RELIABILITA MĚŘENÍ ÚHLŮ VYBRANÝCH SEGMENTŮ TĚLA POMOCÍ DVOU RŮZNÝCH METOD

RELIABILITY OF MEASURING ANGLES SELECTED SEGMENT OF THE BODY BY TWO DIFFERENT METHODS

P. Pravečková¹, P. Matošková², O. Kounovský¹ & V. Süß¹

¹Univerzita Karlova Praha, fakulta tělesné výchovy a sportu, katedra sportovních her

²Univerzita Karlova Praha, fakulta tělesné výchovy a sportu, katedra sportů v přírodě

ABSTRACT

The aim of this paper is to show the reliability of two different methods for measuring angles of selected segments of the body and compare the results of individual measurements. This is a descriptive study of nature. Manual goniometer (Rippsteinův plurimetr) and 2D kinematic analysis (Dartfish program) was used reliability of measurement was studied in two selected joints -knee and wrist (flexion and extension). Statistical methods were used: Single-factor ANOVA ($\alpha = 0.05$), correlation and coefficient of determination. There have been 40 measurements in each of the selected joint, which then were independently evaluated by 3 people from the perspectives of 2 digital cameras at angles 60° and 90°. Comparison of the results of measurement of angles in the joints using 2Dkinematic analysis and goniometer show that the reliability of measurements using 2D kinematic analysis in program Dartfish is high. To determine the angle must be marked with markers and persons must be instructed. In the case of measuring the angles in the joints, where there is little distance between markers, it is necessary to adjust the camera angle so that the hang-up was the greatest (the approach). To determine the size of the angle of the joints must be maintained perpendicular distance of the camera to movement in the joint.

Keywords: goniometry; 2D kinematic analysis; reliability; joint; marker

SOUHRN

Cílem příspěvku je ukázat spolehlivost dvou různých metod měření úhlů vybraných segmentů těla a porovnat výsledky z jednotlivých měření. Jedná se o studii deskriptivního charakteru. Byl využit ruční goniometr (Rippsteinův plurimetr) a kinematická analýza 2D (program Dartfish). Reliabilita měření byla zkoumána ve dvou vybraných kloubech – kolenním a zápěstním (flexe a extenze). Byly použity statistické metody: jednofaktorová ANOVA ($\alpha = 0,05$), korelace, koeficient determinace. Proběhlo 40 měření v každém vybraném kloubu, které pak nezávisle na sobě hodnotili 3 osoby z pohledů 2 digitálních kamer pod úhly 60° a 90°. Srovnání výsledků měření úhlů v kloubech pomocí 2D kinematické analýzy a pomocí goniometru ukazují, že spolehlivost měření pomocí 2D kinematické analýzy v programu Dartfish je vysoká. Pro určení úhlu je nutné označení pomocí markerů a zacvičení měřící osoby. V případě měření velikosti úhlů v kloubech, kde je malá vzdálenost mezi markery, je nutno přizpůsobit natočení kamerou tak, aby záběr na kloub byl co největší (v přiblížení). Pro určení velikosti úhlu v kloubech je nutné dodržet kolmou vzdálenost kamery na pohyb v kloubu.

Klíčová slova: goniometrie; kinematická analýza 2D; reliabilita; kloub; marker

Úvod

Ve sportovním tréninku i ve fyzioterapii se velmi často používá stanovení rozsahu kloubní pohyblivosti. Základní metodou pro měření úhlů je goniometrie pomocí různých typů goniometrů. Dále se v praxi využívají kinematické analýzy. V současné době pro 3D a 2D analýzu pohybu se

kromě stanovení úhlů pomocí sledování bodů z videozáznamu či pomocí on line 3D a 2D analýzy, stále častěji využívá měření úhlů pomocí elektronických goniometrů.

Měření rozsahu kloubní pohyblivosti patří k základním vyšetřovacím metodám pohybového aparátu. Nejčastěji používanou metodou je tzv.

