

Estudi de validació d'un instrument d'avaluació postural (SAM, *spinal analysis machine*)

ÀNGELA OLARU^{A,B}, JOAN PARRA FARRÉ^C I RAMON BALIUS^{D,E}

^ADC, BSc, South Western University of Health Sciences.

^BAlumna de postgrau de la Universitat Internacional de Catalunya (UIC).

^CLeitat.

^DConsell Català de l'Esport. Barcelona.

^EClínica F. FIATC.

RESUM

Introducció: La posició bípeda és controlada pel sistema nerviós central, que recluta articulacions, lligaments, tendons i músculs especialitzats, i assegura una oscil·lació corporal i una despesa energètica mínimes.

El desequilibri postural genera contraccions musculars compensatòries que alteren la biomecànica corporal i produeixen canvis degeneratius precoços i lesions de sobrecàrrega, especialment en la població practicant d'esport.

Les revisions posturals freqüents podrien detectar alteracions i ajudar a prevenir-ne les conseqüències duradores.

Objectiu: Valorar la fiabilitat intraobservador i interobservador de l'instrument d'avaluació postural SAM (*spinal analysis machine*), que consta d'una estructura metàl·lica amb dues balances per als peus, dues cintes mètriques, un fil vertical i tres d'horitzontals per mesurar la inclinació lateral del cos i l'altura dels mastoides, les espatlles i les crestes ilíiaques.

Subjectes i mètodes: Van participar-hi 21 jugadores de basquetbol d'edats compreses entre 14 i 15 anys, i 2 examinadors, que van fer 2 els mesuraments amb un interval de 7 dies.

Per a l'anàlisi estadística es va utilitzar la prova de la t d'Student per a variables numèriques emparellades i per a l'estudi de les variàncies es va utilitzar l'ANOVA.

Resultats: En l'anàlisi intraobservador no va haver-hi diferència significativa entre les dues lectures ($p < 0,05$); en l'anàlisi interobservador va haver-hi una diferència significativa entre les lectures dels paràmetres horitzontals, però no es va trobar diferència significativa entre els mesuraments de la distribució de pes i de la inclinació lateral del cos ($p < 0,05$).

Conclusió: Considerant la fiabilitat intraobservador i el seu cost relativament baix, el SAM es pot utilitzar clínicament per valorar la posició estàtica abans i després d'intervencions terapèutiques i per a estudis longitudinals.

PARAULES CLAU: Postura. Biomecànica. Fiabilidad. Evaluación postural.

ABSTRACT

Introduction: Standing posture is controlled by the central nervous system, which relies on the recruitment of joints, ligaments, tendons, and specialized muscles to ensure minimum body oscillation and energy expenditure.

Postural imbalance induces compensatory muscle contraction resulting in alteration of body biomechanics and a predisposition to early degenerative changes and overuse injuries, especially among the population practicing sports.

Frequent postural screenings could detect alterations and help to prevent often life-long consequences.

Objective: To assess the intra- and interobserver reliability of the spinal analysis machine (SAM), a simple portable postural screening instrument, consisting of a rectangular metal frame with bilateral electronic scales, two vertical measure tapes, and one vertical and three horizontal strings, measuring lateral body sway and the height of mastoids, shoulders and iliac crests.

Subjects and methods: Participants were 21 female basketball players aged between 14 and 15 years. Measurements were conducted by two observers, and were repeated after 7 days.

Statistical analysis was performed using a paired Student's t-test for repeated measures and analysis of variance (ANOVA) to assess reliability.

Results: Analysis of intraobserver reliability showed no significant differences between the two measurements in any of the parameters ($P < .05$). Analysis of interobserver reliability revealed a significant difference between the measurements of horizontal parameters but no significant differences between the measurements of lateral body sway and bilateral weight distribution ($P < .05$).

Conclusion: Given the intraobserver reliability and the relatively low cost of the SAM, this instrument could be clinically useful to screen static posture before and after therapeutic procedures. It could also be useful in longitudinal studies.

KEY WORDS: Posture. Biomechanics. Reliability. Spinal analysis.

INTRODUCCIÓ

La posició del cos

La posició relativa del cos (tronc, cap i extremitats) o postura en l'espai, que permet mantenir estable el centre de gravetat, minimitza l'efecte desestabilitzador de la força de gravetat. Dit d'una altra manera, la postura és el posicionament vertical del cos en contacte amb el sòl¹.

L'avaluació postural és una de les maneres més útils de valorar l'estat de salut global i s'ha de tenir en compte des de la infància per prevenir possibles trastorns importants en edat adulta².

En els humans, l'àrea de contacte amb el sòl, representada pels peus, és relativament petita i el centre de gravetat és relativament alt. En conseqüència, per garantir l'estabilitat en posició vertical, el cos disposa de mecanismes de *feedback* sensoriomotors de control postural que generen una torsió continuada correctiva, detectada pels sistemes oculo vestibular i propioceptius^{1,3}.

