario ekstenzijos (čia hiperekstenzijos) užrašymo schemas



8 paveikslas. MCP sąnario fleksijos užrašymo schemas



9 paveikslas. MCP sąnario ribotos ekstenzijos ir ankilozės užrašymo schemas

2 lentelė. Hiperekstenzijos ir fleksijos, pavaizduotos 7 ir 8 paveiksluose, užrašymas

Užrašymo būdas	Užrašymas
„0°–180°“	MCP sąnario -25° ekstenzija, 61° fleksija
„180°–0°“	MCP sąnario <u>hiperekstenzija</u> 155°, fleksija 119°
„0°–360°“	MCP sąnario ekstenzija 205°, fleksija 119°
SFTR	MCP sąnarys S: 25°–0°–61°

3 lentelė. Ribotos fleksijos ir ekstenzijos, pavaizduotos 8 ir 9 paveiksluose, užrašymas

Užrašymo būdas	Užrašymas
„0°–180°“	MCP sąnario fleksija nuo 44° iki 61° (44° → 61°) arba MCP sąnario 44° lenkiamoji kontraktūra su tolesne fleksija iki 61°
„180°–0°“	MCP sąnario ribota fleksija 119°, ekstenzija 136°
„0°–360°“	MCP sąnario ribotas judesys nuo 119° iki 136°
SFTR	MCP sąnarys S: 0°–44°–61°

4 lentelė. MCP sąnario ankilozės, pavaizduotos 9 paveiksle, užrašymas

Užrašymo būdas	Užrašymas
„0°–180°“	MCP sąnario ankilozė 44° fleksijoje
„180°–0°“	MCP sąnario ankilozė 136° fleksijoje
„0°–360°“	MCP sąnario ankilozė 136°
SFTR	MCP sąnarys S: 0°–44°

5 lentelė. MCP padėčių, pavaizduotų 7, 8, ir 9 paveiksluose, sutrumpintas užrašymas

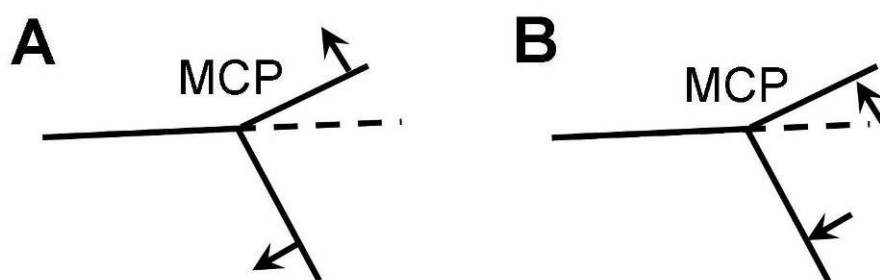
Judėsys (paveikslas)	Užrašymas			
	„0°–180°“	„180°–0°“	„0°–360°“	SFTR
Hiperekstenzija (7)	0°–25°	180°–155°	0°–205°	S: 25°–0°–61°
Fleksija (8)	0°–61°	180°–119°	0°–119°	
Ekstenzija (9)	0°–44°	180°–136°	0°–136°	S: 0°–44°–61°
Ankilozė (9)	44° fleksijoje	136° fleksijoje	136°	S: 0°–44°

Neutralaus nulio žymėjimą ir šiuolaikinės „0°–180°“ sistemos prototipą pasiūlė amerikiečių chirurgas Silveris (1923). Tačiau ir iš pirmųjų klinikinės goniometrijos straipsnių (Gifford, 1914; Fox, 1917; Nutter, 1919; Albee and Gilliland, 1920) akivaizdu, kad jau tada atskaitos linija buvo proksimalinio sąnario segmento taša, atitinkanti šiuolaikinę atskaitą pagal neutralaus nulio metodą. „0°–180°“ metodą vėliau patobulino Cave’as ir Robertsas (1936) ir dar labiau išplėtojo autoritetinga Amerikos ortopedų akademija (AAOS) (Greene and Heckman, 1994). Neutralaus nulio žymėjimo metodą pripažino daugelio kitų šalių, taip pat ir Lietuvos (Kačinskas ir Kocius, 2008), specialistai. „180°–0°“ žymėjimo sistemą pasiūlė Clarkas (1920). Pastarasis metodas remiasi judesio rūšies apibrėžimais. Pavyzdžiui, pagal lenkimo sąvoką distalinis sąnario segmentas artėja prie proksimalinio segmento, taigi kampas tarp šių segmentų turėtų atitinkamai mažėti (hiperekstenziją Clarkas laikė fleksijos atvirkščiu analogu). Panašiu principu remiasi Knappo ir West (1944) aprašyta „0°–360°“ žymėjimo sistema (Moore, 1949).

2.2.2. Rankos pirštų sąnarių paslankumo užrašymo aspektai

Rankos pirštų judesiai dažniausiai užrašomi kampo laipsniais Amerikos plaštakos chirurgijos draugijos pasiūlytu būdu (ASSH, 1983). Panašiai pirštų judesius vėliau siūlė užrašyti ir AAOS (Greene and Heckman, 1994; Green, 1999).

Pirštų judesių užrašymui svarbios yra hiperekstenzijos ir ekstenzijos deficito sąvokos bei žymėjimas. Piršto hiperekstenzija yra didesnis nei normalus tiesimas (t. y. per didelis tiesimo judesys neutralios linijos atžvilgiu), o piršto tiesimo deficitu laikomas trūkstamas tiesimas neutralios atskaitos linijos atžvilgiu. Painu yra tai, kad piršto tiesimo deficitas ir hiperekstenzija žymima dvejopai (Cambridge-Keeling, 2002). Pagal AAOS bei ASSH metodiką piršto hiperekstenzija žymima neigiamuoju skaičiumi (ASSH, 1983). Tačiau Amerikos medicinos draugija siūlo atvirkščią žymėjimą, t. y. hiperekstenziją reikšti teigiamuoju skaičiumi, o tiesimo deficitą – neigiamuoju (Cambridge-Keeling, 2002). Taigi vienas ir tas pats įrašas gali būti skirtingai interpretuojamas priklausomai nuo užrašymo būdo. Pavyzdžiui, piršto sąnario judesys, išreikštas skaičiais $-10^{\circ}/60^{\circ}$, pagal AAOS ir ASSH metodiką reiškia šio sąnario 10° hiperekstenziją ir 60° lenkimą, o pagal Amerikos medicinos draugijos nuostatus tas pats užrašas interpretuotinas kaip 10° tiesimo deficitas ir 60° lenkimas. Akivaizdu, kad tokią problemą lengvai išspręstų grafinis vaizdinis žymėjimas. Rengiant šią disertaciją, buvo sukurtas grafinis užrašymo būdas (Macionis, 2011), kuriuo galima nurodyti ne tik sąnario segmentų padėtį, bet ir judesio kryptį bei atlikimo būdą (10 pav.).



10 paveikslas. Ribotos MCP sąnario ekstenzijos ir fleksijos, užrašytos 2 lentelėje klasikiniiais būdais, grafinis vaizdavimas su rodyklėmis, nurodančiomis aktyvų (A) ir pasyvų (B) judesį bei atitinkamą kryptį. Brūkšninė atskaitos linija yra lengvai nuspėjama (čia parodyta aiškumo dėlei).

AAOS ir ASSH rekomenduoja užrašyti ne tik atskirų sąnarių paslankumą, bet ir vadinamąjį sudėtinį piršto judesį. Pagal judesio tipą skiriamas bendras aktyvus judesys (TAM, angl. *total active motion*) ir bendras pasyvus judesys (TPM, angl. *total passive motion*). Bendram judesiui apskaičiuoti pirmiausia reikia rasti kiekvieno piršto sąnario bendrą lenkimo judesį sudedant atitinkamas reikšmes. Tada apskaičiuojamas bendras tiesimo deficitas arba hiperekstenzija analogiškai sudedant atitinkamas ribines tiesimo deficito arba hiperekstenzijos reikšmes. Bendras piršto judesys yra bendro lenkimo ir bendro tiesimo deficito skirtumas (6 lent.). Pažymėtina, kad, skaičiuojant bendrą piršto judesį pagal ASSH, hiperekstenzija laikoma tiesimo deficitu (ASSH, 1983).

Pirštų judesį galima užrašyti ir eilute, kuri 6 lentelėje pateiktus duomenis atspindėtų taip: MCP: 15/60; PIP: 0/90; DIP: 15/50; TAM: 170; TPM: 225. Vėlgi akivaizdu, kad tokių įrašų tinkamai interpretacijai pagelbėtų sąnario segmentų brėžiniai.

6 lentelė. ASSH rekomenduojamo rankos piršto judesių užrašymo kampais pavyzdys

	Aktyvus judesys		Pasyvus judesys	
	Tiesimo deficitas	Lenkimas	Tiesimo deficitas	Lenkimas
MCP sąnarys	15°	60°	20°	80°
PIP sąnarys	0°	90°	0°	95°
DIP sąnarys	15°	50°	0°	60°
Suma	30°	200°	20°	235°
Bendras judesys	170°		255°	

2.3. Matavimų bendrieji ir biomedicininiai aspektai

Gausioje matavimų literatūroje skirtingi matavimo terminai neretai vartojami sinonimiškai arba vienodi terminai reiškia skirtingas savybes (Sim

and Arnell, 1993; Weir, 2005; De Vet et al., 2006; Menditto et al., 2007; Barnhart et al., 2007; Hauck et al., 2008; Bartlett and Frost, 2008; Streiner and Norman, 2008; Himbert, 2009; Mokkink et al., 2010; Kottner et al., 2011).

Todėl čia būtina apibrėžti matavimų ir jų savybių sąvokas, susijusias su šios disertacijos dalyku.

Matavimas yra skaičių priskyrimas objektams jų savybių kokybei ir (arba) kiekybei išreikšti (Michels, 1983; Rothstein et al., 1991; Van der Linden, 1994; Viswanathan, 2005; Rabinovich, 2005; Wu and Adams, 2007; Himbert, 2009; Waltz et al., 2010). Biomedicinoje ir sociologijoje vartojama matavimų sąvoka skiriasi nuo jos atitinkams fiziniuose ir technologijos (technometrijos) moksluose (Wu and Adams, 2007). Daugelis biomedicininiių matavimų turi psichometrini arba subjektyvųjį komponentą (Wu and Adams, 2007), nes biomedicininiių matavimų rezultatams daro įtaką matuotojo individualus sprendimas ir įgūdžiai (Healy, 1989; Greenfield et al., 1998; De Vet et al., 2006; Streiner and Norman, 2008). Be to, biomedicininiiuose matavimuose yra svarbus ir tiriamojo biologinės variacijos komponentas (Healy, 1989; Greenfield et al., 1998; De Vet et al., 2006; Streiner and Norman, 2008). Pavyzdžiui, arterinis kraujospūdis nebūna visą laiką toks pat, net jei tiriamasis yra sveikas, bet kinta priklausomai nuo asmens nuotaikos, fizinio krūvio ir pan. Šia prasme biomedicininiai matavimai yra sudėtingesni nei technologiniai. Tačiau, kadangi visi matavimai galų gale išreiškiami skaičiais, tiek technologiniai, tiek biomedicininiai matavimai principiniu požiūriu yra vienodi. Todėl, žvelgiant iš mokslo metodų universalumo pozicijos, būtų neišsamu nagrinėti matavimų temą nepateikiant technologijoje ir biomedicinoje vartojamų sąvokų palyginimo. Juo labiau kad fiziniuose ir technologijos moksluose vartojama matavimų koncepcija natūraliai atsirado daug anksčiau nei atitinkama biomedicinos moksluose vartojama samprata. Be to, technologiniai matavimai jau standartizuoti (Himbert, 2009; Lietuvos standartas, 2002), o matavimų koncepcija biomedicinoje vis dar tobulinama (Mokkink et al., 2010).

Bet kuriam matavimui tiek biomedicinoje, tiek kituose moksluose yra būdinga tai, kad matavimui atlikti naudojamas instrumentas (Rothstein et al., 1991; Rabinovich, 2005). Dėl psichometrinio matavimo komponento instrumento sąvoka biomedicinoje yra platesnė nei technometrijoje. Technometrijoje instrumentas visados yra materialus prietaisas, o biomedicinoje instrumentu gali būti ir objekto savybių vertinimo taisyklių rinkinys, naudojamas atskirai arba kartu su daiktiniu matavimo prietaisu (Rothstein et al., 1991). Pavyzdžiui, nustatant intelekto koeficientą, naudojami atitinkami testai.

Biomedicininių matavimų koncepcija remiamasi klasikine testų teorija, sukurta matavimams psichologijoje (Downing, 2004; Kline, 2005; Tractenberg, 2010; Ryan-Wenger, 2010). Ši teorija remiasi Spearmano (1904) suformuluotomis nuostatomis. Pagal klasikinę testų teoriją kiekvieno matavimo stebimas rezultatas (S) susideda iš tikrosios matuojamosios savybės reikšmės (T) ir matavimo paklaidos (E). Taigi matavimo paklaida yra gauto matavimo rezultato nuokrypis nuo tikrosios objekto tiriamosios savybės vertės:

$$S = T + E.$$

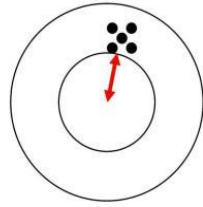
Analogiška formulė yra ir fizinių bei technologijos mokslų matavimo teorijos pagrindas (Rabinovich, 2005).

Visos matavimo teorijos skiria sistemingą ir atsitiktinę matavimo paklaidas (Harvill, 1991; Sim and Arnell 1993; Chatburn, 1996; Bruton et al., 2000; Lietuvos standartas, 2002; Weir, 2005; Menditto et al., 2007; Waltz et al., 2010; Ryan-Wenger, 2010). **Sistemingoji paklaida** atsiranda dėl matavimo instrumento ypatybių. Sistemingoji paklaida yra nuolatinė ir vienakryptė. Dėl sistemingosios paklaidos kiekvieno matavimo rezultatas vienodai padidėja arba sumažėja. Šią paklaidą galima pašalinti arba sumažinti tinkamai koregavus matavimo proceso veiksnys, pavyzdžiui, kalibravus instrumentą. **Atsitiktinė paklaida** atsiranda dėl nespecifinių sunkiai kontroliuojamų veiksnių, pavyzdžiui, matuotojo nuovargio, apšvietimo pasikeitimo ir pan. Atsitiktinę paklaidą valdo statistinis normaliojo skirstinio dėsnis, pagal kurį matavimo rezultatas gali būti tai didesnis, tai mažesnis už tikrąją matuojamojo požymio

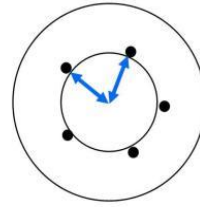
vertę. Todėl, atliekant dauginius kartotinius to paties objekto matavimus, atsitiktinės paklaidos viena kitą anuliuoja (Harvill, 1991; Sim and Arnell 1993; Chatburn, 1996; Waltz et al., 2010; Ryan-Wenger, 2010). Dar viena paklaidos rūšis yra **apsirikimas**. Tokia paklaida atsiranda dėl matuotojo neatidumo – netinkamo instrumento naudojimo, klaidingo rodmenų skaitymo ir panašiai.

Natūralu, kad kiekvieno matavimo tikslas yra gauti rezultatą, kuo arčiau atitinkantį tikrąją matuojamojo objekto savybės vertę, t. y. siekti kuo mažesnio matavimo neapibrėžtumo. Matavimo neapibrėžtumui (netikrumui) aprašyti naudojamos matavimo savybės (Antonisamy et al., 2010, Waltz et al., 2010). Dėl pirmiau išdėstytų priežasčių biomedicininį matavimų savybių yra daugiau nei technometrinių. Tačiau fizinių mokslų ir technologijos matavimų sistemoje, kurią reglamentuoja ISO (International Standards Organization) ir kitų šalių nacionaliniai standartai (pvz., Taylor and Kuyatt, 1994; Lietuvos standartas, 2002), galima išvelgti visus biomedicininį matavimų savybių atitikmenis (Barnhart et al., 2007). Susisteminti biomedicininį matavimų terminus bandyta tiriant plačios vertintojų grupės sutarimą dėl literatūroje vartojamų terminų interpretacijos (Mokkink et al., 2010). Deja, šie autoriai nenurodo atitikmenų ISO standarte. Pažymėtina, kad per pakartotinę apklausą dalis šios studijos vertintojų pakeitė savo anksčiau remtą matavimo savybės koncepciją. Taigi matavimų savybių interpretacija gali priklausyti nuo konteksto. Kadangi biomedicinoje vis dar nėra vienos matavimų savybių nomenklatūros, matavimo savybes verta pradėti nagrinėti būtent nuo ISO atitinkamos terminologijos. Pagal ISO standartą yra viena pagrindinė matavimų savybė, vadinama **tikslumu** (angl. *accuracy*). Tikslumą lemia dvi savybės – **teisingumas** (angl. *trueness*) ir **glaudumas** (angl. *precision*). Šias matavimų savybes galėtų padėti suvokti schemos, pateiktos 11 paveiksle. Lietuvos standartas (2002), parašytas pagal atitinkamą tarptautinio standarto tekstą, pateikia tokius matavimo savybių apibrėžimus: **tikslumas** yra tyrimo rezultato ir sutartinės pamatinės vertės atitikimo artumas; **teisingumas** yra vidutinės vertės, gautos iš didelės tyrimų rezultatų serijos, ir sutartinės pamatinės vertės atitikimo artumas; **glaudumas** yra nepriklausomų tyrimų rezultatų, gautų nurodytomis sąlygomis,

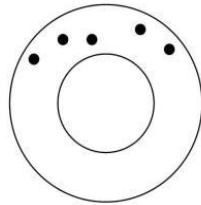
tarpusavio atitikimo artumas. Pastaruosiuose apibrėžimuose vartojamas artumo terminas nelabai vykęs. Akivaizdu, kad čia kalbama apie atitikimo (sutapimo)



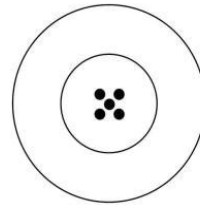
Glaudu bet neteisinga
(taigi ir netikslu)



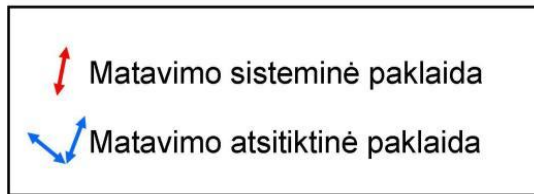
Teisinga bet neglaudu
(taigi ir netikslu)



Neteisinga ir neglaudu
(taigi ir netikslu)



Teisinga ir glaudu
(pagaliau ir tikslu)



11 paveikslas. Glaudumo, teisingumo, tikslumo ir paklaidos sąvokų iliustracija. Tikroji vertė yra taikinio centre. Taškai yra atskiri matavimai.

dydį, arba laipsnį. Glaudumo apibrėžime minimos tyrimo sąlygos gali būti šios: **pakartojamumo sąlygos** – sąlygos, kai nepriklausomų tyrimų rezultatai gauti tuo pačiu metodu, su tais pačiais tyrimų objektais, toje pačioje laboratorijoje, tam pačiam matuotojui naudojant tą pačią įrangą per trumpą laiką; **atkuriamumo sąlygos** – sąlygos, kai nepriklausomų tyrimų rezultatai gauti tuo pačiu metodu, su tokiais pat tyrimų objektais, skirtingose laboratorijose, skirtingų matuotojų, naudojant skirtingą įrangą. Taigi

pakartojamumas yra glaudumas pakartojamumo sąlygomis, o **atkuriamumas** – tai glaudumas atkuriamumo sąlygomis.