Tabulka 1. Markery na pažích
Table 1. Markers on the arms

LSHO	Levé rameno	Umístění na <i>akromioklavikulárním</i> koloubu
LUPA	Levá paže	Umístění na paži mezi loktem a ramenem
LELB	Levý loket	Umístění na levém laterálním <i>epikondylu</i>
LMEL	Levý loket- mediální	Umístění na levém mediálním <i>epikondylu</i>
LFRA	Levé předloktí	Umístění na předloktí mezi loktem a zápěstím
LWRA	Levé zápěstí marker A	Umístění na palcové straně
LWRB	Levé zápěstí marker B	Umístění na malíkové straně

planimetrická metoda, kdy se jedná o plošné měření, které zaznamenává pohyb vždy jen v jedné rovině. Goniometrii je možné definovat jako nauku o měření úhlů. Pomocí ní zjišťujeme hodnoty fyzikální bez ohledu na hodnoty fyziologické (JANDA & PAVLŮ, 1993).

K měření rozsahu pohyblivosti v kloubech tedy používáme tzv. goniometry. Ty mohou pracovat na různém principu. Rozeznáváme tak obvykle manuální nebo elektronické, dále se liší konstrukcí, kdy může jít o goniometr pákový, gravitační nebo kapalinový, liší se použitým výrobním materiálem, kterým může být plexisklo, hliník, dřevo, event. další kovy, a v neposlední řadě také svou velikostí.

Pro měření pomocí goniometrů platí některé důležité zásady. Je potřeba stanovit výchozí polohu, která se zachovává po celou dobu měření. Před každým měřením je nutné určit osu pohybu v daném kloubu, kam se pak přikládá střed goniometru. Goniometr je přiložen tak, že jedno jeho rameno je rovnoběžné s nepohyblivou částí těla, druhé pohyblivé jde s pohybující se částí segmentu těla. Je nutné goniometr přikládat na zevní stranu kloubu na odhalené části těla a zajistit jeho dokonalou fixaci.

Metoda výpočtu úhlů v kloubech pomocí videozáznamu je na rozdíl od přímého měření velikosti úhlu pomocí goniometrů založena na výpočtu úhlů na základě vlastností trojúhelníku z planimetrie. Principem je výpočet úhlů z obecného trojúhelníku na základě kosinové věty. Tohoto principu, výpočtu úhlu ze souřadnic bodů, využívají známé metody kinematické analýzy (ať již plošné, nebo prostorové) na základě digitalizovaného videozáznamu (např. JANURA & ZAHÁLKA, 2004). Není však nutné složitě počítat, stačí pouze na těle sledované osoby zadat body (nejlépe pomocí nalepených markerů) a pak je znovu označit v jednom z mnoha počítačových programů (např. Dartfish) na videozáznamu pomocí něhož budou úhly stanoveny.

Abychom se co nejvíce vyhnuli nepřesnostem při měření, je nutné dodržet několik zásad:

1. krok - příprava měřené osoby

Nalepení markerů - pro usnadnění zpracování digitálního obrazu je vhodnější nalepit na sledované

segmenty těla marker tak, aby vyhovoval podmínkám kinesiologie.

Standardizované umístění markerů na těle probanda (ROBERTSON, 2009)

Červeně označené umístění markerů je přidáno na základě studií na Biomechanics Laboratory School of Human Kinetics University of Ottawa

Obrázek 1. Umístění markerů na paži
Figure 1. Location of markers on the arm

Obrázek 2. Umístění markerů na dolních končetinách
Figure 2. Location of markers on the legs