Els receptors de pressió situats a les plantes dels peus, els òrgans tendinosos de Golgi i els fusos musculars situats als músculs que mouen les articulacions amb càrrega (peus, turmells, genolls, malucs i sacroilíaqes i intervertebrals) són importants tant per a la propiocepció com per als reflexos medul·lars^{1,4}.

Els canvis posturals produïts pel desplaçament del centre de gravetat, bé per forces externes o per moviments deliberats, són controlats pels reflexos posturals.

El sistema vestibular informa el cervell a través dels conductes semicirculars sobre els canvis en la posició del cap, l'acceleració lineal i angular.

El seu objectiu és mantenir el cap recte respecte de la posició del cos (*head righting reflex*).

Aquesta informació es transmet als nuclis vestibulars al cervell mitjà, on s'integra amb la informació del moviment dels ulls i dels sensors propioceptius aferents de la musculatura i les vèrtebres cervicals (*neck reflexes*)¹. És important mantenir un perfecte control postural tant en les activitats diàries normals com en la pràctica esportiva.

Atès que els atletes utilitzen els sistemes osteomuscular i locomotor d'una manera molt intensiva, és lògic que necessitin un control postural perfecte.

Això garanteix una biomecànica craneoespinal correcta que minimitza l'efecte de la força de la gravetat i optimitza el funcionament del sistema nerviós central situat al crani i a la columna vertebral.

La simetria postural permet una millor eficàcia del *feedback* aferent i eferent, i per tant una neurofisiologia correcta tant osteomuscular com, indirectament, somatovisceral.

Com és lògic, una biomecànica espinal correcta només pot afavorir tant la funció pulmonar com la funció cardiovascular, sobretot en l'exercici físic intens.

Un estudi amb atletes d'elit durant entrenaments molt intensos va demostrar que aquests arriben sovint als límits mecànics dels pulmons i l'exercitació dels músculs de la respiració per poder produir ventilació alveolar, i ho aconsegueixen amb una considerable despesa metabòlica i només en condicions de requesta perfecta dels músculs respiratoris⁵.

Alteracions posturals

Alteracions posturals com un lleu augment de la cifosi dorsal o una lleu pèrdua de flexibilitat de la musculatura intercostal poden produir una lleu disminució de l'expansió de la caixa dorsal, essencial per a una respiració correcta⁶⁻⁸.

Les imperfeccions posturals, posicions incorrectes o asimètriques poden indicar defectes de tipus propioceptiu^{9,10}, visual^{11,12} o vestibular³.

El dèficit propioceptiu pot ser de tipus congènit o adquirit i sol verificar-se en les articulacions amb càrrega: peus, turmells, genolls, malucs o en la columna vertebral^{13,14}. Una vegada diagnosticats aquests defectes, es poden corregir amb intervencions terapèutiques específiques segons el cas. Els més freqüents solen ser dismetria de les cames¹⁵, recolzament plantar incorrecte¹⁰, inestabilitat lligamentosa posttrauma i asimetria vertebral (cifosi, lordosi, escoliosi)¹³. Aquests dèficits es corregeixen normalment, segons el cas, amb plantilles, exercicis de rehabilitació i teràpies manuals específiques que ajuden a millorar el moviment interarticular, tot estalviant mecanismes de *feedback* funcional compensatori que predisposa a lesions de tipus microtraumàtic o de sobrecàrrega, tan comunes en els atletes.

La posició erecta bipodal del cos humà depèn d'un control sensoriomotor complex i és un fenomen en moviment continu^{12,13} que difícilment es pot mesurar. En conseqüència, la investigació postural resulta molt difícil¹⁵⁻¹⁷.

En l'àmbit de la medicina esportiva es considera cada vegada més important la necessitat de prevenir lesions en els joves atletes mitjançant revisions freqüents i programes de prevenció i rehabilitació¹⁸⁻²⁷.

Predisposició a la lesió de les alteracions posturals

Alguns experts afirmen que l'examen físicoclinic de base, obligatori per a tots els esportistes, és una de les poques oca-

sions en les quals el clínic té l'oportunitat d'anticipar i prevenir activament lesions. Dissortadament, l'actual revisió mèdica esportiva posa més èmfasi en la valoració cardiorespiratòria que en la revisió postural, o en l'habilitat de l'atleta de caminar i córrer²⁸.

En conseqüència, aquest examen ha d'incloure una revisió osteomuscular, cardiovascular i psicològica completa²⁹⁻³².

Arran de les revisions mèdiques de base efectuades al centre de medicina esportiva de la Clínica Mayo, el 1998, amb la participació de 2.739 atletes joves, es van palesar els problemes osteomusculars més freqüents en aquest tipus de població.

