



Ana Tratnik¹,
Nejc Šarabon²

Pregled metod za vrednotenje telesne drže

Izvleček

Namen članka je predstaviti pregled najpogosteje uporabljenih metod za merjenje in vrednotenje človekove drže. V kratkem uvodu je opisan pomen spremljanja telesne drže. Sledi pregled metod, ki se delijona enostavne, slikovne ter metode z uporabo elektronskih senzorjev. Med enostavne metode sodijo opazovanje ter enostavni pripomočki, ki se navadno uporabljajo za grobo ocenjevanje nepravilnosti telesne drže. Sledijo natančne radiološke slikovne metode, s katerimi vidimo v notranjost telesa. Ker so zaradi sevanja invazivne, se iščejo metode, ki bi jih nadomestile. Njihovo vlogo prevzemajo druge slikovne metode, na primer fotogrametrija, stereofotogrametrija, ISIS, rasterstereografija, Moiréfringe topografija, laserski skenerji ter video sistemi. Za spremljanje razmerij med deli telesa ter izvajanje gibalnih analiz so pomembne metode z uporabo elektronskih senzorjev. Vsaka od metod je na kratko opisana, nato sledi predstavitev njene uporabne vrednosti.

Ključne besede: telesna drža, testiranje, vrednotenje, funkcionalne nepravilnosti drže, merilne značilnosti.



Review of the methods for body posture evaluation

Abstract

The purpose of this article is to present the review of the most often used methods for measuring and evaluating human body posture. In the short introduction, the aim of evaluating body posture is presented. Review of the methods then follows, which are divided to simple, visual and methods involving the use of electronic sensors. Simple methods, such as examination and the use of simple tools, are useful for rough body posture estimation. Accurate radiological visual methods allow us to see the inside of the body. However, the radiation makes them invasive, so there is a search for alternative methods to replace them. Other visual methods such as photogrammetry, stereophotogrammetry, ISIS, rasterstereography, Moiré fringe topography, laser scanning systems and videography are taking their place. Methods involving the use of electronic sensors play important role in evaluation of body segments relations and moving analysis. Each method is described in a few words, and then their applicable value is presented.

Key words: body posture, testing, evaluation, functional posture abnormalities, measuring characteristics.

¹Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Ljubljana.

²Univerza na Primorskem, Znanstveno-raziskovalno središče Koper, Inštitut za kineziološke raziskave, Koper.

■ Uvod

Sproščena drža telesa v mirovanju je skupek položajev vseh sklepov in delov telesa ter je individualno značilna. Pokončna stoječa drža celega telesa je osnova hoje in teka, zato je še bolj zanimiva za športno prakso. Nanjo vplivajo biomehanski, anatomske, fiziološki in psihofizični dejavniki, zato se neprestano spreminja. Za normalno držo smatramo postavitev telesa, ko so mišice najmanj aktivne in nosilne strukture najbolj zaščitene pred degenerativnimi spremembami in poškodbami (Šarabon, Košak, Fajon in Drakslar, 2005). Telesno držo vzdržujejo (i) pasivne strukture (kosti in ligamenti), (ii) aktivne strukture (mišice) ter (iii) živčni nadzor. Slednji po načelu povratne zanke primerja dejansko in želeno stanje ter izvaja potrebne korekcije. Skozi daljše časovno obdobje seizoblikujejo značilni gibalni vzorci, tkiva pa se prilagodijo položaju telesa. Nenormalnosti v položaju in obliki hrbtenice, zgornjih ali spodnjih okončin imenujemo *funkcionalne motnje*. Te izhajajo iz nezadostnega in nepravilnega delovanja mišic, pri čemer kostni in živčni sistem nista okvarjena. Dolgo trajajoča funkcionalna motnja lahko preide v *deformacijo*, strukturno spremembo kostnega in živčno-mišičnega sistema. Če funkcionalno motnjo dovolj zgodaj prepoznamo, lahko z vadbo preprečimo nastanek nepopravljive strukturne deformacije. Ker smo v življenju izpostavljeni obremenitvam in pasivnim položajem, ki vplivajo na telesno držo, je pomembno, da jo redno spremljamo.

S spremljanjem telesne drže je dobro začeti že v otroštvu, saj se ta vgradi v otrokove gibalne programe, ki jih je pozneje zelo težko spreminjati. Funkcionalna motnjalahko pri otrokuzaradi intenzivne rasti in razvoja hitro preide v strukturno deformacijo. Pomembnost spremljanja drže v tem obdobju potrjuje dejstvo, da je imelo pri nas v letu 2009 pred vstopom v šolo 5,5 %, v osnovni šoli 12,1 % in v srednji šoli že 16,8 % otrok slabo držo. Strukturne deformacije je imelo 0,3 % predšolskih otrok, 0,8 % osnovnošolcev in 2,4 % srednješolcev (Trdič, Moravec Berger, Pribaković Brinovec, 2010). Dobro bi bilo, da bi držo otrok spremljali športni pedagogi, kilahko z redno korekcijsko vadbo vplivajo na izboljšanje otrokove telesne drže. Pomembno vlogo imajo tudi trenerji v športnih klubih, kjer je vad-

ba intenzivnejša in tako še bolj vpliva na držo telesa.

