

Joca Zurc<sup>1</sup>

# Merjenje ustreznosti razvoja otrokove telesne drže

## *Measurement of Child's Body Posture Development*

---

### IZVLEČEK

---

**KLJUČNE BESEDE:** drža, hrbtenične krivine, fizikalna preiskava, mišice skeletne, biomehanika, otrok

Namen raziskave je bil proučiti obstoječe metode za ugotavljanje ustreznosti otrokove telesne drže na osnovi rezultatov doslej narejenih raziskav. V analizo smo vključili obstoječe domače in tuje raziskave v zadnjih tridesetih letih, ki so ugotavljale držo hrbtenice pri otrocih v razvojnem obdobju poznega otroštva. Študije smo iskali v mednarodnih bibliografskih bazah: COBISS/OPAC, Web of Science, PSYCIInfo, SPRINGER link in PubMed. Kriterij izbora vključenih metod v analizo je bila možnost ugotavljanja položaja hrbtenice z vidika simetrije oz. asimetrije hrbta. Ugotovili smo, da za merjenje ustreznosti položaja hrbtenice obstaja veliko različnih instrumentov, ki pa ne omogočajo odkrivanja morebitnih nepravilnosti v razvoju v zgodnji fazi. Sklepamo, da bo v prihodnje zasedala pomembno mesto pri zgodnjem odkrivanju asimetrije hrbta t. i. tenziomiografska metoda.

---

### ABSTRACT

---

**KEY WORDS:** posture, spinal curvatures, physical examination, muscle – skeletal, biomechanics, child

The purpose of our research was to analyze the existent methods for measurement of child's body posture development. The research was made on the basis of studies, which was in this research field already done in Slovenia and abroad in last thirty years. The research included existent studies, which evaluated the position of spine by child in late childhood. The studies concerned purpose of the research was searched in international bibliographic bases: COBISS/OPAC, Web of Science, PSYCIInfo, SPRINGER link in PubMed. In analysis were included methods for measurement back symmetry or asymmetry. We found out that there exist many different measuring instruments for the evaluation position of the spine. But these instruments don't make possibilities to diagnose incorrectness in back asymmetry in early stages. We suggested that tensiomyography method would take an important place in early discovering of back asymmetry in the future.

---

<sup>1</sup> Doc. dr. Joca Zurc, znan. sod., Inštitut za kineziološke raziskave, Znanstveno-raziskovalno središče Koper, Univerza na Primorskem, Garibaldijeva 1, 6000 Koper.

## UVOD

Najpogostejše telesne pomanjkljivosti, ki izstopajo zlasti v prvih letih šolanja, ko nastopi povečan obseg sedečih obveznosti ob hkratnem zmanjšanju gibalne aktivnosti v primerjavi s predšolskim, igrajočim se obdobjem, so slabe drže (1–5). Podatki, ki jih zbira, vodi in vzdržuje *Inštitut za varovanje zdravja RS* ter znotraj njega *Center za proučevanje zdravja in zdravstvenega varstva* (podatkovna zbirka primarnega zdravstvenega varstva šolskih otrok in mladine od 7. do 19. leta starosti; podatkovna zbirka o delu specialističnih ambulant; podatkovna zbirka o bolnišničnih obravnavah zaradi bolezni; evidenca zdravstveno vzgojne dejavnosti; kazalniki zdravstvenega stanja – zdravje za vse (HFA)), kažejo naslednje (6–8):

- slabih telesnih drž je pred vstopom v osnovno šolo okoli 10% (leta 2001 10,3%, leta 2002 9,3%), v kategoriji otrok od 7. do 19. leta starosti pa se dvigne proti 20,0% (leta 2001 jih je bilo 19,1%, leta 2002 pa 18,2%), pri čemer je odstotek otrok s slabo telesno držo nekoliko nižji v osnovni šoli (leta 2001 17,8%, leta 2002 17,3%), v primerjavi s srednjo šolo (leta 2001 20,3%, leta 2002 pa 18,8%);
- nakazanih deformacij hrbtenice je pred vstopom v osnovno šolo okoli 3% (leta 2001 3,2%, leta 2002 2,5%), v kategoriji otrok od 7. do 19. leta starosti pa se dvigne čez 8% (leta 2001 jih je bilo 8,1%, leta 2002 pa 8,5%), pri čemer je odstotek otrok z nakazano deformacijo hrbtenice vidno nižji v osnovni šoli (leta 2001 6,7%, leta 2002 7,1%), v primerjavi s srednjo šolo (leta 2001 10,3%, leta 2002 10,7%);
- naraščanje pojava deformacij hrbtenice s starostjo šolarjev (3% v prvem razredu, 11% v tretjem letniku srednje šole);
- izraženih deformacij hrbtenice je pred vstopom v osnovno šolo pod 1% (leta 2001 0,4%, leta 2002 0,3%), v kategoriji otrok od 7. do 19. leta starosti pa se dvigne na 2% (leta 2001 jih je bilo 2,1%, leta 2002 pa 2,0%), pri čemer je odstotek otrok z izraženo deformacijo hrbtenice vidno nižji v osnovni šoli (leta 2001 1,3%, leta 2002 1,2%), v primerjavi s srednjo šolo (leta 2001 3,1%, leta 2002 3,0%).

Po podatkih Statističnih zdravstvenih letopisov (6, 7) je prav tako razvidno, da se slabe

telesne drže že več let konstantno uvrščajo na prvo mesto med ocenjevanimi pomanjkljivostmi v otrokovem razvoju, pred motnjami ostrine vida in slabo prehranjenostjo. Prav tako narašča odstotek učencev s tovrstnimi razvojnimi pomanjkljivostmi narašča s povečevanjem šolskih let. Med spoloma ni statistično pomembnih razlik (9).

Podobno ugotavljajo tudi tuji avtorji. Kosinac (10) na populaciji splitskih otrok in mladine piše, da ima ob vpisu v prvi razred osnovne šole okoli 20% otrok eno od oblik nepravilne telesne drže, njihov odstotek pa se ob koncu osnovnošolskega izobraževanja dvigne nad 40%. Pri srednješolcih pa je ugotovil, da je deklic s slabo telesno držo 45,7%, dečkov pa 36,0% (11). Deformacije hrbtenice so se pojavljale pri 6,4% deklic in 8,0% dečkov, deklice so prednjačile v skolizi (43,6%), dečki pa v kifozi (44,7%).

Navedeni podatki so prav gotovo vredni pozornosti. Stanje na tem področju je zaskrbljujoče, glede na nakazani trend pa je pričakovati še njegovo poslabšanje. Zato velja posebno pozornost posvetiti predvsem zgodnjim odkrivanjem nepravilnosti v drži otroka, predvsem nepravilnostim v položaju hrbtenice kot osrednjem elementu telesne drže. Postavlja se vprašanje, s kakšnimi merilnimi instrumenti in metodami ugotoviti nepravilnosti v hrbtenici in njenem mišičju v čim zgodnejši fazi pojava, ko jih je še moč dokaj enostavno odpraviti.

## HRBTENICA IN HRBTNO MIŠIČJE

Pri pogledu od zadaj ali spredaj je hrbtenica ravna, pri pogledu s strani pa ima obliko dvojnega S. Krivine dajejo hrbtenici fleksibilno podporo in predstavljajo amortizer gibanja telesa. Prsna in križnična krivina sta primarni krivini, ki se razvijeta že v obdobju zarodka. Vratna in ledvena krivina sta sekundarni krivini. Vratna krivina se razvije pri vzdigovanju glave, ledvena pa šele pri hoji in pokončni drži (2). Razvoj hrbtenice je povezan z razvojem samih vretenc oz. s procesom nastajanja hrustančne hrbtenice. Dokler proces okostenitve še ni končan, fiziološke krivine še niso stabilne (pri ležanju se izgubijo), hrbtenica je izredno gibljiva. To pa tudi pomeni, da je otrok

v tem času pod močnim vplivom tako pozitivnih kot tudi negativnih dejavnikov, ki vplivajo na oblikovanje hrbtenice (12). Za razvoj hrbteničnih krivin je pomembno obdobje med desetim in dvanajstim letom, ker se takrat začne zmanjševati ledvena krivina. Razvoj hrbtenice in s tem tudi njenih krivin se končuje v adolescenci (13).