Tabulka 2. Markery na dolních končetinách
Table 2. Markers on the legs

LKNE	levé koleno	Umístění na laterálním <i>epicondilu</i> na levém koleni
LTHI	levé stehno	Umístění ve spodní třetině plochy stehna pod úrovní švihy paže, ale výška není rozhodující
LANK	levý kotník	Umístění na laterálním <i>maleolu</i> , na ose která prochází
LTIB	Levá hleň	Umístění ve spodní třetině hleň na boční straně v ose flexe v kotníku
LTOE	Levá špička	Umístění na hřbetu nohy na druhém metatarzálním kloubu
LHEE	Levá pata	Umístění na patní kosti (<i>calcaneus</i>) ve stejné výšce jako marker špičky nohy
LMKN	Levá mediální část kolene	Umístění na mediálním epicondilu na levém koleni
LHIP	Levý bok	Umístění na velkém <i>trochanteru</i>
LMAN	Levá mediální část kotníku	Umístění na mediálním <i>maleolu</i>
LHAL	Levý palec	Umístění na konci levého palce
LMT1	Levý 1. metatarz	Umístění na kloubu prvního <i>metatarzu</i>
LMT5	Levý 5. metatarz	Umístění na kloubu pátého <i>metatarzu</i>

Na pravé paži jsou markery umístěny symetricky s označením RSHO, RUPA, RELB, RMEL, RFRA, RWRA a RWRB. Zápěstní markery jsou umístěny symetricky na tyčkách upevněných na náramku poblíž středu zápěstí tak jak je to jen možné.

2. krok - umístění videokamery

Umístění digitální kamery musí splňovat tři podmínky:

osa objektivu musí být ve směru kolmém na směr pohybu vybraných segmentů těla ve sledovaném kloubu

kamera musí být umístěna tak daleko, aby bylo možné zaznamenat celé segmenty těla s nalepenými markery

umístění kamery nemá být nikdy proti zdroji světla

3. krok - kalibrace roviny, ve které budeme testovat pohyby v kloubu (pomocí kalibrační krychle)

Kalibrační krychli postavíme kolmo na osu objektivu videokamery (Obr. 3) do místa, kde bude měřen úhel v kloubu těla, a krychli vyfotografujeme. Po přenesení snímku do PC změříme úhel u libovolného vrcholu přední strany krychle. Pokud výpočet ukáže jiný než pravý úhel, upravíme polohu krychle a postup opakujeme.

4. krok - využití přiblížení obrazu při označování markeru na videozáznamu

Pokud využijeme přiblížení obrazu na videozáznamu, pak můžeme určit souřadnice středu markeru s větší přesností. Přiblížení obrazu je pouze optické, nemění se přitom umístění bodu v rámci digitalizované fotografie a nemá tak vliv na změnu úhlu.

Kolenní kloub (*articulatio genus*) je nejsložitějším kloubem lidského těla. Umožňuje pohyb v sagitální rovině okolo příčné osy, jedná se o flexi

a extenzi. Fyziologický rozsah flexe je limitován kontaktem svalstva na zadní straně stehna a bérce nebo dotykem paty a gluteálního svalstva. Fyziologický rozsah extenze je limitován napětím zadní části kloubního pouzdra, napětím lig. popliteum obliquum arcuatum a dále rozsah pohybu limitují ligg. cruciata genus a ligg. colateralia genus svým napětím.

Zápěstí (*articulatio radiocarpea*) umožňuje pohyb v sagitální rovině kolem příčné osy, kde se pak jedná o flexi a extenzi a dále pohyb v rovině frontální kolem osy sagitální a pak hovoříme o radiální a ulnární dukci. Fyziologický rozsah flexe je limitován napětím dorzálních *radiokarpálních ligament* a dorzální části kloubního pouzdra. Fyziologický rozsah extenze je limitován napětím *palmárního radiokarpálního ligamenta* a palmární části kloubního pouzdra a dále kontaktem mezi *radiem* a *karpálními kostmi* (JANDA & PAVLŮ, 1993).

Cílem příspěvku je ukázat spolehlivost dvou různých metod měření úhlů vybraných segmentů těla a porovnat výsledky z jednotlivých měření.

Metodika

Jedná se o studii deskriptivního charakteru. Základní metodou pro měření úhlů je goniometrie. Byl využit ruční goniometr a kinematická analýza 2D.

Naším vybraným ručním goniometrem byl Rippsteinův plurimetr. Je složen z pouzdra kruhového tvaru, který obsahuje pohyblivou ručičku pohybující se vlivem gravitační síly a stupnici 0° - 360°. Kruhové pouzdro je pak otočně připojeno k vrcholu trojúhelníku, jehož základnu tvoří širší plocha, kterou se goniometr přikládá na tělo vyšetřovaného. Nevýhodou tohoto typu goniometru je omezení možnosti měření pouze v sagitální a frontální rovině.

