



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Amplitud de moviment articular i la seva valoració: el test flexomètric

Gerard Moras Feliu



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial – SenseObraDerivada 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial – SinObraDerivada 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 4.0. Spain License.**

UNIVERSITAT DE BARCELONA

DEPARTAMENT DE NUTRICIÓ I BROMATOLOGIA

FACULTAT DE FARMÀCIA
DIVISIÓ CIÈNCIES DE LA SALUT

PROGRAMA DE DOCTORAT

NUTRICIÓ, TECNOLOGIA I HIGIENE DELS ALIMENTS

BIENNI 1994-96

TÍTOL

AMPLITUD DE MOVIMENT ARTICULAR
I LA SEVA VALORACIÓ: EL TEST
FLEXOMÈTRIC

INSCRIPCIÓ DE TESI DOCTORAL
PRESENTADA PER:

GERARD MORAS FELIU



DIRIGIDA PER:

Dra. NATÀLIA BALAGUÉ SERRE

BIBLIOTECA DE LA UNIVERSITAT DE BARCELONA



0702039498

TERCERA PART

PROPOSTA D'UN MÈTODE CORRECTOR PER A L'AVALUACIÓ DE L'AMPLITUD DE MOVIMENT ARTICULAR

1. INTRODUCCIÓ

Després d'analitzar els principals tests de flexibilitat, podem concloure que els mètodes directes, tot i que compleixen sovint els criteris de qualitat principals, no permeten objectivar la mobilitat articular en tots els moviments i plans de treball. La utilització de la goniometria només permet valorar aquelles articulacions amb un sol centre de rotació, i administrar el test a totes les articulacions és difícil, per les grans diferències entre els segments corporals. Així, per mesurar la separació dels dits de la mà podem valer-nos d'un goniòmetre petit, el qual serà del tot insuficient per mesurar l'amplitud de moviment en l'articulació coxofemoral.

Mitjançant el flexòmetre Leighton només podem mesurar desplaçaments angulars de segments corporals a partir d'una referència zero, tot presentant el greu inconvenient de no poder valorar els moviments realitzats en el pla transversal. Altres mètodes directes de mesurament com la radiografia, cinematografia o la fotografia estàtica poden aplicar-se a moltes més articulacions que les valoracions anteriors, però presenten aspectes negatius, com la gran despesa de temps que cal dedicar-hi, la dificultat que suposa assegurar-se que els moviments angulars de les articulacions es realitzen en un pla perpendicular a l'eix focal de la càmera –en el cas de la fotografia estàtica– i el problema que sovint tenim per identificar de manera precisa els punts de referència anatòmics. Pel que fa a la radiografia, a més, hi ha els problemes derivats de l'exposició a la radioactivitat, l'accessibilitat a l'equip i la preparació de l'equip tècnic. Les possibilitats del cinema i el vídeo poden ser interessants per a l'anàlisi durant la pràctica esportiva. Aquestes tècniques requereixen actualment inversions considerables de temps i diners. Cal considerar també les tècniques de digitalització, que poden ser una alternativa bastant viable però costosa. És evident, però, que les noves propostes han de

ser de fàcil aplicació, però que compleixin els criteris de qualitat. Tècniques massa complicades o costoses sempre seran sectorials i poc utilitzades.

Els mètodes indirectes, que haurien de ser el complement ideal dels mètodes directes, no compleixen sovint el criteri de validesa que ha de satisfer tota prova de la condició motriu. El problema, en general, no està en els moviments explorats, sinó en el tractament que es fa de les dades. La proposta d'un mètode corrector té com a objectiu *trobar un índex corrector que ens permeti validar els resultats obtinguts en passar els principals tests de flexibilitat indirectes, per tal de poder interpretar correctament els resultats de les proves i realitzar estudis comparatius entre subjectes i entre grups de població.*

2. ANTECEDENTS I EVOLUCIÓ

L'any 1988, en un estudi realitzat sobre els principals tests indirectes de flexibilitat es van trobar anomalies que en qüestionaven el criteri de validesa de contingut (Moras, Torres, 1989). Les dades de l'estudi coincidien amb altres treballs realitzats per altres autors (MacDougall, Wenger, Green, 1991). Les conclusions foren que els resultats dels tests indirectes no podien utilitzar-se per comparar atletes o controlar l'evolució d'aquesta capacitat durant l'etapa de creixement. Els resultats només podien utilitzar-se per comparar un subjecte en concret i un cop finalitzada l'etapa de creixement. Aquesta manca de rigor ens va dur a realitzar una anàlisi dels factors determinants que calia controlar. Es va comprovar que l'error principal era que el resultat final dels tests indirectes estava condicionat pels mesuraments antropomètrics (vegeu apartat 2.2.2 Mètodes indirectes)

2.1 El compàs flexomètric

Per solucionar el problema inicialment es va construir un compàs de 150 cm de braç, en el qual, a la part superior, hi ha una barra graduada de 300 cm de llargada, solidària a un dels braços del compàs i lliscant en l'altre. Aquesta disposició delimita un triangle isòsceles que manté constant sempre la longitud dels seus dos braços. Una altra barra també graduada i de 300 cm s'acobra a l'aparell, solidària i lliscant per un dels braços del compàs i lliscant per l'altre, tot mantenint-se sempre paral·lela a la barra superior (fig. 75).

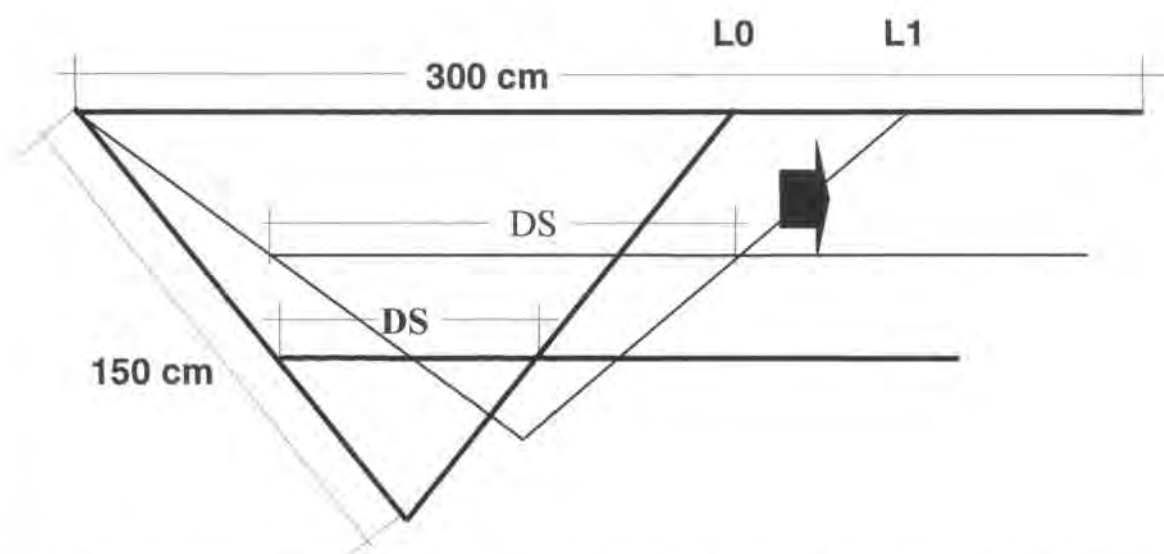


Figura 75. Compàs flexomètric. DS, distància de separació; L0 i L1, resultat expressat en cm (Moras, G.; Torres, S. 1989).

Per administrar el test es transporta a cada braç del compàs flexomètric la longitud de l'extremitat objecte d'estudi (L_c ; longitud de cama, L_b ; longitud de braç; L_t ; longitud de tronc, etc.) i, a continuació, se separen aquests dos punts mitjançant la barra inferior de 300 cm a la distància obtinguda en passar el test indirecte escollit (DS). Finalment es fa la lectura en centímetres a la barra superior (L_0 o L_1).

El compàs flexomètric prolunga artificialment la longitud de l'extremitat estudiada fins a una distància que supera qualsevol extremitat de qualsevol persona (150 cm). D'aquesta manera tenim la certesa que en aquest punt totes

les persones amb un mateix angle de separació obtenen el mateix resultat tot i que la longitud de les seves extremitats sigui molt diferent.

Per estimar la lectura en graus, ho podem fer en el transportador situat a la base del compàs (fig. 76).

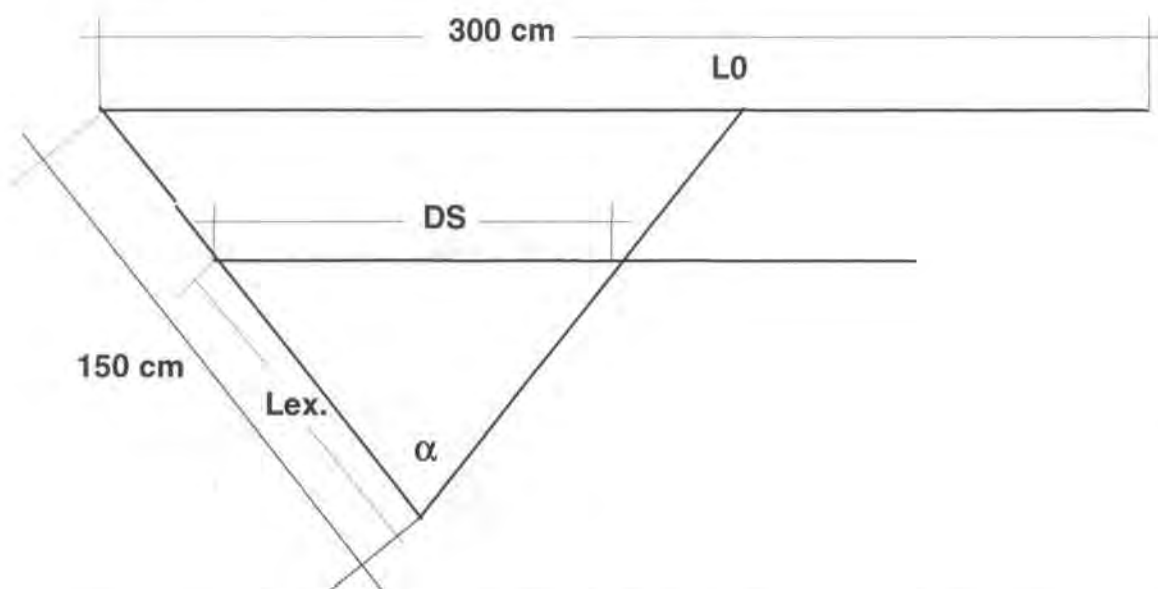


Figura 76. Compàs flexomètric. DS; distància de separació. Lex.; longitud de l'extremitat objecte d'estudi. Mesurament angular en graus (α) i lineal en centímetres (L0). (Moras, G.; Torres, S. 1989).

Tot i que aquesta primera investigació permetia corregir els valors obtinguts en tots aquells tests indirectes que descriuen un triangle isòsceles, la realitat és que només se'n pot considerar correcta l'aplicació en els tests realitzats en el pla anteroposterior i que tenen un sol centre de rotació.

D'altra banda, l'aparell és molt feixuc, ateses les grans proporcions, la qual cosa en dificulta l'aplicació.

La complexitat del càlcul augmenta notablement quan els tests de flexibilitat tenen dos centres de rotació. Això ens va obligar a fer nous estudis per trobar un índex corrector adaptable als diferents plans i eixos de moviment.

3. BASES TEÒRIQUES DEL MÈTODE CORRECTOR. TESTS AMB DOS CENTRES DE ROTACIÓ

Els estudis realitzats a partir d'aquell moment per determinar l'índex corrector es basen en la trigonometria, la qual es defineix com una part de la matemàtica inicialment dedicada a l'estudi de les relacions entre les amplituds dels angles i les longituds dels segments que llurs costats determinen en les rectes que tallen.

Per a la resolució del problema presentat, hem utilitzat la part de la trigonometria basada en la *resolució de triangles*, consistent a determinar les longituds dels costats i les amplituds dels angles de qualsevol triangle a partir d'una informació mínima. En el nostre cas calia determinar el valor d'un dels angles a partir del coneixement de dos costats.

Aquesta resolució es va fer a partir de les propietats de les anomenades raons trigonomètriques. Aquestes es defineixen a partir d'un punt $P(x,y)$ d'una circumferència de centre O i per l'angle α que forma el radi $r = OP$ amb l'eix OX (fig. 77 i 78), utilitzant els quocients següents:

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= y/r && \text{sinus} \\ \cos \alpha &= x/r && \text{cosinus} \end{aligned}$$

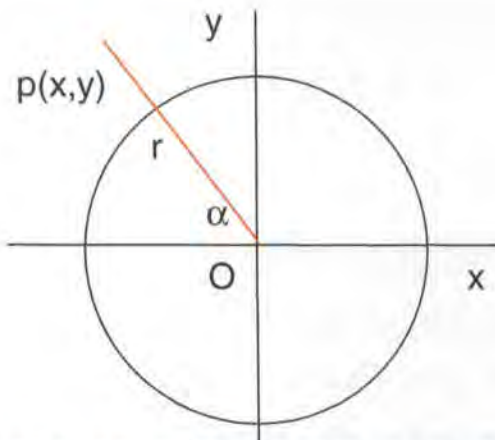


Figura 77. Circumferència de referència per a la definició de les raons trigonomètriques (Brichs, Hurtado, Puig, 1979).