Giblјivost hrbtenice omogoča 24 gibljivih vretenc, medtem ko so križnična in trtična vretenca združena v trtico in križnico (2). Medvretenčne ploščice, ki so hkrati z večanjem vretenc proti spodnjemu delu hrbtenice čedalje debelejšje, predstavljajo 25 % celotne dolžine hrbtenice, kostni segmenti pa ostalih 75 % (14). Taka zgradba zagotavlja gibljivost hrbtenice, a hkrati tudi omogoča razvoj raznih nepravilnosti.

Telesna drža je nevro mehanski odgovor na ohranjanje ravnotežja (15). Stabilizacijska mehanizma hrbtenice sta hrbtenični sistem ligamentov in mišice. Med mišicami imajo pomembno vlogo in funkcijo zlasti mišice trupa, in sicer globoki ter površinski ekstenzorji in trebušne mišice ter koordinacija med njimi (16). Ena novejših biomehaničnih definicij stabilnosti hrbtenice opredeljuje hrbtne mišice kot aktivni sistem, ki deluje na pasivnega (vretenca, ploščice, vezi) in so pod upravljanjem živčnega sistema (2).

Zlasti pomembne so globoke hrbtne mišice, katerih osnovna naloga je uravnavanje pokončne drže in kontroliranje gibov hrbtenice. Te mišice so pomembne tudi pri izvedbi ekstremnih obremenitev, ki jih podpira hrbtenica (15, 17). Vsebujejo večinoma počasno krčljiva vlakna in kontrolirajo samo en sklep ter primarno s stabilizacijo sklepa preprečujejo gibanje, zato jih imenujemo tudi stabilnostne mišice (18). Globoke hrbtne mišice se raztezajo v različnem razponu od medenice do lobanje. Povezane so s togimi telesnimi deli in z lokalnimi mišicami ter ligamenti, ki so pripojeni na hrbtenico. Globoke mišice se delijo na tri skupine: površinsko ležeče globoke mišice (*musculus splenius cervicis*, *m. splenius capitis*), srednje ležeče globoke mišice (*m. erector spinae*) in globoko ležeče intrinzične mišice (npr. *m. transversospinalis*: *m. semispinalis*, *m. multifidus*, *m. rotatores*) (2, 17).

Med globokimi hrbtnimi mišicami sta za pokončno držo in vzdrževanje njenega ravno-

težja zlasti pomembna levi in desni *m. erector spinae*. Osnovna naloga mišičnega sistema *m. erector spinae* ali *mm. erectores trunci et capitis (sacrospinalis)* je vzravnavanje trupa in glave in je glavni ekstenzor hrbtenice. Sestavljajo ga številne mišice, ki so najkrepkejše v ledvenem in vratnem predelu (2, 19, 20). Skupna aktivacija *m. erector spinae* na obeh straneh telesa drži hrbtenico in glavo v pokončnem položaju, pri upognjenem hrbtu pa kontrolira gibanje pri postopnem raztegovanju mišičnih vlaken in tako razteguje hrbet. Pri enostranski aktivaciji *m. erector spinae* ta mišični sistem upogiba hrbtenico v eno stran (2, 17). Aktivnost *m. erector spinae* je pri vzdrževanju pokončne drže, v primerjavi z aktivnostjo drugih za položaj hrbtenice pomembnih mišic (npr. *m. gastrocnemius*, *m. tibialis*), največja (21–23).

Enostranska paraliza oz. asimetrija v moči *m. erector spinae* je vzrok za stransko najprej asimetrijo hrbta kot slabe telesne drže in kasneje tudi stransko deformacijsko ukrivljenost hrbtenice (11, 24–31). Longitudinalne raziskave so dokazale, da je najmočnejši napovednik pojavljanja skolioze ravno predhodno ugotovljena asimetrija hrbtnih mišic (30, 32, 33), pri čemer se izpostavlja zlasti vloga asimetrije mišic *m. erector spinae* (29).

Za razvoj hrbtenice so potrebni pravilno razvit skelet hrbtenice in udov, razvite mišice ob hrbtenici in živčevje s čutili. Če nastopi pomanjklјivosti na enem izmed njih, pride do pojava slabe telesne drže. Ob slednjem pa je temeljno vprašanje, s kakšnimi merilnimi metodami in instrumenti lahko nepravilnosti v položaju hrbtenice odkrijemo v čim zgodnejši fazi, ko jih je mogoče še dokaj enostavno odpraviti. To predstavlja v raziskovanju velik izziv, saj je telesna drža vsakega posameznika specifična glede na preplet mišično-skeletnega, osrednje-živčnega in osebnostrnega vidika, ki sooblikujejo njeno stanje.

## MERJENJE OTROKOVE TELESNE DRŽE

### Metodologija pregledne študije

V analizo smo vključili raziskave, ki se ukvarjajo z analizo uspešnosti obstoječih metod za ugotavljanje pojavljanja slabih drž in raziskave, ki uporabljajo kakšno izmed teh metod za

zbiranje podatkov, ki so potrebni pri obravnavi drugega problema (npr. ugotavljanje deleža gibalne aktivnosti na razvoj telesne drže). Kot kriterije vključitve določene metode v analizo smo uporabili:

- možnost odkrivanja asimetrije v položaju hrbtenice,
- prisotnost metode v raziskovanju v zadnjih tridesetih letih in
- prisotnost metode v slovenskem prostoru.

Analiza dosedanjih raziskav dostopnih v mednarodnih bibliografskih bazah COBISS/OPAC, Web of Science, PSYCIInfo, SPRINGER link in PubMed v obdobju zadnjih trideset let nam je pokazala, da je za merjenje iste značilnosti otrokovega razvoja, telesne drže, na voljo več različnih metod.

### **Analiza metod ugotavljanja prisotnosti asimetrije hrbta in hrbtnih mišic**

Najstarejša in danes najpogosteje uporabljena metoda za diagnozo odstopanj v položaju hrbtenice je tako pri nas kot v tujini metoda kliničnega pregleda ali t. i. vidna metoda, ki je v Sloveniji najbolj množičen način ocenjevanja razvoja otrokove hrbtenice v organiziranih zdravstvenih službah pri rednih sistematskih pregledih.

### **Vidna metoda**

Pri vidnem ocenjevanju telesne drže pri sistematskih pregledih se ocenjuje skladnost v centilnem razredu, razvitost mišic, obliko prsnega koša, položaj ramen, lopatic in trupa, razvoj ramenskega obroča, nagib medenice, obliko trebuha, obliko fizioloških krivin hrbtenice, gibljivost v predklonu, zaklonu in odklonih (oddaljenost vrha sredinca od tal pri največjem možnem gibu), podoba zgornjih in spodnjih okončin, dolžino nog, stopnjo rotacije spodnjih okončin (ohlapnost oz. trdnost iliofemoralne vezi ob obratu v kolkih in v subtalarnem sklepu pri nespremenjenem položaju stopal glede na podporno ploskev) ter obliko stopal. Pomembno je, da ocenjevanje telesne drže poteka po določenem vrstnem redu ocenjevanja delov telesa, in sicer po zaporedju: položaj glave in vratu, oblika prsnega koša,

položaj ramen in lopatic, položaj medenice, oblika trebuha, položaj hrbtenice, oblika zgornjih oz. spodnjih okončin ter stopal (34–36). Navedeno vidno ocenjevanje je največkrat dopolnjeno z uporabo Adamovega testa predklona za natančnejšo oceno položaja hrbtenice. Otrok spusti glavo na prsi, roki pa mu prosto visita sklenjeni spredaj. V tem položaju se počasi pripogne naprej, pri čemer se hrbet izboči. Preiskovalec gleda hrbet od zadaj in od strani, da lahko določi asimetrijo in obliko grbe. Ko je otrok pripognjen naprej, se z zgornjim delom telesa nagne v levo in desno, da preiskovalec ugotovi rigidnost krivine. Pri mehkih, nenapredujočih krivinah se pri nagibu v smeri konveksnosti krivina poravna in rotacije izginejo.