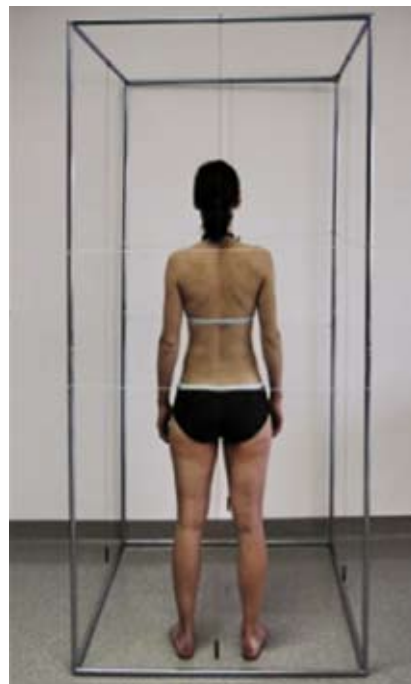
Ljudi z nepravilno telesno držo navadno spremljajo fizioterapevti in ortopedi, ki definirajo izražene deformacije ter predvidijo zdravljenje. Pri korekcijski vadbi so jim lahko v pomoč osebni trenerji ter voditelji skupinskih vadb, če ti pri izdelavi programov upoštevajo posebnosti posameznikove drže.

Zaradi različnih ciljev, strokovnjaki za analizo drže uporabljajo različne metode. Ustrezna se izbere glede na potrebe, sposobnosti in zlasti možnosti. Namen članka je predstaviti pregled najpogostejše uporabljenih metod za spremljanje in vrednotenje človekove drže, ki je nastal ob pregledu znanstvene in strokovne literature. Razdeljene sona enostavne metode, slikovne metode ter metode z uporabo elektronskih senzorjev.

■ Pregled orodij za opazovanje drže

Pri **kliničnem opazovanju drže** opazujemo simetrijo telesa ter odstopanja referenčnih točk (dobro vidnih točk na telesu) od fiziološke drže. Olajšamo si ga lahko z uporabo pripomočkov (svinčnice, lestvic za razvrščanje drž v skupine, optičnih ozadij). Je poceni, neinvazivna ter hitra metoda, primerna za spremljanje velikih skupin ljudi (na primer preventivno preverjanje drže). Omogoča celosten pogled na človekovo držo, iz katerega lahko sklepamo na prenos nepravilnosti z enega dela telesa na drugega. Opazovanje je odvisno od opazovalca in uporablja kvalitativen pristop, zato je objektivnost rezultatov posledica preiskovalčevega znanja. Zaradi slabe občutljivosti ni primerno za zgodnje odkrivanje asimetrij pri otrocih.

Giblivo ravnilo, centimetrski trak, inklinometer in goniometer uporabljamo za merjenje odstopanj od idealne drže. Z gibljivim ravnilom in centimetrskim trakom merimo predvsem izraženost hrbteničnih krivin, z goniometrom ter inklinometrom pa kote in naklone posameznih delov telesa (na primer naklon medenice). Gibljiva ravnila imajo dobro notranjo (zanesljivost meritev, ki jih izvaja en merilec) in zunanjo zanesljivost (zanesljivost meritev, ki jih izvaja več različnih merilcev) (Teixeira in Carvalho, 2007; Dunleavy, Mariano, Wiater in Gold-



Slika1. Klinična ocena drže s pomočjo svinčnice.

berg, 2010; Greendale, Nili, Huang, Seeger in Karlamangla, 2010). Ker slabokorelirajo s slikovnimi metodami (Cobbovim kotom¹), je njihova veljavnost vprašljiva (Teixeira in Carvalho, 2007; Greendale

¹Na rentgenski sliki merimo velikost skolioze s Cobbovim kotom. Dobimo ga tako, da določimo zgornje in spodnje vretence, ki še pripadajo primarni krivini. Pravokotnici na zgornjo ploskev zgornjega in spodnjo ploskev spodnjega vretence na sečišču tvorita Cobbov kot (Herman, Antolič, Pavlovčič in Srakar, 2006).

in sod., 2010). Inklinometer je v primerjavi z gibljivim ravnilom manj zanesljiv in manj natančen (Thompson in Eales, 1994). Njegova ponovljivost je sprejemljiva (Prushansky, Ezra, Kurse, Man in Schneiderman, 2008). Goniometer je dobro zanesljiv pripomoček za merjenje kotov v sklepah (Nussbaumer in sod., 2010). Ima visoko korelacijo s 3D video analizo (Brumagne, Lysens in Spaepen, 1999), slabšo pa z elektromagnetnim sledilnim sistemom (Nussbaumer in sod., 2010), zato je njegova veljavnost vprašljiva. Vsi trije pripomočki so zanesljivi. Z njimi lahko ugotovitev opazovanja številčno utemeljimo. Slabšo veljavnost si lahko razlagamo (i) z relativno dolgim trajanjem merjenja ali (ii) s taktilno motnjo zaradi polaganja instrumenta na golo kožo, ki vplivata na spremembo drže.