Biomedicinos literatūroje taip pat vartojamos tikslumo ir glaudumo (pakartojamumo ir atkuriamumo) sąvokos, tačiau nėra teisingumo sąvokos. **Tikslumas** (angl. *accuracy*) biomedicinoje vartojamas tokia pačia kontekste kaip ir teisingumas technometrijoje, t. y. reiškia nuokrypį nuo tikrosios vertės. Biomedicinos literatūroje glaudumas taip pat gali būti vadinamas **patikimumu** (angl. *reliability*), o tikslumas – **validumu** (angl. *validity*). Pažymėtina, kad technometrijoje nėra matavimo patikimumo sąvokos (Mullins, 2003; Rabinovich, 2005). Tikslumo ir validumo terminai biomedicinoje gali būti vartojami ne tik sinonimiškai (Clarkson, 2005), bet ir kaip skirtingos sąvokos. Tokiais atvejais tikslumą reiktų suprasti kiekybine, o validumą kokybine interpretacine prasme. Matavimas gali būti tikslus vienos objekto savybės atžvilgiu, tačiau nevalidus kitos to paties objekto tam tikros savybės atžvilgiu. Pavyzdžiui, instrumentas gali tiksliai nustatyti glikemiją kraujyje, tačiau šis tyrimas gali būti nevalidus diagnozuojant ligas, tiesiogiai nesusijusias su glikemijos dydžiu. Validumas yra kelių rūšių. Šioje disertacijoje svarbu pažymėti **kriterijaus validumą** (angl. *criterion validity*) ir **konkurencinį validumą** (angl. *concurrent validity*). Konkurencinis validumas yra viena iš kriterijaus validumo formų (Rothstein et al., 1991). Konkurencinis validumas suprantamas kaip nestandartinio matavimo metodo ir standarto atitikimas. Kadangi visuotinai pripažįstama, kad tikrosios bet kurio objekto savybių vertės neįmanoma nustatyti, validumo sąvoka yra sąlyginė ir kartais gali būti pakeista patikimumo terminu. Pavyzdžiui, tiriant naujo matavimo instrumento savybes standartinio prietaiso atžvilgiu, neretai vartojama instrumentų **tarpusavio patikimumo** (angl. *inter-device reliability*) sąvoka konkurencinio validumo prasme (Eliasziw et al., 1994; Rome and Cowieson, 1996; Armstrong et al., 1998). Jei palyginamos standartinio instrumento modifikacijos, labiau tiktų tarpusavio patikimumo sąvoka, o palyginant standartą su naujovišku instrumentu logiškiau vartoti konkurencinio validumo sąvoką. Pažymėtina, kad validus matavimas visada yra ir glaudus, tačiau

atvirkščias variantas yra negalimas. Barnhartas su kolegomis (2007) pastebėjo, kad kokia matavimo savybė bebūtų nagrinėjama, visada tiriamas matavimų artumas vienas kito atžvilgiu, t. y. **sutapimas** (atitikimas, angl. *agreement*). Todėl šie autoriai sutapimo terminą vartoja kaip hiperonimą visų kitų matavimo savybių atžvilgiu. Dar viena biomedicininis matavimų savybė yra **responsyvumas** (angl. *responsiveness*) (Mokkink et al., 2010), kuriai nepavyko rasti tinkamo lietuviško vertinio. Responsyvumas rodo matavimo instrumento gebėjimą nustatyti klinikinį pokytį vertinant gydymo rezultatus. Pažymėtina, kad semantinė prasme matavimo patikimumo terminas gali būti vartojamas kaip visų pirmiau nurodytų matavimo savybių hiperonimas. Tarptautinio standarto ir biomedicininėje literatūroje vartojami matavimo terminai sugretinti 7 lentelėje.

7 lentelė. Literaturoje sutinkamų matavimo savybių terminų palyginimas

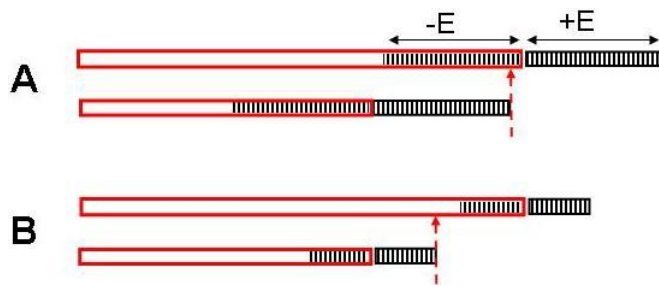
ISO terminas	Biomedicininis terminas	Biomedicininis hiperonimas		
		Validumas	Patikimumas (<i>reliability</i>)	Sutapimas (<i>agreement</i>)
tikslumas (<i>accuracy</i>)	validumas (<i>validity</i>)	Validumas	patikimumas (<i>reliability</i>)	Sutapimas (<i>agreement</i>)
tikslumas (<i>accuracy</i>)	tikslumas (<i>accuracy</i>)			
glaudumas (<i>precision</i>)	glaudumas (<i>precision</i>)			
glaudumas (<i>precision</i>)	patikimumas (<i>reliability</i>)			
pakartojamumas (<i>repeatability</i>)	pakartojamumas (<i>repeatability</i>)			
atkuriamumas (<i>reproducibility</i>)	atkuriamumas (<i>reproducibility</i>)			
-	sutapimas (<i>agreement</i>)			
-	responsyvumas (<i>responsiveness</i>)			
teisingumas (<i>trueness</i>)	tikslumas (<i>accuracy</i>)			

2.4. Matavimų savybių statistinės charakteristikos

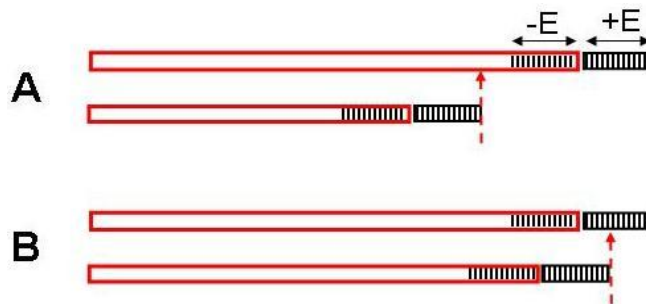
Matavimo savybes išreiškiančių charakteristikų (matų) teorinius aspektus taip pat reikia apžvelgti, nes biomedicininėje literatūroje nėra šių statistinių kategorijų vieningų apibrėžimų ir interpretacijos. Taigi ši teorinė disertacijos dalis reikalinga tinkamam šios disertacijos ir kitų autorių rezultatų vertinimui ir palyginimui. Čia nagrinėjamos tik šiam tyrimui aktualios kiekybinių tolydžiųjų kintamųjų matavimo savybių charakteristikos.

Dabartinėje biomedicininėje matavimų patikimumo literatūroje matoma tendencija skirstyti matavimo patikimumo charakteristikas į absoliučias ir santykinės (Atkinson and Nevill, 1998; Bruton et al., 2000; Weir, 2005; Reese et al., 2010). Pažymėtina, kad santykiniam patikimumui apibrėžti dažnai vartojamas tiesiog patikimumo (angl. *reliability*) terminas, o absoliučiam patikimumui – sutapimo (angl. *agreement*) arba tiesiog matavimo paklaidos terminas (Harvill, 1991; Bartlett and Frost, 2008; De Vet et al., 2006; Kottner et al., 2011). Absoliutus patikimumas (matavimo paklaida) rodo, kaip arti vieni nuo kito yra tų pačių objektų kartotinių matavimų rezultatai, o santykinis patikimumas – kaip gerai matavimo objektai galėtų būti atskirti vienas nuo kito (Weir, 2005; De Vet et al., 2006).

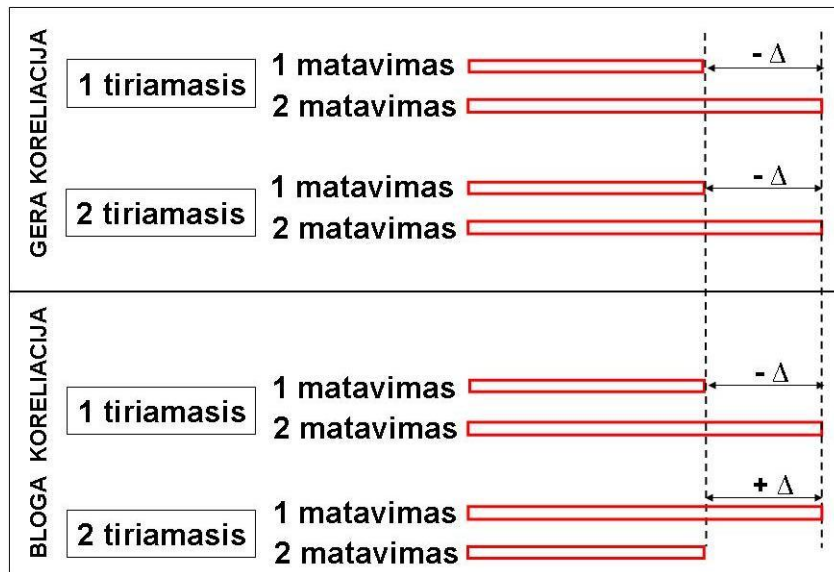
Kodėl reikalinga sudėtinga santykinio patikimumo koncepcija? Kodėl neužtenka vien lengvai suvokiamos matavimo paklaidos? Paaiškinimas atspindėtas 12, 13 ir 14 paveiksluose. Matuojamųjų objektų diferenciacija tuo lengvesnė, kuo mažesnė matavimo paklaida (absoliutus patikimumas) (12 pav.). Kita vertus, kuo didesnis skirtumas tarp matuojamųjų objektų, tuo lengviau juos atskirti vieną nuo kito matuojant su ta pačia matavimo paklaida (13 pav.). Kalbant statistiniais terminais, kuo didesnė matuojamo dydžio dispersija ir kuo mažesnė matavimo paklaida, tuo didesnė tikimybė, kad matuojant skirtingus objektus bus gautas skirtingas rezultatas. Be to, absoliutūs skirtumai tarp kartotinių tų pačių tiriamųjų matavimų neatspindi matavimų koreliacijos (14 pav.). Taigi santykinio patikimumo charakteristika reikalinga matuojamojo dydžio (tiriamųjų) dispersijos ir matavimo paklaidos santykiui apibrėžti bei koreliacijai tarp matavimų atspindėti.



12 paveikslas. Didelės (A) ir mažos (B) atsitiktinės matavimo paklaidos (E) įtaka matavimo rezultatui matuojant tuos pačius objektus (nevisiškai užpildyti stačiakampiai). Esant didelei matavimo paklaidai, yra didelė tikimybė, kad matavimo rezultatai sutaps, t. y. objektai nebus diferencijuoti vienas nuo kito, ir atvirkščiai (vertikalios rodyklės).



13 paveikslas. Didelio (A) ir mažo (B) skirtumo tarp objektų (nevisiškai užpildyti stačiakampiai) įtaka matavimo rezultatams esant tai pačiai matavimo paklaidai (E). Kuo mažesnis skirtumas tarp objektų, tuo sunkiau juos diferencijuoti matuojant, t. y. tuo mažesnė tikimybė, kad matavimo rezultatai skirsis (vertikalios rodyklės).



14 paveikslas. Nors absoliutūs skirtumai tarp matavimų tokie patys abiem 2 tiriamųjų imties 2 kartotinių matavimų atvejais, koreliacija tarp 1 ir 2 matavimo (santykinis patikimumas) akivaizdžiai skiriasi. Tai gali būti susiję tiek su matuotoju, tiek su tiriamojo faktoriumi

Absoliutaus patikimumo charakteristikos svarbesnės gydytojui, tiriančiam pavienius pacientus, nes matavimo paklaidos žinojimas leidžia spręsti, ar įvyko realus klinikinis pokytis. Santykinis patikimumas apibrėžia matavimo instrumento patikimumą tam tikros tiriamųjų populiacijos atžvilgiu (De Vet et al., 2006). Todėl santykinis patikimumas yra reikšmingas palyginant skirtingų tyrimų rezultatus (Eliasziw et al., 1994).

Santykinis patikimumas dažniausiai išreiškiamas tiriamųjų objektų tikrosios dispersijos ir jų stebimos dispersijos santykiu. Kadangi stebima objektų dispersija susideda iš tikrosios objektų dispersijos (σ_t^2) ir matavimo paklaidos dispersijos (σ_e^2) (Harvill, 1991; Bruton et al., 2000; Weir, 2005), tai patikimumą (**R**) galima išreikšti taip:

$$\mathbf{R} = \sigma_t^2 / \sigma_t^2 + \sigma_e^2$$

Nagrinėjant šią formulę 12 ir 13 paveiksluose pavaizduotos priklausomybės aspektu, akivaizdu, kad kuo mažesnė matavimo paklaida ir kuo didesni skirtumai tarp objektų, tuo geresnis patikimumas (artimas vienetui). Santykinų matavimo patikimumo charakteristikų naudojimas susijęs su tuo, kad dėl

didelės matuojamųjų ir matuotojų įvairovės vien absoliutaus patikimumo charakteristikos neužtenka matavimo savybėms atspindėti. Pavyzdžiui, atliekant matavimus su tuo pačiu instrumentu (t. y. su viena ir ta pačia matavimo paklaida), dėl nevienodos dispersijos gali būti gauti skirtingi rezultatai mišraus ir vienodo amžiaus pacientų populiacijoje. Tam, kad būtų galima padaryti tinkamas tokių matavimų palyginimo išvadas, būtina žinoti ne tik absoliutaus, bet ir santykinio patikimumo charakteristikas. Skirtingų matuotojų, matuojančių tą pačią populiaciją, rezultatai taip pat skirsis dėl individualiems matuotojams būdingos matavimo paklaidos skirtumų. Tas pats pasakytina apie instrumentą. Todėl tiek absoliutus, tiek santykinis patikimumas skirstomas į **matuotojo (instrumento) vidinį patikimumą** (angl. *intra-observer, intra-rater reliability*) ir **matuotojų (instrumentų) tarpusavio patikimumą** (angl. *inter-observer, intra-observer reliability*). Vidinis patikimumas rodo to paties matuotojo kartotinių matavimų pastovumą (artumą vienas kito atžvilgiu), o tarpusavio patikimumas atspindi skirtingų matuotojų matavimų tarpusavio pastovumą. Literatūroje pateikiami ir kiti patikimumo potipiai, kurie šiai disertacijai nėra aktualūs.

Santykinis patikimumas dažniausiai išreiškimas Shrouto ir Fleisso (1979) aprašytu **vidiniu klasės koreliacijos koeficientu (ICC, angl. *intraclass correlation coefficient*)**. Eliasziw su kolegomis (1994) pasiūlė naują ICC nustatymo būdą, leidžiantį sinchroniškai (paraleliai) apskaičiuoti matuotojo vidinį ir matuotojų tarpusavio ICC, kai dauginiai matuotojai tiria dauginius tiriamuosius ir atlieka jų kartotinius matavimus. Dėl to smarkiai sumažėja reikalingas statistinis imties dydis. Be to, šiuo metodu paraleliai galima nustatyti ne tik santykinį patikimumą, bet ir absoliutų patikimumą (žr. toliau). Sinchroninio matavimų patikimumo vertinimo pranašumus taip pat yra pabrėžę Hayenas su bendraautorais (2007).

Santykiniam patikimumui išreikšti dažnai naudojamosi ir lengviau interpretuojamu **Pearsono koreliacijos koeficientu**, atspindinčiu koreliaciją tarp klasių. Tačiau dabar pripažįstama, kad pastarasis kriterijus nėra tinkamas

matavimo savybėms išreikšti (Bland and Altman, 1986; Bland and Altman, 1996a; Bland and Altman, 2003).