Z vidnem presejalnim testom je otrokova telesna drža ocenjena glede na Nacionalni preventivni program (37, 38) do šolskega obdobja sedemkrat, v obdobju šolanja pa od 1. razreda dalje vsako drugo leto do zaključka univerzitetnega študija. Mladostniki, ki ne obiskujejo rednega šolanja, imajo sistematični pregled v 18. letu starosti. V primeru ugotovljenih akutnih pomanjkljivosti v razvoju sledijo kontrolni pregledi v časovnih razmikih od 6 do 12 mesecev. Po zadnjih analiziranih in dostopnih podatkih iz leta 2002 je bilo tako sistematično pregledanih 91,3 % malih šolarjev pred vstopom v šolo, 94,0 % osnovnošolcev 1. razreda, 90,5 % osnovnošolcev 3. razreda, 96,0 % osnovnošolcev 5. razreda in 95,8 % osnovnošolcev 7. razreda osemletke (6). Zato so strokovnjaki mnenja, da je večina slabih telesnih drž odkritih ravno z vidno metodo, ki se uporablja na presejalnih sistematičnih pregledih (8).

Obstaja več različic vidne metode. Raziskovalci Fakultete za telesno kulturo v Beogradu navajajo vidno ocenjevanje na osnovi simetričnosti kota med vratom in rameni, višini ramen in vrhov lopatic ter njihove medsebojne oddaljenosti, velikosti Lorenzovega trikotnika na obeh straneh telesa (trikotnik, ki ga zapirata nadlahtnica in podlahtnica z bočno stranjo telesa pri spuščeni rokah ob telesu), simetričnosti mišic, obliki hrbta in prsnega koša ter višini sedalne mišice (11).

Po metodi Napoleona Wolanjskega se vidna ocena zaključuje na osnovi seštevka naslednjih podatkov: ocene drže glave, drže ramen, drže

lopatic, razvitosti prsnega koša, odstopanja hrbtenice v frontalni ravnini, oblike trebuha, oblike nog, stopalnega loka, tipa drže telesa, oblike in izraženosti hrbtencičnih krivin v sagitalni ravnini. Če so posamezne analizirane komponente telesne drže v mejah kriterijev, gre za normalno stanje, ki se označi z znakom 0. Rahlo odstopanje se označi z - 1, izrazito odstopanje pa z - 2 (10).

S Kuturović - Jeričevićovo metodo (39) se ocenjujeta fiziološki krivini vratnega in križnega dela hrbtenice ter Lorenzov trikotnik. Merjenci, bosí in goli do pasu, so izmerjeni na sagitalni in frontalni ravnini hrbta. Morebitno asimetričnost med levo in desno stranjo telesa pokaže izmera Lorenzovega trikotnika.

Nekateri avtorji (34) opozarjajo, da je metodologija zgolj vidnega ocenjevanja dokaj subjektivna. Menijo, da se sicer vsi zdravniki pri tem ravnajo po enakih navodilih, vendar so rezultati njihovega ocenjevanja zelo različni. Delež ugotovljenih otrok s slabo telesno držo pri sistematskih pregledih se namreč med različnimi zdravniki giblje kar med 39 % in 75 %. To kaže na subjektivnost vidnega načina ocenjevanja, ki pa se mu je moč izogniti samo z uporabo matematične formule in z računalniško statistično obdelavo podatkov. Vzrok za to je treba iskati tudi v dejstvu, da zdravniki na podlagi kliničnega pregleda samo z vidno metodo težko odkrijejo funkcionalne pomanjkljivosti v položaju hrbtenice, saj jih otrok s hoteno mišično kontrakcijo med ocenjevanjem lahko popravi, njegova drža je ocenjena kot dobra. To je po Srakarju (36) zlasti problem pri odkrivanju pojava stranskih krivin v obliki dolge, blago potekajoče izbočenosti, običajno levo konveksno. Taka stranska ukrivljenost hrbtenice še ne pomeni deformacije na rebrih in rotacije vretenc ter zato izgine pri stoji na eni nogi ali v predklonu. Posledica navedenega je, da se hrbtina asimetrija odkriva, ko že prestopi v fazo strukturnih deformacij na okostju. Vidna metoda tako največkrat ne omogoča vpogleda v najzgodnejše pomanjkljivosti v razvoju položaja hrbtenice.

Dosedanje analize veljavnosti vidne metode so tudi pokazale, da ocenjevalčeva pozornost pri vidnem ocenjevanju položaja hrbtenice ni vedno usmerjena na iste vidike preiskave, temveč stopajo v ospredje enkrat ene in drugič druge smeri opazovanja, kar je posledica

subjektivnih kriterijev vidnega ocenjevanja položaja hrbtenice in s tem različnih razlag dobljenih rezultatov. Dvorakova (40) je analizirala objektivnost in notranjo veljavnost treh vidnih metod za ocenjevanje telesne drže za katere velja, da so zaradi enostavnosti primerne za ocenjevanje večjih skupin otrok, in sicer: Klein-Thomasovo vidno metodo, Mathiasov test (stoja z iztegnjenimi rokami) ter test specifičnih nepravilnosti položaja hrbtenice (vidno ocenjevanje povečanih ali pomanjšanih krivin in asimetričnosti). Čeprav so med seboj različne po izvedbi, pa imajo obravnavane vidne metode dokaj enostaven način zbiranja podatkov ter vse ocenjujejo položaj glave, ramen in lopatic, obliko prsnega koša, obliko trebuha, hrbtencične krivine in dve tudi položaj nog. Temeljno vprašanje raziskave je bilo, kolikšno težo imajo v končni oceni telesne drže posamezne ocenjevane enote oz. koliko vplivajo na njeno objektivnost. Izkazalo se je, da sta pri tem ne glede na uporabljeno vidno metodo izjemno pomembna dejavnika, ki vplivata na končno oceno drže, oblika trebuha in položaj lopatic. Postopek vidnega ocenjevanja pri otrocih pa dodatno otežuje še njihova nezmožnost, da bi dlje časa obdržali stabilen položaj in natančno izpolnjevali ocenjevalčeva navodila med merjenjem. Vse to kaže, da imajo vidni testi zaradi svoje natančnosti dokaj nizko veljavnost, zanesljivost, objektivnost in občutljivost ocenjevanja otrokove drže.

### **Dopolnitev vidnega ocenjevanja drže z instrumenti**

Ker se zdravniki kot tudi raziskovalci na tem področju zavedajo subjektivnosti uporabe zgolj vidne ocene, izvajajo še dodatne meritve z merilnimi pripomočki, ki jih je mogoče enostavno in hitro uporabiti. Tipični instrumenti za merjenje telesne drže so inklinometer, svinčnica, centimetrski trak, deščica za podlaganje, dermograf in kobra.