Les raons trigonomètriques d'un angle agut es poden determinar amb els costats d'un triangle rectangle que conté l'angle. Si l'angle és α , a és el catet oposat, b el catet contigu i c la hipotenusa, les funcions trigonomètriques son:

$$\text{sen } \alpha = a/c$$

$$\text{cos } \alpha = b/c$$

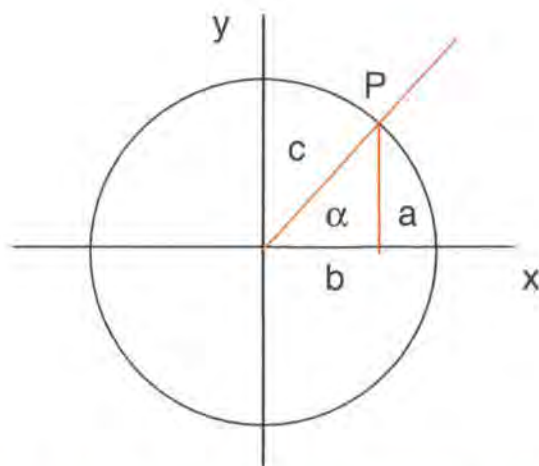


Figura 78. Representació gràfica de les raons trigonomètriques (Brichs, Hurtado, Puig, 1979).

El pla en el qual es realitza el test determinarà si treballem amb un o dos centres de rotació, aspecte fonamental a l'hora d'escollir el tipus d'índex corrector. Quan ens trobem amb dos centres de rotació, el raonament trigonomètric també permetrà resoldre el problema.

3.1 Índex lineal

Els tests que presenten un sol centre de rotació (O) permeten un càlcul força simple de l'índex lineal corregit (L0). Quan els tests presenten dos centres de rotació, cal establir en primer lloc una semblança de triangles isòceles que permeti utilitzar el raonament trigonomètric per resoldre els problemes, i que alhora eviti que la distància entre els dos centres de rotació esdevingui un paràmetre distorsionador com ho era la longitud de les extremitats en la situació esmentada en l'apartat anterior (fig. 79).

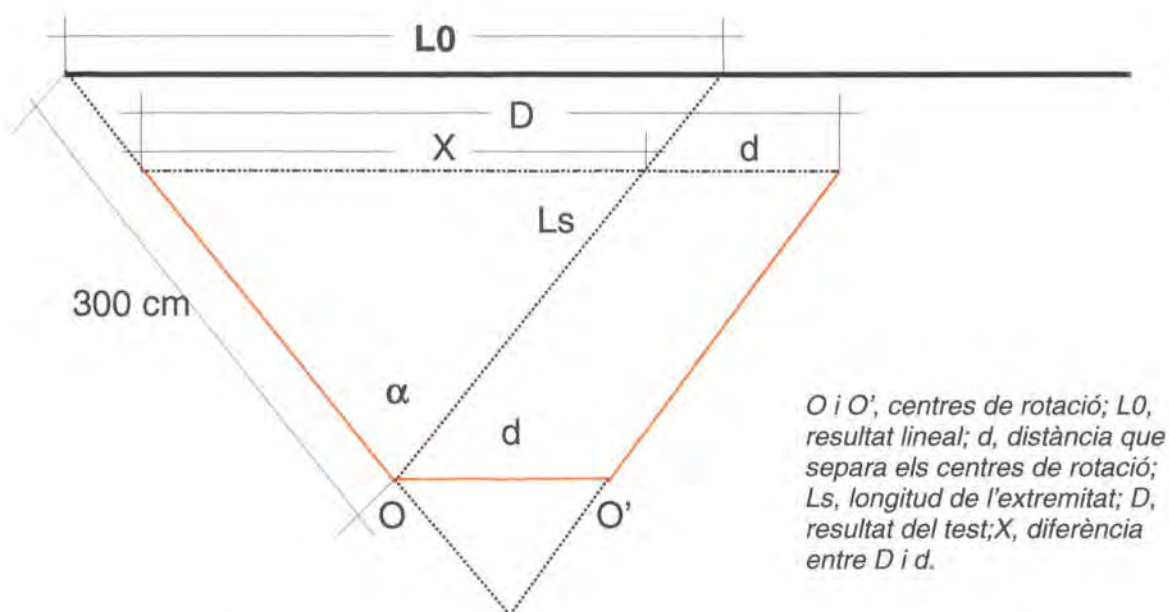


Figura 79. Mesurament lineal en moviments amb dos centres de rotació (O i O').

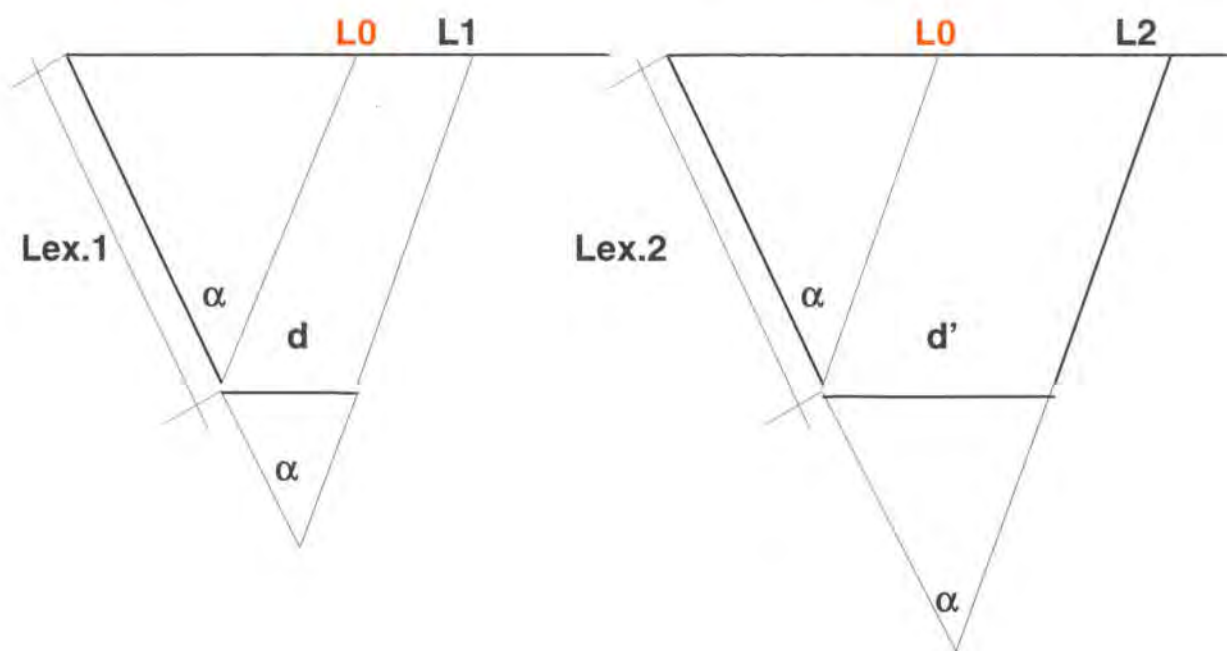
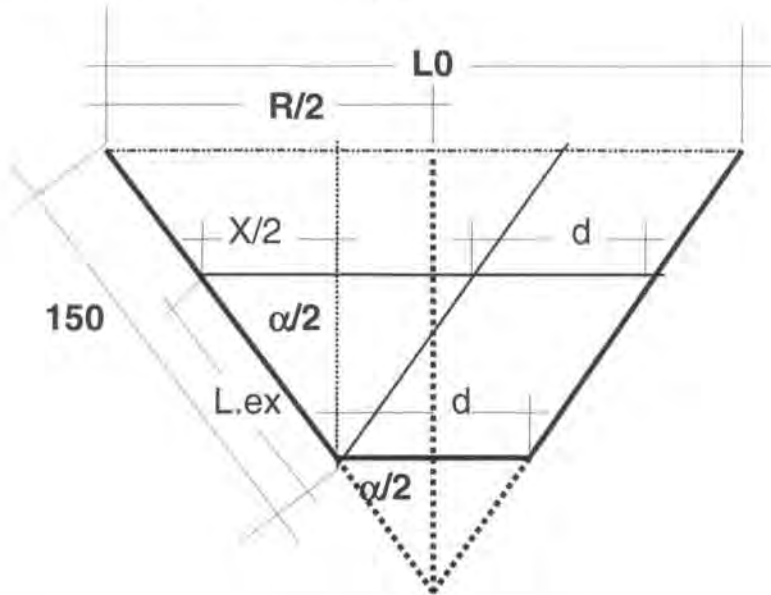


Figura 80. Mesurament lineal en moviments amb dos centres de rotació (O i O'). Lex., longitud de l'extremitat; d , separació entre centres de rotació; L_0 i L_1 , resultat lineal; α , angle objecte d'estudi.

Si considerem dos subjectes amb la mateixa longitud d'extremitats ($L_{ex.1}=L_{ex.2}$), el mateix angle de separació d'aquestes, però amb diferents

distàncies entre els centres de rotació ($d \neq d'$), podem comprovar gràficament (fig. 80) que el resultat lineal és diferent ($L1 \neq L2$).

Per corregir la desviació produïda per la longitud diferent de d respecte de d' utilitzem el raonament trigonomètric (fig. 81).



$$\begin{aligned}\sin(\alpha/2) &= (L0/2)/150 \\ \sin(\alpha/2) &= (X/2)/L.ex. \\ (L0/2)/150 &= (X/2)/L.ex\end{aligned}$$

$$L0 \text{ (cm)} = (150 X)/L.ex$$

Figura 81. Índex corrector lineal en proves amb dos centres de rotació.

Per aïllar la distància entre els dos centres de rotació tracem una paral·lela a un dels braços del compàs amb origen en el centre de rotació contrari i que talli al catet desigual del triangle isòsceles. Així tenim dos triangles semblants que ens permeten trobar el valor de $L0$ coneixent X i la longitud de l'extremitat. El valor de X és la resultant de la diferència entre el resultat del test DS i el valor de d .

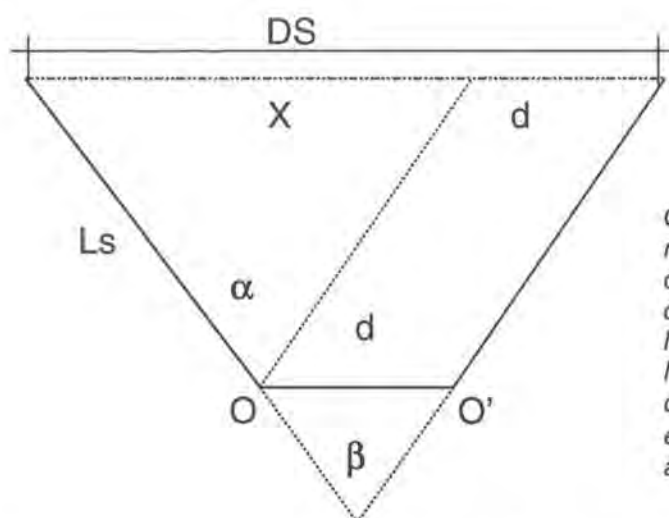
3.2 Índex angular

Per determinar el grau de flexibilitat en graus ens basem en el raonament teòric anterior, però ara la lectura s'ha de fer en el transportador del compàs flexomètric situat en el vèrtex que formen els dos costats iguals del compàs (α).

Per calcular l'índex corrector utilitzarem les expressions següents trigonomètriques.

$$\begin{aligned}\sin(\alpha/2) &= X/(2L_{ex.}) \\ \alpha &= 2 \arcsinus(X/(2L_{ex.})) \\ X &= DS-d\end{aligned}$$

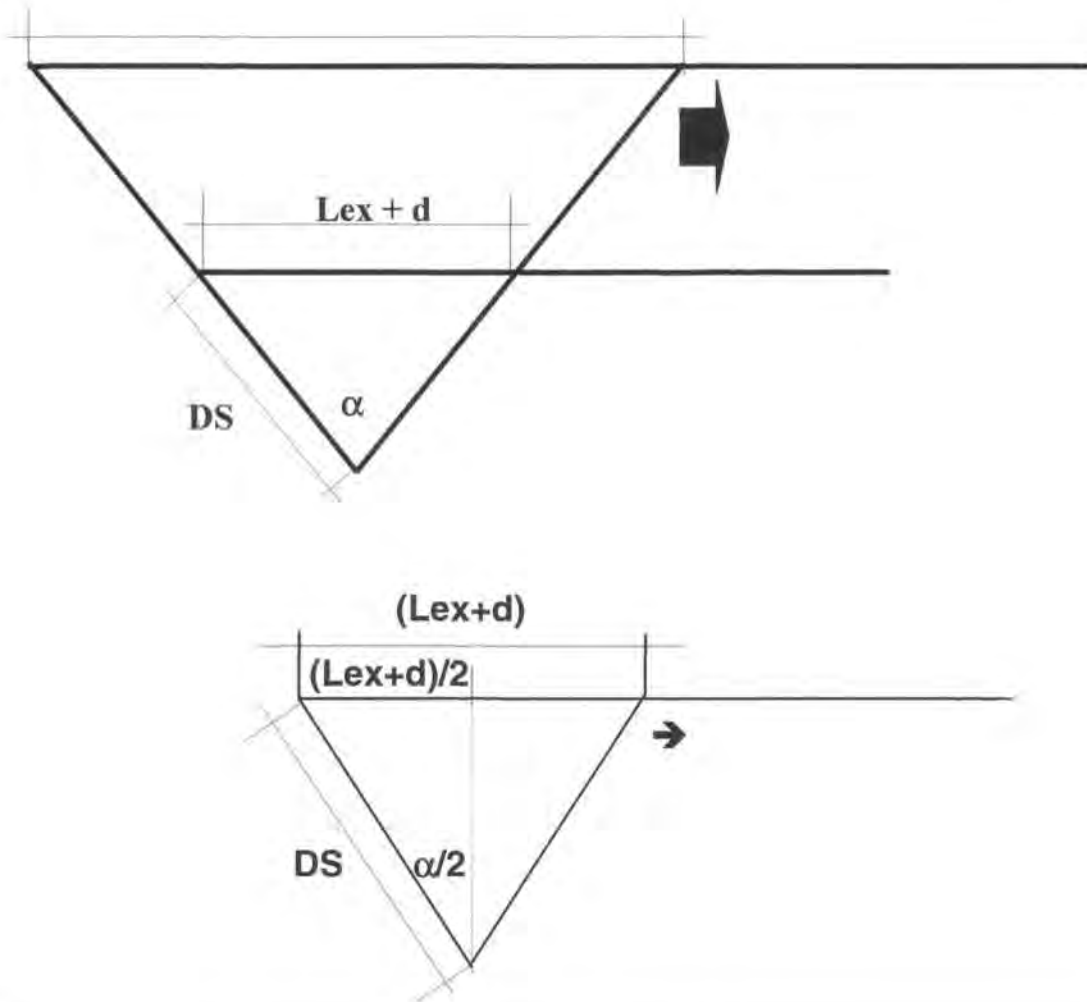
$$\alpha = 2 \arcsinus((DS-d)/(2L_{ex.}))$$



O i O', centres de rotació; d, distància que separa els centres de rotació; Ls, longitud de l'extremitat; D, resultat del test; X, diferència entre D i d; α i β àngles.