Absoliutų matavimo patikimumą paprasčiausiai galima atspindėti kartotinių matavimų **standartiniu nuokrypiu**. Ši charakteristika matavimų savybių tyrime vartojama retai. Standartinį nuokrypį reikia atskirai skaičiuoti tiriamųjų biologinei variacijai ir matavimo paklaidai atspindėti (Norkin and White, 2003).

Klasikinis **Studento t-kriterijus** bei **ANOVA** taip pat vartojami kaip absoliutaus matavimo patikimumo išraiška. Šių būdų silpnybė yra ta, kad atspindimas tik skirtumas tarp vidurkių, bet ne tarp individualių matavimų (Bruton et al., 2000).

Kai kurie autoriai absoliučiam matavimo patikimumui atspindėti naudoja **variacijos koeficientą**, reiškiamą matavimų rezultatų standartinės deviacijos ir vidurkio santykiu. Šis matas taip pat turi trūkumų (Bruton et al., 2000).

Visuotinai priimtina absoliutaus matavimo patikimumo charakteristika yra **standartinė matavimo paklaida (SEM, angl. *standard error of measurement*)** (Hopkins, 2000; Weir, 2005; De Vet et al., 2006). Standartinei matavimo paklaidai apskaičiuoti reikia bent dviejų kartotinių matavimų. Šių matavimų skirtumo standartinis nuokrypis (SD_{Δ}), padalintas iš $\sqrt{2}$ (nes 2 matavimų bandymai), ir yra vadinamas standartinė matavimo paklaida. Taigi

$$SEM = SD_{\Delta}/\sqrt{2}$$

(Hopkins, 2000; Weir, 2005; De Vet et al., 2006). Pažymėtina, kad matematiškai yra įrodytas standartinės matavimo paklaidos ir patikimumo koeficiento ryšys, išreiškiamas formule

$$SEM = SD\sqrt{(1-ICC)},$$

kurioje SD yra tiriamųjų populiacijos standartinis nuokrypis (Weir, 2005; De Vet et al., 2006). SEM praktinę reikšmę atspindi formulė

$$T = S \pm 1,96 \times SEM,$$

kurioje T yra tikroji (hipotetinė) matuojamojo dydžio vertė, o S – stebima (išmatuota) vertė (Weir, 2005). Taigi gydytojas, žinodamas SEM, gali daryti išvadą, kaip toli nuo jo gauto (stebimo) matavimo S yra tikroji vertė T.

Visos kitos matavimo savybių charakteristikos yra išvestinės. Vienas svarbesnių išvestinių rodiklių praktiniame darbe yra **minimalus išmatuojamas pokytis (MDC, angl. *minimal detectable change*)**, apskaičiuojamas taip:

$$\text{MDC} = \text{SEM} \times 1,96 \times \sqrt{2}$$

(Bland and Altman, 1996b; De Vet et al., 2006; Weir, 2005).

Kai kurie autoriai MDC vadina minimaliu išmatuojamu skirtumu (angl. *minimal detectable difference*; Portney and Watkins, 2008). MDC svarbus tuo, kad atspindi realų klinikinį pokytį. Jei skirtumas tarp dviejų to paties paciento matavimų yra lygus arba didesnis nei MDC, galima teigti, kad toks rezultatas gautas dėl realus klinikinio pokyčio, o ne dėl matavimo paklaidos. MDC koncepciją iliustruoja 13 paveikslas. Pažymėtina, kad MDC taip pat yra vadinamas pakartojamumu arba pakartojamumo koeficientu (Bland and Altman, 1996b; Bruton et al., 2000; Bartlett and Frost, 2008; Altman and Bland, 2011). Pastarasis pavadinimas ne visai vykęs, nes, matematiniu požiūriu, koeficientas yra santykinis dydis. Tinkamesnis MDC pavadinimas yra **pakartojamumo riba**, kurią ISO apibrėžia kaip vertę, mažesnę ar lygią dviejų tyrimo rezultatų absoliučiam skirtumui, gautam pakartojamumo sąlygomis su 95 % tikimybe (Lietuvos standartas, 2002; Mullins, 2003).

Dar vienas matavimo absoliutaus patikimumo išraiškos būdas yra Blando ir Altmano (1986) pasiūlytas **matavimų sutapimo ribų** (angl. *limits of agreement*) metodas. Dėl paprastos grafinės interpretacijos šis būdas labai paplitęs. Tačiau matavimo sutapimo ribas galima išvesti ir iš SEM (Hopkins, 2000; Streiner and Norman, 2008).

Pažymėtina, kad čia aprašytais patikimumo matais galima išreikšti ir validumą, jei skaičiuojama standarto atžvilgiu (Barnhart et al., 2007).

Apibendrinant teigtina, kad santykiniam matavimo patikimumui išreikšti priimtinausias yra ICC, o absoliučiam patikimumui vartotinas SEM.

2.5. Veiksniai, darantys įtaką sąnarių paslankumo matavimo patikimumui

Hampfrey 1858 metais rašė, kad sąnario judesys ribojamas ne dėl kaulo kraštų kontakto, bet dėl raiščių įsitempimo ir minkštųjų audinių suspaudimo (Cobe, 1928). Todėl yra tikėtina, kad sąnario judesio apimtys nepastovumas buvo žinomas iki goniometrijos pradžios. Apie sąnario paslankumo matavimo paklaidas užsiminta jau ankstyvosiose goniometrinėse publikacijose. Pavyzdžiui, Clarkas (1920) manė, kad dėl didelės sklaidos, susijusios su individualiomis sąnario minkštųjų dalių savybėmis ir mankštos įpročiais, normalias sąnario paslankumo apimtys ribas galima laikyti tik apytikslėmis. Rosenas (1922) teigė, kad dėl fiziologinių arba patologinių skirtumų neįmanoma nustatyti tikros neutralios sąnario padėties. Tačiau goniometrijos patikimumo problemos sudėtingumas išvelgtas tik 1928 metais, kai Cobe'as (1928) išspausdino studiją apie kartotinius 115 sveikų asmenų riešo judesių matavimus. Pastarasis autorius pateikė ne tik duomenis, atspindinčius riešo sąnario judesių apimtys nepastovumą, bet ir pradėjo naujovišką sąnarių matavimo nepatikimumo koncepciją. Cobe'as rekomendavo atlikti kelis matavimus ir vadovautis jų vidurkiu. Be to, jis įvedė 5 laipsnių goniometrinės paklaidos nereikšmingumo sampratą. Hewitt (1928), tame pačiame leidinyje analizuodama sveikų moterų normalius riešo judesius, pavirtino Cobe'o rezultatus. Hewitt atliko kartotinius matavimus su 6 tiriamaisiais ir pastebėjo didelį matavimų aibės plotį bei skirtumus pagal užsiėmimą ir amžių. Cobe'o ir Hewitt tyrimai patvirtino Clarko (1920) spėjimą, kad goniometrijos rezultatai gali svyruoti ne tik dėl matuotojo ar instrumento techninių trūkumų, bet ir dėl veiksmų, susijusių su tiriamuoju.

Pirmoji tikslinė mokslinė goniometrijos patikimumo studija buvo publikuota tik 1949 metais. Šiame Hellebrandt ir jos kolegijų (1949) tyrime dalyvavo vienas patyręs tyrėjas ir 8 kiti matuotojai – fizinės terapijos specialistai. Trisdešimt pacientų su įvairia peties, alkūnės ir riešo sąnario patologija buvo tiriami naudojant universalų goniometrą ir specialų tik matuojamam sąnariui pritaikytą instrumentą. Vidurkių skirtumas buvo

naudojamas kaip patikimumo matas. Autorės nustatė, kad (1) goniometrijos rezultatais galima pasikliauti, jei tyrimus atlieka tas pats matuotojas, (2) patikimumo charakteristikos yra geresnės, jei matuotojas turi didesnę matavimo patirtį, (3) universalus goniometras yra patikimesnis už specialius sąnario matavimo instrumentus, (4) vienus sąnarius ir judesio tipus gali būti sunkiau įvertinti nei kitus, (5) skirtingų matuotojų rezultatai neturėtų būti naudojami pakaitomis. Šios mokslininkės pirmosios ėmėsi nagrinėti atskirų veiksmų įtaką goniometrijos patikimumui ir pradėjo vartoti matuotojo vidinio bei tarpusavio patikimumo terminų prototipus (angl. *intra-individual ir inter-reliability*). Hellebrandt ir bendraautorė (1949) goniometrijos patikimumo studijos rezultatus patvirtina šiuolaikiniai sudėtingesni tyrimai, kuriuose daugiau dėmesio skiria ne goniometrijos patikimumui apskritai, bet konkrečių veiksmų (sąnario patologijos, tiriamojo amžiaus, matuotojo patirties ir kt.) įtakai patikimumui. Vėlesnės apžvalginės goniometrijos patikimumo studijos buvo atliktos tik praeito amžiaus devintajame dešimtmetyje. Stratfordas ir bendraatoriai (1984) išskyrė veiksmus, susijusius su tyrėju, tiriamuoju ir su tyrimo procedūra. Smulkesnę goniometrijos patikimumui įtaką darančių veiksmų klasifikaciją pateikė Gajdosikas ir Bohannonas (1987), nurodę matavimų instrumentinius procedūrinius, matavimų pakartojimo, anatominės srities, judesio pobūdžio (pasyvaus ar aktyvaus) bei matuotojo veiksmus. Toliau goniometrijos patikimumo bendrieji aspektai apžvelgiami pagal pastarųjų dviejų studijų nagrinėtus veiksmus.

2.5.1. Instrumentinių procedūrinių veiksmų įtaka

Klasikiniame goniometrijos apžvalginiame straipsnyje Moore (1949) teigė, kad, jei pats matavimo instrumentas yra patikimas, tai judesių matavimo patikimumas turėtų priklausyti tik nuo procedūros standartizacijos ypatumų. Kaip jau minėta, tame pačiame žurnalo numeryje Helebrand grupė (1949), pademonstravo skirtumą tarp universalus ir specialiųjų sąnario goniometrų. Salter (1955) spėjo, kad goniometrijos klaidos yra susijusios ne tik su paties instrumento vidine paklaida, bet ir su blogu goniometro ir sąnario segmentų

ašių tapatinimu. Hamiltono ir Lachenbruch'o (1969) tyrimo duomenimis, trys skirtingos konstrukcijos goniometrai buvo vienodo patikimumo ir validumo standartizuotuose visų trifalangių pirštų sąnarių keturiuose kartotiniuose matavimuose. Pastarajame tyrime dalyvavo tik vienas sveikas tiriamasis ir 7 tyrėjai. Ashton su kolegomis (1978) nustatė, kad standartizuotos vertinimo procedūros neturi didesnės įtakos matuotojų tarpusavio patikimumui tiriant vaikų, sergančių spastiniu paralyžiumi, klubo sąnarius. Tačiau vėlesni darbai parėmė matavimo procedūros standartizacijos teigiamą įtaką matavimo rezultatų stabilumui. Ekstrandas su bendraautoriais (1982) aprašė standartizuotos matavimo procedūros reikšmę apatinės galūnės sąnarių pasyvaus judesio matavimams. Šie mokslininkai, tirdami 22 sveikų asmenų apatinės galūnės sąnarių judesius, nustatė, kad gravitacinio goniometro matavimai daug patikimesni, jei laikomasi griežtų ir vienodų matavimo technikos taisyklių. Grohmann (1982) atliktame tyrime 40 fizinės terapijos studentų matavo vieno sveiko asmens alkūnės sąnario smailo ir buko kampo statines pozicijas dviem standartizuotais būdais. Autorės atlikta ANOVA neatskleidė reikšmingų skirtumų tarp goniometrijos metodų. Gerą trijų skirtingos konstrukcijos goniometrų tarpusavio patikimumą konstatavo Rothstein ir jos kolegų (1983) studija, kurioje 12 fizinės terapijos specialistų pagal vienodas instrukcijas matavo 24 pacientų alkūnės ir kelio sąnarių pasyvius judesius.

Stratfordas su kolegomis (1984) pabrėžė, kad matavimo patikimumui reikšminga aplinka, kurioje atliekamas tyrimas, ir matavimo instrumento techniniai ypatumai. Per mažas ar per didelis apšvietimas bei triukšmas gali trukdyti atlikti teisingą matavimą. Stratfordas taip pat nurodo, kad paklaida gali būti susijusi su goniometro gradacija, susidėvėjimu ir liniuočių ilgiu, kad goniometrų skalės žymėjimas 1 laipsnio arba 5 laipsnių padalomis veikia tyrimo rezultata (kuo didesnės padalos, tuo geresnis matavimų rezultatų sutapimas apvalinant goniometro rodmenis iki arčiausios padalos) ir kad goniometrai su labai ilgomis liniuotėmis netinka smulkiems sąnariams. Tačiau Riddle'o ir jo kolegų (1987) duomenimis, pasyvių peties sąnario judesių

tyrimas, kuriame dalyvavo 16 matuotojų ir 100 pacientų, sąsajų tarp goniometrijos patikimumo ir goniometro dydžio nenustatyta.

Fisho ir Wingate (1985) alkūnės sąnario matavimų studija patvirtino, kad netinkamas kaulinių orientyrų pasirinkimas ir nepastovi pasyvi tiriamojo sąnarių apkrova daro įtaką goniometrijos patikimumui. Pažymėtina, kad pastarais darbas, kuriame 46 fizinės terapijos studentai tyrė vieną sveiką asmenį, patvirtino Grohmann (1982) studijoje atspindėtą faktą, kad netgi nepatyrę matuotojai gali patikimai vertinti judesius, jei laikomasi procedūros standarto.

Naujausios goniometrijos patikimumo studijos dažniausiai naudoja standartizuotas matavimo procedūras. Dabartinės studijos patvirtina ankstesnių autorių nustatytus instrumentinių procedūrinių veiksnių įtakos patikimumui dėsniumus. Pavyzdžiui, McWhirkas su kolegomis (2006), naudodamas standartizuotą goniometrijos procedūrą vaikų, sergančių cerebriniu paralyžiumi, kojų tyrimui, pademonstravo vienodą patyrusių ir nepatyrusių matuotojų tarpusavio patikimumą. Carterio ir bendraautorių (2009) studijoje, kurioje 2 matuotojai pagal vienodas taisykles vertino lavonų riešo fiksuotas pozicijas, nenustatė skirtumų tarp trijų goniometro tapatinimo būdų. Kwono ir bendraautorių (2009) studijoje vienas matuotojas trimis goniometrijos būdais tyrė deformuotų ir normalių kojos pirštų pamatinių sąnarių kampus. Nors visi būdai buvo pakankamai validūs, metodų tarpusavio atitikimas buvo nepakankamas. Mullaney ir kolegų (2010) tyrime pacientų peties judesių apimtį vertino 2 fizioterapeutai skaitmeniniu ir standartiniu goniometrais. Abu goniometrai buvo patikimi, tačiau jų sutapimas buvo menkas. Priešingą išvadą priėjo Kimas su bendradarbiais (2011), tirdami čiurnos goniometrijos patikimumą. Šie mokslininkai naudojo tris standartizuotus ir vieną nestandartizuotą goniometro tapatinimo būdą. Procedūros standartizacija nepagerino nei vidinio, nei tarpusavio matuotojų patikimumo.

Geriausiai instrumento įtaką patikimumui atspindi studijos, nustačiusios, kad vizualus kampo vertinimas yra mažiau patikimas nei instrumentinis (Youdas et al., 1991; Watkins et al., 1991; Youdas et al., 1993; Brosseau et al.,

2001). Tačiau naujesnės studijos, pasižyminčios griežtesne procedūrine standartizacija, priedavo išvadą, kad patyręs matuotojas gali pakankamai patikimai nustatyti sąnario kampą plika akimi (Somers et al., 1997; Holm et al., 2000; Haight et al., 2005; Smith et al., 2009; Rachkidi et al., 2009; Colaris et al., 2010; Blonna et al., 2012).

2.5.2. Kartotinių matavimų įtaka

Tai, kad keli matavimai iš eilės geriau atspindi sąnario judesį, pastebėjo jau Cobe'as (1928) bei Hewitt (1928). Low (1976) teigė, kad alkūnės fleksijos ir riešo ekstenzijos matavimo patikimumas geresnis, jei gaunamas kelių matavimų vidurkis (Gajdosik and Bohannon, 1987). Pakartotinių judesių įtaką sąnario paslankumo apimčiai taip pat stebėjo Atha ir Wheatley (1976), tirdami lenkimą per klubo sąnarį bei Bohannonas (1984) matuodamas ištiestos kojos kėlimo judesį (Gajdosik and Bohannon, 1987). Teigiamą kartotinių matavimų įtaką patikimumui konstatavo Hyttiäinen su bendraautorais (1991) bei Dijkstra su bendraautorais (1994). Tačiau Boone su kolegomis (1978), tirdami didžiuosius galūnių sąnarius, nenustatė matavimo patikimumo priklausomybės nuo kartotinių matavimų skaičiaus. Matavimų vidurkio skaičiavimo įtakos patikimumui nepastebėjo ir Rothstein su kolegomis (1983) nagrinėdami pasyvius kelio ir alkūnės judesius. Tokie prieštaringi rezultatai galėjo būti gauti dėl tyrimų dizaino skirtumų ir matavimo procedūrų skirtumų.