Inklinacijski kot medenice je dopolnilna metoda pri ugotavljanju stanja položaja hrbtenice in se da objektivno, hitro in enostavno ugotoviti z metodo za merjenje nagiba medenice. Upošteva se dve lahko določljivi točki, sprednji zgornji rob simfize in sredina črte, ki veže zadnji zgornji iliakalni spini. Kot, ki ga oklepa daljica med tema dvema točkama

z njeno projekcijo na horizontalno ravnino, je kot nagiba medenice. Nagib se določi z inklinometrom. Pri novorojencu je nagib medenice 0°, pri sedemletnem otroku 25°, v desetem ali enajstem letu starosti pa je že dokončen in znaša za ženske 28° in za moške 31° (36).

Svinčnica je pripomoček za ugotavljanje in merjenje fizioloških krivin hrbtenice v sagitalni in frontalni ravnini, in je ob vidni metodi med najpopularnejšimi pripomočki za ocenjevanje položaja hrbtenice, še zlasti ker je zaradi enostavnosti primerna za pregled večjih skupin preiskovancev. S svinčnico se določa tudi projekcija težiščnice telesa, ki poteka navpično skozi težišče, ki leži tik pred drugim križnim vretencem. V anteroposteriorni projekciji je svinčnica pri ustrezni telesni drži enako oddaljena od obeh stopal, v stranski projekciji pa mora obstati tik pred stranskim gležnjem.

Meritev s svinčnico poteka tako, da ocenjevalec stoji ob boku merjenca, ki stoji vzravnano, s stopali skupaj in iztegnjenimi koleno. Svinčnica, viseča od sredine zatilja navzdol, se dotakne najbolj izbočenega dela prsne hrbtenice in trtice. V tem položaju se izmeri razdalja od vrvice grezila do hrbtenice v vratnem in ledvenem delu. Če je razdalja v vratnem delu večja od 35 mm, kaže na kifotično držo oz. povečano prsno krivino hrbtenice, če je razdalja v ledvenem delu večja od 45 mm, pa kaže na lordotično držo oz. povečano ledveno krivino hrbtenice (10). Ustreznost fizioloških krivin v frontalni ravnini se ugotavlja s svinčnico, spuščeno preko trnastih nastavkov hrbtenice (označenih z dermografom), pri čemer je dovoljeno odstopanje do 10°. Zanesljivost merjenja s svinčnico je preverjal Kristan (41). Ugotovil je, da je koeficient zanesljivosti za vratni del 0,18 in za ledveni del 0,47, kar je pod normativnimi vrednostmi dobrega merilnega instrumenta. Burian (42) navaja naslednje dejavnike, ki lahko povzročijo nezanesljivost merjenja s svinčnico:

- različni nagibi telesa pri posamezniku,
- meritev traja dlje in merjenec spremeni svojo držo, preden se svinčnica umiri,
- pravilno nastavitve svinčnice večkrat ovirata zaklonjeni ali povešeni položaj glave in nazaj pomaknjena zadnjica,
- pri končni oceni se ne upošteva posameznikove višine oz. dolžine hrbtenice.

Da bi zmanjšali pomanjkljivosti meritev s svinčnico, so položaj hrbtenice proti koncu 20. stoletja pogosto merili s t. i. metodo kobro, pripomočkom iz plastične ovojnice in svinčnega jedra, dolžine 60 do 80 cm in kvadratnega prereza 1 × 1 cm. Avtorja te metode sta Hunebelle in Damoiseau (43). Merjenje poteka tako, da ocenjevalec, ki stoji ob strani pokončno stoječega merjenca, prisloni kobro vzdolž njegove hrbtenice tako, da pride kobrini orientacijska točka 0 (2 cm od konca kobre) na vrh sedmega vratnega vretenca. Nato zdrsne z desno roko vzdolž hrbtenice, da merilo dobi njeno obliko. Oblikovano kobro prime s palcem in kazalcem na točki, ki označuje vrh ledvenega dela križnice, in jo prenese na milimetrski papir na vodoravni podlagi. Pomembno je, da kobra pri prenosu ne spremeni oblike. Na milimetrskem papirju, kjer mora biti orientacijska točka 0 na isti črti kot vrh križnice, nato ocenjevalec do natančnosti 1 mm odčita podatek za globino loka prsne hrbtenice oz. razdaljo od vrha kobrinedga loka do navpičnice, ki je hkrati tetiva loka. Na enak način odčita še globino loka ledvene hrbtenice. Kobro kot metodo za merjenje sagitalne zakrivljenosti hrbtenice sta pri nas uporabila Kristan (43) in Burian (42, 44) v dveh doslej največjih raziskavah sagitalne zakrivljenosti hrbtenice.

Burian je opozorila, da je treba pri merjenju s kobro upoštevati tudi posameznikovo telesno višino (42, 44). Ugotovila je, da imajo osebe z različno telesno višino in enakim kotom globine sagitalne zakrivljenosti hrbtenice pravzaprav različno zakrivljeno hrbtenico v sagitalni ravnini. Tako je na primer pri visokorasli postavi razdalja, ki predstavlja globino hrbteničnega loka, dokaj velika in kaže na precejšnjo zakrivljenost hrbtenice, ki pa je v resnici lahko povsem normalna.

Merjenja hrbtenice v čelni ravnini in s tem ugotavljanja možne asimetrije hrbta pa kobra ne omogoča.

Vidna metoda ocenjevanja položaja hrbtenice kot tudi njeno ocenjevanje z merilnimi pripomočki temeljita na podatkih pri statični drži hrbtenice. Držo pa je mogoče ocenjevati tudi v dinamičnem položaju med telesnim gibanjem, pri čemer se kaže položaj telesnih segmentov, akcija mišic in motorične sposobnosti (18).

Ocenjevanje v dinamični drži pogosto poteka s pomočjo t. i. hrbtno-mišičnih funkcionalnih testov, ki vključujejo teste izometrične in izokinetične moči trupa, teste dviganja, teste statične vzdržljivosti hrbta ipd. Vendar pa je bilo v dosedanjih raziskavah dokazano, da navedeni testi ne prinašajo enakovrednih ugotovitev o ustreznosti položaja hrbtenice. Ocene različnih hrbtno-mišičnih funkcionalnih testov namreč šibko korelirajo med seboj, kar pomeni, da ti testi, podobno kot pri vidni metodi, merijo različne funkcije hrbtenice (45-47).

Ropponenin in sodelavci (48) so na vzorcu 122 enojajčnih in 131 dvojajčnih dvojčkov, starih od 39 do 69 let, ugotovili, da razlike v rezultatih hrbtno-mišičnih funkcionalnih testov izvirajo iz različnih dejavnikov (dednih in okoljskih), ki vplivajo na izvedbo določene motorične naloge. Pri mišičnem testu dviganja se je na primer individualno okolje pokazalo kot zelo pomemben dejavnik, ki vpliva na rezultat, medtem ko je bil genski vpliv na rezultat pri tem testu minimalen; nekaj podobnega so ugotovili tudi pri testu statične vzdržljivosti hrbta. Večji vpliv genskih dejavnikov v primerjavi z vplivom okolja pa so ugotovili pri testu izokinetične sile dviganja in dela. Vse to kaže, da vsi mišični testi ne merijo enakih značilnosti delovanja hrbtnih mišic, kar je vsekakor potrebno upoštevati pri izbiri testa za ocenjevanje položaja hrbtenice in njegovi interpretaciji.

Dvorakova (40), ki je raziskovala telesno držo pri otrocih pred vstopom v osnovno šolo, je ugotovila, da mišični testi niso primerni za meritve na predšolskih otrocih in mlajših šolarjih zaradi specifičnosti njihove telesne rasti in razvoja, ki pripeljeta do velikih individualnih razlik med merjenji.