L'estudi conclou que el component osteomuscular ha de ser una part important de l'avaluació de l'esportista, i per evitar i prevenir lesions proposa una valoració osteomuscular individual més exhaustiva, més freqüent i conduïda per personal qualificat³³.

Entre els factors de risc més probables que predisposen els atletes a lesions osteomusculars freqüents hi ha els déficits de propioceptivitat, la inestabilitat vertebral, la asimetria i el control postural incorrecte^{2,13,34-39}.

Un estudi recent de neurofisiologia ha demostrat que la compensació postural del cos davant d'una situació desestabilitzadora augmenta la rigidesa osteomuscular un terç més del que cal en els subjectes normals. Aquest fet és més evident si el subjecte pateix un déficit vestibular³.

Sobre la base d'aquesta conclusió, podem deduir que una alteració postural predisposa a un augment innecessari de rigidesa i, per tant, a la lesió.

Un altre estudi efectuat el 2001 en atletes d'elit, al Centre de Lesions Esportives de la Universitat de Limerick, a Irlanda, ha demostrat que la posició i la recuperació completa posttrauma són més significatives que la flexibilitat muscular i articular en la prevenció de les lesions⁴⁰.

Instruments de valoració postural

Com hem vist fins ara, és evident que tant per obtenir el màxim rendiment com per evitar lesions, cal revisar i corregir qualsevol desajust biomecànic, ni que sigui lleu i aparentment banal per a la posició i la locomoció.

La locomoció exigeix una coordinació permanent entre els sistemes que controlen la posició i els que produeixen el moviment voluntari. Això garanteix una situació correcta del centre de gravetat sobre la base de sustentació durant la propulsió^{41,42}.

Figura 1

Aquesta és la imatge ideal de la clàssica valoració postural mitjançant plomada ensenyada a totes les escoles de medicina, quiopràctica, osteopatia i fisioteràpia. A: posició vertical de la posició AP normal. B i D: posició ideal lateral. C: mitjana de posició lateral ideal.

Com és lògic, un control postural correcte implica una alineació correcta de la columna vertebral. Ens manquen instruments de mesurament de la posició, i els pocs que existeixen generen divergències quant als paràmetres indicatius d'una posició vertical normal i/o ideal¹⁷.

D'acord amb un estudi radiològic efectuat a 1.500 joves adults normals el 1975, Beck i Killius^{43,44} conclouen que hi ha només un tipus de columna ideal, tot descartant definitivament la teoria dels tipus constitucionals.

Aquesta teoria es basava en la creença que alguns déficits posturals, com la hipercifosi, (*round back*), la hipocifosi (*flat back*) o la hiperlordosi lumbar (*hollow back*), eren de tipus congènit o constitucional^{43,44}.

Hi ha una alineació vertical establerta estadísticament en joves adults normals (fig. 1)¹⁷.

La majoria d'estudis de recerca sobre la prevenció de les lesions esportives indiquen que calen nous mètodes d'avaluació i rehabilitació osteomuscular com a mesures profilàctiques vàlides en tots els esports^{23,24,28,45}.

Aquesta necessitat és més urgent en els esports d'alt risc, com futbol, rugbi, handbol, basquetbol, etc.^{25,46}. També es verifica en esports asimètrics de mala adaptació postural, com el tennis^{45,47}.

Alguns estudis revelen que les atletes tenen més risc que els atletes en els mateixos esports^{48,49}.

Actualment hi ha molts mètodes i instruments de valoració postural i establimetria⁵⁰⁻⁵⁵ més o menys sofisticats, utilitzats

sobretot en la clínica neurològica, ortopèdica^{18,50,56,57} i en laboratoris d'investigació biomecànica^{15,36,41,58-66}.

En medicina de l'esport calen nous protocols, mètodes i instruments d'estudi de l'estàtica i dinàmica osteomuscular per prevenir lesions, especialment si aquestes són per sobrecàrrega (*overuse injuries*)⁶⁷⁻⁶⁹.

En aquest context, fa falta un instrument senzill de revisió i avaluació postural global que permeti controls longitudinals.

Atès que la postura és la posició dinàmica, no estàtica del tronc, el cap i les extremitats, que està en adaptació constant i que se sustenta en un trípod en què les potes són la sinergia funcional propioceptiva, vestibular i visual, els paràmetres posturals resulten gairebé impossibles o molt difícils de mesurar^{3,9-12,70,71}.

L'única solució és trobar una tècnica d'avaluació que hi permeti una definició estàndard^{15,16}. Els estudis posturals fotogràfics^{72,73}, i sobretot el posturòmetre¹⁶, compleixen aquest propòsit.

OBJECTIU

Aquest estudi es proposa la validació intraexaminador i interexaminador del posturòmetre SAM (*spinal analysis machine*).