Slika 2. Merjenje naklona medenice z inklinometrom.



Slika 3. Goniometer.

Skoliometer, naprava za merjenje hrbtnih krivin (back-contour device (BCD) (Pearsall, Reid & Hedden, 1992) in Pneum.A.P. (Pneumex, inc.; US) je pripomoček, prilagojen za merjenje skolioz². Najbolj znan skoliometer je občutljiv na rotacije hrbtenice, ki so pogosto prisotne pri ljudeh s skoliozami (Pearsall in sod., 1992). Pripomoček zazna samo skolioze

²Z imenom skolioza navadno poimenujemo ideopatsko skoliozo. Ta je najpogostejša deformacija hrbtenice in za katero so značilne rotacije vretenc okrog svoje osi, ki nastanejo iz neznanega razloga. Zarotirano vretence v prsnem delu potegne za seboj rebra in povzroči deformacijo prsnega koša, ki je v prečni ravnini vidna kot grba (Herman in sod., 2006).

s kotom večjim od 5° ter ima nizko korelacijo s Cobbovim kotom ($r=0,20-0,59$) (Pearsall in sod., 1992). Ker z njimne moremo postaviti natančne diagnoze in je njegova veljavnost vprašljiva, ne more nadomestiti radiografskih meritev (Pearsall in sod., 1992; Amendt in sod., 1990). Kljub temu ga zaradi enostavne uporabe, hitrosti in nizke cene uporabljamo za grobo oceno prisotnosti skolioz. Ob prisotnosti le teh, hrbtenico rentgensko slikamo in odčitamo Cobbov kot.



Slika 4. Skoliometer (Skoliometer, 2010).

Poleg enostavnih pripomočkov za vrednotenje drže obstajajo tudi naprednejše slikovne metode. Z njimi pridobimo sliko ali model objekta, kar omogoča primerjavo drže skozi daljše časovno obdobje. Med **radiološke slikovne metode** sodijo rentgenografska preiskava, stereoradiografija, računalniška tomografija (CT) in magnetna resonanca (MR). Radiološke slikovne metode omogočajo pogled v notranjost človeškega telesa. Veljajo za natančne (2mm), zanesljive ter ponovljive (Harrison in sod., 2003). Z rezultati meritev radioloških slikovnih metod pogosto preverjamo zanesljivost drugih metod (npr. korelacija rezultatov meritev skolioz s Cobbovim kotom). Ker so (razen magnetne resonance) zaradi sevanja invazivne, se iščejo ustrezne neinvazivne metode, ki bi jih lahko nadomestile. Problem rentgenografije je, da 3D objekt prikaže v 2D sliki (Peterson in sod., 1997). Stereoradiografijata problem odpravlja s slikanjem več rentgenografov pod različnimi koti, s čimer pridobimo 3D sliko objekta. Pri obeh tehnikah se napaka lahko pojavi tudi zaradi nihanja osebe med slikanjem (Peterson in sod., 1997). Na običajnih rentgenskih slikah so strukture, ki jih slikamo ena nad drugo, zato jih slabo vidimo. CT in MR to izboljšata s prečnimi prerezi delov telesa, vendar sta zelo dragi metodi in za preiskave drže manj primerni.

Druge slikovne metode pridobivajo podatke o drži telesa iz slik ali videoposnetkov, ki jih lahko neposredno uporabimo ali iz njih izdelamo modele. Metode

omogočajo bolj celosten pregled človekove drže in več možnosti za obdelavo pridobljenih podatkov v primerjavi z opazovanjem ali pripomočki za merjenje odstopanj. Slike in modeli so bolj podobni drži telesa (dobimo relief), kot radiogram, kjer je viden le skelet. Prav te metode danes najbolj razvijajo v želji, da bi z njimi lahko nadomestili invazivno radiološko slikanje.