Da testi moči ne pojasnjujejo in ne napovedujejo stopnje ukrivljenosti hrbtenice, je ugotovil tudi Kristan (43), ko je stopnjo povezanosti med antero-posteriorno zakrivljenostjo hrbtenice v prsnem in ledvenem delu proučeval na podlagi moči in nekaterih vzdolžnih mer telesa. Velikost pojasnjene variance stopnje zakrivljenosti hrbtenice je bila v obeh delih z uporabljeno baterijo testov moči izredno majhna. Kot pomembnejši dejavnik pri pojasnitvi stopnje antero-posteriorne zakrivljenosti hrbtenice se je pokazala vzdolžna dimenzija trupa, pri kateri je ocenjevalec upošteval absolutno zakrivljenost hrbtenice.

Mišični testi, pa čeprav z enostavnim ročno oprejemljivim dinamometrom, ki meri izokinetično mišično silo, so časovno in izvedbeno zahtevni. Izometrične in izokinetične metode merjenja mišičnih skupin tudi ne morejo biti uporabljene pri meritvi tistih skupin, ki so prešibke, da bi premagale silo težnosti (47, 49). Zato je odprto vprašanje, ali je sploh mogoče z mišičnimi testi dovolj zgodaj ugotoviti nepravilnosti v asimetriji hrbtnih mišic. V dostopni literaturi nismo našli nobene večje študije z reprezentativnimi rezultati, ki bi proučevala problem hrbtne asimetrije z mišičnimi testi.

Postavlja se vprašanje o novih metodah ocenjevanja asimetrije hrbta z vidika razvosti hrbtnih mišic. Vidna metoda namreč tudi ob uporabi predstavljenih enostavnih merilnih instrumentov ne omogoča odkrivanja nepravilnosti v najzgodnejši fazi, ko se šele pojavijo. Slednje morajo biti namreč že do določene mere razvite, če naj bodo vidne s prostim očesom. Kot kažejo študije, obstoječi mišični testi niso primerni, zlasti ne za raziskave na otrocih (40). Zato se odpira potreba po odkrivanju novih metod za ocenjevanje ustreznosti telesne drže, ki bi temeljile na ugotavljanju mišičnega neravnotežja ter bi njegovo prisotnost zaznale v čim zgodnejši razvojni fazi. Eden izmed takih pristopov je prav gotovo inovativna, neinvazivna metoda tenziomiografije (50, 51).

### **Merjenje biomehanskih značilnosti hrbtnih mišic z metodo tenziomiografije**

Ena izmed možnosti za razvoj novih, preciznejših, zanesljivejših, veljavnejših in objektivnejših metod za merjenje položaja hrbtenice se odpira tudi z meritvami značilnosti sestave hrbtnih mišic, ki imajo pomembno vlogo pri vzdrževanju pokončne drže. V tem okviru je zlasti zanimiv za proučevanje mišični sistem *m. erector spinae*. S proučevanjem razlik v razvoju teh mišic med dominantno in nedominantno stranjo telesa (gledano z vidika dominantne roke na telesu) je možno ugotoviti hrbtno asimetrijo.

Po pregledu rezultatov dosedanjih raziskav, v katerih so raziskovalci proučevali položaj hrbtenice na osnovi meritev hrbtnih mišic, smo ugotovili, da gre pri njih predvsem za

ugotavljanje moči, hitrosti in vzdržljivosti hrbtnih mišic, največkrat *m. erector spinae*. Vse troje je povezano z ugotavljanjem prisotnosti vlaken tipa I, tj. oksidativnih vlaken, ki so odporna proti utrujenosti (52). Za ustrezen položaj hrbtenice pa ni dovolj samo njena ustrezna sestava, ampak tudi, da je enakovredna na obeh straneh hrbtenice. Pomembna je uravnoteženost moči, hitrosti in vzdržljivosti mišic na levi in na desni strani hrbta. Če uravnovešeni ni, govorimo o asimetriji hrbta ali o asimetriji obravnavanih hrbtnih mišic.

V literaturi (18, 53–55) smo naleteli na poudarek, kako pomembno je ocenjevanje simetrije hrbtnih mišic za ugotavljanje ustreznosti položaja hrbtenice in s tem čim bolj zgodnje odkrivanje nepravilnosti, preden se razvijejo v hujše in s tem težje ozdravljive oblike. Norris (18) piše, da je glavni vzrok za pojav neustreznega položaja hrbtenice ne glede na obliko (skoliotična, kifotična, lordotična drža) ravno asimetrija hrbtnih mišic oz. tako imenovano mišično neravnotežje hrbta. Ocena ustreznosti telesne držbe bi tako morala temeljiti na oceni ustreznosti oz. morebitnih sprememb v dolžini mišic na levi in desni oz. dominantni in nedominantni strani (glede na ročnost) telesa. Ocena asimetričnosti hrbtnih mišic je tako prvi podatek, ki ga lahko uporabimo za preveritev mišičnega neravnotežja. O asimetriji hrbtnih mišic kot napovedniku za pojav skolize govori več raziskovalcev (11, 24–33).

Vprašanje pa je, na kakšen način ugotavljati ustreznost položaja hrbtenice z vidika funkcije hrbtnih mišičnih struktur, zlasti *m. erector spinae*.

Skupina raziskovalcev (27) je doslej tudi pri nas z nevrofiziološko analizo oz. natančneje z refleksološkimi testi iskala vzrok za nastanek asimetrije v posledici neravnotežja obhrbteničnih mišic. Ugotavljali so tudi razliko med vzdraženostjo globokih in povrhnjih obhrbteničnih mišic na konveksni in konkavni strani skoliotične krivine. Vzdraženost so pojmovali kot posledico povečanega tonusa mišic, ki ga pri vzdrževanju ravnotežja povzroči neprestana obremenjenost mišic na eni strani hrbta zaradi skoliotične krivine.

Enega izmed novih tehničnih postopkov za pridobivanje objektivnih informacij o značilnostih hrbtnih mišic predstavlja tudi metoda tenziomiografije, prvotno namenjena prou-

čevanju sestave skeletnih mišic, ena izmed redkih metod merjenja hrbtnih mišic in to na neinvaziven način. Razvita je bila v Laboratoriju za biomedicinske oslikave in biomehaniko mišic na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani in predstavlja eno izmed temeljnih področij dela Laboratorija za bioelektromagnetiko (56).

Tenziomiografija temelji na merjenju radialnega odmika trebuha mišice in omogoča analizo krčljivostnih lastnosti skeletnih mišic (57–62). Ko se mišica pod vplivom električnega dražljaja koncentrično skrči, se zaradi ohranitve volumna odebeli. Odebelitev trebuha mišice zazna senzor premika, ki je z začetnim pritiskom prislonek na kožo nad merjeno mišico. Na osnovi rezultatov tenziomiografije lahko pri mišicah sklepamo o vsebnosti vlaken tipa I (59). Vlakna tipa I se namreč počasneje (parameter Tc) in z zakasnitvijo (parameter Td) odzivajo na električne dražljaje in so bolj odporna proti utrujenosti. Odstotek mišičnih vlaken tipa I, ki je bil ugotovljen s histokemično analizo, je statistično pomembno povezano z dviznim časom tenziomiografskega mišičnega odgovora, ki je večji pri počasnih mišicah in manjši pri hitrih. Obstaja tudi statistično pomembna povezava med časom zakasnitve oz. časom odziva na električni dražljaj in povprečno vsebnostjo vlaken tipa I. Obe korelaciji dokazujeta, da obstaja zveza med vsebnostjo mišičnih vlaken tipa I in rezultati meritev tenziomiografije (59, 62, 63). Ob meritvi para mišic (npr. *m. erector spinae*) na dominantni in nedominantni strani hrbta lahko rezultate primerjamo in preverimo večje ali manjše razlike v razvitosti mišic ter s tem sklepamo o možnem pojavu simetrije oz. asimetrije med njima.