MATERIAL I MÈTODES

Es va sotmetre 21 joves atletes femenines, de 14 i 15 anys d'edat, a la valoració postural mitjançant un posturòmetre SAM (fig. 2).

Les dades es van registrar en un full de càlcul independent i introduïdes per un supervisor independent. La recollida de dades de cada examinador es va fer d'una manera independent; cada examinador ignorava les dades obtingudes per l'altre i viceversa (doble cec). Els mateixos mesuraments es van repetir al cap d'una setmana.

Es van aplicar proves estadístiques de fiabilitat de mesurament dels paràmetres posturals esmentats abans per cadascun dels examinadors a fi d'establir la reproductibilitat intraexaminador i interexaminador.

S'hi van recollir les dades següents:

1. Nivell de l'apòfisi mastoide esquerra (MAST E) (inshe).
2. Nivell de l'apòfisi mastoide dreta (MAST D) (inshe).
3. Inclínació vertical lateral del cos cap a l'esquerra (COS E) (inshe).

Figura 2.

Posturòmetre SAM. Es tracta d'un instrument portàtil de mesurament de simetria (o asimetria) postural i consisteix en una estructura (quadre) dotat de dues balances per als peus, dues cintes mètriques (sistema anglès) verticals d'ambdós costats, quatre fils, un vertical i tres horitzontals, i dues balances. Les balances serveixen per mesurar la distribució del pes del cos en bipedestació. El fil vertical mesura la inclinació del cos (de la columna) cap a la dreta o esquerra, mentre que els tres fils horitzontals mesuren la inclinació del cap (el nivell de les apòfisis mastoides) i de les espatlles (articulacions acromioclaviculars), i el nivell dels malucs (crestes ilíaqes).



4. Inclínació vertical lateral del cos cap a la dreta (COS D) (inshe).
 5. Nivell de l'articulació acromioclavicular esquerra (ESPATLLA E) (inshe).
 6. Nivell de l'articulació acromioclavicular dreta (ESPATLLA D) (inshe).
 7. Nivell de la cresta ilíaca esquerra (MALUC E) (inshe).
 8. Nivell de la cresta ilíaca dreta (MALUC D) (inshe).
 9. Pes del peu esquerre (PES E) (kg).
 10. PES del peu dret (PES D) (kg).
- 1 inshe: 2,54 cm.

ANÀLISI ESTADÍSTICA

Per establir la reproductibilitat intraobservador es van calcular les diferències entre els valors absoluts dels diversos observadors i els percentatges de la diferència anterior respecte del valor absolut de la primera lectura. Es van calcular les mitjanes per observador, la desviació estàndard (DE) i la mitjana de les mitjanes amb el màxim de les desviacions estàndards.

Per establir la reproductibilitat interobservador es van calcular els valors mitjans dels diversos observadors, el percentatge de la diferència entre les mitjanes dels diversos observadors respecte del valor de l'observador 1 i els valors absoluts de percentatge. Es va calcular la mitjana del valor absolut de la variació i la DE.

Per determinar la reproductibilitat sigui intraobservador o interobservador, es va utilitzar la prova de la *t* d'Student per a variables numèriques emparellades.

RESULTATS

Respecte de la reproductibilitat dels mesuraments intraobservador, les variacions observades quant a percentatge són baixes i, llevat dels valors dels paràmetres COS E/COS D, no arriben al 5% de variació en mitjana.

És important de destacar que malgrat que les variacions en el mesurament de la inclinació del cos són molt altes, això és pel fet que els valors són molt baixos i una petita variació correspon a un percentatge gran (taula I).

Quant als mesuraments interobservador, tant les variacions en percentatge com les seves DE no assoleixen el 5% de variació en mitjana, excepte en els casos del maluc i especialment del cos, que arran de la gran sensibilitat del mesurament mostren un percentatge molt alt (taula II). S'observen diferències significatives entre observadors en la lectura de 3 parells de paràmetres: MAST E/MAST D, ESPATLLA E/ESPATLLA D i MALUC E/MALUC D.

No es verifiquen diferències estadísticament significatives en la lectura dels paràmetres verticals: COS E/COS D i PES E/PES D (taula II).

DISCUSSIÓ

Tenint en compte els resultats de l'anàlisi estadística d'aquest estudi, es pot concloure que el posturòmetre SAM és un instrument d'avaluació postural excel·lent quan és utilitzat pel mateix observador i, en conseqüència, pot ser utilitzat en la pràctica clínica tant en medicina de l'esport com en la clínica diària.

Taula I.