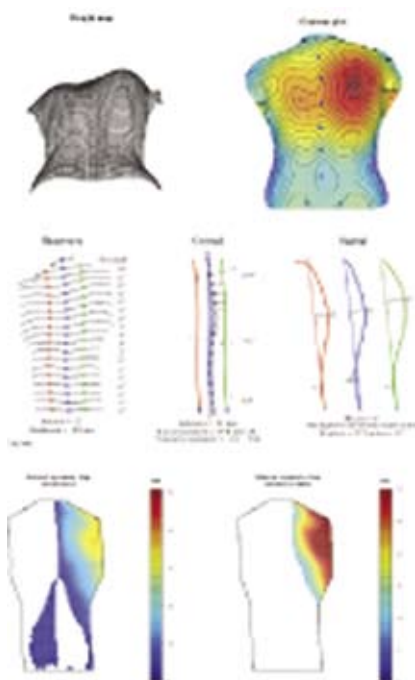
Fotogrametrija in stereofotogrametrija pridobivata podatke iz fotografij. Pri prvi fotografije analiziramo s programsko opremo (PosturePro, PostureScreen, PosturePrint, PostureSoft, Posture zone). Stereofotogrametrija združi prekrivajoče se fotografije posnete iz različnih položajev, kar s pomočjo programske opreme (PhotoModelerScanner, Vicon 612/ 624, TheMegaCapturor 3D BodyDigitizer) omogoča izdelavo modela. Metodi veljata za natančni (1,3 mm in 1,1° za vzdolžne oziroma kotne mere), kar je pomembno predvsem pri zelo majhnih kotih, kjer majhna napaka predstavlja veliko odstopanje (Janik in sod., 2007). Za fotogrametrijo nekateri menijo, da je zanesljiva (Niekerk, Louw, Vaughan, Grimmer-Somers in Schreve, 2008; Pownall, Moran in Stewart, 2008; Gadotti in Biasotto-Gonzalez, 2010), drugi, da ni (Dunk in sod., 2004). Stereofotogrametrija velja za zanesljivo metodo (Pazos in sod., 2007). Ker je poleg tega še hitra in neinvazivna, je posebej primerna za analize drže otrok. Z odčitavanjem kotov in naklonov iz slik se lahko izognemo napakam, ki so posledica sprememb drže zaradi dotikanja preiskovanca. Metodi sta cenovno ugodni in zato dostopni širši javnosti.



Slika 5. 3D model narejen s foto scanningom (PhotoModelerScanner, 2010).

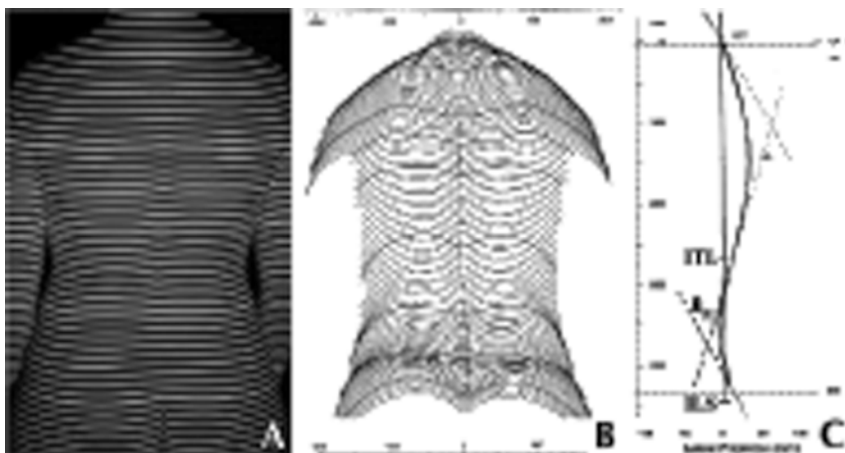
Nekatere slikovne metode delujejo na principu triangulacije. Na osebo projiciramo svetlobne žarke, osvetljen del posnamemo ter iz 3D koordinat množice točk izdelamo 3D model. Tako delujejo ISIS (Integrated Shape Imaging System), rasterstereografija, Moiréfringe topografija ter laserski skenerji.

ISIS skener je bil pred leti najboljši komercialno dostopen avtomatski sistem za analizo drže, s katerim smo lahko dobili model telesa ali ocenili linijo vretenc in iz slike izračunali Cobbov kot (Drerup in Hierholzer, 1994). Danes ga je nadomestil hitrejši sistem ISIS2 z boljšo ločljivostjo (Berryman, Pynsent, Fairbank in Disney, 2008).



Slika 6. Slike pridobljene s sistemom ISIS2 (Berryman in sod., 2008).

Pri **rasterstereografiji** s projektorjemna pacienta projiciramo mrežne črte ter iz njihovih oblik rekonstruiramo 3D model površine telesa (Kamal, 2008; Drerup in Hierholzer, 1994; Hackenberg, Hierholzer, Pötlz, Götze in Liljenqvist, 2003). Metoda je natančna (napaka $\leq 0,1\text{mm}$) in hitra (0,4s), s čimer se lahko zmanjšajo napake meritev, ki nastanejo zaradi premikanja osebe med skeniranjem. Velja za zanesljivo (Goh, Price in Leedman in Singer, 2000; Hackenberg in sod., 2003) in je kljub relativno nizki korelaciji s Cobbovim kotom ($r=0,73-0,82$) (Drerup in Hierholzer, 1994) zaradi neinvazivnosti uporabna za kontrolna slikanja po operacijah hrbtenice.