Raziskava Kerševanove (64) je na podlagi biomehanskega in mioelektričnega odziva *m. biceps brachii* pri človeku potrdila, da je signal tenziomiografije v določenih okoliščinah linearen signalu M-wave, pridobljenemu z metodo elektromiografije (EMG). Ponovljivost metode tenziomiografije ustreza kriteriju ponovljivosti merilnih metod na področju bioloških sistemov (pod 30-odstotna variabilnost, po zadnjih ugotovitvah celo pod 10-odstotna), zato jo priporočajo za ocenjevanje števila, vrste (vzdraženosti) in velikosti motoričnih enot v opazovani mišici. Tenziomiografija ima



tudi kar nekaj prednosti pred ostalimi metodami, ki proučujejo biomehanske značilnosti skeletnih mišic, in sicer preprosto uporabo, manjše motnje signala s šumi, selektivnost (koaktivacija sosednjih mišic ima manjši vpliv na rezultate merjenja v primerjavi z uporabo mehanske oporne metode s pritiskom ali metode navora); predvsem pa neinvazivna merska tehnika tenziomiografskih meritev v primerjavi s histokemično analizo veliko manj prizadene elastičnost kit, ligamentov, serialnih elementov ter povzroča manjše trenje sklepov (62). Veljavnost metode je s testi na različnih mišicah raziskoval tudi Šimunič (60). Opravil je standardizacijo kritičnih parametrov merjenja ter priporočil, da mora tenziomiografske meritve izvajati izkušena oseba, ker je to prvi korak k manjši variabilnosti rezultatov. Z upoštevanjem standardizacije kritičnih parametrov, ki jih je postavil, pa po njegovem lahko zmanjšamo variabilnost metode pod 5 %.

Doslej je bila metoda tenziomiografije kot način zgodnjega odkrivanja asimetrije hrbtnih mišic že uporabljena v raziskavi J. Zurc (51). V izvirni raziskavi, opravljeni v okviru doktorske disertacije, je raziskovalka na vzorcu 222 desetletnih otrok povprečne starosti 10,5 leta  $\pm$  6 mesecev prvotno ugotavljala odnos med gibalno aktivnostjo in (a)simetrijo *m. erector spinae*. V okviru te raziskave je proučevala tudi stopnjo in smer pojavnosti asimetrije *m. erector spinae* na izbranem vzorcu merjencev. Na osnovi informacij o biomehanskih značilnostih merjenih mišic, pridobljenih s tenziomiografsko meritvijo, je izračunala dva indeksa asimetričnosti, in sicer glede na smer asimetrije (vrednost dominantne *m. erector spinae* deljeno z vrednostjo nedominantne *m. erector spinae*) in stopnjo asimetrije (višja vrednost deljeno z nižjo vrednostjo dominantne oz. nedominantne *m. erector spinae*). Ugotovila je, da ima največ merjencev (71,8 %) simetrijo *m. erector spinae*, čeprav se na proučevanem vzorcu pojavljajo tudi blaga, večja in izrazita asimetrija *m. erector spinae*. Asimetrijo je imelo skupaj 24,15 % merjencev, od tega izrazito asimetrijo 4,05 % merjencev. Med deklicami in dečki ni bilo ugotovljenih statistično pomembnih razlik. Med pomembnejšimi dosežki avtoričine raziskave je tudi ugotovitev, da sta ROHR indeks (telesna masa (kg) / telesna višina (m)<sup>3</sup> (65))

in telesna masa statistično pomembno povezana z indeksom stopnje asimetričnosti časa odziva (Td) ter z indeksom stopnje asimetričnosti maksimalnega odmika trebuha mišice (Dm). Zato je potrebno pred kakršnim koli nadaljnjim raziskovanjem najprej izločiti moteče vplive navedenih antropometrijskih mer.

Pri vrednotenju in uporabi kakršne koli merilne metode je nujno poznati tako njene prednosti kot pomanjkljivosti. Tako je tudi pri merilni metodi tenziomiografije potrebno imeti v uvidu, da gre za metodo, ki je v svojem razvoju še mlada in se nenehno razvija ter izpopolnjuje. Zato velja dosedanje ugotovitve vsekakor upoštevati tako pri njenem nadaljnjem razvijanju kot pri pridobivanju podatkov za analiziranje biomehanskih lastnosti skeletnih mišic. Na osnovi dosedanjih izsledkov in prednosti, ki jih ima metoda tenziomiografije pri merjenju hrbtnih mišic, korelacij rezultatov z vsebnostjo vlaken tipa I ter s tem zgodnjim ugotavljanjem asimetrije hrbta, je nujno potrebno metodo tenziomiografije dalje razvijati tudi v ta namen. Njeni dosedanja rezultati in izsledki kažejo na izjemno velik pomen, ki ga ima pri proučevanju skeletnega mišičja, zlasti na področju proučevanja oz. zgodnjega odkrivanja slabih položajev hrbtenice v čelni ravnini in s tem t. i. funkcionalnih stranskih krivin hrbtenice.

### **Analiza primerjav vseh obravnavanih metod merjenja otrokove telesne drže**

Z namenom objektivnega pregleda in možnosti hitre primerjave med obravnavanimi metodami za merjenje otrokove telesne drže smo najpomembnejše značilnosti posameznih zgoraj predstavljenih metod združili v tabeli 1. Pri tej analizi smo se osredotočili na značilnosti metod, kot so verodostojnost, objektivnost in zanesljivost merjenja ter možnost uporabe na merjencih (velikost vzorca, starost, čas merjenja, neinvazivnost).

### **ZAKLJUČEK**

Namen naše študije je bil s pregledom dosedanjih raziskav analizirati verodostojnost, objektivnost, zanesljivost in primernost uporabe obstoječih metod za ocenjevanje otrokove telesne drže, s poudarkom na položaju hrb-

Tabela 1. Združena analiza primerjav obravnavanih metod merjenja otrokove telesne drže.

Metoda merjenja otrokove telesne drže	Verodostojnost	Objektivnost merjenja	Uporabnost
Vidna metoda	Srednja (ne omogoča zgodnjega odkrivanja asimetrije)	Majhna, kriteriji ocenjevanja in rezultat so v pomembni meri odvisni od ocenjevalca	Velika, omogoča uporabo na večjih skupinah merjencev (uporabljena pri sistematskih pregledih)
Inklinometer	Srednja (pomožna metoda)	Velika	Velika (hitro in enostavno merjenje)
Svinčnica	Srednja (nizka zanesljivost merjenja)	Majhna zanesljivost, pod normativnimi vrednostmi (neupoštevanje dolžine hrbtenice)	Velika, zelo primerna za velike skupine merjencev (enostavno merjenje)
Kobra	Majhna (slabo ugotavlja asimetrijo hrbta)	Dobra	Velika
Mišični testi	Majhna (slabo ugotavljajo asimetrijo hrbta)	Majhna, zlasti pri mlajših šolarjih zaradi velikih individualnih razlik v razvoju in rasti	Majhna, časovno in izvedbeno zahtevni testi
Tenziomiografija (merjenje značilnosti hrbtnih mišic)	Velika (zgodnje odkrivanje asimetrije, analiza vlaken tipa I)	Objektivnost in zanesljivost merjenja velika	Velika, prenosljiva oprema za merjenje omogoča merjenje na terenu, neinvazivna metoda

tenice. Na osnovi pregleda obstoječih in najpogosteje uporabljenih metod za ocenjevanje drže ugotavljamo, da je še veliko raziskovalnih izzivov, tako pri izboljševanju obstoječih metod in odpravljanju njihovih pomanjkljivosti kot pri razvijanju novih, objektivnejših in informativnejših merilnih metod ter pripomočkov za ugotavljanje neustreznosti v položaju otrokove hrbtenice.