Další metodou pro stanovení úhlů byla kinematická analýza 2D, kdy byl použit program Dartfish. Reliabilitu měření jsme zkoumali ve dvou vybraných kloubech – kolenním a zápěstním, kdy v obou proběhla flexe a extenze. Pro stanovení statistické významnosti rozdílů naměřených úhlů byla použita jednofaktorová ANOVA na hladině $\alpha = 0,05$, tedy na hladině významnosti vztažené k pravděpodobnosti výskytu chyby typu I. Dále pak byly použity statistické metody - korelační koeficient a koeficient determinace.

Proběhlo 40 měření v každém vybraném kloubu, které pak nezávisle na sobě hodnotily 3 osoby. A to z pohledů 2 digitálních kamer, které byly rozestavěny dle obrázku č. 3. Jedna kolmo na měřený objekt, druhá snímala pod úhlem 60°. Při měření byly dodrženy všechny zásady, které byly popsány viz kroky 1-4 výše.

Obrázek 3. Rozmístění videokamer
Figure 3. Distribution of digital cameras

Výchozí polohou pro flexi kolene byl leh na břiše, dolní končetiny v kyčelních a kolenních kloubech se nacházely v nulovém postavení, nohy přesahovaly přes okraj stolu. Břicho bylo podloženo. Výchozí polohou pro extenzi v kloubu kolenním byl leh na zádech, dolní končetiny se

nacházely opět v nulovém postavení v kyčelních a kolenních kloubech. Střed goniometru byl přiložen na laterální *epikondyl femuru*, pevné rameno směřovalo paralelně s podélnou osou *femuru*, byl přiložen na spojnici laterálního *epikondylu femuru* a velkého *trochanteru*. Pohyblivé rameno šlo paralelně s podélnou osou *fibuly* a směřovalo k laterálnímu *malleolu*.

Výchozí polohou pro obě polohy v zápěstním kloubu byl sed, v ramenním kloubu byla 90° abdukce, v kloubu loketním 90° flexe, předloktí bylo v pronaci položeno celou plochou na vyšetřovacím stole. Ruka byla mimo podložku, prsty uvolněny. Goniometr byl přiložen z laterální strany zápěstí, střed goniometru směřoval na *os triguetrum*. Pevné rameno šlo paralelně s podélnou osou *ulny*, pohyblivé rameno šlo paralelně s podélnou osou *V. metakarpu*.

Výsledky

V tabulce 3 se nachází horní korelační matice, která popisuje vztah mezi jednotlivými naměřenými hodnotami v kolenním kloubu od tří různých osob a to z dvou různých úhlů (60°, 90°). Výsledky měření byly korelovány každý s každým. Všechny korelační koeficienty přesáhly hodnotu 0,9, nejnižší hodnotou byla naměřena korelace mezi výsledky měření 1. osoby z pohledu 90° a plurimetru ($k = 0,977$) a nejvyššího korelačního koeficientu dosáhl vztah mezi měřeními 1. osoby z pohledu 60° a 2. osoby z pohledu 60° ($k = 1$).

Tabulka 4, kterou tvoří opět horní matice tentokrát hodnot F získaných pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu, kromě tří červeně vyznačených hodnot nezaznamenala mezi ostatními výsledky žádný statisticky významný rozdíl. Všechny 3 hodnoty F , které překročily kritickou hodnotu $F = 3,974$, se týkají výsledků měření z pohledu 60° a plurimetru. Pro stanovení statistické významnosti rozdílů naměřených úhlů byla použita jednofaktorová ANOVA na hladině $\alpha = 0,05$.