Slika 7. Rasterstereografija prsno-ledvenega dela hrbtenice A) Projekcija mreže na hrbet B) Rekonstrukcija hrbta C) Bočni pogled prsno-ledvenega dela hrbtenice (Crawford, Price in Singer, 2009).

Vnasprotju z rentgenografom, CT in MR lahko z rasterstereografijopridobimo tudi model drže stoje. Metoda je dobro ponovljiva (Crawford, Price in Singer, 2009; Weiss, Dieckmann in Jürgen Gerner, 2003) in ima boljšo resolucijo od ISIS sistema.

Za **Moiréfringe topografijo** je značilen Moiréov vzorec, ki nastane ob interferenci mreže projicirane na telo ter fiksne oziroma pri računalniški obdelavi dodane mreže (Kamal, 2008; Porto, Gurgel, Russomano in Veras Farinatti, 2010). Ker je metoda poceni in hitra, lahko z njo v kratkem času pregledamo držo veliko preiskovancev. Vendar je pri pacientih s skoliozo slabo natančna (15 %–68 %) (Daruwalla in Balasubramaniam, 1985) in slabo korelira s Cobbovim kotom ($r=0,42-0,80$) (Pearsall in sod., 1992), zato je uporabna predvsem za zgodnjo zaznavo skolioz in drugih deformacij hrbtenice (Porto in sod., 2010), torej ima podobno vlogo kot skoliometer.

Najperspektivnejši in najbolj intenzivno razvijajoči med slikovnimi metodami so **laserski skenerji**. Spadajo med najbolj natančne optične merilne metode za zajem 3D oblike teles. Njihova natančnost je odvisna od mehanskih omejitev ter preciznosti prepoznavanja kota projekcije laserskega žarka oziroma natančnosti elektronike, ki meri čas potovanja laserskega žarka (Walford, 2010). Nanjo vpliva tudi gladkost površine, saj se od hrapave površine laserski snop odbije difuzno, kar posledično zašumi meritve (Laserski sistemi za merjenje 3D oblike teles in njihove aplikacije, 2010). Laserske naprave delujejo z natančnostjo do 0,01mm (Laserski sistemi za merjenje 3D oblike teles

in njihove aplikacije, 2010). Pri skeniranju človekove drže se poleg hrapavosti površine srečujemo še s problemom nenehnega premikanja človeka ($A \approx 5\text{mm}$ in $v \approx 1\text{Hz}$). Ker to lahko izkrivi lasersko sliko, je pomembno, da je slikanje izvedeno hitro (Funatomi, Iiyama, Kakusho in Minoh, 2009). Zaradi omenjenih problemov je natančnost slikanja drže okrog 1 mm (Funatomi, 2009; Schwenzer-Zimmererin sod. 2007). Ker je metoda neinvazivna in nekontaktna, se intenzivno razvija, da bi lahko začela nadomeščati radiološke slikovne metode.



Slika 8. VITUSsmartXXL (Human Solutions; Germany) (VITUS 3D Bodyscanner, 2010).

Video sistemi delujejo podobno kot fotogrametrija, le da z njimi lahko posnamemo tako 2D kot tudi 3D človekovo gibanje. S 3D sistemi dobimo več podatkov in posledično natančnejše rezultate

($\approx 1\text{mm}$) (Brumagne in sod., 1999). Posnetke analiziramo s programsko opremo (AUSCAN-3D, 3DPOSTURE, Viconovi sistemi), ki nam poleg spremljanja drže ter orientacije trupa omogoča tudi analize delovanja živčevja ter gibalnega nadzora. Prav to je njihova prednost pri uporabi v športu. Video metoda ima dobro notranjo zunanjo zanesljivost (Wu in sod., 2007; Gissot, Barbieri, Iacobelis, Paindavoine in Pérennou, 2007) ter veljavnost (Gissot, Barbieri, Iacobelis, Paindavoine in Pérennou, 2007).