Ugotovili smo, da imajo dosedanje metode ugotavljanja nepravilnosti, kot so najpogosteje uporabljena vidna metoda in njeno verodostojnejše ocenjevanje z merilnimi pripomočki, kot so svinčnica, kobra, inklinometer in mišični testi določene omejitve v postopku presejalnega zgodnjega odkrivanja nepravilnosti v razvoju hrbtenice in hrbtne mišičja (18, 34, 40–42, 45–47). Edina danes znana metoda, ki omogoča natančno razmejevanje funkcionalnih krivin od strukturnih deformacij na okostju, je rentgensko diagnosticiranje,

ki pa ne omogoča ugotovitve nepravilnosti, preden pride do strukturnih sprememb (66).

Nove možnosti zgodnjega odkrivanja nepravilnosti v položaju hrbtenice, zlasti asimetrije hrbtnih mišic, se odpirajo z razvojem nove metode, tenziomiografije, ki meri značilnosti mišic selektivno in na neinvaziven način ter je zato zelo primerna za izvedbo raziskav na otrocih. Rezultati kažejo primerenost predlagane metode za pridobivanje novih specifičnih znanj o funkciji in delovanju skeletnega mišičja pri človeku (60, 62–64, 67, 68). S primerjavo mišičnih vlaken tipa I med dominantno in nedominantno stranjo hrbta pa lahko odkrijemo asimetrijo v zgodnji fazi veliko prej, preden je vidna s prostim očesom, na rentgenski sliki ali izmerjena s svinčnico. Nadaljnji razvoj tovrstnih metod za ocenjevanje ustreznosti razvoja otrokove drže pomeni korak naprej v znanosti pri zgodnjemu odkrivanju ortopedskih težav.

## LITERATURA

- Gallahue DL, Ozmun JC. Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults. New York: McGraw-Hill Higher Education; 2002.
- Moore KL, Dalley AF. Clinically oriented Anatomy. 4th ed. Baltimore, Maryland: Lippincott Williams & Wilkins; 1999.
- Papalia DE, Olds SW, Feldman RD. Human Development. New York: McGraw-Hill; 2003.
- Baltes PB. Theoretical propositions of life-span developmental psychology: On the dynamics between growth and decline. *Developmental Psychology* 1987; 23 (5): 611–26.
- Haywood KM, Getchell N. Lifespan Motor Development. Canada: Human Kinetics; 2001.
- Moravec Berger D, Pribaković Brinovec R, Urdih Lazar T, et al, eds. Zdravstveni statistični letopis, Slovenija 2002. Ljubljana: Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije; 2004.

7. Moravec Berger D, ed. Zdravstveni statistični letopis, Slovenija 2001. Ljubljana: Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije, Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije; 2003.
8. Bracar P. Kako poskrbeti za zdravje šolarjev: tiskovna konferenca – Slovenija gre v šolo. Ljubljana: Center za promocijo zdravja pri Inštitutu za varovanje zdravja Republike Slovenije; 2003. Pridobljeno 18. 1. 2005 s svetovnega spleta: [http://www.sigov.si/ivz/osebna/centri/c\\_prouc\\_zdravja.htm](http://www.sigov.si/ivz/osebna/centri/c_prouc_zdravja.htm)
9. Jurčič M, Arko U. Obremenitev šolarjev osnovnih šol z delom za šolo in vpliv na njihovo zdravstveno stanje. In: Novak, ed. Obremenitve osnovnošolcev: Posledice in vzroki. Radovljica: Didakta; 1995. p. 87–98.
10. Kosinac Z. Nepravilna tjelesna držanja djece i omladine: Simptomi, prevencija i vježbe. Split: Sveučilište u Splitu, Fakultet prirodoslovno matematičkih znanosti i odgojnih područja u Splitu, Zavod za fizičku kulturu; 1992.
11. Kosinac Z. Paramorphic and dysmorphic changes of the thorax and of the thoracic spine in secondary school pupils. *Kinesiology* 2003; 35 (2): 155–67.
12. Cemič A. Motorika predšolskega otroka. Ljubljana: Dr. Mapet; 1997.
13. Stokes IAF, Gardner-Morse M. Quantitative anatomy of the lumbar musculature. *Journal of Biomechanics* 1999; 32 (3): 311–16.
14. Guyton AS. Medicinska fiziologija. Beograd, Zagreb: Medicinska knjiga; 1989.
15. Enoka RM. Neuromechanical Basis of Kinesiology: Second Edition. United States of America: Human Kinetics; 1994.
16. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine: Function, dysfunction, adaptation and enhancement. *Journal of Spinal Disorders* 1992; 5 (4): 383–89.
17. Staubesand J, ed. Atlas of Human Anatomy: Volume 2: Thorax, Abdomen, Pelvis, Lower Limbs. Munich, Vienna, Baltimore: Urban & Schwarzenberg; 1989.
18. Norris CM. Back stability. ZDA: Human Kinetics; 2000.
19. Sinelnikov RD. Atlas anatomii človeka: Tom 1: Učenje o kostjah, sustavah, svjazkah i miščah. Moskva: Medicina; 1978.
20. Köpf-Maier P, ed. Wolff-Heidegger's Atlas of Human Anatomy. Volume 1: Systemic Anatomy, Body Wall, Upper and Lower Limbs. Basel: Karger; 2004.
21. Soames RW, Atha J. The role of the antigravity musculature during quiet standing in man. *European Journal of Applied Physiology* 1981; 47 (2): 159–167.
22. Williams HG, McClenaghan B, Ward DS. Duration of muscle activity during standing in normally and slowly developing children. *American Journal of Physical Medicine* 1985; 64 (4): 171–89.
23. Pocajt M, Širca A. Anatomija in fiziologija za medicinske šole. Ljubljana: Državna založba Slovenije; 1998.
24. Grieve DW. Paravertebral muscles and posture. In: Zorab PA, ed. Scoliosis and Muscle. Philadelphia: JB Lippincott; 1974. p. 37–45.
25. Pečak F. Študij nevmuskularnih mehanizmov pri bolnikih s skoliozo. Doktorska disertacija. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta; 1976.
26. Trontelj JV, Pečak F. Asymmetric segmental hypotonia of paravertebral muscles – a pathogenetic mechanism of scoliosis. *Zdravstveni vestnik* 1980; 49 (3): 131–3.
27. Gregorič M, Pečak F, Trontelj JV, et al. Postural control in scoliosis: A statokinesimetric study in patients with scoliosis due to neuromuscular disorders and patients with idiopathic scoliosis. *Acta Orthopædica Scandinavica* 1981; 52 (1): 59–63.
28. Basmajian JV, De Luca C. Muscles Alive: Their Functions Revealed by Electromyography. London, Sydney: Williams & Wilkins; 1985.
29. Chiu JC. Morphological studies on the erector spinae muscle in sixty consecutive scoliotic patients. *Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi* 1988; 62 (12): 1163–75.
30. Jaremko JL, Poncet P, Ronsky J, et al. Indices of torso asymmetry related to spinal deformity in scoliosis. *Clinical Biomechanics* 2002; 17 (8): 559–68.
31. Avikainen VJ, Rezasoltani A, Kauhanen HA. Asymmetry of paraspinal EMG-time characteristics in idiopathic scoliosis. *Journal of Spinal Disorders* 1999; 12 (1): 61–7.
32. Valentino B, Maccauro L, Mango G, et al. Electromyography for the investigation and early diagnosis of scoliosis. *Clinical Anatomy* 1985; 7 (1): 55–9.
33. Nissinen M, Heliövaara M, Seitsamo J, et al. Trunk asymmetry, posture, growth, and risk of scoliosis: A three-year follow-up Finnish prepubertal school children. *Spine* 1993; 18 (1): 8–13.
34. Vodnjov M. Preventiva slabih drž šolskih otrok. *Zdravstveno varstvo* 1990, 29 (1/3): 31–2.
35. Srakar F. Ortopedski problemi hrbtenice v rasti in razvoju. In: Popovič J, ed. 1. ortopedski dnevi: Zbornik predavanj za zdravnike splošne medicine. Ljubljana: Univerzitetna ortopedska klinika; 1983. p. 11–4.
36. Srakar F. Ortopedija. Žalec: Sledi; 1994.
37. Navodilo za izvajanje preventivnega zdravstvenega varstva na primarni ravni. Uradni list Republike Slovenije 1998; št. 19/98: 1253–82.
38. Pravilnik za izvajanje preventivnega zdravstvenega varstva na primarni ravni. Uradni list Republike Slovenije 2003; št. 37/03: 4333.