Figura 82. Mesurament angular en moviments amb dos centres de rotació.

El valor zero del transportador coincideix amb el braç del compàs, que s'articula amb la barra superior, mentre que l'altre braç llisca per la barra superior, la qual cosa ens marca el valor final (fig. 82) (Torres i Moras, 1990).

**ÍNDEX ANGULAR (°)**

$$\sin(\alpha/2) = (Lex.+d)/(2 \cdot DS)$$

$$\alpha = 2 \arcsinus (DS/(2Lex.))$$

ÍNDEX LINEAL (cm)

$$\sin(\alpha/2) = (L0/2)/150$$

$$\sin(\alpha/2) = ((Lex.+d)/2)/Lex.$$

$$L0 = 150 (Lex.+d)/Lex.$$

Figura 83. Compàs flexomètric. Càlcul de l'índex angular en graus i de l'índex lineal en centímetres.

També és possible calcular l'índex de flexibilitat lineal i angular col·locant en els braços del compàs el valor de la DS obtinguda en passar el test, i separant els dos punts obtinguts a una distància igual al valor de la suma entre la longitud de l'extremitat i la distància entre els dos centres de rotació (Lex.+d).

L'índex lineal s'obté fent la lectura a la barra superior i l'índex angular en el transportador de la base del compàs. Per obtenir la fórmula que ens permeti calcular els índexs hem de traçar una línia perpendicular a la barra superior que talli aquesta i passi pel vèrtex on conflueixen els dos costats diferents del triangle (fig.83).

En totes les investigacions que es faran en aquesta tesi utilitzarem exclusivament el primer procediment de correcció per tal de facilitar la comprensió dels raonaments.

4. APLICACIÓ DE L'ÍNDEX CORRECTOR FLEXOMÈTRIC

4.1 Instrumental bàsic

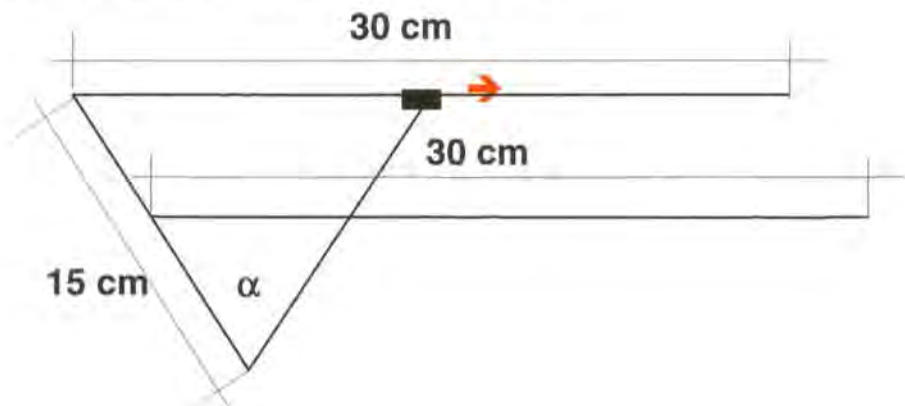
Material

Compàs flexomètric

El compàs flexomètric és un instrument de mesurament que delimita un triangle isòsceles amb els dos costats iguals de 150 cm i el costat desigual de 300 cm.

Està calibrat en mil·límetres en tots els seus costats, i en graus en la base dels costats iguals del compàs.

Però les dimensions tan grans del compàs no permetien una gran maniobrabilitat i per això es va reproduir un petit compàs a escala 1:10 molt més lleuger, fàcil de transportar i d'utilitzar (figura 10).



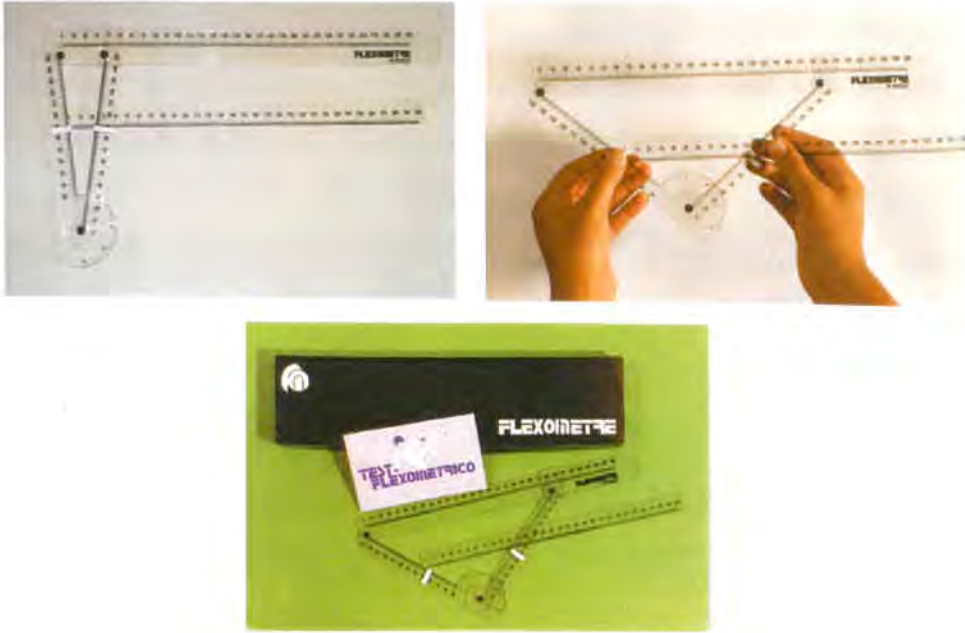


Figura 89. Compàs flexomètric. Escala 1:10. (Patent núm. 8902537 Aparato para la evaluación de la flexibilidad corporal en el deporte. Solicitantes Moras y Torres. Espanya).

Compàs antropomètric

L'instrument permet el mesurament dels diàmetres corporals. Consta d'una base fixa i d'un cursor (ACSM'S, 1993)

Cinta mètrica (3 m)

Preferiblement metàl·lica, per evitar variacions en les escales. No ha de tenir més de 7 mm d'ample i calibrada en unitats mètriques amb senyals clars. Si disposa d'un límit just abans del zero, la manipulació i subjecció serà més fàcil.

4.2 Mesuraments corporals

La cineantropometria pren consistència com a tècnica per primera vegada en el Congrés Internacional de Ciències de l'Activitat Física, realitzat a Montreal l'any 1976. L'objectiu va ser analitzar els atletes participants en els Jocs Olímpics, especialment els que competiren en els Jocs Olímpics de Mèxic el 1968 i de Montreal el 1976 (de Garay, Levine i Carter, 1974; Borms, Hebbelink,

Carter, Ross i Lariviere, 1979; Carter, Ross, Aubry, Hebbelinck i Broms, 1982; Ross, DeRose i Ward, 1988). Totes aquestes dades disponibles es van incloure en els cursos de certificació de cineantropometria patrocinat per l'antic International Working Group on Kinanthropometry, aprovat per la UNESCO. La metodologia de les proves va ser treballada per Behnke Jr., Hebbelinck, Ross, Brown i Faulker (1978), i actualment és utilitzada universalment per a l'anàlisi de la composició corporal, somatotips i proporcionalitat.

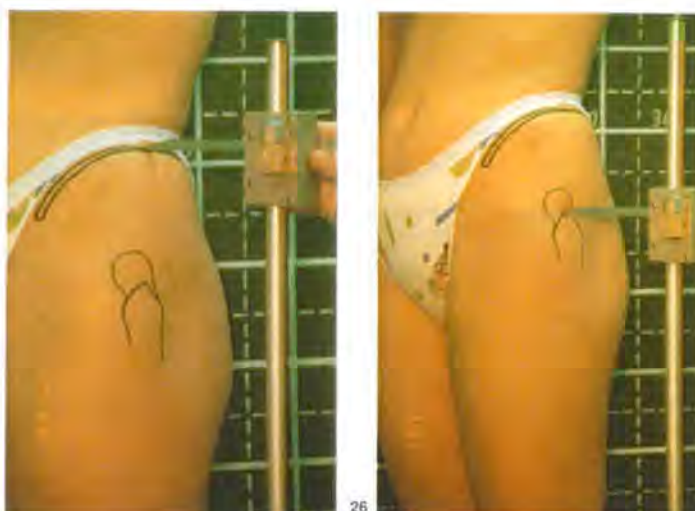


Figura 85. Localització de diversos punts corporals (Santonja, Martínez, 1992).

Definicions

La cineantropometria ha estat definida com a interfície quantitativa entre anatomia i fisiologia o entre estructura i funció (Ross, Marfell-Jones, 1995, del llibre *Evaluación fisiológica del deportista*, MacDougall, Wenger, Green, 1995).

És la disciplina científica que estudia la grandària, les proporcions, l'execució del moviment, la composició del cos humà i les seves funcions principals, i és el nexa d'unió quantitativa entre l'anatomia i la fisiologia, o entre l'estructura i la funció (fig. 85).

Per a Ostyn (1980) és la branca de la ciència de l'esport que tracta de prendre els mesuraments i d'avaluar-los.

La cineantropometria estudia l'esportista com a individu, tot oferint una avaluació molt detallada de les seves característiques estructurals en un moment determinat, i també facilita la quantificació del creixement diferencial i

de les influències de l'entrenament (Ross, Marfell-Jones i Stirling, 1982; Timothy i al., 1988).

En el nostre estudi utilitzarem aquesta metodologia, però quan calgui, amb les modificacions necessàries per ajustar-nos a les característiques dels tests.

4.2.1 Mesuraments de longitud (fig. 86)

LONGITUD DEL BRAÇ (Lb)

És la distància entre el punt més lateral de l'acromi i el punt més distal del cinquè metatarsià.

Tècnica

En posició anatòmica i amb el braç relaxat es localitza el punt més lateral de l'acromi. Després el subjecte separa el braç del cos 45° per facilitar el mesurament. Finalment fem el mesurament col·locant l'extrem lliure de la cinta mètrica en el punt assenyalat de l'acromi.

LONGITUD DEL BRAÇ (Lh)

És la distància entre el punt més lateral de l'acromi i de l'húmer.

Tècnica

En posició anatòmica i amb el braç relaxat es localitza el punt més lateral de l'acromi. Després el subjecte separa el braç del cos 45° mantenint-lo flexionat a 90 graus. Fem el mesurament amb una cinta mètrica des de l'extrem de l'acromi a l'epicòndil de l'húmer.

LONGITUD DE LA CAMA (Lc)

És la distància entre el trocànter major i el terra.

Tècnica

Cal localitzar amb el palpís del dit el trocànter major i fer-hi un senyal. A continuació fem el mesurament col·locant l'extrem lliure de la cinta mètrica al terra i l'altre extrem en el punt anatòmic assenyalat.

LONGITUD DE LA CAMA (Lx)

Distància entre el vèrtex superior de la ròtula i el terra.

Tècnica

Descriurem dues possibilitats de mesurament:

A.- El subjecte estirat al terra en posició prona, flexiona una cama fins que aquesta està perpendicular amb el terra. En aquesta posició, i amb un antropòmetre o una cinta mètrica, es mesura la distància entre el taló (cantó posterior del calcani) i el terra.

B.- En posició anatòmica es mesura la distància entre l'extrem superior de la ròtula i el terra.

LONGITUD DE LA CUIXA (Lf)

Mínima distància entre el trocànter major i el punt del mig de la ròtula.

Tècnica

El subjecte s'estira al terra i aixeca una cama flexionada fins que el fèmur està perpendicular amb el terra. En aquesta posició i amb un antropòmetre o una cinta mètrica es mesura la distància entre el punt del mig de la ròtula i el terra.

LONGITUD DEL TRONC (Lt)

És la distància entre el vèrtex del crani i la primera vèrtebra lumbar.

Tècnica

Es localitza la posició de la primera vèrtebra lumbar i posteriorment es realitza el mesurament amb un antropòmetre o un compàs antropomètric. També és possible utilitzar una cinta mètrica, tot i que el mesurament resultarà més difícil.

ABAST (La)

Distància entre el punt més elevat assolit per les mans sobreposades i el terra.

Tècnica

El subjecte es col·loca davant d'una paret i amb les mans sobreposades s'estira intentant arribar al punt més alt possible sense aixecar els talons del

terra. Les dues mans han d'estar a la mateixa alçada. Es mesura amb una cinta mètrica la distància entre el punt assolit i el terra.

LONGITUD DEL PEU (L_p)

Distància entre el punt més distal del peu i el terra.

Tècnica

El subjecte es col·loca assegut davant d'una paret amb el peu relaxat i en contacte amb aquesta. S'assenyala el punt més distal i a continuació es mesura la mínima distància des d'aquest punt al terra amb una cinta mètrica.

És important que es mesuri la longitud dels dos braços o de les dues cames per localitzar possibles dismetries que poden alterar els resultats del test. Si no es fa així es recomana mesurar sempre el braç i la cama dreta.

4.2.2 Diàmetres corporals (fig. 86)

BIACROMIAL (A_e)

Distància entre els punts més laterals de l'acromi quan el subjecte està dempeus i amb els braços relaxats i a ambdós costats del cos.