Za šport je zanimiva tudi uporaba **elektronskih senzorjev** kot so (i) pospeškometer, (ii) žiroskop, (iii) elektromagnetni sledilni sistem in (iv) zaznavna vlakna. Senzorji delujejo na podlagi pospeškov, hitrosti, sprememb kotov in drugih fizikalnih zakonov. Pogosto uporabljamo več senzorjev v kombinaciji in tako nadomestimo pomanjkljivosti enega senzorja z drugim. Z njimi ne dobimo natančnih podatkov o obliki telesa, saj en sklop senzorjev navadno predstavlja en del telesa. Omogočajo pridobivanje kvantitativnih podatkov o legi delov telesa in razmerij med njimi, izvajanje gibalnih analiz ali celo trening drže (Wong, Wong in Lo, 2007). Kotne napake meritev senzorjev so majhne (Hansson, Asterland, Holmer in Skerfving, 2001; Wong in Wong, 2008), zato so metode uporabne za 3D spremljanje drže ingibanja (Plamondon, 2007). Za merjenje drže in gibljivosti hrbtenice je zasnovana tudi naprava Spinal Mouse (Idiag, Voletswil, Switzerland). Naprava deluje na podlagi meritev pospeškometrov, vgrajenih v kolesje, s katerim drsimo vzdolž hrbtenice. Na podlagi meritev lahko grafično prikažemo hrbtenico in izračunamo njene naklone. Rezultati merjenja drže stoje z napravo Spinal Mouse so notranje in zunanje zanesljivi (Mannion, Knecht, Balaban, Dvorak in Grob, 2004; Ripani in sod., 2008; Kellis, Adamou, Tziliou in Emmanouilidou, 2008), vendar slabo povezani z rezultati radiografa, zato je veljavnost metode vprašljiva (Ripani in sod., 2008).

■ Sklep

Drža telesa je skupek položajev vseh sklepov in se neprestano spreminja. Da bi preprečili prekomerne spremembe drže (funkcionalne motnje ali deformacije), je pomembno, da jo redno spremljamo. Za to potrebujemo ustrezno metodo, ki

se izbere glede na zastavljene cilje. Držo velike skupine ljudi bomo preventivno spremljali s kliničnim opazovanjem, za katerega ne potrebujemo pripomočkov. Če bomo hoteli naše ugotovitve potrditi, jih bomo izmerili z enostavnimi pripomočki (na primer gibljivim ravnilom, inklinometrom, goniometrom, skoliometrom). Ti služijo za grobo potrditev nepravilnosti, njihova veljavnost pa je vprašljiva. Ljudi s težavami z držo bomo slikali z natančnimi, a invazivnimi radiološkimi metodami, ki omogočajo pogled v notranjost telesa. Predvsem pri otrocih, ki potrebujejo pogostejša slikanja in je invazivnost radioloških metod še bolj moteča, bomo uporabili druge slikovne metode. Z njimi sicer ne vidimo v notranjost telesa, pridobimo pa natančen 3D model človekove drže, iz katerega so dobro vidne tudi funkcionalne deformacije, ki jih vse radiološke metode ne zaznajo. Če nas bo zanimala predvsem lega delov telesa, ne pa toliko oblika telesa, bomo uporabili metode, ki uporabljajo elektronske senzorje, s katerimi bomo lahko izvajali tudi gibalne analize ali trening drže.

Pregled bo pomagal ciljnim uporabnikom v športu in športni medicini izbrati ustrezno metodo, ki jim bo pomagala pri izdelavi programov preventivne ter korekcijske vadbe. Ker je v članku predstavljen le grob pregled metod, bi bile za natančnejše informacije potrebne dodatne raziskave in medsebojne primerjave posameznih metod.