Tabulka 3. Korelace jednotlivých měření úhlů v kloubu kolenním (n=40) tří různých osob z pohledu 90° a 60° a goniometru

Table 3. Correlation of individual measurements of angles in the knee joint (n = 40) of three different people from the perspective of 90° and 60° and the goniometer

Koleno	1. os. z 90°	1. os. z 60°	2. os. z 90°	2. os. z 60°	3. os. z 60°	Plurimetr
1.osoba z 90°	x	0,987	0,993	0,987	0,985	0,977
1.osoba z 60°		x	0,997	1	0,999	0,995
2.osoba z 90°			x	0,997	0,996	0,988
2.osoba z 60°				x	0,999	0,995
3.osoba z 60°					x	0,995
Plurimetr						x

Tabulka 4. Jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA) při kritické hodnotě $F = 3,974$ a při hladině $\alpha = 0,05$ jednotlivých měření úhlů v kloubu kolením ($n=40$) tří různých osob z pohledu 90° a 60° a goniometru
Table 4. Single-factor analysis of variance (ANOVA) at a critical value of $F = 3.974$ and $\alpha = 0.05$ level of individual measurements of angles in the knee joint ($n = 40$) of three different people from the perspective of 90° and 60° and the goniometer

Koleno	1.os. z 90°	1.os. z 60°	2.os. z 90°	2.os. z 60°	3.os. z 60°	Plurimetr
1.osoba z 90°	x	2,173	0,01	2,221	2,241	1,257
1.osoba z 60°		x	2,586	0,001	0,017	5,802
2.osoba z 90°			x	2,641	2,241	0,358
2.osoba z 60°				x	0,022	5,896
3.osoba z 60°					x	5,242
Plurimetr						x

Tabulka 5. Korelace jednotlivých měření úhlů v kloubu zápěstním ($n=40$) tří různých osob z pohledu 90° a 60° a goniometru

Table 5. Correlation of individual measurements of angles in the wrist joint ($n = 40$) of three different people from the perspective of 90° and 60° and the goniometer

Zápěstí	1.os. z 90°	1.os. z 60°	2.os. z 90°	2.os. z 60°	3.os. z 60°	Plurimetr
1.osoba z 90°	x	0,994	0,984	0,978	0,984	-0,845
1.osoba z 60°		x	0,986	0,979	0,985	-0,87
2.osoba z 90°			x	0,972	0,976	-0,88
2.osoba z 60°				x	0,973	-0,875
3.osoba z 60°					x	-0,969
Plurimetr						x

Tabulka 6. Jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA) při kritické hodnotě $F = 3,974$ a při hladině $\alpha = 0,05$ jednotlivých měření úhlů v kloubu zápěstním ($n=40$) tří různých osob z pohledu 90° a 60° a goniometru

Table 6. Single-factor analysis of variance (ANOVA) at a critical value of $F = 3.974$ and $\alpha = 0.05$ level of individual measurements of angles in the wrist joint ($n = 40$) of three different people from the perspective of 90° and 60° and the goniometer

Zápěstí	1.os. z 90°	1.os. z 60°	2.os. z 90°	2.os. z 60°	3.os. z 60°	Plurimetr
1.osoba z 90°	x	0,461	0,024	1,084	0,721	4,212
1.osoba z 60°		x	0,291	0,108	0,024	1,757
2.osoba z 90°			x	0,814	0,503	3,715
2.osoba z 60°				x	0,03	1,06
3.osoba z 60°					x	1,413
Plurimetr						x

V tabulce 5 se nachází horní korelační matice, která popisuje vztah mezi jednotlivými naměřenými hodnotami v zápěstním kloubu od tří různých osob a to opět z dvou různých úhlů (60° , 90°). Výsledky měření byly korelovány každý s každým. Všechny korelační koeficienty přesáhly hodnotu 0,8, nejnižší hodnotou byla naměřena korelace mezi výsledky měření 1. osoby z pohledu 90° a plurimetru ($k = -0,845$) a nejvyššího korelačního koeficientu dosáhl vztah mezi měřeními 1.osoby z pohledu 90° a 1.osoby z pohledu 60° ($k = 0,994$).