Tècnica

L'antropometrista es col·loca darrere del subjecte, localitza els punts anatòmics amb el palpís dels dits i fa el mesurament amb l'antropòmetre o el compàs antropomètric.

BITROCANTERÀ (A_c)

Distància entre ambdós trocànters majors de cada cama quan el subjecte està dempeus i amb els peus junts.

Tècnica

L'antropometrista es col·loca darrere del subjecte, localitza els punts anatòmics amb el palpís dels dits i fa el mesurament amb l'antropòmetre o el compàs antropomètric.

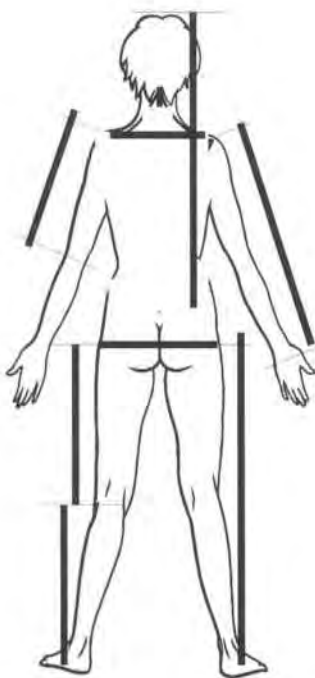
AMPLADA DE FÈMUR (Ag)

Distància entre els còndils laterals dels dos fèmurs, amb el subjecte assegut amb les cames a 90° de flexió sense que els peus toquin el terra, i els genolls junts.

Tècnica

Assegut en un banc amb els genolls junts es palpen els epicòndils movent el dit índex circularment sobre la zona de referència.

Un cop localitzats els punts, determinem l'amplada utilitzant un peu de rei o un compàs antropomètric.



Longitud del tronc (Lt)

D. Biacromial (Ae)

Longitud del braç (Lb)

Longitud del braç (Lh)

D. Bitrocantèria (Ac)

Longitud de la cuixa (Lf)

Amplada de fèmur (Ag)

Longitud de la cama (Lc)

Longitud de la cama (Lx)

Longitud del peu (Lp)



Figura 86. Esquelet. Localització de les longituds i diàmetres corporals. Visió anterior i posterior (Romaní, 1985, Kapandji, 1993).

4.2.3 L'error tècnic de mesurament (ETM)

Cal dir que el mètode antropomètric és enganyosament senzill. Cal fixar-se en la qualitat del mesurament antropomètric, el qual parteix de la definició prèvia dels conceptes PRECISIÓ i FIABILITAT.

PRECISIÓ ens indica la consistència del mesurament realitzat per un mateix observador. Es defineix com error intraobservador.

FIABILITAT indica la capacitat de coincidència del mesurament observat amb el realitzada per un expert definit com l'antropometrista que no comet errors sistemàticament. Es defineix com error interobservador.

El tractament estadístic correcte per valorar la qualitat del mesurament és l'ERROR TÈCNIC DE MESURAMENT (ETM).

L'ETM és l'arrel quadrada de la suma de les diferències al quadrat, dividit pel doble dels parells estudiats.

$$ETM = \sqrt{\sum d^2 / 2n}$$

Això permet comparar en percentatge l'ETM entre diferents observadors

$$\%ETM = 100 (ETM/X)$$

X correspon a la mitjana dels valors de la primera sèrie

TOLERÀNCIES ANTROPOMÈTRIQÜES	
Pes corporal	0,5 kg
Alçada	3 mm
Diàmetre biacromial	1-2 mm
Diàmetre bitrocantèria	1-2 mm
Alçada acromial	2 mm
Alçada radial	2 mm
Alçada trocànter	2 mm

Taula 21. Límits de tolerància per a diferents variables antropomètriques (Marfell-Jones i Ross, 1982).

En general es dona per vàlid un ETM fins a un 5% en els plecs cutanis i fins i tot menor, del 2%, per a la resta de mesuraments.

Els límits de tolerància per a diferents variables antropomètriques d'interès per al nostre estudi estan entre 1 i 3 mil·límetres (Borms, Hebbelinck, Carter, Ross i Lariviere, 1979) (taula 21).

4.3 Estimació de l'ADM corporal

El tipus d'índex corrector que hem d'aplicar als tests indirectes parteix sempre del mateix raonament teòric. Per això, establirem un índex corrector de base (IB) per a cada àrea corporal, tot analitzant posteriorment els principals tests indirectes implicats, i diferenciant clarament entre els que tenen un o dos centres de rotació. Les característiques de realització dels tests seguiran els protocols establerts pels seus autors (vegeu taules 22, 25, 27, 28, 30 i 32), però quan calgui modificarem la valoració per simplificar posteriorment l'aplicació de l'índex corrector flexomètric.

Alguns dels tests no podran ser tractats mitjançant l'índex corrector de base (vegeu els tests en negreta de cada àrea), i per això definirem també els índex correctors adaptats a aquests casos especials.

El càlcul de l'índex corrector és senzill, però primer cal comprovar si podem aplicar l'índex de base per defecte, o si cal una adaptació d'aquest índex (càlcul de l'índex corrector adaptat).

Els càlculs es poden dur a terme mitjançant una calculadora científica o utilitzant suport informàtic (aplicació EXCEL).

Un cop introduïts els mesuraments corporals necessaris per passar un o més tests, solament caldrà introduir la DS obtinguda en passar el test per tal d'obtenir l'ADM en graus (mesura angular) o en cm (mesura lineal).

4.3.1 Extremitats inferiors i anell pèlvic

TESTS AMB UN SÒL CENTRE DE ROTACIÓ

Índex de base (IB)

Índex $L0=150 \cdot DS/Lc$

Índex $\alpha= 2\arcsin(DS/(2Lc))$

Suport informàtic:



Windows 95,98,2000. Microsoft EXCEL 2000

Index angular (graus)

$$=(2 \cdot \text{ASENO} ((DS)/(2 \cdot Lc))) \cdot 180/3.1416$$

Index lineal (cm)

$$=(150 \cdot DS)/Lc$$

Aplicació del compàs flexomètric

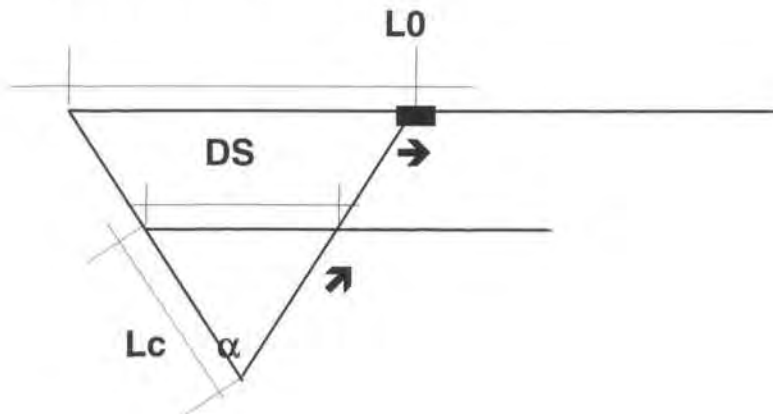


Figura 87. A cada braç del compàs, hi assenyaem el valor de la longitud de la cama. A continuació separem els dos punts a la distància obtinguda en fer el test (DS). Finalment llegim el valor de l'ADM al transportador en graus (α) o a la barra superior en centímetres (L0).

TESTS AMB DOS CENTRES DE ROTACIÓ

Índex de base (IB)

Índex $L_0 = 150 (DS - Ac) / L_c$

Índex $\alpha = 2 \arcsin((DS - Ac) / (2L_c))$

Suport informàtic:



Windows 95-98-2000. Microsoft EXCEL 2000

Index angular (graus)

$= (2 * \text{ASENO} ((DS - Ac) / (2 * L_c))) * 180 / 3.1416$

Index lineal (cm)

$= (150 * (DS - Ac)) / L_c$

Aplicació del compàs flexomètric

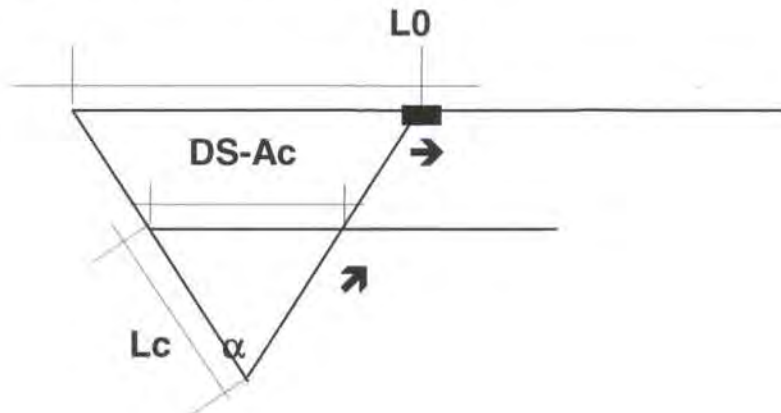


Figura 88. A cada braç del compàs, hi assenyalarem el valor de la longitud de la cama. A continuació separem els dos punts a la distància obtinguda en restar l'amplada de malucs (Ac) al resultat obtingut en el test (DS). Finalment, llegim el valor de l'ADM al transportador en graus (α) o a la barra superior en centímetres (L0).

 ▪ Sinopsi dels principals tests de flexibilitat

TESTS AMB UN SOL CENTRE DE ROTACIÓ			
CODI	Descripció/Realització	Valoració (DScm)	Mov.
Nom de la prova			
1-1a; 1-1b Espagat frontal	<p>-Posició inicial: dempeus davant d'una espatllera.</p> <p>-Moviment: separar les cames mantenint-les estirades amb el tronc perpendicular al terra.</p> <p>-Precaucions: per equilibrar-nos podem agafar-nos a les espatlles.</p>	<p>a.-Distància entre els dos cantons posteriors del calcani.</p> <p>b.-Mínima distància entre la sínfisi del pubis i el terra.</p>	P PF
1-3.- Extensió de turmell (flexió de turmell)	<p>-Posició inicial: assegut al terra, amb les cames estirades.</p> <p>-Moviment: extensió de turmell.</p> <p>-Precaucions: la posició de referència és amb el pla de la planta del peu perpendicular al terra (Lp).</p>	Mínima distància entre el cantó més distal del pla de la planta del peu i el terra.	A
1-5.- Test flexió de malucs	<p>-Posició inicial: decúbit dorsal amb les cames estirades.</p> <p>-Moviment: portar les dues cames flexionades cap al pit i seguidament deixar caure relaxada una cama cap al terra.</p> <p>-Precaucions: la part baixa de l'esquena ha d'estar sempre en contacte amb el terra.</p>	Mínima distància entre el punt del mig de la ròtula i el terra.	P

CODI Nom de la prova	Descripció/Realització	Valoració (DScm)	Mov.
1-6.- Test flexió de genoll	- Posició inicial: decúbit ventral. Moviment: portar una cama cap als glutis. - Precaucions: evitar en tot moment l'extensió de malucs o aixecar el genoll del terra.	Mínima distància entre la part posterior del calcani i el terra.	P PF A
1-12.- Thomas test	- Posició inicial: decúbit dorsal amb les cames estirades. - Moviment: flexionar una cama tot mantenint l'altra cama estirada. - Precaucions: mantenir la part baixa de l'esquena en contacte amb el terra.	Mínima distància entre la part mitjana de la ròtula i el terra.	P PF A
1-8.- (IB) Estirat, elevació de cama.	- Posició inicial: decúbit dorsal amb les cames estirades. - Moviment: elevar una cama tot mantenint-la totalment estirada. - Precaucions: mantenir la cama fixa estirada i en contacte amb el terra. Mantenir la part baixa de l'esquena enganxada al terra.	Mínima distància entre ambdós calcanis (part posterior).	P PF A B
1-9.- (IB) Dempeus, elevació de cama.	- Posició inicial: dempeus de costat a una espatllera. - Moviment: elevar una cama tot mantenint-la totalment estirada. - Precaucions: mantenir la cama fixa estirada.	Mínima distància entre ambdós calcanis (part posterior).	PF A B

TESTS AMB DOS CENTRES DE ROTACIÓ			
CODI	Descripció/Realització	Valoració (DS)	Mov.
Nom de la prova			
1-2a; 1-2b Espagat lateral	<p>-Posició inicial: dempeus.</p> <p>-Moviment: separar les cames tot mantenint-les estirades. Abducció de les cames.</p> <p>-Precaucions: mantenir el tronc perpendicular al terra. Per equilibrar-nos podem agafar-nos a les espatlles.</p>	<p>a.-Distància entre els dos costats posteriors del calcani.</p> <p>b.-Mínima distància entre la sínfisi del pubis i el terra</p>	<p>P</p> <p>PF</p>
1-4.- Test de la papallona	<p>-Posició inicial: assegut amb les cames flexionades i les plantes dels peus enfrontades.</p> <p>-Moviment: dur els genolls cap al terra.</p> <p>-Precaucions: mantenir sempre en contacte les plantes dels peus.</p>	Mínima distància entre el punt del mig de la ròtula i el terra.	<p>P</p> <p>PF</p> <p>A</p>
1-7a; 1-7b (IB) Assegut, separació de cames	<p>-Posició inicial: assegut al terra, amb el tronc perpendicular i les mans recolzades per darrere del cos.</p> <p>-Moviment: separar al màxim les cames tot mantenint-les estirades.</p> <p>Precaucions: mantenir el tronc perpendicular al terra.</p>	<p>a.-Mínima distància entre ambdós costats externs del calcani.</p> <p>b.-Mínima distància entre ambdós punts mitjans de les ròtules.</p>	<p>A</p> <p>PF</p>

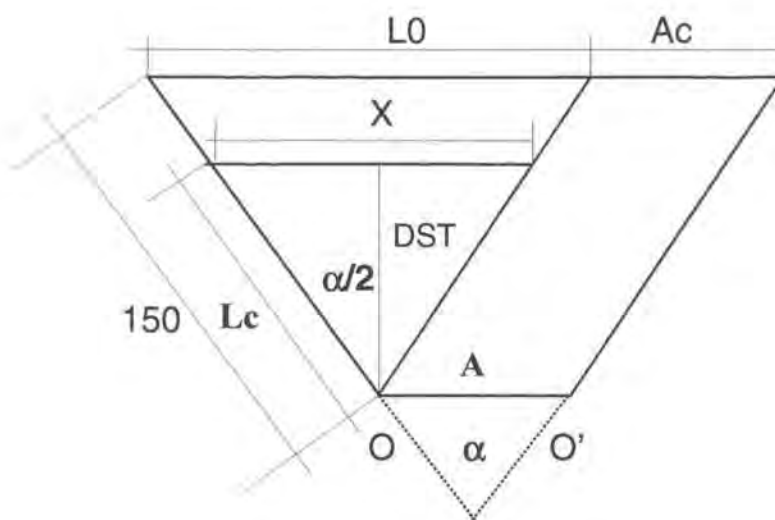
Nom de la prova	Descripció/Realització	Valoració (DScm)	Mov.
1-10.- (IB) Estirat de costat, separació de cames	<p>-Posició inicial: decúbit lateral amb les cames estirades.</p> <p>-Moviment: abducció d'una cama tot mantenint l'altra enganxada al terra.</p> <p>-Precaucions: intentar no flexionar el tronc o fer moviments de rotació de malucs.</p>	Mínima distància entre ambdós costats externs del calcani.	PF A B
1-11.- (IB) Separació de cames amb recolzament a la paret	<p>-Posició inicial: decúbit dorsal amb les cames perpendiculars al terra i recolzades en una paret.</p> <p>-Moviment: separar les cames tot mantenint-les en tot moment estirades.</p> <p>-Precaucions: els glutis han d'estar en tot moment en contacte amb la paret.</p>	Mínima distància entre ambdós costats externs del calcani.	P PF

Taula 22. Sinopsi dels principals tests aplicats a les extremitats inferiors i anell pèlvic. IB, aplicació índex de base; P, moviment passiu; PF, moviment passiu forçat; A moviment actiu lent; C, moviment cinètic.