2.5.3. Sąnario funkcinės anatominės klinikinės specifikos ir kitų tiriamojo ypatybių įtaka

Stratfordas su kolegomis (1984) pateikia pavyzdį, kaip nuo individualių anatominių ypatumų gali priklausyti matavimo paklaida: asmens, kurio poodinis riebalinis sluoksnis didelis, sąnario anatominiai orientyrai sunkiau identifikuojami nei prakaulaus tiriamojo. Stratfordo grupė siūlo atsižvelgti ir į tiriamojo motyvaciją atliekant matuotojo nurodytą judesį. Matuojamo kampo dydis ir matuotojo reakcija į rezultatą gali vienaip ar kitaip paveikti paciento aktyvumą.

Jau Helebrandt ir jos kolegės (1949) pastebėjo prastą riešo lenkimo, vidinės peties rotacijos ir peties atitraukimo matavimo patikimumą. Vėliau Low (1976) manė, kad goniometrijos patikimumas priklauso nuo matuojamo sąnario funkcijos sudėtingumo, nes paprastesnio judesio alkūnės sąnarys buvo matuojamas patikimiau nei sudėtingesnio judesio riešo sąnarys (Gajdosik and Bohannon, 1987). Grohmann (1982) bei Fishas ir Wingate (1985), tirdami alkūnės judesius, nenustatė goniometrijos patikimumo skirtumų tarp alkūnės buko ir smailo kampų pozicijų. Tačiau Riddle'as su bendraautoriais (1987), tirdami pacientus su peties sąnario problemomis, pastebėjo, kad matuotojų tarpusavio patikimumas priklauso nuo judesio apimties. Brosseau ir kolegų (1997) studijoje, kurioje dalyvavo 60 sveikų tiriamųjų ir 2 matuotojai, nustatė, kad patikimesni goniometriniai matavimai gaunami tiriant tuos kelio sąnarius, kurių sulenkimo kampas didesnis. Boone ir bendraautorių (1978) tyrimo rezultatai leido šiems autoriams teigti, kad viršutinės galūnės judesių matavimas yra patikimesnis nei apatinės galūnės. Tą vėliau patvirtino van de Pol grupės (2010) sisteminės apžvalgos studija.

Iš šiame skyriuje apžvelgtų studijų akivaizdu, kad klinikiniai veiksniai taip pat turi įtakos matavimo patikimumui. Piršto proksimalinio tarpfalanginio sąnario potrauminės kontraktūros matavimas turėtų skirtis nuo tokio pat laipsnio kontraktūros dėl alkūninio nervo pažeidimo matavimo, nes pastaruoju atveju būna sutrikusi pirštus judinančių raumenų funkcija. Sąnario patologijos įtaką paslankumo matavimų patikimumui vieni pirmųjų pademonstravo Ashton su bendraautoriais (1978), nustatę, kad cerebraliniais paralyžiais sergančių vaikų klubo sąnario matavimai patikimesni, kai ligos raiška silpnesnė. Pažymėtina šių autorių išvada, kad dėl menko patikimumo goniometrija išvis neturėtų būti naudojama tokiems vaikams tirti. Stratfordas su kolegomis (1984) sąnario patologijos veiksnį sieja su biologine variacija ir kaip pavyzdį pateikia reumatoidiniu artritu sergančio paciento sąnarių paslankumo dienos pokyčius (rytinį stingimą). Toliau, remdamiesi Boone ir kolegų (1978) bei Low (1976) tyrimais, Stratfordas su bendraautoriais daro išvadą, kad matavimo paklaida iš dalies yra susijusi su paties tiriamojo pokyčiais. Tokią tezę patvirtino Fishas ir

Wingate (1985), kurie nustatė didesnę standartinę matavimo nuokrypį sveikame nei imobilizuotame alkūnės sąnaryje. Dar aiškiau sąnario funkcijos sutrikimo specifikos įtaką goniometrijos patikimumui parodė Ten Berge ir jos kolegės (2007), tirdami pacientus ir sveikus asmenis. Pastarųjų 5 metų goniometrijos patikimumo literatūroje matoma besiplečianti tiriamo sąnario ar gretutinių klinikinių problemų įvairovė. Studių dalyviai buvo pacientai, patyrę insultą (de Jong et al., 2012), turintys kojos pirštų plaktuko deformaciją (Kwon et al., 2009), kelio protezus (Lenssen et al., 2007; Austin et al., 2008; Jakobsen et al., 2010), sergantys ankilozuojančiu spondilitu (Maksymowych et al., 2006), klubo sąnario atsitrenkimo sindromu (Nussbaumer et al., 2010), Dupuytrenio kontraktūra (Engstrand et al., 2012; Smith et al., 2009), taip pat vaikai, kuriems lūžęs dilbis (Colaris et al., 2010) ar šlaunikaulis (Owen et al., 2007).

Goniometrijos patikimumą gali veikti kūno pozicija. Sabari ir bendraautorių (1998) tyrime 30 asmenų peties sąnariai buvo matuojami atsigulusių ir sėdinčių. Lenkimo, skirtingai nei atitraukimo, matavimo patikimumas nepriklausė nuo paciento pozicijos. Menadue ir kolegų (2006) tyrimas, kuriame dalyvavo 30 sveikų asmenų ir 3 matuotojai, parodė, kad čiurnos vidinės ir išorinės rotacijos matavimo patikimumui turi įtakos gulima arba sėdima tiriamojo padėtis. Gretimų sąnarių judesys taip pat gali atsilipti patikimumui. Gajdosikas (2001), tirdamas dilbio supinacijos ir pronacijos goniometrinių patikimumą, pastebėjo, kad sugriebto pieštuko išilginės ašies kampai matuojami mažiau patikimai dėl IV ir V delnakaulių mobilumo per riešakaulių delnakaulių sąnarius.

2.5.4. Pasyvaus ir aktyvaus judesio įtaka

Vyrauja nuomonė, kad patikimai yra sunkiau įvertinti pasyvų nei aktyvų judesį. Gajdosikas ir Bohannonas (1987), cituoja pirmąsias studijas (Wagner, 1977; Amis and Miller, 1982; Bird and Stowe, 1982), nurodžiusias pasyvaus judesio vertinimo sunkumus. Pandya ir bendraautorių (1985) atlikta Diušeno raumenų atrofija sergančių pacientų goniometrijos studija parodė, kad sudėtingo pasyvaus judesio matavimas yra mažiau patikimas nei paprasto.

Tačiau Horger (1990), ištyrusi 48 pacientus, nerado reikšmingo patikimumo skirtumo tarp riešo aktyvių ir pasyvių judesių matavimų. Pasyvaus ir aktyvaus judesio matavimo patikimumo skirtumo tarp taip pat nekonstatavo Christensenas ir Nilssonas (1998), tyrę kaklą. Cleffkeno ir bendraautorių (2007a) studijoje sveikų asmenų kelio sąnario pasyvaus judesio matavimams buvo būdinga šiek tiek mažesnė paklaida nei aktyvaus judesio matavimams. Tačiau kitoje studijoje Cleffkenas ir bendraautoriai (2007b), tirdami alkūnę, nustatė didesnę paklaidą matuojant pasyvius judesius. Jakobseno ir bendraautorių (2010) duomenimis, protezuoto kelio sąnario pasyvios ekstenzijos matavimas buvo mažiau patikimas nei aktyvios. Cadogan ir bendraautoriai (2011) konstatavo didesnę peties aktyvių nei pasyvių judesių matavimo patikimumą. Pasyvaus judesio matavimo menką patikimumą patvirtina ir van Trijffelio grupės (2010) apatinės galūnės goniometrijos apžvalginė studija.

2.5.5. Matuotojo veiksnio įtaka

Matuotojų vidiniai ir tarpusavio veiksniai yra beveik visų šiuolaikinių goniometrijos patikimumo studijų dėmesio centre. Pirmieji matuotojo įtaką judesio matavimo patikimumui pastebėjo Hellebrandt ir bendraautorės (1949). Nors šios mokslininkės vidinio ir tarpusavio patikimumo skirtumus išreiškė gana abstrakčiai, paskesni tyrinėtojai vadovavosi šia gaire. Stratfordas ir bendraautoriai (1984) nurodo, kad matuotojo veiksnio įtaka gali būti susijusi su goniometro skalės skaitymo klaidomis, neteisinga užrašymo interpretacija bei matuojančio gydytojo klinikinių pokyčių lūkesčiais. Hamiltono ir Lachenbruchio (1969) studija yra dažniausiai minima kaip pirmasis tyrimas, pademonstravęs geresnę vidinį nei tarpusavio matuotojų patikimumą. Dauguma vėlesnių studijų taip pat nustatė, kad matuotojo vidinis patikimumas yra geresnis nei matuotojų tarpusavio patikimumas. Tačiau Millerio (1985) cituojamose pirmosiose matuotojo veiksnio įtaką tyrusiose studijose buvo gauti priešingi rezultatai. Pavyzdžiui, viename pirmųjų galvos judesių tyrime

(Defibaugh, 1964) buvo nustatytas didesnis matuotojo vidinis nei matuotojų tarpusavio patikimumas (Miller, 1985). Šį paradoksą Milleris aiškina didesniu laiko tarpu tarp to paties matuotojo (1–7 dienos) nei tarp skirtingų matuotojų atitinkamų matavimų (mažiau nei 2 val.). Be to, toks rezultatas galėjo būti gautas ir dėl matavimo duomenų apdorojimo būdo: buvo naudojamas dviejų arba trijų matavimų vidurkis, jei skirtumas tarp reikšmių būdavo 5 ir mažiau laipsnių. Gajdosiko ir Bohannon (1987) apžvalgoje minimos pirmosios studijos aprašiusios geresnį vidinį nei tarpusavio matuotojų patikimumą alkūnės (Low, 1976), klubo sąnario (Ellis and Stowe, 1982), kelio ir alkūnės sąnario (Smith and Walker, 1983) bei viršutinės ir apatinės galūnės sąnarių (Boone et al., 1985) paslankumo tyrimuose. Panašius rezultatus gavo ir dauguma naujausių studijų autorių (Cleffken et al., 2007a; Piriya-prasarth et al., 2008; Carter et al., 2009; Edgar et al., 2009; Muir et al., 2010; Jakobsen et al., 2010; Naylor et al., 2011). Tačiau kai kurie mokslininkai neaptiko skirtumų tarp vidinio ir tarpusavio matuotojų patikimumo (Grohmann, 1982; Rothstein et al., 1983; Mayerson and Milano, 1984; Brosseau et al., 2001; Mutlu et al., 2007).

2.6. Bendrieji sąnarių paslankumo matavimo validumo aspektai

Goniometrijoje matavimo validumas dažniausiai suvokiamas kiekybine prasme, kaip matavimo rezultato nuokrypis nuo tikrosios vertės, t. y. kaip kriterijaus validumas. Kadangi validumo ir patikimumo sąvokos glaudžiai susijusios (validus tyrimas yra ir patikimas), validumo tyrimo rezultatams daro įtaką pirmiau aptarti patikimumo veiksniai. Be to, validumo tyrimo rezultatams svarbus ir tikrosios vertės pasirinkimas. Akivaizdu, kad sąnario judesio tikrosios apimties neįmanoma nustatyti. Kadangi tikroji sąnario pozicija nežinoma, galima naudoti hipotetinę tikrąją vertę – tikrosios vertės sutartinį pakaitalą arba vadinamąjį aukso standartą. Tiriant validumą, sąnario segmentų tikrąją padėtį dažniausiai laikoma rentgenologiškai nustatyta padėtis (Gajdosik and Bohannon, 1987). Kai kurie autoriai aukso standartu laikė

kampus, nustatytus fotografijoje (Gajdosik and Bohannon, 1987; Clarkson, 2005), arba patyrusio tyrėjo nustatytus sąnario kampus (Helebrandt et al., 1949). Goniometrijos instrumentų palyginamosiose studijose (t. y. instrumentų konkurencinio validumo arba instrumentų tarpusavio patikimumo tyrimuose) standartu dažniausiai laikomi įprastu goniometru nustatyti kampai.

2.7. Ankstesni rankos pirštų sąnarių paslankumo matavimo patikimumo tyrimai

Nors sistemingas klinikinės goniometrijos patikimumo duomenų publikavimas prasidėjo praeito amžiaus penktajame dešimtmetyje (Hellebrandt et al., 1949), pirmasis rankos pirštų goniometrijos patikimumo tyrimas aprašytas tik 1969 metais (Hamilton and Lachenbruch, 1969). Paskui buvo ilgoka pertrauka iki 1993 metų. Nuo tada pirštų goniometrijos patikimumo tyrimai būdavo publikuojami beveik kasmet. Iš viso pavyko rasti 29 studijas, atspindinčias trifalangių pirštų judesių matavimo patikimumo aspektus (Hamilton and Lachenbruch, 1969; Breger-Lee et al., 1993; Dijkstra et al., 1994; Weiss et al., 1994; Flowers and LaStayo, 1994; Chiu, 1995; Ellis et al., 1997; Goldsmith and Juzl, 1998; Chiu et al., 1998; Bruton et al., 1999; Williams et al., 2000; Brown et al., 2000; Catalano et al., 2001; Groth et al., 2001; Lefevre-Colau et al., 2001; Macdermid et al., 2001; Georgeu et al., 2002; Ellis and Bruton, 2002; Rose et al., 2002; Burr et al., 2003; Glasgow et al., 2004; Pratt et al., 2004; Stam et al., 2006; Cook et al., 2007; Kato et al., 2007; Smith et al., 2009; Lewis et al., 2010; Torok et al., 2010; Engstrand et al., 2012). Tačiau tik 19 iš jų pateikė kokius nors standartinės goniometrijos patikimumo duomenis (Hamilton and Lachenbruch, 1969; Breger-Lee et al., 1993; Dijkstra et al., 1994; Weiss et al., 1994; Flowers and LaStayo, 1994; Ellis et al., 1997; Goldsmith and Juzl, 1998; Bruton et al., 1999; Brown et al., 2000; Catalano et al., 2001; Groth et al., 2001; Lefevre-Colau et al., 2001; Ellis and Bruton, 2002; Burr et al., 2003; Glasgow; Pratt et al., 2004; Stam et al., 2006; Kato et al., 2007; Lewis et al., 2010; Engstrand et al., 2012) (8 lent.). Likusios 10 studijų vertino tik nestandartinių matavimo metodų patikimumą

arba palygindavo tokius metodus su įprastine goniometrija, atskirai nevertindamos goniometrijos patikimumo (Chiu, 1995; Chiu et al., 1998; Williams et al., 2000; Macdermid et al., 2001; Georgeu et al., 2002; Rose et al., 2002; Glasgow et al., 2004; Cook et al., 2007; Smith et al., 2009; Torok et al., 2010).

Palyginti šių studijų rezultatus yra labai sunku, nes kiekviena nagrinėjo atskirus goniometrijos aspektus. Pavyzdžiui, būdavo palyginami matavimo instrumentai, matuotojų patikimumas, tam tikro judesio atlikimo būdo matavimo patikimumas ir panašiai. Be to, būdavo naudojamos skirtingos patikimumo charakteristikos, skirtingos tiriamųjų populiacijos ir skirtinga goniometrų skalės gradacija. Gydytojui praktikai svarbi standartinė matavimo paklaida arba atitinkama charakteristika, leidžiantis išvesti SEM, pateikta tik keliose pirštų goniometrijos studijose (Dijkstra et al., 1994; Stam et al., 2006; Lewis et al., 2010; Engstrand et al., 2012). Daugumai pirštų judesių matavimo patikimumo studijų yra būdingos ribotos tiriamųjų imtys. Dažniausiai cituojamos studijos tyrė tik vieną asmenį (Hamilton and Lachenbruch, 1969; Ellis et al., 1997; Bruton et al., 1999; Groth et al., 2001; Ellis and Bruton, 2002; Burr et al., 2003; Pratt et al., 2004; Rose et al., 2002). Tik 8 studijose dalyvavo daugiau nei 20 tiriamųjų (Dijkstra et al., 1994; Brown et al., 2000; Lefevre-Colau et al., 2001; Torok et al., 2010; Smith et al., 2009; Glasgow et al., 2004; Macdermid et al., 2001; Chiu et al., 1998).

Didesnė pirštų goniometrijos studijų dalis tyrė nesutrikusios funkcijos plaštakas (Hamilton and Lachenbruch, 1969; Breger-Lee et al., 1993; Dijkstra et al., 1994; Weiss et al., 1994; Ellis et al., 1997; Chiu et al., 1998; Bruton et al., 1999; Williams et al., 2000; Ellis and Bruton, 2002; Rose et al., 2002; Burr et al., 2003; Stam et al., 2006; Cook et al., 2007; Kato et al., 2007; Lewis et al., 2010). Sutrikusio judesio imitacijai buvo išgaunamos statinės pirštų pozicijos pasitelkiant įvairias priemones. Hamiltonas ir Lachenbruchas (1969) naudojo iš rentgeno filmų medžiagos pagamintą delno ir pirštų įtvarą. Stamo ir jo kolegų (2006) tiriamieji sugriebdavo skirtingo diametro cilindrus. Taip pat buvo naudojami termoplasto įtvarai (Weiss et al., 1994; Ellis and Bruton, 2002;

Bruton et al., 1999; Ellis et al., 1997; Burr et al., 2003) bei atramos delnui (Williams et al., 2000; Cook et al., 2007). Kato su bendradarbiais (2007) vielomis fiksavo lavonų pirštų sąnarius. Viename tyrime vizualiojo vertinimo patikimumui nustatyti buvo naudojama plaštakos atlieja (Rose et al., 2002). Tik keturios studijos tyrė natūralius pirštų judesius (Dijkstra et al., 1994; Chiu, 1995; Chiu et al., 1998; Lewis et al., 2010).