Tabulka 6, kterou tvoří opět horní matice hodnot F získaných pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu, kromě dvou červeně vyznačených hodnot

nezaznamenala mezi ostatními výsledky žádný statisticky významný rozdíl. Obě dvě hodnoty F , které překročily kritickou hodnotu $F = 3,974$, se týkají výsledků měření z pohledu 90° a plurimetru. Pro stanovení statistické významnosti rozdílů naměřených úhlů byla použita jednofaktorová ANOVA na hladině $\alpha = 0,05$.

Diskuse

Měření úhlu v kolenním kloubu

Výsledky korelační analýzy ukazují na vysokou spolehlivost měření úhlů pomocí 2D kinematické analýzy v programu Dartfish. Převédeme-li výsledky korelací na koeficient determinace (Tabulka

Tabulka 7. Koeficient determinace měření úhlu v kolenním kloubu
Table 7. Coefficient of determination measuring the angle of the knee

Koleno	1.os. z 90°	1.os. z 60°	2.os. z 90°	2.os. z 60°	3.os. z 60°	Plurimetr
1.osoba z 90°	x	97,4	98,6	97,4	97,0	95,4
1.osoba z 60°		x	99,4	100,0	99,8	99,0
2.osoba z 90°			x	99,4	99,2	97,6
2.osoba z 60°				x	99,8	99,0
3.osoba z 60°					x	99,0
Plurimetr						x

Tabulka 8. Koeficient determinace měření úhlu v zápěstí
Table 8. Coefficient of determination measuring the angle of the wrist

Zápěstí	1.os. z 90°	1.os. z 60°	2.os. z 90°	2.os. z 60°	3.os. z 60°	Plurimetr
1.osoba z 90°	x	98,8	96,8	95,6	96,8	71,4
1.osoba z 60°		x	97,2	95,4	97,0	75,7
2.osoba z 90°			x	94,5	95,3	76,4
2.osoba z 60°				x	94,7	76,6
3.osoba z 60°					x	93,9
Plurimetr						x

7) a po vynásobení 100, získáme procentuální vyjádření odhadu výsledků jednoho měření z druhého.

Jak je vidět z uvedené tabulky 7, je procento odhadu na velmi vysoké úrovni. Předpokladem těchto výsledků je, že osoba, která toto měření provádí, je zacvičená v označení markeru v PC.

Pro hodnocení validity měření úhlů pomocí programu Dartfish jsme určili dva pohledy kamery na sledovaný úhel. Z kolmého pohledu byly pomocí hodnocení významnosti rozdílů průměrů (analýza rozptylu ANOVA) určeny statisticky významné výsledky měření. U všech hodnotících osob byly rozdíly v průměru z kolmého pohledu statisticky nevýznamné. Naopak výsledky porovnání mezi výsledkem získaným goniometrem a osobami hodnotícími míru úhlu z pohledu kamery pod úhlem 60° byly statisticky významné, což znamená, že takto získané míry úhlů neodpovídají výsledkům v realitě. Výsledky ukazují, že při takto definovaném úhlu, je spolehlivost vysoká (0,977; 1) a že validita měření je závislá na úhlu, pod kterým byl sledovaný úhel natáčen.

Měření úhlu v zápěstí

Přesto, že výsledky korelační analýzy ukazují stejně jako v případě úhlu v kolenním kloubu vysoké hodnoty korelačního koeficientu, variační rozpětí bylo (0,845; 0,994) (tab. 5). Nižší korelace

mezi výsledky získané pomocí goniometru (plurimetr) a měřením pomocí programu Dartfish naznačují jistý možný problém. Po přepočtení korelačního koeficientu na procentuální odhad pomocí koeficientu determinace získáme tabulku 8.