Reproductibilitat dels mesuraments d'un mateix observador (com varia el resultat quan un mateix observador valora un mateix voluntari)

	Mitjana de les variacions en %	DE	t d'Student (emparellats)
MAST E	1,15	1,70	0,12 (b)
MAST D	0,80	0,76	0,07 (b)
COS E	23,32	36,66	0,09 (b)
COS D	16,88	41,26	0,24 (b)
ESPATLLA E	0,70	0,88	0,13 (b)
ESPATLLA D	0,92	2,65	0,26 (b)
MALUC E	1,61	1,71	0,08 (b)
MALUC D	1,42	2,14	0,75 (b)
PES E	4,73	6,06	0,77 (b)
PES D	4,75	4,41	0,40 (b)

b: sense diferències significatives entre les lectures de cada observador amb $p < 0,05$. Tampoc no s'observa significança en l'estudi de les variances per ANOVA.

Taula II.

Reproductibilitat dels mesuraments d'un altre observador (com varia el resultat quan un altre observador valora un mateix voluntari)

	Mitjana de les variacions en %	SD	t d'Student (emparellats)
MAST E	2,91	1,37	0,00 (a)
MAST D	2,47	1,63	0,00 (a)
COS E	62,99	51,50	0,08 (b)
COS D	36,77	47,22	0,20 (b)
ESPATLLA E	3,86	1,45	0,00 (a)
ESPATLLA D	3,87	1,50	0,00 (a)
MALUC E	9,12	5,36	0,00 (a)
MALUC D	9,45	5,19	0,00 (a)
PES E	3,38	2,37	0,17 (b)
PES D	3,47	2,56	0,91 (b)

a: diferència significativa entre observadors amb $p < 0,05$; b: sense diferència significativa entre observadors amb $p < 0,05$.

Mesuraments efectuats periòdicament pel mateix observador podrien controlar la asimetria postural i també incidir en un millor diagnòstic funcional, a més d'objectivar el resultat d'eventuals estratègies terapèutiques.

D'altra banda, el SAM es pot utilitzar (eliminant-ne els 3 fils horitzontals) en estudis longitudinals intraobservador i interobservador com la clàssica plomada, i complementar-la a més amb la doble balança, que, com hem vist, mesura la distribució bilateral del pes del cos.

Si objectivem una inclinació del cos mantinguda, associada a una asimetria de recolzament plantar, tindrem davant un desplaçament del centre de gravetat i és molt probable que totes les articulacions amb càrrega del costat respectiu (turmel·l, genoll, maluc, articulació sacroilíaca, articulacions intervertebrals de les últimes vèrtebres lumbars, com també els discos intervertebrals) augmentin el risc de lesions microtraumàtiques per sobrecàrrega.

Detectar sovint aquest tipus d'asimetria podria ajudar tant en la prevenció d'algunes lesions com per millorar el rendiment de l'esportista d'elit.

És evident que la simetria postural indica una bona integració sensomotora^{1,3}, la qual assegura una biomecànica vertebral i estabilitat osteomuscular correcta^{2,14} indispensable tant per a la prevenció de lesions atlètiques⁷⁴⁻⁷⁷ com per a la millora del resultat esportiu²⁷.

Contràriament, la asimetria postural indica la necessitat d'investigació diagnòstica específica tant en esportistes com en no practicants d'esports.

Com s'ha esmentat en la introducció, entre els factors causals de tipus osteomuscular més comuns, s'hi pot indicar un recolzament plantar incorrecte, dismetria de les cames, imperfeccions propioceptives posttrauma a les articulacions dels peus, turmel·ls, genolls, malucs, articulacions sacroilíacues o inestabilitat i asimetria vertebral. Alguns estudis relacionen la asimetria postural espinal amb una oclusió dental incorrecta⁶ o disfuncions temporomandibulars⁷⁷⁻⁸⁰.

És evident que per millorar el control postural calen intervencions qualificades multidisciplinàries.

Considerant l'estreta relació funcional entre la biomecànica vertebral i el sistema nerviós^{14,81}, resulta necessari que mantinguin una posició correcta tant la població practicant com la que no practica esports.

És lògic pensar que l'ús repetit del sistema osteomuscular per a l'obtenció de bons resultats esportius reclama unes avaluacions posturals més freqüents en la població practicant d'esport que no pas en la població que no en practica.

En conseqüència, calen altres estudis longitudinals més amplis per avaluar la asimetria postural, especialment en els esportistes d'elit.

CONCLUSIÓ

Com es pot comprovar amb els resultats estadístics d'aquest estudi, l'instrument d'avaluació postural SAM garanteix una bona reproductibilitat intraobservador, mentre que la reproductibilitat interobservador és només parcial.

S'ha verificat que la valoració interobservador és fiable no sols per al mesurament de la inclinació lateral del cos, sinó també per a la distribució del pes del cos.

En aquest sentit, creiem que el SAM és un bon instrument per al control de la repercussió de l'esport sobre l'aparell locomotor. Aquest fet és encara més categòric quan l'observador és el mateix, perquè llavors aquest instrument permet el control evolutiu de la repercussió o de les correccions terapèutiques que hi introduïm.