Pirštų judesio matavimo patikimumo tyrimai, susiję su specifine patologija, aprašyti tik keturiose studijose. Lefevre-Colau su kolegomis (2001) nagrinėjo elektrogoniometro ir standartinio universalaus goniometro patikimumą tiriant reumatoidiniu artritu sergančius pacientus. Torok su bendraautoriais (2010) tyrė piršto lenkimo deficito nustatymo patikimumą 39 pacientų, sergančių sisteminė skleroze. Smith'as ir kolegos (2009) analizavo tiesioginio vizualiojo vertinimo ir skaitmeninio vaizdo vertinimo patikimumą 60 pacientų, sergančių Dupuytren'o kontraktūra, ir 6 matuotojų imtyje. Dupuytren'o kontraktūros matavimo universaliu pirštų goniometru patikimumą analizavo ir Engstrand su kolegomis (2012) tirdami 13 pacientų. Visų pastarųjų tyrėjų išvadose buvo teigiama, kad jų tirti nestandartiniai matavimo būdai yra kliniškai pakankamai patikimi.

Specifinė rankos pirštų goniometrijos ypatybė yra ta, kad riešo ir plaštakos segmentai sudaro vientisą funkcinę anatominę daugiasąnarinę grandinę. Bet kurio šios grandinės sąnario padėtis atsiliepia gretimo sąnario judesio galimybėms, nes pirštus judinančios sausgyslės driekiasi per visus sąnarius. Pavyzdžiui, pirštus sunkiau lenkti, kai riešas sulenktas, nes įsitempia tiesėjų ir atsipalaiduoja lenkėjų sausgyslės. Hamiltono ir Lachenbruch'o (1969) teigimu, plaštakos sąnarių tyrimą sunkina tai, kad mažoje erdvėje yra daug sąnarių. Be to, šie autoriai nurodė ir kitus veiksnius, lemiančius pirštų goniometrijos patikimumą: matuojamų segmentų trumpumą, judesių sudėtingumą ir sunkumus kontroliuojant sąnarius veikiančias jėgas.

Visose pirštų goniometrijos patikimumo studijose buvo siekiama analizuoti vieno ar kito veiksnio įtaką matavimo patikimumui. Dažniausiai buvo analizuojama matuotojo įtaka to paties goniometrijos metodo atžvilgiu.

Matuotojų vidinio ir tarpusavio patikimumo aspektus gvildenusios standartinės goniometrijos studijos atspindėtos 8 lentelėje. Visi rankos pirštų sąnarių paslankumo matavimo tyrimai rodo didesnę matuotojų vidinį nei tarpusavio patikimumą.

Dauguma tyrėjų, analizavusių įvairių pirštų sąnarių paslankumo matavimo įtaisų įtaką patikimumui, nenustatė didelių skirtumų tarp nagrinėtų instrumentų (Hamilton ir Lachnebruch, 1969; Chiu et al., 1998; Lefevre-Colau et al., 2001; Williams et al., 2000; Brown et al., 2000; Groth et al., 2001) arba konstatavo naujų instrumentų geresnį patikimumą (Weiss et al., 1994; Stam et al., 2006; Cook et al., 2007). Tačiau Burr ir jos kolegos (2003) nerekomendavo skirtingų pirštų goniometrų naudoti pakaitomis, o Kato ir bendraautorai (2007) pastebėjo, kad skirtingų modifikacijų goniometrų patikimumas priklauso nuo matuotojo.

Hamiltonas ir Lachenbruchas (1969) bei Groth su kolegomis (2001) priėjo išvadą, kad goniometro tapatinimo būdas, jeigu jis standartizuotas, neturi didesnės įtakos rankos pirštų judesių matavimo patikimumui. Tačiau Kato grupės (2007) darbas su lavonų plaštakų pirštais parodė, kad tapatinimo būdas reikšmingas, jei goniometro liniuotės labai ilgos. Šių bendraautorių nuomone, lateralinis tapatinimas turėtų būti pranašesnis edemos ir deformacijos atveju (Kato et al., 2007).

Pirštų goniometrijos būdai ir instrumentai buvo gretinami 22 palyginamosiose studijose (Hamilton and Lachenbruch, 1969; Breger-Lee et al., 1993; Weiss et al., 1994; Chiu, 1995; Ellis et al., 1997; Chiu et al., 1998; Bruton et al., 1999; Williams et al., 2000; Brown et al., 2000; Catalano et al., 2001; Groth et al., 2001; Lefevre-Colau et al., 2001; Macdermid et al., 2001; Georgeu et al., 2002; Ellis and Bruton, 2002; Rose et al., 2002; Burr et al., 2003; Stam et al., 2006; Cook et al., 2007; Kato et al., 2007; Smith et al., 2009; Torok et al., 2010). Pažymėtina, kad metodų tarpusavio palyginimui dažnai buvo naudojamas Pearsono koreliacijos koeficientas (Breger-Lee et al., 1993; Weiss et al., 1994; Chiu, 1995; Ellis et al., 1997; Williams et al., 2000; Macdermid et al., 2001; Georgeu et al., 2002; Smith et al., 2009), kuris

patikimumo analizei laikomas nepriimtinu (Bland and Altman, 1986; Bland and Altman, 1996 (A); Bland and Altman, 2003). Nemažai studijų apskaičiuodavo tik vidines metodų patikimumo charakteristikas, o tada sugretindavo gautas charakteristikų reikšmes, t. y. metodai buvo palyginami netiesiogiai (Hamilton and Lachenbruch, 1969; Ellis et al., 1997; Bruton et al., 1999; Catalano et al., 2001; Lefevre-Colau et al., 2001; Ellis and Bruton, 2002; Rose et al., 2002; Stam et al., 2006). Tiesioginį metodų palyginimą atliko pirštų judesių matavimo patikimumo 13 studijų (Breger-Lee et al., 1993; Weiss et al., 1994; Chiu, 1995; Chiu et al., 1998; Williams et al., 2000; Brown et al., 2000; Groth et al., 2001; Macdermid et al., 2001; Georgeu et al., 2002; Burr et al., 2003; Cook et al., 2007; Kato et al., 2007; Smith et al., 2009; Torok et al., 2010). Tačiau tik 5 studijos (Breger-Lee et al., 1993; Chiu et al., 1998; Williams et al., 2000; Cook et al., 2007; Kato et al., 2007) naudojo analizę, atitinkančią šiuolaikinius metodų tarpusavio patikimumo vertinimo būdus. Breger-Lee su kolegomis (1993) instrumentų tarpusavio santykinį patikimumą vertino vidiniu klasės koreliacijos koeficientu, o kitos 4 studijos (Chiu et al., 1998; Williams et al., 2000; Cook et al., 2007; Kato et al., 2007) vertino goniometrijos metodų sutapimą Blando ir Altmano (1986) būdu. Groth ir bendraautoriai (2001) naudojo Studento t-kriterijumi, kurio vertė matavimo metodų palyginamosiose studijose kritikuojama. Brown kolektyvas (2000) apskaičiavo tik vidutinius skirtumus tarp matavimų ir naudojo dvifaktoringę (instrumento ir matuotojo faktorių) ANOVA. Burr ir kolegų (2003) bei Torok grupės (2010) studijose pasitelktas Spearmano koeficientas, o Chiu su bendradarbiais (1998) naudojo Wilcoxon testu. Ellis ir Bruton (2002) studijoje skirtumų vidurkiai tarp matavimų neatspindėti, tačiau naudotasi Fischerio F kriterijumi dispersijų palyginimui.

8 lentelė. Studijos, nagrinėjusios standartinės pirštų sąnarių goniometrijos matuotojų patikimumo aspektus

[8 lentelės turinys pateiktas autoriaus straipsnyje “Reliability of the standard goniometry and diagrammatic recording of finger joint angles: a comparison study with healthy subjects and non-professional raters BMC Musculoskeletal Disord. 2013, 14: 17. „, Prieiga per internetą:<http://www.biomedcentral.com/1471-2474/14/17> (Additional file 9)]

[8 lentelės turinys pateiktas autoriaus straipsnyje “Reliability of the standard goniometry and diagrammatic recording of finger joint angles: a comparison study with healthy subjects and non-professional raters BMC Musculoskeletal Disord. 2013, 14: 17. „ Prieiga per internetą:<http://www.biomedcentral.com/1471-2474/14/17> (Additional file 9)]

[8 lentelės turinys pateiktas autoriaus straipsnyje “Reliability of the standard goniometry and diagrammatic recording of finger joint angles: a comparison study with healthy subjects and non-professional raters BMC Musculoskeletal Disord. 2013, 14: 17. „ Prieiga per internetą:<http://www.biomedcentral.com/1471-2474/14/17> (Additional file 9)]

[8 lentelės turinys pateiktas autoriaus straipsnyje “Reliability of the standard goniometry and diagrammatic recording of finger joint angles: a comparison study with healthy subjects and non-professional raters BMC Musculoskeletal Disord. 2013, 14: 17. „ Prieiga per internetą:<http://www.biomedcentral.com/1471-2474/14/17> (Additional file 9)]

[8 lentelės turinys pateiktas autoriaus straipsnyje “Reliability of the standard goniometry and diagrammatic recording of finger joint angles: a comparison study with healthy subjects and non-professional raters BMC Musculoskeletal Disord. 2013, 14: 17. „ Prieiga per internetą:<http://www.biomedcentral.com/1471-2474/14/17> (Additional file 9)]

Keturi tyrėjų kolektyvai nustatinėjo pirštų paslankumo matavimo validumą. Aukso standartu buvo laikomi pirštų sąnarių kampai, išmatuoti rentgenogramose (Hamilton and Lachenbruch, 1969; Groth et al., 2001; Kato et al., 2007) bei elektrogoniometru rasti plaštakos atliejos kampai (Rose et al., 2002).

Piršto judesio vaizdo vertinimo būdus tyrė kelios studijos (Hamilton and Lachenbruch, 1969; Chiu, 1995; Ellis et al., 1997; Chiu et al., 1998; Catalano et al., 2001; Groth et al., 2001; Georgeu et al., 2002; Cook et al., 2007; Kato et al., 2007; Smith et al., 2009). Hamiltono ir Lachenbrucho (1969), Groth ir kolegų (2001) bei Kato ir kolegų (2007) darbuose buvo matuojami rentgenologiniai pirštų sąnarių vaizdai, siekiant nustatyti standartinius („aukso“) kampus, reikalingus goniometrijos validumui tirti. Hamiltonas ir Lachenbruchas (1969) tyrė rentgenogramas, atliktas prieš ir po tiriamojo pirštų mankštos. Didžiausias skirtumas tarp vieną kartą išmatuotų piršto sąnarių kampų vaizdų buvo 9 laipsniai. Groth ir bendraautorių tyrime (2001) 4 matuotojai po 4 kartus matavo rentgenologinių pirštų sąnarių vaizdų kampus. Didžiausias skirtumas tarp jų matavimų buvo 4 laipsniai. Kato su kolegomis (2007) nenurodo, ar jų rentgenologiniai matavimai buvo kartotiniai.

Dviejų studijų tyrėjai (Georgeu et al., 2002; Smith et al., 2009) kompiuteriniu būdu matavo piršto skaitmeninių fotografijų vaizdus. Abiejų studijų autoriai, remdamiesi vien tik Pearsono koeficientais, priėjo išvadą, kad jų tirti metodai gerai atitinka goniometriją. Chiu su kolegomis (1998) bei Cooko grupė (2007) naudojo specialius žymeklius, prilipintus prie pirštų nugarinio paviršiaus, ir videosistemas, užrašančias pirštų padėčių vaizdus. Pastarieji buvo analizuojami specialia programa ir palyginami su standartinės goniometrijos rezultatais. Chiu su kolegomis (1998) priėjo išvadą, kad videoanalizės patikimumas atitinka goniometrijos patikimumą. Šių autorių nustatytas maksimalus vidutinis skirtumas tarp abiejų metodų matavimų buvo 17° MCP sąnariui, 6° PIP sąnariui ir 10° DIP sąnariui. Tačiau Cookas su bendraautoriais (2007), remdamiesi ankstesniais videosistemos linijinių matavimų tikslumo tyrimais, manė, kad goniometrija mažiau patikima nei

videoanalizės sistema. Pastarųjų tyrėjų matavimų standartiniai nuokrypiai buvo panašūs, o vidutinis matavimų skirtumas tarp metodų buvo $-1,8^\circ$ ir $3,5^\circ$ atitinkamai MCP bei PIP sąnariui. Chiu (1995) analizavo piršto galiuko brėžiamos linijos ribojamą plotą ir nustatė gerą koreliaciją tarp naujuoju metodu ir goniometrijos būdu apskaičiuoto TAM (Pearsono $r = 0,764$). Autoriaus nuomone, šis gana sudėtingas metodas galėtų papildyti standartinę goniometriją. Sudėtingas ir Catalano grupės (2001) pasiūlytas būdas, kuriuo linijiniai piršto lenkimo deficito matavimai transformuojami į plotą, ribojamą atitinkama Gauso kreivės dalimi. Nors autoriai nustatė, kad jų metodo patikimumas yra geresnis nei goniometrijos, analizės sudėtingumas riboja šio metodo praktinį naudojimą.

Vienintelę studiją, susijusią su piršto brėžinių patikimumo tyrimu, atliko Ellis su kolegomis (1997). Šie autoriai palygino piršto goniometrijos ir lanksčios vielos būdo patikimumą. Gauti sąnarių siluetų kampai buvo matuojami kampamačiu. Tyrėjai palygino atitinkamas matavimų sklaidas ir MDC. Vielos metodo pakartojamumas (nuo $9,5^\circ$ iki $13,2^\circ$) buvo akivaizdžiai mažesnis nei goniometrijos pakartojamumas (nuo $3,8^\circ$ iki $9,9^\circ$). DIP sąnario matavimų patikimumo charakteristika buvo prastesnė nei kitų sąnarių, o matuotojų patirtis neturėjo įtakos vidiniam ir tarpusavio patikimumui. Ellis su kolegomis (1997) priėjo išvadą, kad pasitelkiant vielą nubrėžti kontūrai turėtų būti naudojami tik sąnario paslankumo pokyčio tendencijai įvertinti.

3. TYRIMO MEDŽIAGA IR METODAI

Šiam tyrimui Vilniaus regioninis biomedicininis tyrimų komitetas išdavė leidimą (pritarimą leidimo papildymui) Nr. 158200-02-147-056LP10 (2010-02-03) bei leidimus tyrimo protokolo papildymui Nr. 158200-147-PP1 (2011-02-08) ir Nr. 158200-147-PP2-8 (2011-04-05).

Tyrimo pagrindą sudarė neklinikinė ir klinikinė studija. Studijų struktūra, pagrindiniai tirti veiksniai ir imčių komponentai pateikiami 9 lentelėje. Prieš

9 lentelė. Tirtų faktorių ir imčių komponentų apžvalga

Tirti faktoriai	Tyrimas				
	Bandomasis	Neklinikinis		Klinikinis	
		A (x 2)*	B (x 2)*	Savityra	Profesionalus matavimas
Matuotojai†	22 gyd.	10 stud.	2 stud.	1 pcn. (x 61) *	1 gyd.
Tiriamieji‡	1 svk.	12 svk.	12 svk.	1 pcn. (x 61) *	61 pcn.
Tirta galūnių†	2	1	1	1	1
Tirta pirštų†	1	1	1	1	1
Tirta sąnarių†	3	3	1§	3	3
Tirta sąnario pozicijų†	2**	2**	2**	1††	1††
Naudota skirtingų standartinių kampų (kampainių)	6	33	14	n/n	n/n
Matavimo instrumentai†	2 (PGn, SGn)	2 (PGn, SGn)	2 (PGn, SGn)	1 (PGn)	2 (PGn, SGn)
Matavimo bandymai†	3	2	2	1	1 arba 3‡‡

(x2) = studijos dalies dubliavimas; gyd.= gydytojas; stud. = studentas; pcn.= pacientas; svk.= sveikas asmuo; PGn = popieriaus juostos; SGn = standartinis piršto goniometras; n/n = nenaudota;

*= pakartota kartų su kitais dalyviais; † = vienam (kiekvienam) tiriamajam; ‡ = vienam matuotojui; § = PIP sąnarys; ** = statinės pozicijos ekstenzijos ir fleksijos imitacijai; †† = aktyvi ekstenzija; ‡‡ = 49 pacientams

pradedant tyrimą, buvo atlikta bandomoji studija, kurioje to paties asmens abiejų rankų IV piršto visų sąnarių kampus abiem metodais matavo 17 įvairių specialybių gydytojų. Ši studijos dalis buvo reikalinga tam, kad būtų galima atmesti galimas technines pagrindinės studijos problemas.

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 psl. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 psl. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 psl. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 psl. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 psl. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 psl. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 psl. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 psl. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 psl. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 psl. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 psl. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

[Tyrimo medžiaga, metodai bei rezultatai aprašyti autoriaus publikacijose, išvardintose 124 pls. Prieigai per internetą spauskite nuorodas.]

4. REZULTATŲ APITARIMAS

4.1. Neklinikinio tyrimo rezultatų aptarimas

Neklinikinėje darbo dalyje standartinio piršto goniometro ir popieriaus juostų goniometro patikimumas buvo tiriamas naudojant blokuotų duomenų modelį. Žymi naujovė, lyginant su kitomis studijomis, yra tai, kad šis tyrimas buvo sudarytas iš dviejų procedūriniu požiūriu vienodų etapų. Tai tapo įmanoma pasitelkus neprofesionalius, tačiau medicininio išsilavinimo pagrindus turinčius, asmenis pakaitiniam matuotojų ir tiriamųjų funkcijos atlikimui. Abu studijos etapus sudarė dvi dalys. Didesnės apimties dalyje goniometrai buvo palyginami, vertinant paralelius tiriamojo piršto sąnarių fiksuotų pozicijų matavimus, o kitoje dalyje instrumentai buvo gretinami simuliuotoje tyrimo situacijoje, kai sąnario kampas kinta laike.