■ Viri

- Amendt, L. E., Aulsebrook, K. L., Eybers, J. L., Wadsworth, C. T., Nielsen, D. H., & Weinstein S. L. (1990) Validity and reliability testing of the Scolometer. *Phys Ther*, 70(2), 108–117.
- Berryman, F., Pynsent, P., Fairbank, J., & Disney, S. (2008). A new system for measuring three-dimensional back shape in scoliosis. *Eur Spine J*, 17(5), 663–672.
- Brumagne, S., Lysens, R., & Spaepen, A. (1999). Lumbosacral repositioning accuracy in standing posture: a combined electrogoniometric and videographic evaluation. *Clinical Biomechanics*, 14(5), 361–363.
- Crawford, R. J., Price, R.I., & Singer, K.P. (2009). The effect of interspinous implant surgery on back surface shape and radiographic lumbar curvature. *Clinical Biomechanics*, 24(6), 467–472.
- Daruwalla, J. S., & Balasubramaniam, P. (1985). Moiré topography in scoliosis. Its accuracy in detecting the site and size of the curve. *J Bone Joint Surg Br*, 67(2), 211–213.
- Drerup, B., & Hierholzer, E. (1994). Back shape measurement using video rasterstereography and three-dimensional reconstruction of spinal shape. *Clinical Biomechanics*, 9(1), 28–36.
- Dunk, N. M., Chung, Y. Y., Compton, D. S., & Callaghan, J. P. (2004). The reliability of quantifying upright standing postures as a baseline diagnostic clinical tool. *J Manipulative Physiol Ther*, 27(2), 91–6.
- Dunleavy, K., Mariano, H., Wiater, T., & Goldberg A. (2010). Reliability and minimal detectable change of spinal length and width measurements using the Flexicurve for usual standing posture in healthy young adults. *J Back Musculoskeletal Rehabil*, 23(4), 209–14.
- Funatomi, T. (2007). *Three dimensional shape modeling of human body in various postures by light stripe triangulation*. Doctoral dissertation, Kyoto: Kyoto University, Graduate School of Informatics.
- Funatomi, T., Iiyama, M., Kakusho, K., & Minoh M. (2009). Distortion Correction for 3D Scan of Trunk Swaying Human Body Segments. *Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis*, 7(4), 51–61.
- Gadotti I. C., & Biasotto - Gonzalez D. A. (2010). Sensitivity of clinical assessments of sagittal head posture. *J Eval Clin Pract*, 16(1), 141–4.
- Gissot, A. S., Barbieri, G., Iacobelis, M., Paindavoine, M., & Pérennou, D. (2007). Measuring trunk orientation with a CMOS camera: Feasibility and accuracy. *Gait & Posture*, 26(4), 603–606.
- Goh, S., Price, R. I., Leedman, P. J., & Singer, K. P. (2000). A comparison of three methods for measuring thoracic kyphosis: implications for clinical studies. *Rheumatology*, 39, 310–315.
- Greendale, G. A., Nili, N. S., Huang, M. H., Seeger, L., & Karlamangla, A. S. (2010). The reliability and validity of three non-radiological measures of thoracic kyphosis and their relations to the standing radiological Cobb angle. *Osteoporos Int*, v tisku.
- Hackenberg, L., Hierholzer, E., Pözl, W., Götze, C., & Liljenqvist, U. (2003). Rasterstereographic back shape analysis in idiopathic scoliosis after posterior correction and fusion. *Clin Biomechanics*, 18(10), 883–9.
- Hansson, G. A., Asterland, P., Holmer, N. G., & Skerfving, S. (2001). Validity and reliability of triaxial accelerometers for inclinometry in posture analysis. *Med Biol Eng Comput*, 39(4), 405–13.
- Harrison, D. E., Harrison, D. D., Colloca, C. J., Betz, J., Janik, T. J., & Holland, B. (2003). Repetability over time of posture, radiograph positioning, and radiograph line drawing: an analysis of six control groups. *Journal of*