Atesa la fiabilitat en el mesurament de la inclinació i la distribució del pes en bipedestació del posturòmetre SAM, com també la facilitat d'ús i un cost relativament baix, aquest instrument podria utilitzar-se en estudis longitudinals de repercussió de l'activitat física sobre l'aparell locomotor.

Bibliografia

1. Greensstein B, Greenstein A. *Color Atlas of Neuroscience*. Stuttgart, New York: Thieme; 2000. p. 206-7.
2. Fialka-Moser V, Uher EM, Lack W. Postural disorders in children and adolescents. *Wien Med Wochenschr*. 1994;144: 577-92.
3. Peterka RJ. Sensorimotor integration in human postural control. *J Neurophysiol*. 2002;88:1097-18.
4. Biswas S, Rahana I. Lo esencial en el sistema musculoesquelético. Madrid: Harcourt Brace; 1999. p. 73-7.
5. Johnson BD, Saupe KW, Dempsey JA. Mechanical constraints on exercise hyperpnea in endurance athletes. *J Appl Physiol*. 1992;73:874-86.
6. Huggare J. Postural disorders and dentofacial morphology. *Acta Odontol Scand*. 1998;56:383-6.

7. Sharp JT, Goldberg NB, Druz WS, Danon J. Relative contributions of ribcage and abdomen to breathing in normal subjects. *J Appl Physiol.* 1975;39:608-18.
8. Roy AL, Keller TS, Colloca CJ. Posture-dependent trunk extensor EMG activity during maximum isometrics exertions in normal male and female subjects. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13:469-76.
9. Kavounoudias A, Roll JP. Foot sole and ankle muscle inputs contribute jointly to human erect posture regulation. *J Physiol.* 2001;532:869-78.
10. Roll R, Kavounoudias A, Roll JP. Cutaneous afferents from human plantar sole contribute to body posture awareness. *Neuroreport.* 2002;13:1957-61.
11. Rougier P, Zanders E, Borlet E. Influence of visual cues on upright postural control: differentiated effects of eyelids closure. *Rev Neuro.* 2003;159:180-8.
12. Ledin T, Odkvist LM. Visual influence on postural reactions to sudden antero-posterior support surface movements. *Acta Otolaryngol.* 1991;111:813-9.
13. Watson AW. Sports injuries in footballers related to defects of posture and body mechanics. *J Sports Med Phys Fitness.* 1995;35:289-94.
14. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *Journal of Spinal Disorders.* 1992;5:390-6.
15. Gurney B. Leg length discrepancy. *Gait&Posture.* 2002;15:195-206.
16. Vernon H. An assessment of the intra- and inter-reliability of the posturometer. *J Manipulative Physiol Ther.* 1983;6:57-60.
17. Harrison DE, Harrison DD, Troyanovich SJ, Harmon S. A normal spinal position: It's time to accept the evidence. *J Manipulative Physiol Ther.* 2000;23:623-44.
18. Dvorak J, Junge AJ, Chomiak J, Graf-Baumann T, Peterson L, Rosch D, et al. Risk factor analysis for injuries in football players. Possibilities for a prevention program. *Am J Sports Med.* 2000;28:S69-74.
19. Waller AE, Feehan M, Marshall SW, Chalmers DJ. The New Zealand Rugby. Injury and Performance Project: I. Desing and methodology of a prospective follow-up study. *Br J Sports Med.* 1994;28:223-8.
20. St John's Hospital, Livingston, West Lothian. A three year review of injuries to professional footballers (1995-98) and comparison with previous observations (1990-93). *Scott Med J.* 2000;45:17-9.
21. Damore DT, Metzl JD, Ramundo M, Pan S, Van Amerongen R. Patterns in childhood sports injury. *Pediatr Emerg Care.* 2003;19:65-7.
22. Dalton SE. Overuse injuries in adolescent athletes. *Sports Med.* 1992;13:58-70.
23. Weir MA, Watson AW. A twelve month study of sports injuries in one Irish School. *Ir J Med Sci.* 1996;165:165-9.
24. Belechri M, Petridou E, Kedikoglou S, Trichopoulos D. Sports injuries among children in six European union countries. *Eur J Epidemiol.* 2001;17:1005-12.
25. Parkkari J, Kujala UM, Kannus P. Is it possible to prevent sports injuries? Review of controlled clinical trials and recommendations for future work. *Sports Med.* 2001;31:985-95.
26. Troyanovich SJ, Harrison DE, Harrison DD. Structural rehabilitation of the spine and posture rationale for treatment beyond the resolution of symptoms. *J Manipulative Physiol Ther.* 1998;21:37-50.
27. Scott WA. Maximizing performance and the prevention of injuries in competitive athletes. *Curr Sports Med Rep.* 2002;1:184-90.
28. Harrison DE, Cailliet R, Harrison DD, Troyanovich SJ, Harrison SO. A review of biomechanics of the central nervous system. Part III: spinal cord stresses from postural loads and their neurological effects. *J Manipulative Physiol Ther.* 1999;22:399-410.
29. McKeag DB. Preseason physical examination for the prevention of sports injuries. *Sports Med.* 1985;2:413-31.
30. Hershman E. The profile for prevention of musculoskeletal injury. *Clin Sports Med.* 1984;3:65-84.
31. McKeag DB. Preparticipation screening of the potential athlete. *Clin Sports Med.* 1989;8:373-97.
32. Carek PJ, Hunter L. The preparticipation physical examination for athletics: a critical review of current recommendations. *J Med Liban.* 2001;49:292-7.
33. Smith J, Laskowski ER. The preparticipation physical examination: Mayo Clinic experience with 2,739 examinations. *Mayo Clin Proc.* 1998;73:419-29.
34. Granata KP, Wilson SE. Trunk posture and spinal stability. *Clin Biomech.* 2001;16:650-9.
35. Hennessey L, Watson AW. Flexibility and posture assessment in relation to hamstring injury. *Br J Sports Med.* 1993;27:243-6.
36. Alexander KM, LaPier TL. Differences in static balance and weight distribution between normal subjects and subjects with chronic unilateral low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;28:378-83.
37. Mayagoitia RE, Lotters JC, Veltink PH, Hermens H. Standing balance evaluation using a triaxial accelerometer. *Gait&Posture.* 2002;16:55-9.
38. Chiari L, Rocchi L, Cappello A. Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement. *Clin Biomech.* 2002;17:666-77.
39. Hawkins RD, Hulse MA, Wilkinson C, Hodson A, Gibson M. The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *Br J Sports Med.* 2001;35:43-7.
40. Watson AW. Sports injuries related to flexibility, posture, acceleration, clinical defects, and previous injury, in high-level players of body contact sports. *Int J Sports Med.* 2001;22:222-5.
41. Hasan SS, Robin DW, Szurkus DC, Ashmead DH, Peterson SW, Shiavi RG. Simultaneous measurement of body center of