Kviestinių matuotojų tyrimas rodo, kad studijos rezultatai nepriklausė nuo kampo brėžinių konvertavimo į skaitmenines reikšmes, nes kompiuterizuoto kampų matavimo paklaidos neviršijo 1 laipsnio.

Panašūs abiejų metodų vidinio ir tarpusavio patikimumo charakteristikų dydžiai rodo, kad sveikų asmenų tyrimui standartinį ir popieriaus juostų goniometrą galima naudoti pakaitomis be nuostolių matavimo patikimumui. Goniometro faktoriaus reikšmingumas, atskleistas per kai kurias dviejų faktorių ANOVA, turėtų būti asocijuojamas su goniometro ir matuotojo sąveikos reikšmingumu, rodančiu, kad instrumento patikimumas priklauso nuo to, kuris individualus matuotojas atliko matavimus. Šios sąveikos reikšmingumas gali būti aiškinamas santykinai nevienodu vadinamuoju mokymosi efektu. Mokymosi efektas galėjo atsirasti dėl nevienodo individualaus pasirengimo prieš tyrimą, nes atliekant patį tyrimą daugiau išmoko tie dalyviai, kurie skyrė mažiau laiko pasirengimui namuose, nei tie, kurie tam ruošėsi labiau.

Tirtų instrumentų pakaitinio naudojimo galimybę remia ir statistinės hipotezės tikrinimo rezultatai, nes dauguma 95 % 1-s L-L CI viršijo ribinį 0,75 dydį. Pažymėtina, kad nulinės hipotezės patvirtinimo atvejais ICC 95 % 1-s L-

L CI buvo aukštesni arba artimi 0,7. Neprofesionaliems matuotojams toks ICC dydis turėtų būti laikomas pakankamu. Be to, standartinės ir popieriaus juostų goniometrijos patikimumo charakteristikų skirtumai nebuvo pakankamai dideli, kad būtų galima teigti tradicinio metodo pranašumą.

Goniometrų patikimas pakeičiamumas taip pat matomas iš $\leq 5^\circ$ matavimų skirtumų proporcijų analizės binominiu kriterijumi. Pažymėtina, kad ši analizė patvirtina parametrinės analizės rezultatus, rodančius, kad matavimų patikimumas priklausė nuo matuojamo sąnario ir nuo matuotojo. Tai, kad tik maža matuotojų dalis sugebėjo atlikti visus kartotinius matavimus abiem goniometrais be žymaus didesnių nei 5° klaidų skaičiaus, taip pat aiškintina matuotojų neprofesionalumu ir nevienodu pasirengimu.

Goniometrų lygiavertiškumą toliau pagrindė tyrimo dalių I-B ir II-B rezultatai, rodantys, kad, tiriant piršto sąnario judesio apimties pokyčius per tam tikrą laiką, abiem instrumentais atlikti matavimai gali būti interpretuojami panašiai.

Neklinikinio tyrimo rezultatų palyginimas su kitų tyrėjų darbais yra gana sudėtingas, nes skiriasi statistiniai ir techniniai ankstesnių pirštų goniometrijos patikimumo tyrimų aspektai. Kitų autorių nustatyti piršto sąnario kampų matuotojų vidiniai ir tarpusavio ICC svyruoja nuo 0,24 iki 0,99 (Breger-Lee et al., 1993; Flowers and LaStayo, 1994; Brown et al., 2000; Groth et al., 2001; Catalano et al., 2001; Lefevre-Colau et al., 2001; Stam et al., 2006; Lewis et al., 2010; Engstrand et al., 2012) (8 lent.). Neklinikinis tyrimas patvirtina kitų autorių stebėjimus, kad matuotojo vidinis patikimumas yra geresnis nei matuotojų tarpusavio patikimumas (Hamilton and Lachenbruch, 1969; Breger-Lee et al., 1993; Ellis et al., 1997; Ellis and Bruton, 2002; Burr et al., 2003; Pratt et al., 2004; Lewis et al., 2010). Dauguma SEM reikšmių, gautų neklinikiniam tyrimui, yra panašios į kitų autorių pateiktas SEM ar jų atitikmenis. Tačiau jei SEM viršija $1,8^\circ$, tai reiškia, kad pakartojamumas yra didesnis nei kliniškai priimtina 5° riba (žr. įvadą). Penkių laipsnių pakartojamumo riba yra diskutuotina, nes daugelis autorių yra nustatę didesnes nei 5° pakartojamumo reikšmes, kai matavimus atliko profesionalūs matuotojai

(Ellis et al., 1997; Goldsmith and Juzl, 1998; Bruton et al., 1999; Groth et al., 2001; Ellis and Bruton, 2002; Burr et al., 2003). Lyginant šioje tyrimo dalyje gautus patikimumo charakteristikų dydžius su kitų autorių duomenimis, svarbu pabrėžti, kad čia dalyvavo neprofesionalūs matuotojai, kurių pasirengimas minimalus.

Neklinikiniame tyrime, panašiai kaip ir kitų autorių darbuose, konstatuotas mažesnis DIP sąnario matavimų patikimumas (Ellis et al., 1997; Burr et al., 2003; Pratt et al., 2004; Lewis et al., 2010; Engstrand et al., 2012). Šis reiškinys gali būti susijęs su sunkesne santykinai silpnesnio galinio piršto segmento stabilizacija bei trumpesniais sąnario segmentų ilgiais, reikalingais goniometro liniuotėms tapatinti.

Pažymėtini keli neklinikinio tyrimo trūkumai. Nors imties dydis buvo pakankamas matuotojų (taigi ir goniometru) vidiniam ir tarpusavio ICC ir SEM nustatyti, tokia imtis buvo mažoka, kad būtų galima daryti apibendrinančias išvadas, susijusias su goniometru tarpusavio patikimumu. Todėl pastaruoju aspektu ši neklinikinio tyrimo dalis laikytina bandomąja. Kitas trūkumas yra tas, kad nebuvo užtikrintas pakankamas matavimų nepriklausomumas, nes matuotojai dirbo bendroje erdvėje, o tai galėjo sukelti mokymosi efektą. Tačiau nelabai tikėtina, kad dalyvių bendravimas galėjo paveikti matavimų rezultatus, nes nė vienas iš tiriamųjų nesinaudojo ta pačia kampainių kombinacija. Be to, vargu ar įmanoma išiminti tokią didelę standartinių kampų dydžių įvairovę. Mokymosi efektas galėjo įvykti ir dėl to, kad vienoje iš tyrimo dalių buvo matuojamas tik PIP sąnarys. Tačiau santykinai geresnio PIP sąnario matavimo patikimumo nepastebėta. Mokymosi efekto įtaką paneigia ir tai, kad antrojo tyrimo etapo rezultatai buvo šiek tiek blogesni nei pirmojo. Tai greičiausiai lėmė tiriamųjų nuovargis.

4.2. Klinikinio tyrimo rezultatų aptarimas

Šioje tyrimo dalyje buvo siekiama išsiaiškinti popieriaus juostų goniometro klinikinio panaudojimo tinkamumą. Pacientai atliko savo vienos rankos penkto piršto visų sąnarių savityrą popieriaus juostomis, o profesionalus

tyrėjas atliko lygiagrečius matavimus tiek popieriaus juostomis, tiek standartiniu goniometru.

Aprašomoji statistika, ICC ir absoliučių $\leq 5^\circ$ matavimo skirtumų proporcijų palyginimas rodo, kad profesionalus matuotojas gali naudoti abu instrumentus pakaitomis be nuostolio matavimo pakartojamumui. Goniometrų lygiavertiškumą akivaizdžiai rodo antrojo ir trečiojo bandymo matavimo skirtumų aprašomoji statistika. Nepriklausomai nuo pastarųjų matavimų kombinacijos buvo gaunamos panašios charakteristikos. Dauginių proporcijų analizė McNemaro kriterijumi taip pat patvirtina goniometrų tarpusavio pakeičiamumą, nes $\leq 5^\circ$ matavimų skirtumų proporcijos reikšmingai nesiskyrė nepriklausomai nuo to, kaip buvo kombinuojami profesionalaus tyrėjo matavimai. Profesionalaus tyrėjo matavimai buvo stabilūs tiek matavimo bandymų, tiek instrumentų atžvilgiu. Mažos profesionalaus matuotojo vidinio patikimumo ICC reikšmės, susijusios tik su pirmuoju matavimo bandymu, aiškintinos mokymosi efektu. Šis efektas greičiausiai atsirado dėl to, kad per paskutinius bandymus pacientai santykinai geriau atlikdavo jiems skirtą piršto tiesimo užduotį.

Aprašomoji statistika, ICC bei $\leq 5^\circ$ absoliučių matavimo skirtumų proporcijų analizė rodo, kad paciento ir profesionalaus matuotojo tarpusavio patikimumas yra daug blogesnis nei profesionalaus matuotojo vidinis patikimumas. Kadangi profesionalaus matuotojo kartotiniai matavimai buvo stabilūs, toks rezultatas reiškia, kad pacientų savityros matavimai buvo mažiau patikimi nei tyrėjo.

Blogas paciento ir tyrėjo tarpusavio patikimumas gali būti paaiškinamas tuo, kad dėl minimalaus pasirengimo, manipuliavimo viena ranka nepatogumo, manipuluojančios rankos funkcinio deficito ir nepatogios penkto piršto padėties pacientams buvo santykinai sunkiau atlikti savityrą. Taigi klinikinis popieriaus juostų goniometrijos tinkamumas turėtų būti toliau tiriamas kontroliuojant šiuos veiksnius ir ypač – paciento pasirengimą savityrai. Be to, reikėtų plačiau analizuoti savityrą atliekančio paciento vidinio patikimumo aspektą. Jei paciento vidinis patikimumas yra kliniškai priimtinas, popieriaus

juostos galėtų būti naudojamos ROM dinamikos savikontrolei net ir tuomet, jei paciento ir profesionalaus matuotojo sutapimas būtų blogas. Gera prielaida klinicinei grafinei savityrai yra ta, kad paciento ir tyrėjo tarpusavio patikimumas nepriklauso nuo manipuliuojančios rankos dominavimo.

Klinikinis tyrimas parodė, kad matavimų patikimumo statistika priklauso nuo tiriamo sąnario. Pacientai stabiliau matavo savo MCP ir PIP sąnarius nei DIP sąnarius. Tačiau profesionaliam tyrėjui galiojo atvirkščia taisyklė. Šį skirtumą galėjo lemti akivaizdus sąnarių kampų imties aibių pločio skirtumas. Pažymėtina, kad tiriant hiperekstenziją, kuri buvo būdinga MCP ir DIP sąnariams, reikalinga sudėtingesnė manipuliacija statmenomis popieriaus juostomis.

Nepavyko rasti tyrimų, mėginusių nagrinėti pacientų piršto judesių savityrą. Tradicinės piršto goniometrijos klinikinis patikimumas taip pat nebuvo plačiai nagrinėtas. Iš 13 klinikinių pirštų goniometrijos patikimumo tyrimų (Breger-Lee et al., 1993; Flowers et al., 1994; Chiu, 1995; Brown et al., 2000; Catalano et al., 2001; Groth et al., 2001; Lefevre-Colau et al., 2001; Macdermid et al., 2001; Georgeu et al., 2002; Pratt et al., 2004; Smith et al., 2009; Torok et al., 2010; Engstrand et al., 2012) tik viename buvo publikuoti piršto aktyvios ekstenzijos matavimų pakartojamumo duomenys (Engstrand et al., 2012). Iš pastarojo tyrimo duomenų, naudojantis atitinkamomis formulėmis (Bland and Altman, 1996; De Vet et al., 2006; Weir, 2005), matoma, kad matuotojų tarpusavio pakartojamumas, tiriant Dupuytrenio ligos paveiktus pirštus, siekė 8°. Sveikų asmenų piršto aktyvios ekstenzijos goniometrijos vidinis ir tarpusavio matuotojų pakartojamumas taip pat buvo atspindėtas tik viename tyrime, kurio duomenys rodo MCP sąnario kampo matavimų pakartojamumą siekiant 8° (Dijkstra et al., 1994). Panašios maksimalios pakartojamumo reikšmės randamos analizuojant rezultatus tų tyrėjų, kurie nagrinėjo normalios plaštakos imobilizuotų pirštų kampų (Ellis et al., 1997; Bruton et al., 1999; Ellis and Bruton, 2002; Burr et al., 2003; Kato et al., 2007) bei natūralios aktyvios ir pasyvios pirštų ekstenzijos matavimo patikimumą (Lewis et al., 2010). Šios disertacijos klinikinės dalies aprašomoji statistika,

ypač matavimų absoliučiuju skirtumu 95-ieji procentiliai, rodo, kad čia aprašyto tyrimo rezultatai prilygsta kitų tyrėjų paskelbtiems duomenims.

5. IŠVADOS

(1) Popieriaus juostų goniometrą galima naudoti kaip standartinio goniometro pakaitalą be nuostolio matavimų patikimumui, kai neprofesionalus matuotojas tiria sveikų asmenų rankos trifalangio piršto sąnarių statines pozicijas, imituojančias ribotą tiesimą ir lenkimą.

(2) Popieriaus juostų goniometrą galima naudoti kaip standartinio goniometro pakaitalą be nuostolio matavimų patikimumui, kai profesionalus matuotojas tiria paciento rankos trifalangio piršto aktyvų tiesimą, esant ribotam bendram aktyviam piršto tiesimui.

(3) Neturinčių popieriaus juostų goniometrijos įgūdžių pacientų atliekama rankos trifalangio piršto aktyvaus tiesimo, esant ribotam bendram piršto aktyviam tiesimui, savityra yra nepatikima, palyginti su patyrusio tyrėjo matavimais, atliekamais standartiniu bei juostų goniometru.

(4) Profesionalaus matuotojo atliekamų tiek standartinės, tiek popieriaus juostų goniometrijos kartotinių matavimų patikimumas pagerėja, jei iš pradžių jis atlieka bandomuosius proksimalinio tarpflanginio sąnario aktyvaus tiesimo, esant ribotam bendram piršto aktyviam tiesimui, matavimus.

(5) Studijos rezultatai skatina tolesnius popieriaus juostų goniometrijos tyrimus, ypač nagrinėjant paciento įgūdžių lavinimo reikšmę savityros patikimumui.

6. LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Albee FH, Gilliland AR. Methrotherapy, or the measurement of voluntary movement: its value in surgical reconstruction. *JAMA* 1920, 75: 983–986.
2. Altman DG, Bland JM. Brackets (parentheses) in formulas. *BMJ* 2011, 11: 343.
3. American Society for Surgery of the Hand [ASSH] : The Hand: examination and diagnosis. New York: Churchill Livingstone 1983.
4. Amis AA, Miller JH. The elbow. *Clin Rheum Dis* 1982, 8: 571–593. [Cituotas Gajdosik and Bohannon, 1987]
5. Antonisamy B, Solomon Christopher, Prasanna Samuel P. *Biostatistics: Principles and Practice*. New Delhi, India: Tata McGraw Hill 2010.
6. Armstrong AD, MacDermid JC, Chinchalkar S, Stevens RS, King GJ. Reliability of range-of-motion measurement in the elbow and forearm. *J Shoulder Elbow Surg* 1998, 7: 573–580. [Abstract]
7. Ashton BB, Pickles B, Roll JW. Reliability of goniometric measurements of hip motion in spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1978, 20: 87–94. [Abstract].
8. Atha J, Wheatley DW. The mobilising effects of repeated measurement on hip flexion. *Br J Sports Med* 1976, 10: 22–25.
9. Atkinson G, Nevill AM. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med* 1998, 26: 217–238.
10. Austin MS, Ghanem E, Joshi A, Trappler R, Parvizi J, Hozack WJ. The assessment of intraoperative prosthetic knee range of motion using two methods. *J Arthroplasty* 2008, 23: 515–521.
11. Bakke SN. *Rentgenologische Beobachtungen über die Bewegungen der Wirbersaule*. *Acta Radiologica. Supplementum XIII*. 1931. [Cituotas Salter, 1955]

12. Barnhart HX, Haber MJ, Lin LI. An overview on assessing agreement with continuous measurements. *J Biopharm Stat* 2007, 17: 529–569.
13. Bartlett JW, Frost C. Reliability, repeatability and reproducibility: analysis of measurement errors in continuous variables. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2008, 31: 466–475.
14. Bird HA, Stowe J. The wrist. *Clin Rheum Dis* 1982, 8: 559–569. [Cituotas Gajdosik and Bohannon, 1987]
15. Bland JM, Altman DG. Measurement error and correlation coefficients. *BMJ*. 1996(A), 313: 41–42.
16. Bland JM, Altman DG. Applying the right statistics: analyses of measurement studies. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2003, 22: 85–93.
17. Bland JM, Altman DG. Measurement error. *BMJ* 1996(B), 313: 744.
18. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986, 1: 307–310.
19. Blonna D, Zarkadas PC, Fitzsimmons JS, O'Driscoll SW. Accuracy and inter-observer reliability of visual estimation compared to clinical goniometry of the elbow. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012, 20: 1378–1385.
20. Bohannon RW. Effect of repeated eight-minute muscle loading on the angle of straight-leg raising. *Phys Ther* 1984;64:491–497. [Cituotas Gajdosik and Bohannon, 1987]
21. Boone DC, Azen SP, Lin CM, Spence C, Baron C, Lee L. Reliability of goniometric measurements. *Phys Ther* 1978, 58: 1355–1360.
22. Brand PW, Hollister A. *Clinical Mechanics of the Hand*. 2nd edn. St. Louis: Mosby, 1993.
23. Breger-Lee D, Voelker ET, Giurintano D, Novick A, Browder L. Reliability of torque range of motion: a preliminary study. *J Hand Ther* 1993, 6: 29–34.