- Manipulative and Physiological Therapeutics*, 26(2), 87–98.
18. Herman, S., Antolič, V., Pavlovčič, V. in Srakar F. (2006). *Ortopedija*. Ljubljana: samozaložba.
 19. Janik, T. J., Harrison, D. E., Cailliet, R., Harrison, D. D., Normand, M. C., & Perron, D. L. (2007). Validity of a computer postural analysis to estimate 3-dimensional rotations and translations of the head from three 2-dimensional digital images. *J Manipulative Physiol Ther*, 30(2), 124–129.
 20. Kamal, S. A. (2008). Pattern Recognition using Moiré Fringe Topography and Raster-stereography. V *Proceedings of the International Symposium on Biometrics and Security Technologies (IEEE ISBAST 2008)*. Islamabad, Pakistan: Bahria University.
 21. Kellis, E., Adamou, G., Tziliou, G., & Emmanouilidou M. (2008). Reliability of spinal range of motion in healthy boys using a skin-surface device. *J Manipulative Physiol Ther*, 31(8), 570–6.
 22. *Laserski sistemi za merjenje 3D oblike teles in njihove aplikacije* (2010). Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Katedra za optodinamiko in lasersko tehniko. Pridobljeno 25. 8. 2010 iz http://www.lakos.fs.uni-lj.si/dodiplomski/fms1/Materiali_0809/predstavitev-Triangulacije.pdf
 23. Mannion, A. F., Knecht, K., Balaban, G., Dvorak, J. & Grob, D. (2004). A new skin-surface device for measuring the curvature and global and segmental ranges of motion of the spine: reliability of measurements and comparison with data reviewed from the literature. *Eur Spine J*, 13(2), 122–136.
 24. Niekerk, S. M., Louw, Q., Vaughan, C., Grimmer-Somers, K., & Schreve, K. (2008). Photographic measurement of upper-body sitting posture of high school students: a reliability and validity study. *BMC Musculoskelet Disord*, 20, 9–113.
 25. Nussbaumer, S., Leunig, M., Glatthorn, J. F., Stauffacher, S., Gerber, H., & Maffioletti N. A. (2010). Validity and test-retest reliability of manual goniometers for measuring passive hip range of motion in femoroacetabular impingement patients. *BMC Musculoskelet Disord*. 11:194.
 26. Pazos, V., Cheriet, F., Danserau, J., Ronsky, J., Zernicke, R. F., & Labelle, H. (2007). Reliability of trunk shape measurements based on 3-D surface reconstructions. *Eur Spine J*, 16(1), 1882–1891.
 27. Pearsall, D. J., Reid, J. G., & Hedden, M. D. (1992). Comparison of Three Noninvasive Methods for Measuring Scoliosis. *Phys Ther*, 72(9), 648–657.
 28. PhotoModelerScanner (2010). Eos Systems Inc. Pridobljeno 16.8. 2010, iz <http://www.photomodeler.com/products/default.htm>
 29. Peterson, D. E., Blankenship, K. R., Robb, J. B., Walker, M. J., Bryan, J. M., Stetts, D. M., Mincey, L. M., & Simmons, G. E. (1997). Investigation of the Validity and Reliability of Four Objective Techniques for Measuring Forward Shoulder Posture. *The Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 25(1), 34–42.
 30. Plamondon, A., Delisle, A., Larue, C., Bro-uillette, D., McFadden, D., Desjardins, P., & Larivière, C. (2007). Evaluation of a hybrid system for three-dimensional measurement of trunk posture in motion. *Appl Ergon*, 38(6), 697–712.
 31. Porto, F., Gurgel, J. L., Russomano, T., & Fari-natti Pde, T. (2010). Moiré topography: characteristics and clinical application. *Gait Posture*, 32(3), 422–4.
 32. Pownall, P. J. & Moran, R. W. & Stewart, A. M. (2008). Consistency of standing and seated posture of asymptomatic male adults over a one-week interval: A digital camera analysis of multiple landmarks. *International Journal of Osteopathic Medicine*, 11(2), 43–51.
 33. Prushansky, T., Ezra, N., Kurse, N., Man, L. & Schneiderman, Y. (2008). Reproducibility of sagittal pelvic tilt measurements in normal subjects using digital inclinometry. *Gait Posture*, 28(3), 513–6.
 34. Ripani, M., Di Cesare, A., Giombini, A., Agnel-lo, L., Fagnani, F., & Pigozzi, F. (2008). Spinal curvature: comparison of frontal measurements with the Spinal Mouse and radiographic assessment. *J Sports Med Phys Fitness*, 48(4), 488–94.
 35. Schwenzer-Zimmerer, K., Haberstock, J., Kovacs, L., Boerner, B. I., Schwenzer, N., Juergens, P., Zeihofer, H. F. & Holberg C. (2008). 3D surface measurement for medical application-technical comparison of two established industrial surface scanning systems. *J Med Syst*. 32(1), 59–64.
 36. *Skoliometer* (2010). National scoliosis foundation. Pridobljeno 5.8.2001 iz <http://www.scoliosis.org/store/skoliometer.php>
 37. Šarabon, N., Košak, R., Fajon, M. in Drakslar, J. (2005). Nepravilnosti telesne drže-mehanizmi nastanka in predlogi za korektivno vadbo. *Šport*, 53(1), 35–41.
 38. Teixeira, F. A., & Carvalho, G. A. (2007). Reliability and validity of thoracic kyphosis measurements using the flexicurve method. *Rev. bras. fisioter*, 11(3), Pridobljeno 8.8.2010 iz http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-35552007000300005&script=sci_arttext&lng=en
 39. Thompson, S. B., & Eales, W. (1994). Clinical considerations and comparative measures of assessing curvature of the spine. *J Med Eng Technol*. 18(4), 143–7.
 40. Trdič, J., Moravec Berger, D., & Pribaković Brinovc, R. (2010). *Zdravstveni statistični letopis, Slovenija 2009*. Ljubljana: Inštitut za varovanje zdravja republike Slovenije.
 41. Walford, A. (2010). *A New Way to 3D Scan (Photo-based Scanning Saves Time and Money)* (A White Paper), Eos Systems Inc. Pridobljeno 10.8.2010 iz <http://www.photomodeler.com/downloads/ScanningWhitePaper.pdf>
 42. Weiss, H. R., Dieckmann, J., & Gerner, H. J. (2003). The practical use of surface topography: following up patients with Scheuermann's disease. *Pediatr Rehabil*, 6(1), 39–45.
 43. Wong, W. Y., & Wong, M. S. (2008). Trunk posture monitoring with inertial sensors. *Eur Spine J*, 17(5), 743–753.
 44. Wong, W. Y., & Wong, M. S. (2008). Trunk posture monitoring with inertial sensors. *Eur Spine J*, 17(5), 743–753.
 45. Wong, Y. W., Wong, M. S., & Lo, H. K. (2007). Clinical applications of sensors for human posture and movement analysis: A review. *Prosthetics and Orthotics International*, 31(1), 62–75.
 46. Wu, S. K., Lan, H. H. C., Kuo, L. C., Tsai, S. W., Chen, C. L., & Su, F. C. (2007). The feasibility of a video-based motion analysis system in measuring the segmental movements between upper and lower cervical spine. *Gait & Posture*, 26(1), 161–166.

Ana Tratnik, prof. šp. vzg.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport,
Gortanova 22, 1000 Ljubljana
e-pošta: anci.tratnik@gmail.com