- pressure and center of gravity during upright stance. *Gait&Posture*. 1996;4:1-10.
42. Maynard V, Bakheit AMO, Oldham J, Freeman J. Intrarater and inter-rater reliability of gait measurements with CODA mpx30 motion analysis system. *Gait&Posture*. 1997;5:178-9.
 43. Beck A, Killius J. Normal posture of spine determined by mathematical and statistical methods. *Aerospace Med*. 1973;44:1277-81.
 44. Beck A, Killius J. Analyse par computer de la statistique. *J Radiol Electrol Med Nucl*. 1975;56 Suppl:402-3.
 45. Kibler WB, McQueen C, Uhl T. Fitness evaluations and fitness findings in competitive junior tennis players. *Clin Sports Med*. 1988;7:403-16.
 46. Wedderkopp N, Kaltoft M, Lundgaard B, Rosendahl M, Froberg K. Prevention of injuries in young female players in European team handball. A prospective intervention study. *Scand J Med Sci Sports*. 1999;9:41-7.
 47. Kibler WB, Safran MR. Musculoskeletal injuries in the young tennis player. *Clin Sports Med*. 2000;19:781-92.
 48. Henry JC, Kaeding C. Neuromuscular differences between male and female athletes. *Curr Womens Health Rep*. 2001;1:241-4.
 49. Ireland ML. The female ACL: why is it more prone to injury? *Orthop Clin North Am*. 2002;33:637-51.
 50. Dao TV, Labelle FH, Le Blanc R. Intra-observer variability of measurement of posture with three-dimensional digitization. *Ann Chir*. 1997;51:848-53.
 51. Harrison DD, Janik TJ, Harrison GR, Troyanovich S, Harrison DE, Harrison SO. Chiropractic biophysics technique: a linear algebra approach to posture in Chiropractic. *J Manipulative Physiol Ther*. 1996;19:525-35.
 52. Chiari L, Cappello A, Lenzi D, Della Croce U. An improved technique for the extraction of stochastic parameters from stabilograms. *Gait&Posture*. 2000;12:225-34.
 53. Fitzgerald JE, Murray A, Elliott C, Birchall JP. Comparison of body sway analysis techniques. Assessment with subjects standing on a stable surface. *Acta Otolaryngol*. 1994;114:115-9.
 54. Rodacki CL, Fowler NE, Rodacki AL, Birch K. Technical note: repeatability of measurement in determining stature in sitting and standing postures. *Ergonomics*. 2001;44:1076-85.
 55. Bedard M, Martin NJ, Krueger P, Brazil K. Assessing reproducibility of data obtained with instruments based on continuous measurements. *Exp Aging Res*. 2000;26:353-65.
 56. Zhang DY, Dai MS, Jin J. The dynamic measurements of human body's unbalance. *Zhongguo Yi Liao Qi Xue Za Zhi*. 2000;24:191-3.
 57. Amendt LE, Ause-Ellias KL, Eybers JL, Wadsworth CT, Nielsen DH, Weinstein SL. Validity and reliability testing of the Scolio-meter. *Phys Ther*. 1990;70:108-17.
 58. Willner S. Spinal pantograph – a noninvasive anthropometric device for describing postures and asymmetries of the trunk. *J Pediatr Orthop*. 1983;3:245-9.
 59. Samson M, Crowe A. Intra-subject inconsistencies in quantitative assessments of body sway. *Gait&Posture*. 1996;4:252-7.
 60. Klein PJ, DeHaven JJ. Accuracy of a Portable Force Plate in Assessing Force and Center of Pressure Estimates Under Static Loading. *Gait&Posture*. 1997;5:178-9.
 61. Hu MH, Hung YC, Huang YL, Peng CD, Shen SS. Validity of force platform measures for stance stability under varying sensory conditions. *Proc Natl Sci Counc Repub China B*. 1996;20:78-86.