39. Koturović L, Jeričević D. Korektivna gimnastika. Beograd: Sportska knjiga; 1990.
40. Dvorakova H. Preschool children's body posture: The diagnostic quality of field methods and internal validity of their parical items [Telesna drža otrok v predšolskem obdobju: metode za ocenjevanje telesne drže in notranja veljavnost posameznih enot]. In: Pišot R, Štemberger V, eds. *Otrok v gibanju: Zbornik prispevkov 2. mednarodnega znanstvenega posveta [A Child in Motion: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Symposium]*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta; 2002. p. 16–9.
41. Kristan S. Primerjava učinkovitosti plavanja in korektivne gimnastike pri odpravljanju povečane torakalne krivine hrbtenice. Magistrska naloga. Ljubljana: Visoka šola za telesno kulturo; 1970.
42. Burian M. Sagitalna zakrivljenost prsnega in ledvenega dela hrbtenice v povezavi z nekaterimi motoričnimi sposobnostmi ter morfološkim in osebnostnimi lastnostmi 11- in 13-letnih učencev in učenec. Magistrska naloga. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport; 1996.
43. Kristan S. Neke relacije med stopnjo zakrivljenosti hrbtenice v sagitalni ravnini ter nekaterimi spremenljivkami moči in antropometrijskimi spremenljivkami. Doktorska disertacija. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za telesno kulturo; 1976.
44. Burian M. Basic assessment of the sagittal chest and pelvic spinal curvature and its correlation with motor abilities, morphologic and personality characteristics of 11 and 13 year-old female and male pupils. In: Pavlovič M, ed. *Zbornik III. mednarodnega simpozija Šport mladih [Proceedings: III. International Symposium Sport of the Young]*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport; 1998. p. 312–6.
45. Gibbons LE, Latikka P, Videman T, et al. The association of trunk muscle cross-sectional area and magnetic resonance image parameters with isokinetic and psychophysical lifting strength and static back muscle endurance in men. *Journal of Spinal Disorders* 1997; 10 (5): 398–403.
46. Hupli M, Sainio P, Hurri H, et al. Comparison of trunk strength measurements between two different isokinetic devices used at clinical settings. *Journal of Spinal Disorders* 1997; 10 (5): 391–7.
47. Backman E. Methods for measurement of muscle function: Methodological aspects, reference values for children, and clinical applications. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 1988; 20 (Suppl.): 9–95.
48. Ropponen A, Levälähti E, Videman T, et al. The Role of Heredity and Environment on Three Back Muscle Function Tests. In: Donne B, Mahony NJ, eds. *Proceedings of the International Sports Medicine Conference*. Dublin: Trinity College; 2001.
49. Ludtke R, Kunz B, Seeber N, et al. Test-retest-reliability and validity of the kinesiology muscle test. *Complementary Therapies in Medicine* 2001; 9 (3): 141–5.
50. Pišot R, Zorc J, Djordjević S, et al. Movement/sports activity and changes of the muscle erector spinae in the third-class-primary-school pupils. *Kinanthropologica* 2003; 39 (2): 39–54.
51. Zorc J. Povezanost med gibalno aktivnostjo in simetrijo hrbtnih mišic erector spinae pri desetletnih otrocih. Doktorska disertacija. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport; 2005.
52. Bravničar - Lasan M. Fiziologija športa – harmonija med delovanjem in mirovanjem. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Inštitut za šport, Viharnik; 1996.
53. Meigen C, Hermanussen M. Automatic analysis of longitudinal growth data on the website willi-will-wachsen.de. *Homo-Journal of Comparative Human Biology* 2003; 54 (2): 157–61.
54. Durdle NG, Soonawalla T, Raso VJ, et al. Local energy of back symmetry in scoliosis. *Studies in Health Technology and Informatics* 2002; 91: 194–8.
55. Kalamkarova MB, Samosudova NV, Pavlova MN, et al. Structural and biochemical investigation of scoliosis muscles. *Biofizika* 1979; 24 (1): 104.
56. Laboratorij za bioelektromagnetiko. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani; 2004. Pridobljeno 4. 12. 2004 s svetovnega spleta: <http://lbm.fe.uni-lj.si>
57. Knez N, Valenčič V, Burger H, et al. Ponovljivost merjenja odzivov skeletnih mišic z merilnikom odmikov. In: Zajc B, Solina F, eds. *Zbornik tretje elektrotehniške in računalniške konference*. Ljubljana: Slovenska sekcija IEEE; 1994. p. 340–3.
58. Valenčič V, Knez N. Measuring of skeletal muscle's dynamic properties. *Artificial Organs* 1997, 33 (3): 240–2.
59. Dahmane R, Valenčič V, Knez N, et al. Evaluation of the ability to make non-invasive estimation of muscle contractile properties on the basis of the muscle belly response. *Medical & biological engineering & computing* 2001; 39 (1): 51–5.
60. Šimunič B. Analiza variabilnosti odzivov skeletnih mišic na električno stimulacijo. Magistrska naloga. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko; 2001.
61. Šimunič B, Žagar T, Valenčič V. Vpliv izbire merilne točke na variabilnost merjenja odziva trebuha skeletne mišice kot odziva na električno stimulacijo. In: Zajc B, ed. *Zbornik enajste mednarodne elektrotehniške in računalniške konference*. Ljubljana: Slovenska sekcija IEEE; 2002. p. 325–8.
62. Dahmane R, Djordjević S, Šimunič B, et al. Spatial fiber type distribution in normal human muscle: histochemical and tensiomyographical evaluation. *Journal of Biomechanics* 2005; 12 (38): 2451–9.

63. Jarc A, Kerševan K, Petrovič S, et al. Merjenje in analiza biomehanskih lastnosti skeletnih mišic. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Fakulteta za šport; 1999.
64. Kerševan K. Primerjava biomehanskega in mioelektričnega odziva mišice biceps brachii pri človeku. Magistrska naloga. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko; 2002.
65. National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). Pridobljeno 14. 2. 2005 s svetovnega spleta: <http://www.cdc.gov/nchs/nhanes.htm>
66. Gorenšek M. Slaba drža in skolioza. In: Kržišnik C, Battelino T, eds. Izbrana poglavja iz pediatrije: Tuberkuloza; Normalni in moteni psihosocialni razvoj; Ortopedski problemi. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Katedra za pediatrijo; 2002. p. 100–5.
67. Pišot R, Valenčič V, Šimunič B. Influence of biomechanical properties of particular skeletal muscles on child motor development. *Annales, Series Historia Naturalis* 2002; 12 (1): 99–106.
68. Pišot R, Kerševan K, Djordjevič S, et al. Differentiation of skeletal muscles in 9-year-old children. In: Milano-  
vić D, Prot F, eds. *Kinesiology: New Perspectives. Proceedings Book of the 3rd International Scientific Conference*. Zagreb: Faculty of Kinesiology, University of Zagreb; 2002. p. 716–20.

Prispelo 20. 10. 2006