▪ CÀLCUL DE L'ÍNDEX CORRECTOR ADAPTAT

S'utilitza l'índex corrector adaptat en aquells tests que no permeten la utilització de l'índex de base (IB) sense realitzar prèviament algunes correccions.

CODI 1-1b (Espagat frontal), 1-2b (Espagat lateral)



Índex lineal

$$L0/150 = X/Lc$$

$$\sin(\alpha/2) = X/(2Lc)$$

$$X = \sin(\alpha/2) \cdot 2Lc$$

$$L0 = 150 \cdot X/Lc$$

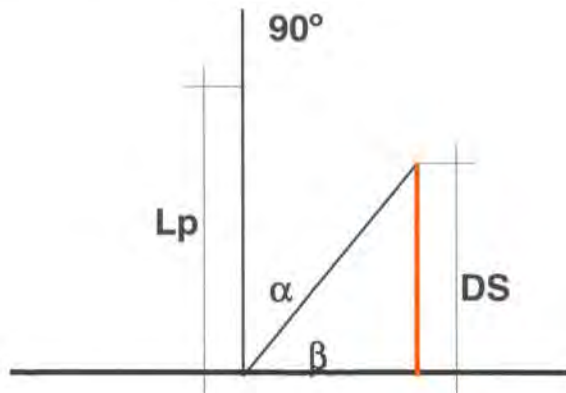
Índex angular

$$\cos(\alpha/2) = DST/Lc$$

$$\alpha = 2 \arccos(DST/Lc)$$

Figura 89. Aplicació de l'índex corrector adaptat. Test espagat frontal (1-1b) i espagat lateral (1-2b). DST, distància sínfisi del pubis al terra.

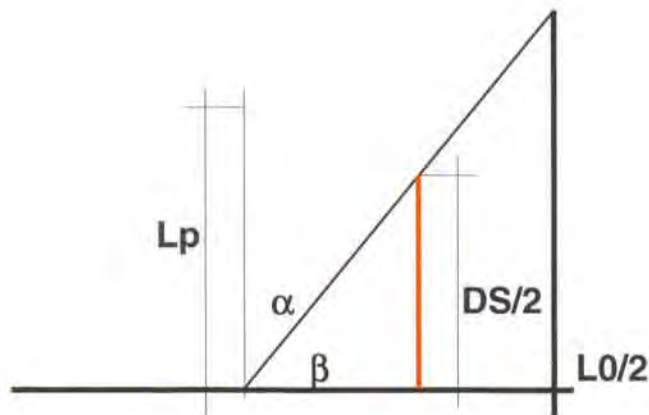
CODI 1-3 (Extensió de turmell)

**Índex angular**

$$\sin\beta = DS/Lp$$

$$\beta = \arcsinus(DS/Lp)$$

$$\alpha = 90 - \arcsinus(DS/Lp)$$

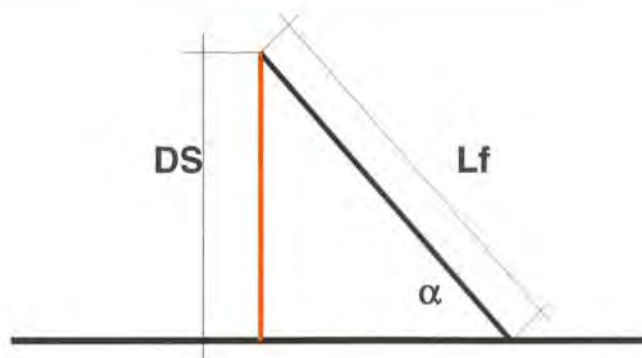
**Índex lineal**

$$(L0/2)/150 = (DS/2)/Lp$$

$$L0 = DS \cdot 150 / Lp$$

Figura 90. Aplicació de l'índex corrector adaptat. Test Extensió de turmell (1-3). Lp , longitud del peu.

CODI 1-5 i 1-12 (Flexió de malucs i Thomas test), CODI 1-6 (Test flexió de genoll)

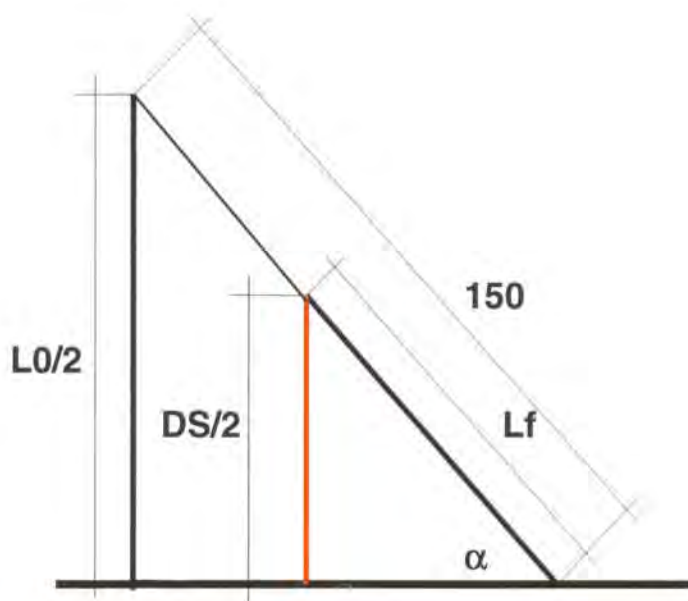


Índex angular

$$\sin\alpha = DS/Lf$$

$$\beta = \arcsinus(DS/Lf)$$

$$\alpha = \arcsinus(DS/Lf)$$



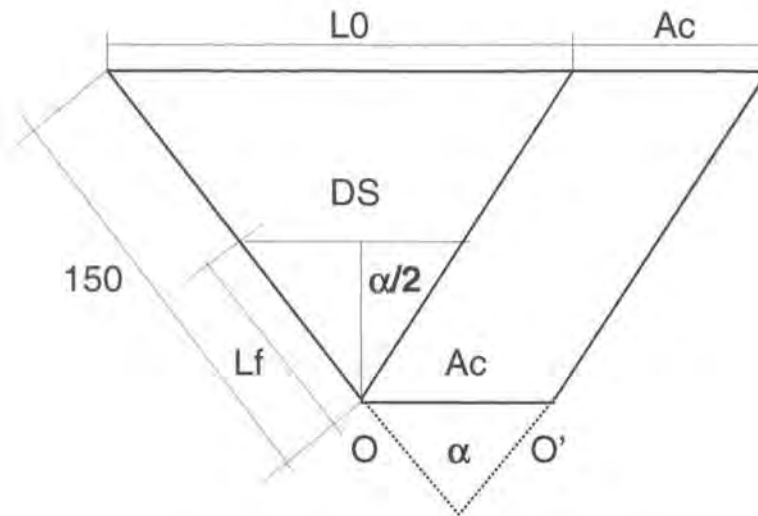
Índex lineal

$$(L0/2)/150 = (DS/2)/Lf$$

$$L0 = DS \cdot 150 / Lf$$

Figura 91. Aplicació de l'índex corrector adaptat. Lf, longitud de la cuixa.

CODI 1-4 (Test de la papallona) i 1-7b (Assegut separació de cames)

**Índex lineal**

$$L_0/150 = X/L_f$$

$$L_0 = 150 \cdot DS/L_f$$

Índex angular

$$\sin(\alpha/2) = DS/L_f$$

$$\alpha = 2 \arcsin(DS/L_f)$$

Figura 92. Aplicació de l'índex corrector adaptat. L_f , longitud de la cuixa.

▪ **Taula resum**

CODI	ÍNDIX CORRECTOR ADAPTAT	SUPORT INFORMÀTIC EXCEL
1-1b	$\alpha=2\arccos(DST/Lc)$	$= (2 * \text{ASENO}((DST)/(Lc))) * 180/3.1416$
1-2b	$X=\sin(\alpha/2) \cdot 2Lc$ $L0=150 \cdot X/Lc$ $\alpha= 2\arccos(DST/Lc)$	$= (\text{SENO}(\alpha/2) * 2Lc)$ $= ((150 * X)/Lc)$ $= (2 * \text{ACOS}((DS)/(2 * Lc))) * 180/3.1416$
1-3	$L0=150 \cdot DS/Lp$ $\alpha= 90 - (\arcsinus(DS/Lp))$	$= (150 * DS)/Lp$ $= ((\text{ASENO}((DS)/(Lc))) * 180/3.1416) - 90$
1-4	$L0=150 \cdot DS/Lf$	$= (150 * DS)/Lf$
1-5	$\alpha= \arcsinus(DS/Lf)$	$= (\text{ASENO}((DS)/(Lf))) * 180/3.1416$
1-7b		
1-12		
1-6	$L0=150 \cdot DS/Lx$ $\alpha= \arcsinus(DS/Lx)$	$= (150 * DS)/Lx$ $= (\text{ASENO}((DS)/(Lx))) * 180/3.1416$

Taula 23. Aplicació de l'índex corrector adaptat. Configuració del programa EXCEL.

4.3.2.- Extremitats superiors

TESTS AMB UN SOL CENTRE DE ROTACIÓ

Índex de base (IB)

Índex $L0=150 \cdot DS/Lb$

Índex $\alpha= 2\arcsin(DS/(2Lb))$

Suport informàtic:



Windows 95-98-2000.Microsoft EXCEL 2000

Index angular (graus)

$= (2 * \text{ASENO} ((DS)/(2 * Lb))) * 180 / 3.1416$

Index lineal (cm)

$= (150 * DS) / Lb$

Aplicació del compàs flexomètric

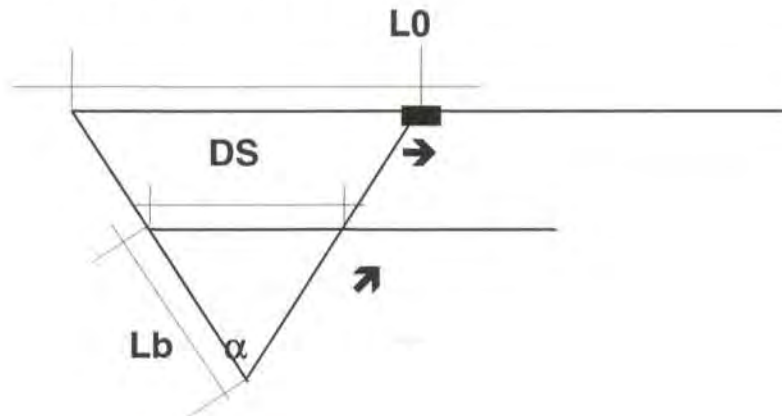


Figura 93. A cada braç del compàs, hi assenyalarem el valor de la longitud del braç. A continuació separem els dos punts a la distància obtinguda en fer el test (DS). Finalment, llegim el valor de l'ADM al transportador en graus (α) o a la barra superior en centímetres (L0).

TESTS AMB DOS CENTRES DE ROTACIÓ

Índex de base (IB)

Índex $L0=150 (DS-Ae)/Lb$

Índex $\alpha= 2\arcsin(DS/(2Lb))$

Suport informàtic:



Windows 95-98-2000.Microsoft EXCEL 2000

Index angular (graus)

$= (2 * \text{ASENO} ((DS - Ae) / (2 * Lb))) * 180 / 3.1416$

Index lineal (cm)

$= (150 * (DS - Ae)) / Lb$

Aplicació del compàs flexomètric

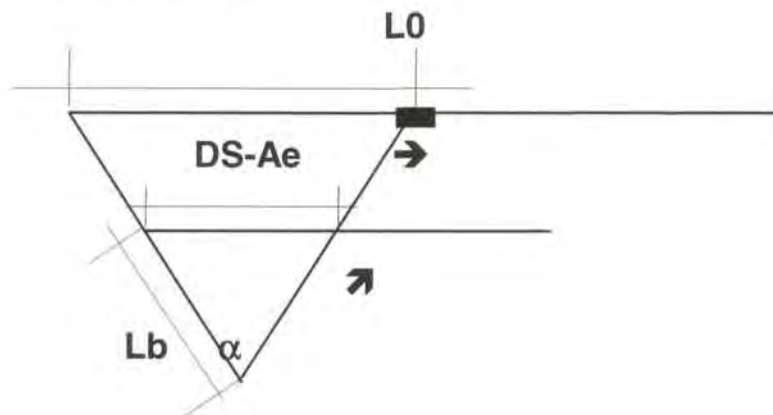


Figura 94. A cada braç del compàs, hi assenyalarem el valor de la longitud del braç. A continuació separem els dos punts a la distància obtinguda en restar l'amplada d'espalles (Ae) al resultat obtingut en el test (DS). Finalment, llegim el valor de l'ADM al transportador en graus (α) o a la barra superior en centímetres (L0).