24. Bronner S. Instrumented Analysis of Human Movement. Brooklyn, New York: ADAM Center at Long Island University 2003. Prieiga per internetą:
<http://www2.brooklyn.liu.edu/bbut04/adamcenter/Instrumented%20Analysis%20Website/index.html> [Žiūrėta 2012-07-16].
25. Brosseau L, Balmer S, Tousignant M, O'Sullivan JP, Goudreault C, Goudreault M, Gringras S. Intra- and intertester reliability and criterion validity of the parallelogram and universal goniometers for measuring maximum active knee flexion and extension of patients with knee restrictions. Arch Phys Med Rehabil 2001, 82: 396–402. [Abstract]
26. Brosseau L, Tousignant M, Budd J, Chartier N, Duciaume L, Plamondon S, O'Sullivan JP, O'Donoghue S, Balmer S. Intratester and intertester reliability and criterion validity of the parallelogram and universal goniometers for active knee flexion in healthy subjects. Physiother Res Int 1997, 2: 150–166. [Abstract]
27. Brown A, Cramer LD, Eckhaus D, Schmidt J, Ware L, MacKenzie E. Validity and reliability of the Dexter hand evaluation and therapy system in hand-injured patients. J Hand Ther 2000, 13: 37–45.
28. Bruton A, Conway JH, Holgate ST. Reliability: What is it and how is it measured? Physiotherapy 2000, 86: 94–99.
29. Bruton A, Ellis B, Goddard J. Comparison of visual estimation and goniometry for assessment of metacarpophalangeal joint angle. Physiotherapy 1999, 85: 2011–2018.
30. Buck CA, Dameron FB, Dow MJ, Skowlund HV. Study of normal range of motion in the neck utilizing a bubble goniometer. Arch Phys Med Rehabil 1959, 40: 390–392. [Cituotas Van Roy and Borms, 2009]
31. Bunnell SB. Surgery of the hand. Philadelphia: JB Lippincott Co., 1944.

32. Burr N, Pratt AL, Stott D. Inter-rater and intra-rater reliability when measuring interphalangeal joints: comparison between three hand-held goniometers. *Physiotherapy* 2003, 89: 641–652.
33. Cadogan A, Laslett M, Hing W, McNair P, Williams M. Reliability of a new hand-held dynamometer in measuring shoulder range of motion and strength. *Man Ther* 2011, 16: 97–101. [Abstract]
34. Cambridge-Keeling CA. Range-of-motion measurement of the hand. In: Mackin EJ, Callahan AD, Skirven TM, Schneider LH, Osterman AL, Hunter JM, eds. *Rehabilitation of the Hand and Upper Extremity*. 5th ed. St. Louis: Mosby, 2002: 169 –186.
35. Camus J, Faidherbe R. Mesures des angles articulaires et des muscles situes au-dessus et au-dessous des articulations. Measure de la pronation at de la supination. *Comptes rendus hebdomadaires des sciences at memories de la Society de Biologie* 1915, 78: 291.[Cituotas Salter, 1955]
36. Carter TI, Pansy B, Wolff AL, Hillstrom HJ, Backus SI, Lenhoff M, Wolfe SW. Accuracy and reliability of three different techniques for manual goniometry for wrist motion: a cadaveric study. *J Hand Surg Am* 2009, 34: 1422–1428.
37. Catalano LW 3rd, Browne RH, Carter PR, Frobish AC, Ezaki M, Littler JW. The Littler line method and the area under a Gaussian curve: a new method of assessing digital range of motion. *J Hand Surg Am* 2001, 26: 23–30.
38. Cave EF, Roberts SM. A method of measuring and recording joint function. *J Bone Joint Surg* 1936, 18: 455–466.
39. Chao EY, An KN, Cooney WP, Linscheid RL. *Biomechanics of the Hand: A Basic Research Study*. Singapore: World Scientific, 1989.
40. Chatburn RL. Evaluation of instrument error and method agreement. *AANA J* 1996, 64: 261–268.

41. Chiu HY, Su FC, Wang ST, Hsu HY. The motion analysis system and goniometry of the finger joints. *J Hand Surg Br* 1998, 23: 788–791.
42. Chiu HY. A method of two-dimensional measurement for evaluating finger motion impairment. A description of the method and comparison with angular measurement. *J Hand Surg Br* 1995, 20: 691–695.
43. Christensen HW, Nilsson N. The reliability of measuring active and passive cervical range of motion: an observer-blinded and randomized repeated-measures design. *J Manipulative Physiol Ther* 1998, 21: 341–347. [Abstract]
44. Clark WA. A system of joint measurements. *J Bone Joint Surg Am* 1920, 2: 687–700.
45. Clarkson HM. *Joint Motion and Function Assessment. A research-based practical Guide.* Philadelphia, Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins, 2005.
46. Cleffken B, van Breukelen G, Brink P, van Mameren H, Olde Damink S. Digital goniometric measurement of knee joint motion. Evaluation of usefulness for research settings and clinical practice. *Knee* 2007(A), 14: 385–389. [Abstract]
47. Cleffken B, van Breukelen G, van Mameren H, Brink P, Olde Damink S. Test-retest reproducibility of elbow goniometric measurements in a rigid double-blinded protocol: intervals for distinguishing between measurement error and clinical change. *J Shoulder Elbow Surg* 2007(B), 16: 788–794. [Abstract]
48. Cleveland DEH. Diagrams for showing limitation of movements through joints, as used by the Board of Pensions Commissioners for Canada. *Can Med Assoc J* 1918, 8: 1070–1076.
49. Cobe HM: The range of active motion at the wrist of white adults. *J Bone Joint Surg* 1928, 26: 763–774.

50. Colaris J, van der Linden M, Selles R, Coene N, Allema JH, Verhaar J. Pronation and supination after forearm fractures in children: Reliability of visual estimation and conventional goniometry measurement. *Injury* 2010, 41: 643–646.
51. Cook JR, Baker NA, Cham R, Hale E, Redfern MS. Measurements of wrist and finger postures: a comparison of goniometric and motion capture techniques. *J Appl Biomech* 2007, 23: 70–78.
52. de Jong LD, Dijkstra PU, Stewart RE, Postema K. Repeated measurements of arm joint passive range of motion after stroke: interobserver reliability and sources of variation. *Phys Ther* 2012,92: 1027–1035.[Abstract]
53. De Vet HC, Terwee CB, Knol DL, Bouter LM. When to use agreement versus reliability measures. *J Clin Epidemiol* 2006, 59: 1033–1039.
54. Defibaugh JJ. Part II: An experimental study of head motion in adult males. *Phys Ther* 1964, 44: 163–168. [CituotasMiller, 1985]
55. Dijkstra PU, de Bont LG, van der Weele LT, Boering G. Joint mobility measurements: reliability of a standardized method. *Cranio* 1994, 12: 52–57.
56. Dipietro L, Sabatini AM, Dario P. A survey of glovebased systems and their applications. *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics–part C: Applications and Reviews* 2008, 38: 461–482.
57. Dorland's medical dictionary for health consumers. by Saunders, an imprint of Elsevier, Inc. 2007. In: *TheFreeDictionary* by Farlex. Prieiga per internetą: <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/goniometry> [Žiūrėta 2012-07-16].
58. Downing SM. Reliability: on the reproducibility of assessment data. *Med Educ* 2004, 38: 1006–1012.
59. Edgar D, Finlay V, Wu A, Wood F. Goniometry and linear assessments to monitor movement outcomes: are they reliable tools in burn survivors? *Burns*. 2009, 35: 58–62.

60. Ekstrand J, Wiktorsson M, Oberg B, Gillquist J. Lower extremity goniometric measurements: a study to determine their reliability. *Arch Phys Med Rehabil* 1982, 63: 171–175. [Abstract].
61. Eliasziw M, Young SL, Woodbury MG, Fryday-Field K. Statistical methodology for the concurrent assessment of interrater and intrarater reliability: using goniometric measurements as an example. *Phys Ther* 1994, 74: 777–788.
62. Ellis B, Bruton A, Goddard JR. Joint angle measurement: a comparative study of the reliability of goniometry and wire tracing for the hand. *Clin Rehabil* 1997, 11: 314–320.
63. Ellis B, Bruton A. A study to compare the reliability of composite finger flexion with goniometry for measurement of range of motion in the hand. *Clin Rehabil* 2002, 16: 562–570.
64. Ellis MI, Stowe J. The hip. *Clin Rheum Dis* 1982, 8: 655–676. [Cituotas Gajdosik and Bohannon, 1987]
65. Encyclopaedia Britannica. Protractor. 2012. Prieiga per internetą: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/480521/protractor> [Žiūrėta 2012-07-16].
66. Engstrand C, Krevers B, Kvist J. Interrater reliability in finger joint goniometer measurement in Dupuytren's disease. *Am J Occup Ther* 2012, 66: 98–103.
67. Fish DR, Wingate L. Sources of goniometric error at the elbow. *Phys Ther* 1985, 65: 1666–1670.
68. Flowers KR, LaStayo P. Effect of total end range time on improving passive range of motion. *J Hand Ther* 1994, 7: 150–157.
69. Fox RF. Demonstration of the mensuration apparatus in use at the Red Cross Clinic for the physical treatment of officer. *Proc R Soc Med* 1917, 10: 63–69.
70. Gajdosik RL, Bohannon RW. Clinical measurement of range of motion. Review of goniometry emphasizing reliability and validity. *Phys Ther* 1987, 67: 1867–1872.

71. Gajdosik RL. Comparison and reliability of three goniometric methods for measuring forearm supination and pronation. *Percept Mot Skills* 2001, 93: 353–355. [Abstract]
72. Georgeu GA, Mayfield S, Logan AM. Lateral digital photography with computer-aided goniometry versus standard goniometry for recording finger joint angles. *J Hand Surg Br* 2002, 27: 184–186.
73. Gerhardt J. ISOM Wall Chart. Bourbon, Indiana: Orthopaedic Equipment 1964. [Cituotas Lea and Gerhardt, 1995]
74. Gerhardt JJ, Rondinelli RD. Goniometric techniques for range-of-motion assessment. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2001, 12: 507–527.
75. Gerhardt JJ. *Documentation of Joint Motion*. Revised 4th edn. Portland, Oregon: Isomed, 1994. [Cituotas Lea and Gerhardt, 1995]
76. Gifford HC. Instruments for measuring joint movements and deformities in fracture treatment. *Am J Surg* 1914, 28: 237–238.
77. Glanville H. Objective assessment of treatments of hand injuries: a new method of measurement. *Ann Phys Med* 1964, 8: 304–306.
78. Glasgow C, James M, O’Sullivan J, Tooth LR. Measurement of joint stiffness in the hand: a preliminary investigation of the reliability and validity of torque angle curves. *Br J Hand Ther* 2004, 9: 11–12.
79. Goldsmith N, Juzl E. Inter-rater reliability of two trained raters using a goniometer for the measurement of finger joints. *Br J Hand Ther* 1998, 3: 11–12.
80. Green DP. General principles. In: Green DP, Hotchkiss RN, Pederson WC, eds. *Green’s operative hand surgery*, 4th ed., vol. 1. Philadelphia: Churchill Livingstone, 1999: 1–21.
81. Greene WB, Heckman JD, eds. *The Clinical Measurement of Joint Motion*. Rosemont, IL,: American Academy of Orthopaedic Surgeons, 1994.

82. Greenfield ML, Kuhn JE, Wojtys EM. A statistics primer. Validity and reliability. *Am J Sports Med* 1998,26: 483–485.
83. Grohmann JE. Comparison of two methods of goniometry. *Phys Ther* 1983, 63: 922–925.
84. Groth GN, VanDeven KM, Phillips EC, Ehretsman RL. Goniometry of the proximal and distal interphalangeal joints. Part II: placement preferences, interrater reliability, and concurrent validity. *J Hand Ther* 2001, 14: 23–29.
85. Haight HJ, Dahm DL, Smith J, Krause DA. Measuring standing hindfoot alignment: reliability of goniometric and visual measurements. *Arch Phys Med Rehabil* 2005, 86: 571–575.
[Abstract]
86. Hairer E, Wanner G. *Analysis by its history*. New York: Springer, 2008: 40.
87. Hayen A, Dennis RJ, Finch CF. Determining the intra- and inter-observer reliability of screening tools used in sports injury research. *J Sci Med Sport* 2007, 10: 201–210.
88. Hamilton GF, Lachenbruch PA. Reliability of goniometers in assessing finger joint angle. *Phys Ther* 1969, 49: 465–469.
89. Harris H, Joseph J. Variation in extension of the metacarpophalangeal and interphalangeal joints of the thumb. *J. Bone Joint Surg* 1949, 31-B: 547–559. [Cituotas Salter, 1955]
90. Harvill LM. Standard error of measurement. *Educational Measurement: Issues and Practice* 1991, 10: 33–41.
91. Hauck WW, Kock W, Abernethy D, Williams RL. Making sense of trueness, precision, accuracy and uncertainty. *Pharmacoepial Forum* 2008, 34: 838–842.
92. Healy MJ. Measuring measuring errors. *Stat Med* 1989, 8: 893–906.

93. Hellebrandt FA, Duvall EN, Moore ML. The measurement of joint motion: Part III : reliability of joint motion. *Phys Ther Rev* 1949, 29: 302–307.
94. Hewitt D. The range of active motion at the wrist of woman. *J Bone Joint Surg* 1928, 26: 775–787.
95. Himbert M. A brief history of measurement. *Eur Phys J Special topics* 2009, 172: 25–35.
96. Hyytiäinen K, Salminen JJ, Suviitie T, Wickström G, Pentti J. Reproducibility of nine tests to measure spinal mobility and trunk muscle strength. *Scand J Rehabil Med* 1991, 23: 3–10. [Abstract]
97. Holm I, Bolstad B, Lütken T, Ervik A, Røkkum M, Steen H. Reliability of goniometric measurements and visual estimates of hip ROM in patients with osteoarthritis. *Physiother Res Int* 2000, 5: 241–248. [Abstract]
98. Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med* 2000, 30: 1–15.
99. Horger MM. The reliability of goniometric measurements of active and passive wrist motions. *Am J Occup Ther* 1990, 44: 342–348.
100. Youdas JW, Bogard CL, Suman VJ. Reliability of goniometric measurements and visual estimates of ankle joint active range of motion obtained in a clinical setting. *Arch Phys Med Rehabil* 1993, 74: 1113–1118. [Abstract]
101. Youdas JW, Carey JR, Garrett TR. Reliability of measurements of cervical spine range of motion – comparison of three methods. *Phys Ther* 1991, 71: 98–104.
102. Jakobsen TL, Christensen M, Christensen SS, Olsen M, Bandholm T. Reliability of knee joint range of motion and circumference measurements after total knee arthroplasty: does tester experience matter? *Physiother Res Int* 2010, 15: 126–134. [Abstract]
103. Kačinskas P, Kocius M. Sąnarių paslankumas (Neutralaus nulinio metodas). *Metodinės rekomendacijos*. Vilnius: Lietuvos

Respublikos Neįgalumo ir darbingumo nustatymo tarnyba prie socialinės apsaugos ir darbo ministerijos. Sveikatos apsaugos ministerija. Vilniaus universitetas. 2008.