 62. Haas BM, Burden AM. Validity of weight distribution and sway measurements of the Balance Performance Monitor. *Physiother Res Int*. 2000;5:19-32.
 63. Wolff DR, Rose J, Jones VK, Bloch DA, Oehlert JW, Gamble JG. Postural balance measurements for children and adolescents. *J Orthop Res*. 1998;16:271-5.
 64. Ekdahl C, Jarnio GB, Andersson SI. Standing balance in healthy subjects. Evaluation of a quantitative test battery on a force platform. *Scand J Rehabil Med*. 1989;21:187-95.
 65. Hlavacka F, Kundrat J, Krizkova M, Bacova E. Physiologic range of stabilometry values obtained in the upright posture using a computer. *Cesk Neuro Neurochir*. 1990;53:107-13.
 66. Nordahl SH, Aasen T, Dyrkorn BM, Eidsvik S, Molvaer OI. Static stabilometry and repeated testing in a normal population. *Aviat Space Environ Med*. 2000;71:889-93.
 67. Beck JL, Day RW. Overuse injuries. *Clin Sports Med*. 1985;4:553-73.
 68. Takala EP, Korhonen I, Viikari-Juntura E. Postural sway and stepping response among working population: reproducibility, longterm stability, and associations with symptoms of the low back. *Clin Biomech*. 1997;12:429-37.
 69. Rougier P. How mirror feedback improves undisturbed upright stance control. *Ann Readapt Med Phys*. 2002;45:77-85.
 70. Carroll JP, Freedman W. Nonstationary properties of postural sway. *J Biomech*. 1993;26:409-16.
 71. Laskowski ER, Newcomer-Aney K, Smith J. Proprioception. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2000;11:323-40.
 72. Watson AW, Mac Donncha C. A reliable technique for the assessment of posture: assessment criteria for aspects of posture. *J Sports Med Phys Fitness*. 2000;40:260-70.
 73. Van Maanen CJ, Zonnenberg AJ, Elvers JW, Oostendorp RA. Intra/interrater reliability of measurements on body posture photographs. *Cranio*. 1996;14:326-31.
 74. Maher TR, O'Brien M, Kauffman C, Liao KC. Biomechanics of the spine in sports. *Clin Sports Med*. 1993;12:449-64.
 75. Nikolic A, Baltzer AW, Kramer R, Liebau C. Injuries specific to ice skating-documentation of the injuries of competitive athletes during a pre-season training camp. *Sportverletz Sportschaden*. 1998;12:142-6.

76. Etty Griffin LY. Neuromuscular training and injury prevention in sports. *Clin Orthop*. 2003;409:53-60.
77. González HE, Manns A. Forward head posture: its structural and functional influence on the stomatognathic. *Cranio*. 1996;14:71-80.
78. Zonnenberg AJ, Van Maanen CJ, Oostendorp RA, Elvers JW. Body posture photographs as a diagnostic aid for musculoskeletal disorders related to temporomandibular disorders (TMD). *Cranio*. 1996;14:225-32.
79. Fasciolo A, Cammarota R, Milani R, Ferrari G, Corrado S, Laci-lla M, et al. Equilibrium and orthognathodontic surgery: correlations in a group of patients undergoing treatment. *Minerva Estomatol*. 2000;49:455-61.
80. Lee WY, Okeson JP, Kindroth J. The relationship between forward head posture and temporomandibular disorders. *J Orofac Pain*. 1995;9:161-7.
81. Kiefer A, Shirazi-Adl A, Parnianpour M. Synergy of the spine in neutral postures. *European Spine Journal*. 1998;7:471-9.