▪ Sinopsi dels principals tests de flexibilitat

TESTS AMB UN SOL CENTRE DE ROTACIÓ			
CODI	Descripció/Realització	Valoració (DS)	Mov.
Nom de la prova			
1-20.- (IB) Test de crol d'esquena	<p>-Posició inicial: dempeus. Posició anatòmica.</p> <p>-Moviment: dur un braç amunt i enrere i l'altre avall i també enrere tot mantenint-los en tot moment estirats i en la vertical del cos.</p> <p>-Precaucions: Si l'examinat arqueja molt l'esquena podem fer el test assegut en un plint.</p>	Mínima distància entre ambdós costats externs dels canells (apòfisi estiloides del cúbit).	A
1-21.- (IB) Abducció horitzontal de braços davant d'una paret	<p>-Posició inicial: dempeus, davant d'una paret.</p> <p>-Moviment: abducció horitzontal dels dos braços tot mantenint-los perpendiculars al tronc.</p> <p>-Precaucions: no separar en cap moment el pit de la paret.</p>	Mínima distància entre la paret i cada un dels costats externs dels canells (apòfisi estiloide del cúbit).	PF A

TESTS AMB DOS CENTRES DE ROTACIÓ			
CODI	Descripció/Realització	Valoració (DS)	Mov.
Nom de la prova			
1-14a; 1-14b (IB) Flexibilitat d'espatlla. Abducció horitzontal	<p>-Posició inicial: assegut en un tamboret, amb el tronc perpendicular al terra.</p> <p>-Moviment: dur els braços estirats cap enrere tot mantenint-los perpendiculars al tronc.</p> <p>-Precaucions: No modificar la posició del tronc.</p>	Mínima distància entre ambdós costats externs del canell (apòfisi estiloide del cúbit).	PF A
1-18.- (IB) Flexibilitat d'espatlles en pla inclinat	<p>-Posició inicial: decúbit supí en un banc inclinat a 45°.</p> <p>-Moviment: Ajuntar les mans per darrere del cos tot mantenint els braços estirats i perpendiculars al tronc.</p> <p>-Precaucions: és molt important que els braços tinguin sempre la mateixa posició respecte del cos.</p>	Mínima distància entre ambdós costats externs del canell (apòfisi estiloide del cúbit).	P PF
1-19a; 1-19b; 1-19c.- (IB) Gir d'espatlles amb bastó (cal evitar més de 3-4 intents per trobar la DS)	<p>-Posició inicial: dempeus, subjectant amb les dues mans una pica per davant del cos.</p> <p>-Moviment: Sense doblegar els braços ni perdre el contacte de tot el palmell de la mà amb la pica, passar la pica per sobre del cap i cap enrere fins a arribar a l'esquena.</p> <p>-Precaucions: cal començar el moviment agafant la pica amb una separació còmoda i progressivament tancar les mans fins a trobar el límit.</p>	a,b,c.-Mínima distància entre ambdós costats externs de la mà (DS). Costat extern del cinquè metacarpia.	A

Taula 24. Sinopsi dels principals tests aplicats a les extremitats superiors.

4.3.3 Columna vertebral

▪ ÍNDEX DE BASE (IB)

Índex $L0=150 \cdot DS/Lt$

Índex $\alpha= 2\arcsin(DS/(2Lt))$

Suport informàtic:



Windows 95-98-2000. Microsoft EXCEL 2000

Index angular (graus)

$= (2 * \text{ASENO} ((DS)/(2 * Lt))) * 180 / 3.1416$

Index lineal (cm)

$= (150 * DS) / Lt$

Aplicació del compàs flexomètric

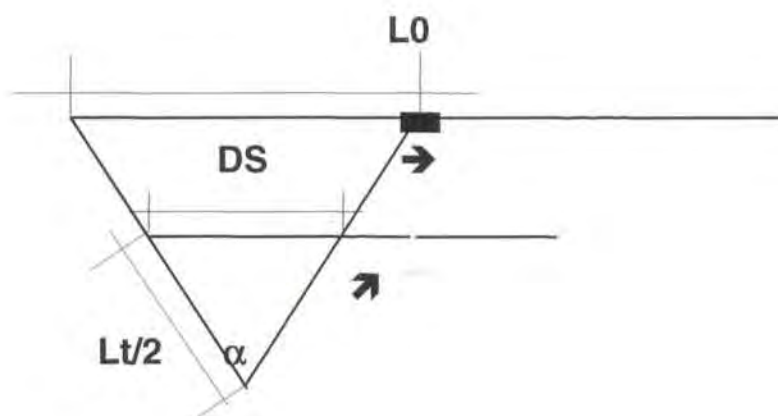


Figura 95. A cada braç del compàs, hi assenyaem la meitat del valor de la longitud del tronc. A continuació separem els dos punts a la distància obtinguda en el test (DS). Finalment, llegim el valor de l'ADM al transportador en graus (α) o a la barra superior en centímetres (L0).

▪ Sinopsi dels principals tests de flexibilitat

CODI Nom de la prova	Descripció/Realització	Valoració (DScm)	Mov.
1-22.- (IB) Extensió d'esquena i coll	<p>-Posició inicial: en decúbit ventral amb les cames estirades.</p> <p>-Moviment: Intentar separar el tronc i el cap del terra (hiperextensió) mantenint els braços darrere el cos i les mans als glutis.</p> <p>-Precaucions: no aixecar els peus del terra. Cal explicitar si el test es realitza amb els peus subjectats o lliures.</p>	Mínima distància entre el vèrtex del cap (extrem més distal) i el terra.	A
1-23.- (IB) Extensió d'esquena	<p>-Posició inicial: decúbit ventral.</p> <p>-Moviment: elevar el tronc amb l'ajut de les mans.</p> <p>-Precaucions: mantenir la pelvis enganxada al terra.</p>	Mínima distància entre el vèrtex distal del cap i el trocànter major.	A

CODI Nom de la prova	Descripció/Realització	Valoració (DScm)	Mov.
1-24.- Test canadenc	- <i>Posició inicial:</i> decúbit dorsal amb les cames flexionades 90 graus i els braços estirats i paral·lels entre ells. - <i>Moviment:</i> intentar acostar els dits de les mans als peus sense aixecar la zona lumbar del terra. - <i>Precaucions:</i> mantenir els braços enganxats al cos.	Diferència entre la distància entre la posició dels dits de les mans amb el tronc relaxat i la distància assolida en flexionar el tronc sense aixecar la zona lumbar del terra. Sempre mesurem la distància assolida per la mà més endarrerida.	A
1-25.- Inclinació lateral del tronc	- <i>Posició inicial:</i> dempeus, amb els braços estirats i agafats. - <i>Moviment:</i> inclinació del tronc cap a un costat. - <i>Precaucions:</i> els braços i el cos han de mantenir-se en tot moment en el pla frontal.	Mínima distància entre el costat extern del canell i l'extern del calcani del costat del moviment.	P-A
1-26a; 1-26b Test de Schober total	- <i>Posició inicial:</i> dempeus, amb els braços i el tronc relaxat. - <i>Moviment:</i> flexió de tronc endavant. extensió de tronc. - <i>Precaucions:</i> mantenir en tot moment les cames estirades.	a. Lt; determinar la distància entre la primera vèrtebra dorsal i la última lumbar amb el subjecte en posició anatòmica. Posteriorment, determinar aquesta mateixa distància en posició inclinada endavant. b. Lt; determinar la distància entre el manubri esternal i el costat anterior suprapubià amb el subjecte dempeus i, després, mesurar la mateixa distància amb la màxima inclinació possible enrere.	P A

Taula 25. Sinopsi dels principals tests aplicats a la columna vertebral.

▪ APLICACIÓ DE L'ÍNDEX CORRECTOR ADAPTAT

CODI 1-26a. (Test de Schober total)

El test de Schober total valora la diferència en distància lineal entre la primera vertebra dorsal i l'última lumbar en comparar la posició dempeus (Lt) i la posició inclinada endavant (DS).

Suposant que a un subjecte (A) li mesurem una Lt de 43 cm dempeus, i una DS de 51 cm en posició inclinada, la diferència que obtenim és de 8 cm. Si a un altre subjecte (B) li mesurem una Lt de 60 cm i una DS de 71, la diferència, en aquest cas, és d'11 cm. Si analitzem els valors obtinguts (Lt i DS), podem comprovar que hi ha una clara proporcionalitat entre les dades ($43/51 \cong 60/71$), que no queda reflectida en la valoració final, la qual és diferent; $A=8\text{cm}$ i $B=11\text{cm}$ (fig. 96, part inferior).



Figura 96. Test de Schober total. Les diferències antropomètriques emmascaren el resultat. Cal establir criteris correctors de proporcionalitat.

Test de Schober total

A=8 cm

B=11cm

Proporcionalitat

$43/51 \cong 60/71$

Índex flexomètric

A=B=57,5°

En aquest cas és convenient calcular el valor final a partir del quocient entre els dos mesuraments i no mitjançant la diferència entre si, com es proposa en el protocol del test.

Si hi apliquem l'índex flexomètric, obtenim una valoració final en graus que representa la relació entre la longitud final i la longitud inicial.

Índex angular

$$\sin(\alpha/2) = (DS/2)/L_t$$

$$\alpha = 2 \arcsin(DS/(2L_t))$$

Índex lineal

$$\text{Índex } L_0 = 150 DS/L_t$$

CODI 1-26b. (Test de Schober anterior global)

Al subjecte, dempeus se li mesura, mitjançant una cinta mètrica, la distància entre el manubri esternal i el costat anterior suprapubià i, després, es mesura un altre cop la distància entre aquests dos punts quan el subjecte arriba a la màxima inclinació enrere. La valoració final és la diferència entre els dos mesuraments.

El test té els mateixos problemes que l'anterior (1-27a) i, per tant, el raonament anterior és perfectament vàlid.

A més, la crítica que es pot fer al mètode és que les persones amb força greix abdominal o amb poca tensió abdominal no permeten un mesurament vertical, sinó que és sinuós. Després, durant l'extensió la tensió de la paret abdominal rectifica la sinuositat, tot modificant el mesurament i per això no és prou correcte comparar-lo amb el primera (Leroy,A., Pierron,G., Péninou,G., Dufour,M., Neiger,H., Génot,C., Dupré,J.M., 1997 citat per Prentice 1997).

En aquest cas, si apliquem també l'índex flexomètric obtenim una valoració final en graus que representa la relació entre la longitud final i la longitud inicial.

Índex angular

$$\sin(\alpha/2) = (DS/2)/Lt$$

$$\alpha = 2 \arcsin(DS/(2Lt))$$

Índex lineal

$$\text{Índex } L_0 = 150 DS/Lt$$

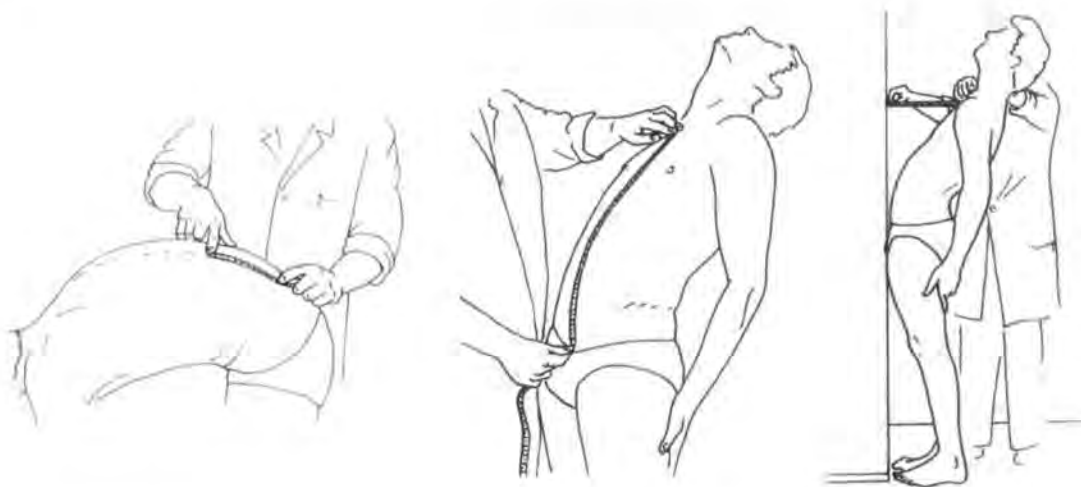


Figura 97. Diferents aplicacions del test de Schober (Génot, Neiger, Leroy, Pierron, Dufour, Péninou, 1988).

CODI 1-24 (Test canadenc)

El test canadenc, adaptat per Robertson i Magnusdottir (1987) per valorar la resistència de la musculatura abdominal, és un test que combina força i flexibilitat. L'executant, en posició supina, amb els braços al costat del cos, els avantbraços en pronació, els colzes bloquejats, els dits estirats i sense subjecció dels peus, ha de flexionar l'esquena (per la zona alta), mantenint en tot moment les mans en contacte amb el terra. Es valora la diferència entre la posició de l'extrem més distal dels dits de les mans amb el tronc relaxat i la distància assolida en flexionar el tronc, sense aixecar la zona lumbar del terra.