- 104.** Karpovich PV , Karpovich GP. Electrogoniometer: a new device for study of joints in action (abstract). Federation Proceedings 1959, 18: 79. [Cituotas Van Roy and Borms, 2009]
- 105.** Kato M, Echigo A, Ohta H, Ishiai S, Aoki M, Tsubota S, Uchiyama E. The accuracy of goniometric measurements of proximal interphalangeal joints in fresh cadavers: comparison between methods of measurement, types of goniometers, and fingers. *J Hand Ther* 2007, 20: 12–18.
- 106.** Kim PJ, Peace R, Mieras J, Thoms T, Freeman D, Page J. Interrater and intrarater reliability in the measurement of ankle joint dorsiflexion is independent of examiner experience and technique used. *J Am Podiatr Med Assoc* 2011, 101: 407–414. [Abstract]
- 107.** Kline, T.B. Psychological testing: A practical approach to design and evaluation. London: Sage Publications, Inc. 2005.
- 108.** Knapp ME, West CC. Measurement of joint motion. *Univ Minn Med Bull* 1944, 15: 405–412. [Cituotas Moore, 1949]
- 109.** Kottner J, Audigé L, Brorson S, Donner A, Gajewski BJ, Hróbjartsson A, Roberts C, Shoukri M, Streiner DL. Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies (GRRAS) were proposed. *J Clin Epidemiol* 2011, 64: 96–106.
- 110.** Kwon OY, Tuttle LJ, Commean PK, Mueller MJ. Reliability and validity of measures of hammer toe deformity angle and tibial torsion. *Foot (Edinb)* 2009, 19:149–155.
- 111.** Lea RD, Gerhardt JJ. Current concepts review: range of motion measurement. *J Bone Joint Surg* 1995, 77: 784–798.
- 112.** Lefevre-Colau MM, Poiraudreau S, Fermanian J, Mayoux-Benhamou MA, Bargy F, Revel M. Reliability of two goniometers

- in assessing rheumatoid finger mobility: Relationship between mobility and disability. *Eura Medicophys* 2001, 37: 3–10.
113. Lenssen AF, van Dam EM, Crijns YH, Verhey M, Geesink RJ, van den Brandt PA, de Bie RA. Reproducibility of goniometric measurement of the knee in the in-hospital phase following total knee arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord* 2007, 8: 83.
 114. Lewis E, Fors L, Tharion WJ. Interrater and intrarater reliability of finger goniometric measurements. *Am J Occup Ther* 2010, 64: 555–561.
 115. Lietuvos standartas. Matavimo metodų tikslumas (teisingumas ir glaudumas) ir įvertinimo rezultatai. 1 dalis. Bendrieji principai ir apibrėžimai (tapatus ISO 5725-1:1994). Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas 2002.
 116. Low JL. The reliability of joint measurement. *Physiotherapy* 1976, 62: 227–229. [Cituotas Gajdosik and Bohannon, 1987]
 117. Macdermid JC, Fox E, Richards RS, Roth JH. Validity of pulp-to-palm distance as a measure of finger flexion. *J Hand Surg Br* 2001, 26: 432–435.
 118. Macionis V. A technique for graphical recording of range of motion using an improvised paper goniometer. *J Hand Ther* 2011, 24: 374–377.
 119. Macionis V. A technique of direct tracing for recording digital range of motion. *J Hand Surg Am* 2008, 33: 612–614.
 120. Mayerson NH, Milano RA. Goniometric measurement reliability in physical medicine. *Arch Phys Med Rehabil* 1984, 65: 92–94. [Abstract]
 121. Maksymowych WP, Mallon C, Richardson R, Conner-Spady B, Jauregui E, Chung C, Zappala L, Pile K, Russell AS. Development and validation of a simple tape-based measurement tool for recording cervical rotation in patients with ankylosing spondylitis:

- comparison with a goniometer-based approach. *J Rheumatol* 2006, 33: 2242–2249. [Abstract]
122. Maud, PJ, Kerr KM. Static techniques for the evaluation of joint range of motion and muscle length. In: Maud PJ, Foster C, eds. *Physiologic Assessment of Human Fitness*, 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics. 2006: 227–252.
 123. McCulley SJ. A new multiangle goniometer. *Ann Plast Surg* 1999, 42: 221–222.
 124. McWhirk LB, Glanzman AM. Within-session inter-rater reliability of goniometric measures in patients with spastic cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 2006, 18: 262–265.
 125. Menadue C, Raymond J, Kilbreath SL, Refshauge KM, Adams R. Reliability of two goniometric methods of measuring active inversion and eversion range of motion at the ankle. *BMC Musculoskelet Disord* 2006, 7: 60.
 126. Menditto A, Patriarca M, Magnusson B. Understanding the meaning of accuracy, trueness and precision. *Accred Qual Assur* 2007, 12: 45–47.
 127. Michels E. Measurement in physical therapy: On the rules for assigning numerals to observations. *Phys Ther* 1983, 63: 209–215.
 128. Miller PJ. Assessment of joint motion, in Rothstein JM, ed. *Measurement in Physical Therapy*, New York: Churchill Livingstone 1985: 103–136.
 129. Miller-Keane encyclopedia and dictionary of medicine, nursing, and allied health, 7edn. Saunders, an imprint of Elsevier, Inc. 2003. In: TheFreeDictionary by Farlex. Prieiga per internetą: <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/goniometry> [Žiūrėta 2012-07-16].
 130. Mokkink LB, Terwee CB, Patrick DL, Alonso J, Stratford PW, Knol DL, Bouter LM, de Vet HC. The COSMIN study reached international consensus on taxonomy, terminology, and definitions

of measurement properties for health-related patient-reported outcomes. *J Clin Epidemiol* 2010, 63:737–745.

131. Moore ML. Clinica assesment of joint motion. In: Licht S, ed. *Therapeutic excercise*. Baltimore: Waverly Press 1965: 128–162. [Cituotas Van Roy and Borms, 2009]
132. Moore ML. The measurement of joint motion; introductory review of the literature. *Phys Ther Rev* 1949, 29: 195–205.
133. Muir SW, Corea CL, Beaupre L. Evaluating change in clinical status: reliability and measures of agreement for the assessment of glenohumeral range of motion. *N Am J Sports Phys Ther* 2010, 5: 98–110.
134. Muybridge E. *Muybridge's Complete Human and Animal Locomotion: All 781 Plates from the 1887 Animal Locomotion*. Courier Dover Publications 1979.
135. Mullaney MJ, McHugh MP, Johnson CP, Tyler TF. Reliability of shoulder range of motion comparing a goniometer to a digital level. *Physiother Theory Pract* 2010, 26: 327–333.
136. Mullins E. *Statistics for the Quality Control Chemistry Laboratory*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry 2003.
137. Mutlu A, Livanelioglu A, Gunel MK. Reliability of goniometric measurements in children with spastic cerebral palsy. *Med Sci Monit* 2007, 13: CR323–329.
138. Naylor JM, Ko V, Adie S, Gaskin C, Walker R, Harris IA, Mittal R. Validity and reliability of using photography for measuring knee range of motion: a methodological study. *BMC Musculoskelet Disord* 2011, 12: 77.
139. Norkin C, White D. *Measurement of joint motion. a guide to goniometry*. 3rd edn. Philadelphia: F.A. Davis Company 2003.
140. Nussbaumer S, Leunig M, Glatthorn JF, Stauffacher S, Gerber H, Maffiuletti NA. Validity and test-retest reliability of manual goniometers for measuring passive hip range of motion in

- femoroacetabular impingement patients. *BMC Musculoskelet Disord* 2010, 11: 194.
141. Nutter JA. Reconstructive surgery: the problem of records. *JAMA* 1919, 72: 410–411.
 142. Owen J, Stephens D, Wright JG. Reliability of hip range of motion using goniometry in pediatric femur shaft fractures. *Can J Surg* 2007, 50: 251–255.
 143. Palmer ML, Epler ME. *Fundamentals of Musculoskeletal Assessment Techniques*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1998.
 144. Pandya S, Florence JM, King WM, Robison JD, Oxman M, Province MA. Reliability of goniometric measurements in patients with Duchenne muscular dystrophy. *Phys Ther* 1985, 65: 1339–1342.
 145. Piriyaarasarth P, Morris ME, Winter A, Bialocerkowski AE. The reliability of knee joint position testing using electrogoniometry. *BMC Musculoskelet Disord* 2008, 9: 6.
 146. Poole ChP Jr, ed. *Encyclopedic Dictionary of condensed matter physics*. San Diego, CA, USA: Elsevier inc, 2004:526.
 147. Portney LG, Watkins MP. *Foundations of Clinical Research: Applications to Practice*. 3rd edn. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2008.
 148. Pratt AL, Burr N, Stott D. An investigation into the degree of precision achieved by a team of hand therapists and surgeons using hand goniometry with a standardised protocol. *Hand Ther* 2004, 9: 116–121.
 149. Rabinovich S, *Measurement Errors and Uncertainties: Theory and Practice*, 3rd edn. New York: Springer 2005.
 150. Rachkidi R, Ghanem I, Kalouche I, El Hage S, Dagher F, Kharrat K. Is visual estimation of passive range of motion in the pediatric

- lower limb valid and reliable? *BMC Musculoskelet Disord* 2009, 10: 126.
- 151.** Random House Webster's College Dictionary. Goniometer. New York: Random House, 1992.
 - 152.** Reese NB, Bandy WD, Yates C. Joint range of motion and muscle length testing St. Louis, MO: Saunders/Elsevier 2010.
 - 153.** Riddle DL, Rothstein JM, Lamb RL. Goniometric reliability in a clinical setting. *Shoulder measurements. Phys Ther* 1987, 67: 668–673.
 - 154.** Ryan-Wenger NA. Evaluation of measurement, precision, accuracy, and error in biophysical data for clinical research and practice. In: Waltz CF, Strickland O L, Lenz ER, eds. *Measurement in Nursing and Health Research*, 4th edn. New York: Springer 2010.
 - 155.** Robertson DGE, Caldwell GE. Planar Kinematics. In: Robertson DGE, Caldwell GE, Hamill J, Kamen G, Whittlesey SN, eds. *Research methods in biomechanics*. Champaign, IL: Human Kinetics 2004.
 - 156.** Robins RH. Hand assessment charts. *J Hand Surg Br* 1986, 11: 287–298.
 - 157.** Rome K, Cowieson F. A reliability study of the universal goniometer, fluid goniometer, and electrogoniometer for the measurement of ankle dorsiflexion. *Foot Ankle Int* 1996, 17: 28–32.
 - 158.** Rose V, Nduka CC, Pereira JA, Pickford MA, Belcher HJ. Visual estimation of finger angles: do we need goniometers? *J Hand Surg Br* 2002, 27: 382–384.
 - 159.** Rosen NG. A simplified method of measuring amplitude of motion in joints. *J Bone Joint Surg* 1922, 20: 570–579.

160. Rothstein JM, Campbell SK, Echternach JL, Jette AM, Knecht HG, Rose SJ. Standards for tests and measurements in physical therapy practice. *Physical therapy* 1991, 71: 589–622.
161. Rothstein JM, Miller PJ, Roettger RF. Goniometric reliability in a clinical setting. Elbow and knee measurements. *Phys Ther* 1983, 63: 1611–1615.
162. Sabari JS, Maltzev I, Lubarsky D, Liskay E, Homel P. Goniometric assessment of shoulder range of motion: comparison of testing in supine and sitting positions. *Arch Phys Med Rehabil* 1998, 79: 647–651. [Abstract]
163. Salter N. Methods of measurement of muscle and joint function. *J Bone Joint Surg Br* 1955, 37B: 474–491.
164. Schenker AW. Finger joint motion: a new, rapid, accurate method of measurement. *Mil Med* 1966, 131: 22–29.
165. Schenker AW. The accurate measurement of neuromuscular and musculoskeletal disabilities. *Mil Med* 1961, 126: 207–213. [Cituotas Van Roy and Borms, 2009]
166. Schlaaff J. Hilfsmittel zur Einheitsmessung von Gelenkausschlägen. Der Meßfächer "Arthro" und der Fingerfächer nach Schlaaff. *Medizinal-Markt* 1957, 11: 213. [Cituotas Lea and Gerhardt, 1995]
167. Schober P. Lendenwirbelsäule und krenzschemerzen. *Munch Med Wschr* 1937, 84: 336–338.[Cituotas Lea and Gerhardt, 1995]
168. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull* 1979, 86: 420–428.
169. Silver D. Measurement of the range of motion in joints. *J Bone Joint Surg Am* 1923, 5: 569–578.
170. Sim J, Arnell P. Measurement validity in physical therapy research. *Phys Ther* 1993, 73: 102–110.

- 171.** Smith JR, Walker JM: Knee and elbow range of motion in healthy older individuals. *Phys Occup Ther Geriatr* 1983, 2: 31–38.
[Cituotas Gajdosik and Bohannon, 1987]
- 172.** Smith RP, Dias JJ, Ullah A, Bhowal B. Visual and computersoftware-aided estimates of Dupuytren's contractures: correlation with clinical goniometric measurements. *Ann R Coll Surg Engl* 2009, 91: 296–300.
- 173.** Somers DL, Hanson JA, Kedzierski CM, Nestor KL, Quinlivan KY. The influence of experience on the reliability of goniometric and visual measurement of forefoot position. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997, 25: 192–202. [Abstract]
- 174.** Spearman C. The proof and measurement of association between two things. *Int J Epidemiol* 2010, 39: 1137–1150.
- 175.** Stam HJ, Ardon MS, den Ouden AC, Schreuders TA, Roebroek ME. The compangle: a new goniometer for joint angle measurements of the hand. A technical note. *Eura Medicophys* 2006, 42: 37–40.
- 176.** Stratford P, Agostino V, Brazeau C, Gowitzke BA. Reliability of joint angle measurement: a discussion of methodology issues. *Physiother Can* 1984, 36: 5–9.
- 177.** Streiner DL, Norman GR. *Health Measurement Scales: A Practical Guide to their Development and Use*. 4th edn. Oxford: Oxford University Press 2008.
- 178.** Taylor BN, Kuyatt CE. *Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results*. National Institute of Standards and Technology 1994. Prieiga per internetą: <http://physics.nist.gov/Pubs/guidelines/appd.1.html> [Žiūrėta 2012-07-19].
- 179.** Ten Berge SR, Halbertsma JP, Maathuis PG, Verheij NP, Dijkstra PU, Maathuis KG. Reliability of popliteal angle measurement: a

- study in cerebral palsy patients and healthy controls. *J Pediatr Orthop* 2007, 27: 648–652. [Abstract]
- 180.** The 1911 Classic Encyclopedia. Goniometer. 2006. Prieiga per internetą: <http://www.1911encyclopedia.org/Goniometer> [Žiūrėta 2012-07-16].
- 181.** The Encyclopædia Britannica: A dictionary of arts, sciences, literature and general information. Goniometer. Vol 12. 11 edn. New York: University Press, Cambridge, England 1910: 234. Prieiga per internetą: <http://archive.org/stream/encyclopaediabrit12chisrich#page/234/mode/2up/search/goniometer> [Žiūrėta 2012-07-16].
- 182.** Torok KS, Baker NA, Lucas M, Domsic RT, Boudreau R, Medsger TA Jr. Reliability and validity of the delta finger-to-palm (FTP), a new measure of finger range of motion in systemic sclerosis. *Clin Exp Rheumatol* 2010, 28: S28–36.
- 183.** Tractenberg RE. Classical and modern measurement theories, patient reports, and clinical outcomes. *Contemp Clin Trials* 2010, 31: 1–3.
- 184.** Tubiana R, ed. *The Hand*. Philadelphia, PA, USA: Saunders Company 1981.
- 185.** van de Pol RJ, van Trijffel E, Lucas C. Inter-rater reliability for measurement of passive physiological range of motion of upper extremity joints is better if instruments are used: a systematic review. *J Physiother* 2010, 56: 7–17.
- 186.** Van der Linden WJ. Fundamental Measurement and the Fundamentals of Rasch Measurement. In: M. Wilson, ed. *Objective Measurement: Theory into Practice*, vol. 2. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corp 1994.
- 187.** Van Roy P, Borms J. Flexibility. In: Eston R, Reilly T, eds. *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual: Anthropometry*, 3rd edn. London: Routledge 2009: 129 –160.

188. van Trijffel E, van de Pol RJ, Oostendorp RA, Lucas C. Inter-rater reliability for measurement of passive physiological movements in lower extremity joints is generally low: a systematic review. *J Physiother* 2010, 56: 223–235.
189. Van't Hof A, Heiple KG. Flexor tendon injuries of the fingers and thumb; a comparative study. *J Bone Joint Surg Am* 1958, 40-A: 256–261.
190. Viswanathan M. *Measurement Error and Research Design*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications 2005.
191. Wagner C. Determination of the rotary flexibility of the elbow joint. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1977, 37: 47–59. [Cituotas Gajdosik and Bohannon, 1987]
192. Wallis DA. History of angle measurement. WSHS 1.2 2005. Prieiga per internetą: http://www.fig.net/pub/cairo/papers/wshs_01/wshs01_02_wallis.pdf [Žiūrėta 2012-07-16].
193. Walter SD, Eliasziw M, Donner A. Sample size and optimal designs for reliability studies. *Stat Med* 1998, 17: 101–10.
194. Waltz CF, Strickland OL & Lenz ER. *Measurement in nursing and health research*, 4th edn. New York: Spring Publishing 2010.
195. Watkins MA, Riddle DL, Lamb RL, Personius WJ. Reliability of goniometric measurements and visual estimates of knee range of motion obtained in a clinical setting. *Phys Ther* 1991, 71: 90–96.
196. Weckesser EC. Evaluation of results with tendon suture and transplants. In: Jupiter JB, ed. *Flynn's hand surgery*, 4th edn. Baltimore: Williams & Wilkins, 1991: 234–240.
197. Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res* 2005, 19: 231–240.

- 198.** Weiss PL, August S, Peters G, Sampalis J. Using the Exos Handmaster to measure digital range of motion: reliability and validity. *Med Eng Phys* 1994, 16: 323–328.
- 199.** Williams JG, Callaghan M. Comparison of visual estimation and goniometry in determination of a shoulder joint angle. *Physiotherapy*. 1990, 76: 655–657.
- 200.** Williams NW, Penrose JM, Caddy CM, Barnes E, Hose DR, Harley P. A goniometric glove for clinical hand assessment. Construction, calibration and validation. *J Hand Surg Br* 2000, 25: 200–207.
- 201.** Williams PO, Camb MB. The assessment of mobility in joints. *Lancet* 1952, 2: 169. [Cituotas Miller, 1985]
- 202.** Wilson JD, Stasch WH. Photographic record of joint motion. *Arch Phys* 1945, 27: 361–362.[Cituotas Miller, 1985; Reese et al., 2010]
- 203.** Wu M, Adams R. Applying the Rasch model to psycho-social measurement: A practical approach. Educational. Melbourne: Measurement Solutions 2007.

7. DISERTACIJOS TEMA PASKELBTŲ DARBŲ SĄRAŠAS

1. Macionis V. A technique for graphical recording of range of motion using an improvised paper goniometer. *J Hand Ther* 2011, 24: 374–377.
Prieiga per internetą:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0894113011000524>
2. Macionis V. Is Diagrammatic Goniometry Feasible for Finger ROM Evaluation and Self-evaluation? *Clin Orthop Relat Res*. 2013 Jan 5.
[Epub ahead of print]
Prieiga per internetą:<http://link.springer.com/article/10.1007/s11999-012-2777-6/fulltext.html>
3. Macionis V. Reliability of the standard goniometry and diagrammatic recording of finger joint angles: a comparison study with healthy subjects and non-professional raters *BMC Musculoskelet Disord*. 2013, 14: 17. Prieiga per internetą:<http://www.biomedcentral.com/1471-2474/14/17>