Na rozdíl od vyrovnaných výsledků při měření úhlu v kolenním kloubu jsme získali velmi rozdílné výsledky: 71,4 % – 98,8 % závislost výsledků jednoho způsobu měření na druhém. Výsledky koeficientu variace při porovnání měření pomocí plurimetru a pomocí Dartfish (71,4% - 76,6 %) ukazují, že pro takto zvolený úhel nemusí být tato metoda pomocí 2D kinematické analýzy programem Dartfish optimální. Tyto naše výsledky potvrzuje i analýza pomocí statistické významnosti rozdílu průměrů pomocí jednofaktorové ANOVA. Výsledky potvrdily na statistickou významnost u měření z kolmého pohledu (tab. 6) a naopak neukázaly statistickou významnost z pohledu kamery pod úhlem natáčení 60°. Jaké je vysvětlení těchto výsledků? Domníváme se, že je to dáno chybou, která je možná při určování polohy středu markeru (JANURA & ZAHÁLKA, 2004) a jeho vzdáleností od vrcholu úhlu. Předpokládáme-li, že při určování středu markeru na obrazovce monitoru může dojít k chybě, tak například při stejném rozdílu v určení pomyslného středu markeru velikost úsečky BC na obrázku 4 se rovná velikosti úsečky B'C'.

Obrázek 4. Chyby při měření úhlů
Figure 4. Errors in the measurement of angles

Z vlastností pravoúhlého trojúhelníka ABC a $AB'C'$ vyplývá: Je-li $AB \neq AB'$ a $BC = B'C'$ a tangens úhlu při vrcholu A se rovná poměru protilehlé a přilehlé odvěsny, pak $BC : AB \neq B'C' : AB'$, tedy úhel $CAB \neq$ úhel $C'AB'$.

Jinými slovy řečeno pokud měřící osoba udělá stejnou chybu při určení velikosti v kloubu, který má větší vzdálenosti mezi markery (AB') a u kloubu s menšími vzdálenostmi (AB) mezi markery, pak chyba v určení velikosti úhlu v druhém kloubu bude větší.

Výsledky výpočtu statistické významnosti rozdílů průměrů u měření kloubu v zápěstí (kloub s malou vzdáleností mezi markery) jsou pravděpodobně způsobeny tím, že dochází k při měření k velké chybě, která mohla způsobit, že výsledky z kolmého pohledu (rozdíl průměrů) jsou statisticky významné (to znamená, že výsledek měření velikosti úhlu pomocí kinematické analýzy neodpovídá výsledku velikosti úhlů pomocí plurimetru). Stejně tak výsledky měření pomocí kinematické analýzy z kamery umístěné pod úhlem 60° jsou zatíženy stejnou chybou, a pak je tedy i možné, že dosáhly statisticky nevýznamných rozdílů proti měření s plurimetrem.

Závěr

Srovnání výsledků měření úhlů v kloubech pomocí 2D kinematické analýzy a pomocí goniometru ukazují: Spolehlivost měření pomocí 2D kinematické analýzy v programu Dartfish je vysoká, vypočítané korelační koeficienty leží

v intervalu (0,972; 1). Pro určení úhlu je nutné označení pomocí markerů a zacvičení měřící osoby. V případě měření velikosti úhlů v kloubech, kde je malá vzdálenost mezi markery, je nutno přizpůsobit natočení kamery tak, aby záběr na kloub byl co největší (v přiblížení). Pro určení velikosti úhlu v kloubech je nutné dodržet kolmou vzdálenost kamery na pohyb v kloubu.

Literatura

- Hendl, J. (2004). *Přehled statistických metod zpracování dat*. Praha: Portál.
- Janura, M. & Zahálka, F. (2004). *Kinematická analýza pohybu člověka*. Olomouc: UP.
- Hebák, P., Hustopecký, J., Jarošová, E., Pecáková, I. (2004). *Vícerozměrné statistické metody (I)*. Praha: Informatorium.
- Janda, V. & Pavlů, D. (1993). *Goniometrie*. Brno: IDVPvZ.
- Robertson, G. (2009). *Vicon Workstation Quick Reference Guide*. Ottawa: Biomechanics Laboratory School of Human Kinetics University of Ottawa.

Mgr. Petra Pravečková, Ph.D.
UK FTVS Praha, katedra sportovních her
José Martiho, 31
162 52 Praha 6 – Veleslavín
+420 606 936 351
praveckova@ftvs.cuni.cz