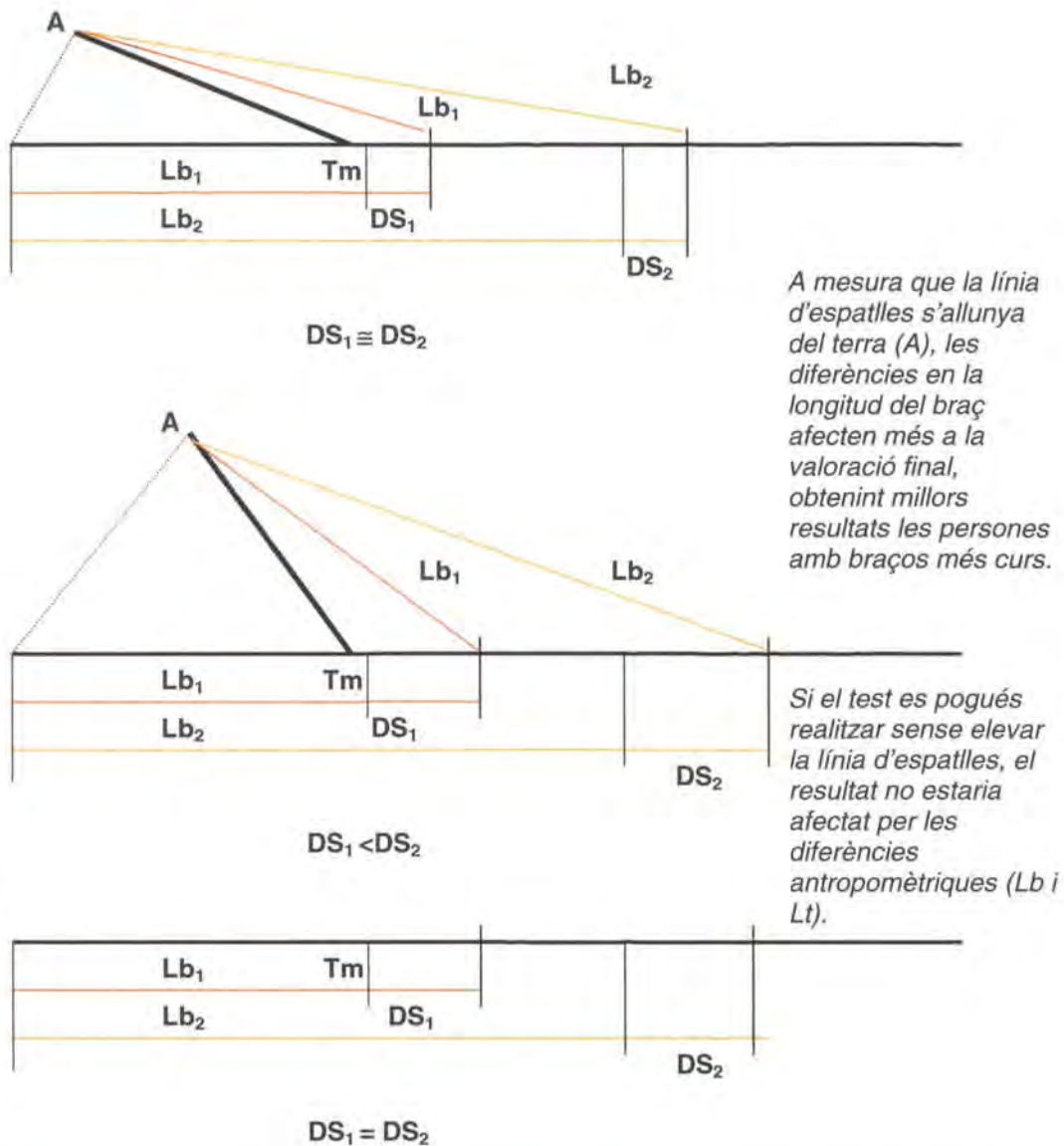


Figura 98. Test canadenc. Els mesuraments antropomètrics condicionen el resultat final. Tm, trocànter major; A, línia d'espatlles; Lb, longitud del braç; DS, distància de separació.

La figura 98 mostra la influència dels mesuraments antropomètrics en el resultat final del mesurament. Concretament, el resultat queda afectat per la separació de la línia d'espatlles del terra (com més separació, l'error és més gran) i per la longitud del braç. Els subjectes amb braços més llargs obtenen DS superiors. Al nostre entendre en aquest test cal calcular l'angle format per la línia del terra i la línia que uneix el trocànter major i l'acromi. Per tant, la DS correspondrà a la mínima distància entre la línia de les espatlles i el terra, i la longitud del tronc (Lt) a la distància entre el trocànter major i el cantó extern de

l'acromi del mateix costat. A partir d'aquestes dades es calcula l'angle mitjançant l'expressió trigonomètrica següent:

Índex angular

$$\sin(\alpha/2) = DS/Lt$$

$$\alpha = 2 \arcsin(DS/Lt)$$

CODI 1-25. (Inclinació lateral del tronc)

Es valora la relació trigonomètrica entre la longitud de l'abast (La) i la mínima distància entre el costat extern del canell i el costat extern del calcani del costat del moviment (DS).

Índex angular

$$\sin(\alpha/2) = (DS/2)/La$$

$$\alpha = 2 \arcsin(DS/(2La))$$

Índex lineal

$$\text{Índex } L0 = 150 DS/La$$

▪ **Taula resum**

CODI	ÍNDEX FLEX	APLICACIÓ INFORMÀTICA
1-24	Índex $L0 = 150 DS/(La-Lc)$ $\alpha = 2 \arcsin(DS/2(La-Lc))$	$= (150 * DS)/(La-Lc)$ $= (2 * \text{ASENO}(DS/2 * (La-Lc))) * 180/3.1416$
1-25	Índex $L0 = 150 DS/La$ $\alpha = 2 \arcsin(DS/(2La))$	$= (150 * DS)/La$ $= (2 * \text{ASENO}(DS/(2 * La))) * 180/3.1416$
1-26a	Índex $L0 = 150 DS/Lt^*$	$= (150 * DS)/Lt$
1-26b	$\alpha = 2 \arcsin(DS/Lt)$	$= (2 * \text{ASENO}(DS/Lt)) * 180/3.1416$

Taula 26. Lt, és la distància lineal entre la primera vèrtebra dorsal i la última lumbar.

4.3.4 Tests de flexibilitat general

▪ Sinopsi dels principals tests

CODI Nom de la prova	Descripció/Realització	Valoració (DScm)	Mov.
1-27.- Flexió de tronc endavant	<p><i>-Posició inicial:</i> assegut al terra amb les cames juntes i estirades.</p> <p><i>-Moviment:</i> flexió de tronc endavant tocant amb les mans el terra en el punt més allunyat del cos possible.</p> <p><i>-Precaucions:</i> no flexionar les cames ni fer moviments amb brusquedat.</p>	Distància entre el calcani i l'extrem més distal de les mans. Les dues mans han d'estar sobreposades.	A
1-28.- <i>Sit and Reach</i>	<p><i>-Posició inicial:</i> assegut al terra amb les cames juntes i estirades i la planta dels peus en contacte amb el caixó.</p> <p><i>-Moviment:</i> flexió de tronc endavant intentant arribar amb les dues mans sobreposades al més lluny possible lliscant per la part superior del caixó.</p> <p><i>-Precaucions:</i> no flexionar les cames.</p>	Distància entre el punt 0 del caixó (fig. 106, <i>Sit and Reach</i>) i l'extrem més distal de les mans en el punt de màxima flexió mantinguda. Les dues mans han d'estar sobreposades.	A

Nom de la prova	Descripció/Realització	Valoració (DS)	Mov.
<p>1-29.- <i>Sit and Reach</i> (modificat)</p>	<p><i>-Posició inicial:</i> assegut al terra amb les cames juntes i estirades, la planta dels peus en contacte amb el caixó, l'esquena recolzada a la paret i els braços estirats. El punt zero del caixó es fa coincidir amb el punt més distal de les mans sobreposades mantenint la posició inicial. En cap moment podem perdre el contacte de l'esquena amb la paret.</p> <p><i>-Moviment:</i> flexió de tronc endavant i intentant arribar amb les dues mans sobreposades al més lluny possible lliscant per la part superior del caixó.</p> <p><i>-Precaucions:</i> no flexionar les cames.</p>	<p>Distància entre el punt 0 del caixó (fig. 108, <i>Sit and Reach</i>) i l'extrem més distal de les mans en el punt de màxima flexió mantinguda. Les dues mans han d'estar sobreposades.</p>	<p>A</p>
<p>1-30.- El pont</p>	<p><i>-Posició inicial:</i> decúbit dorsal.</p> <p><i>-Moviment:</i> intentar apropar les mans i els peus.</p> <p><i>-Precaucions:</i> mantenir la planta dels peus en contacte amb el terra</p>	<p>Mínima distància entre el costat extern del calcani i el taló de la mà.</p>	<p>A</p>

Nom de la prova	Descripció/Realització	Valoració (DS)	Mov.
1-31.- Test dinàmic de Fleischman	<p><i>-Posició inicial:</i> dempeus i d'esquena a una paret, el subjecte, sense moure els peus, es posa a una distància d'aquesta que li permeti girar el tronc i tocar amb les dues mans la paret.</p> <p><i>-Moviment:</i> tocar amb les mans el terra sense flexionar les cames i, a continuació, tocar la paret.</p> <p><i>-Precaucions:</i> no flexionar les cames.</p>		Dinamic
1-32.- Flexió de tronc damunt d'un banc	<p><i>-Posició inicial:</i> dempeus damunt d'un banc amb les cames juntes i estirades i la punta dels peus en el límit del banc.</p> <p><i>-Moviment:</i> flexió de tronc endavant mantenint les cames estirades i tocant amb les mans sobreposades la part lateral del banc.</p> <p><i>-Precaucions:</i> no flexionar les cames.</p>	Distància entre la part superior del banc i l'extrem distal de les mans sobreposades en el punt de màxima flexió de tronc mantinguda.	A
1-33.- Dempeus tocar el terra	<p><i>-Posició inicial:</i> dempeus amb les cames juntes i estirades.</p> <p><i>-Moviment:</i> flexió de tronc intentant tocar el terra amb les mans.</p> <p><i>-Precaucions:</i> no flexionar les cames. Mantenir els palmells de les mans enfrontats.</p>	Mínima distància entre l'extrem més distal de les mans i el terra.	A

Nom de la prova	Descripció/Realització	Valoració (DS)	Mov.
1-34.- Tot flex	<p><i>-Posició inicial:</i> assegut al terra davant d'una pica.</p> <p><i>-Moviment:</i> A) intentar apropar-se al màxim a la pica separant les cames. B) Gir d'espatlles amb bastó CODI 1-19. C) Sense modificar la posició de cames i la separació de braços de les fases A i B flexionar el tronc endavant CODI 1-27.</p> <p><i>-Precaucions:</i> no flexionar les cames.</p>	Mínima distància entre les dues piques.	A
1-35.- Test de salt de tanca	<p><i>-Posició inicial:</i> assegut al terra en posició de salt de tanca.</p> <p><i>-Moviment:</i> flexió de tronc endavant.</p> <p><i>-Precaucions:</i> mantenir la cama flexionada en tot moment en contacte amb el límit de fusta.</p>	Mínima distància entre el límit de fusta i l'extrem més distal dels dits.	A
1-36.- Test de tocar el terra durant 3 s	<p>Veure CODI 1-33</p> <p>Mantenir la posició final 3 s</p>		A

Taula 27. Descripció de diversos tests de flexibilitat general.

▪ APLICACIÓ DE L'ÍNDEX CORRECTOR ADAPTAT

Tot i que, com hem apuntat en l'apartat dels tests de flexibilitat multiarticular, la flexibilitat sembla que no existeix com una característica general del cos humà, els tests multiarticulats poden ser útils per a determinades disciplines esportives, perquè donen més informació de l'abast d'aquesta capacitat en moviments amplis i globals. Potser en aquest context no ens hem de preocupar tant de conèixer amb exactitud què és el que s'està mesurant, sinó que mitjançant aquests tests hem de comprovar les possibilitats individuals dels subjectes de realitzar certs moviments específics o molt relacionats amb la modalitat esportiva que practiquen. Aquest és el cas de la flexió de tronc endavant per als saltadors de trampolí, el tot flex per als gimnastes, el pont per a la modalitat de gimnàstica rítmica, etc. El que sí hem d'exigir als tests és que els resultats puguin ser utilitzats també per comparar subjectes o fer estudis grupals.

Ateses les grans diferències entre aquests tests, haurem d'analitzar i tractar de manera diferent i individualitzada cada un per intentar trobar el corresponent índex corrector aplicat.

Flexió de tronc endavant, flexió de tronc damunt d'un banc, dempeus tocar el terra i tocar el terra durant 3 s (1-27/1-32/1-33/1-36)

Flexió de tronc endavant

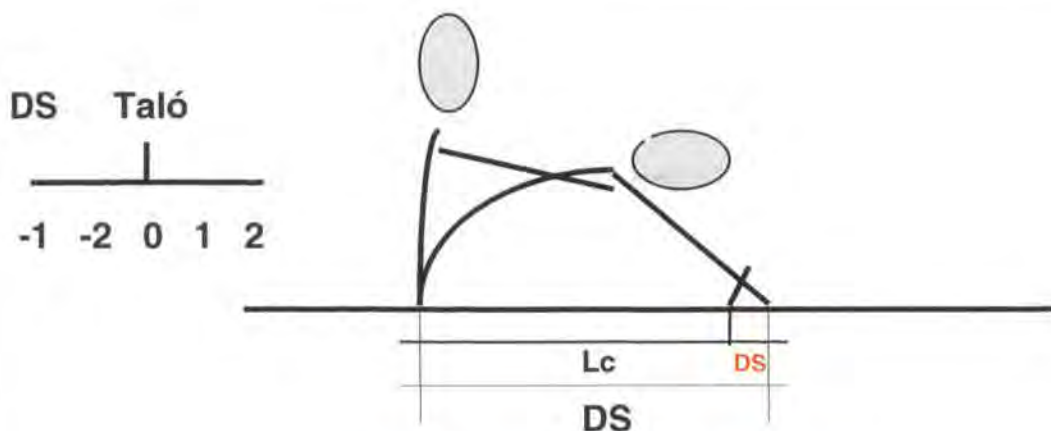


Figura 99. Test de flexió de tronc endavant.

Estudiarem tots aquests tests com una unitat, ja que la dinàmica del moviment és pràcticament la mateixa. Les úniques diferències estan en la posició del cos en fer el moviment, el tipus d'estirament i les característiques de la valoració.

Flexió de tronc damunt d'un banc, dempeus tocar el terra, test de tocar el terra durant 3 s

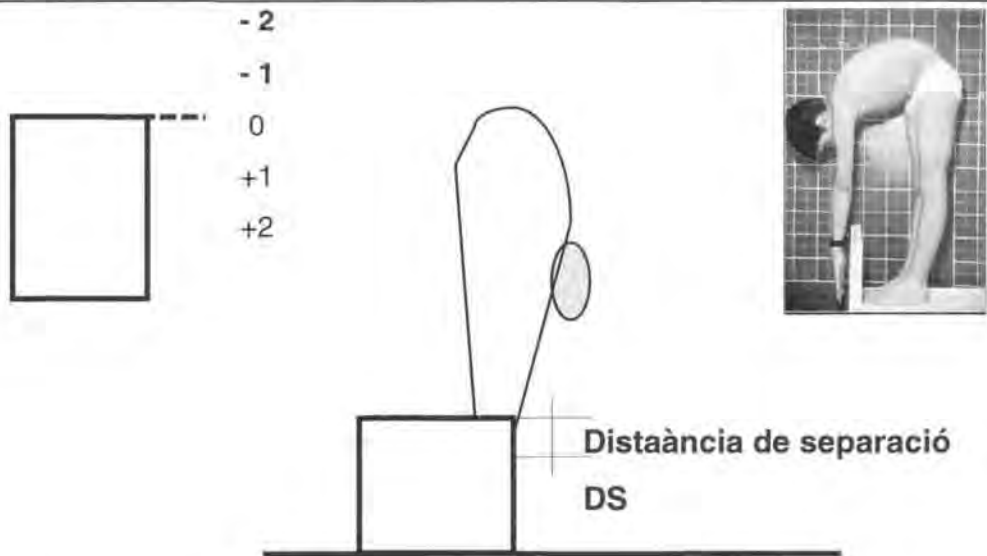


Figura 100. Test de flexió de tronc damunt d'un banc.

El test de flexió de tronc des del terra és força més limitat que el mateix test realitzat damunt d'un caixó, perquè no permet continuar mesurant la mobilitat articular un cop ja hem aconseguit tocar el terra. Si volem continuar la quantificació de l'amplitud del moviment, cal fer el test damunt d'un banc.

En el test de flexió de tronc endavant (1-27) podem quantificar la distància entre la paret i el punt més llunyà que pugui tocar del terra amb les mans sobreposades (DS), o la distància que les mans superen el taló dels peus (Z) (fig. 99). Quan les mans no superen els peus, es mesura també la distància entre el taló dels peus i la punta dels dits, però al resultat es dona una valoració negativa.

Les diferències en la valoració entre el test de flexió de tronc damunt d'un banc o el test de tocar el terra amb les mans (1-32;1-33) és que en el primer test el mesurament sempre serà la distància en centímetres del banc a la punta dels dits, que serà positiva quan aconseguim superar el banc i negativa quan

no hi arribem, i en el segon test sempre serà des de la punta dels dits al terra (fig. 101).

Cal destacar la possibilitat de realitzar el test de flexió de tronc endavant amb tecnologia digital, la qual permet treballar amb un arc de mesura de -20 a 35 cm i una precisió de +/- 0,5 cm.



Figura 101. Dempeus tocar el terra.

-Aplicació de l'índex corrector

L'angle de flexió de malucs i de la columna vertebral lumbar i dorsal només es pot calcular amb exactitud mitjançant estudis radiogràfics molt costosos. L'aplicació flexomètrica, en aquest cas, com en tots els tests en els quals estigui implicada la columna vertebral, es basa a obtenir un angle que relacioni la longitud del tronc amb la longitud de la corda de l'arc que forma la columna després de la flexió amb la intenció que aquest resultat sigui independent de la morfologia del subjecte.

Angle α , en aquesta situació específica, relaciona la DS (teòrica corda d'arc formada per la columna i els braços) amb la longitud del braç més tronc (La-Lc), de tal manera que les persones que aconseguen tocar amb el pit les cames tinguin la màxima valoració (180°), i la mínima expressió de mobilitat (0°) correspongui a una DS teòrica de 0 cm. En els tests 1-32 i 1-33 aquesta mínima ADM coincideix amb la posició dempeus amb els braços estirats i alineats amb el cos, i en el test 1-27 coincideix amb la posició d'assegut al terra

amb el tronc perpendicular a la paret i els braços estirats i en la prolongació del cos.

Aquesta posició ens permet definir un teòric triangle isòsceles amb el catet desigual d'una longitud igual a la corda de l'arc format pel tronc i els braços ($DS = Lc + Z$), i els dos catets iguals amb una longitud igual a la meitat del valor de tronc i braços ($La - Lc/2$). Dividim $La - Lc$ per dos perquè quan la DS correspongui exactament amb el valor de la longitud del tronc més braç, moment de màxima flexió de tronc, el costat desigual del triangle isòsceles tingui la mateixa llargada que la suma dels dos costats desiguals (fig.102).

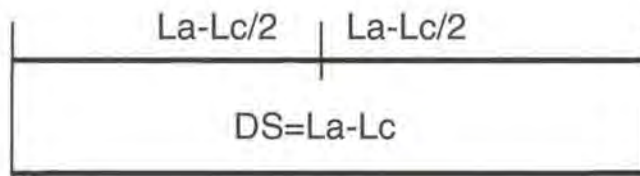
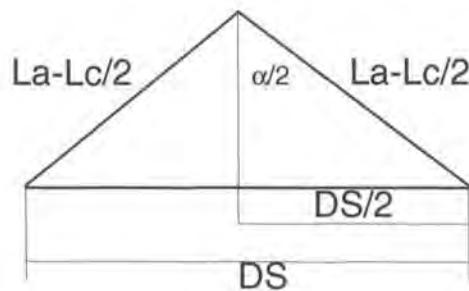
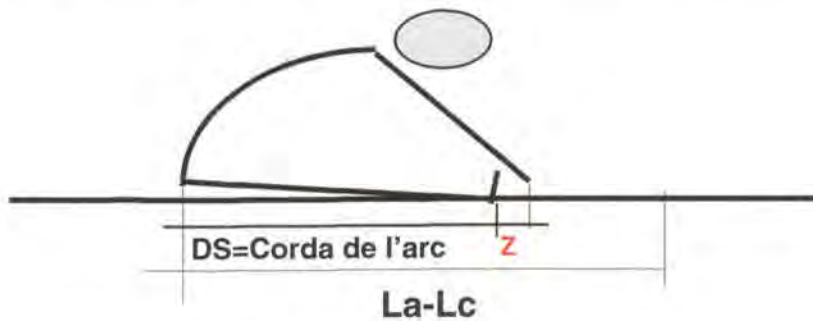


Figura 102. Relació entre totes les variables en el moment de màxima flexió de tronc.

A partir d'aquesta situació establim les relacions trigonomètriques (fig. 103).



$$\sin(\alpha/2) = 2(DS/2)/(La-Lc)$$

$$\alpha = 2\arcsin(DS/(La-Lc))$$

$$\alpha = 2\arcsin((Z+Lc)/(La-Lc))$$

Figura 103. Test flexió de tronc endavant. Càlcul teòric de l'índex corrector.

-Aplicació del compàs flexomètric

A cada braç del compàs, hi fixem la meitat del valor de la longitud del tronc més braç amb qualsevol de les seves expressions, i separaem posteriorment els dos punts obtinguts a una distància igual al resultat del test (DS; Lc+Z).

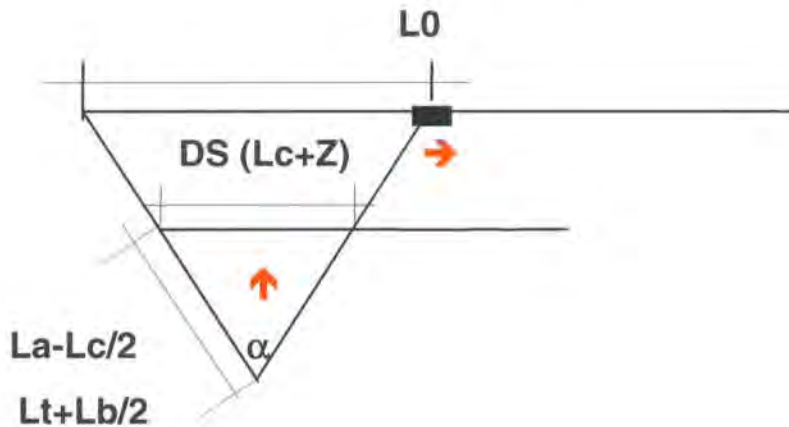


Figura 104. Aplicació del compàs flexomètric.

El raonament seguit permet que el resultat obtingut sigui del tot independent de la longitud del tronc i del braç. De fet, dues persones amb diferents valors corporals que assoleixin una DS proporcional obtenen el mateix resultat. En la figura 105 es demostra gràficament que dues persones que obtenen una DS que correspon a un 60% de la distància La-Lc, obtenen el mateix angle de separació.

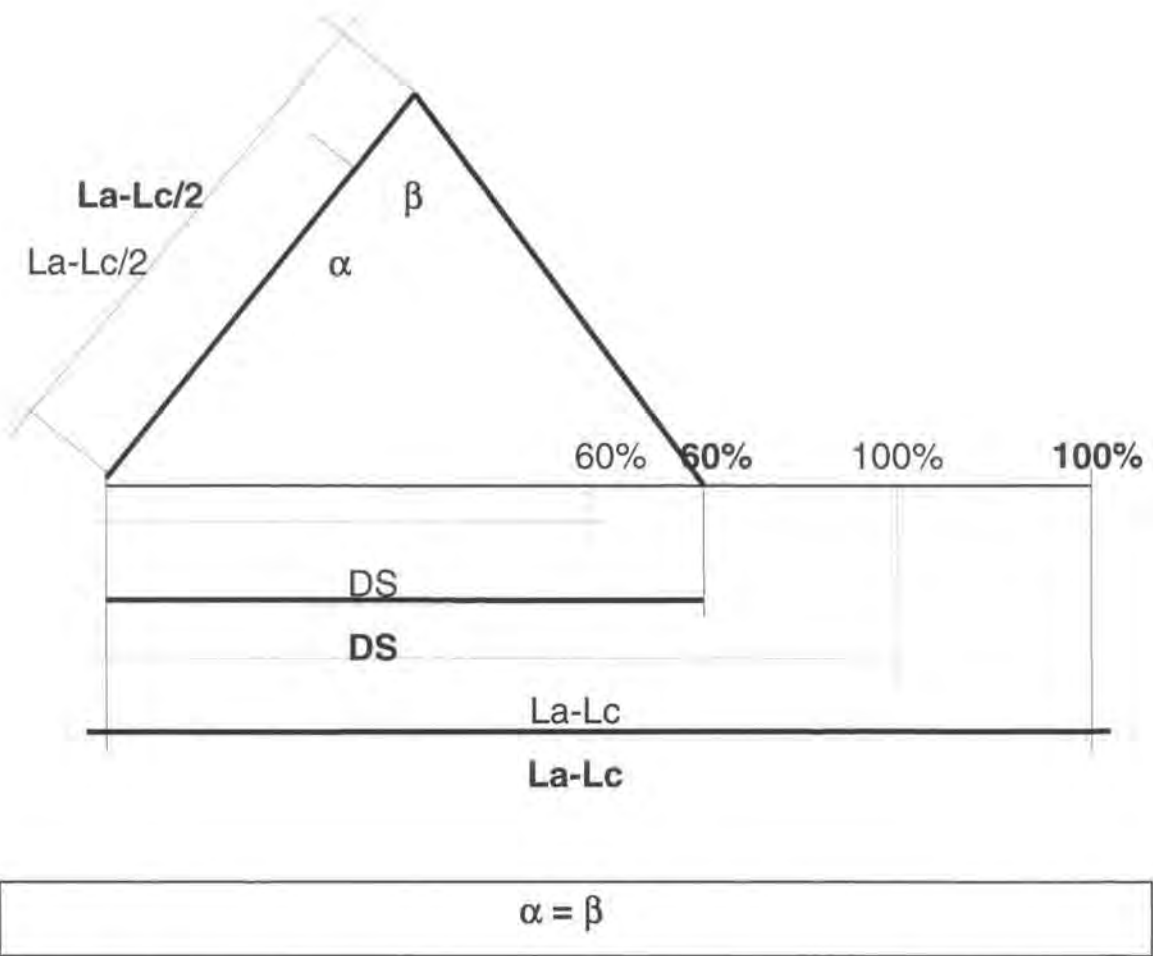


Figura 105. El test estableix una relació proporcional entre *DS* independent dels mesuraments corporals.

Sit and Reach i Sit and Reach modificat (1-29/1-30)

El test tradicional de *Sit and Reach* té el propòsit de valorar l'ADM en la flexió de tronc endavant i, per fer-ho, utilitza un caixó de 35 cm de llarg, 45 d'ample i 32 d'alt, amb una placa superior de 55 cm i 45 d'ample que sobresurt 15 cm de la llargada del caixó (fig. 106, part superior).

L'executant assegut enfront del costat més ample del caixó, amb les cames estirades i doblegant el tronc endavant intenta, amb els braços estirats, arribar al més lluny possible (Strauss, 1984; Lohman, Roche, Martorell, 1993) (fig. 106, part inferior).

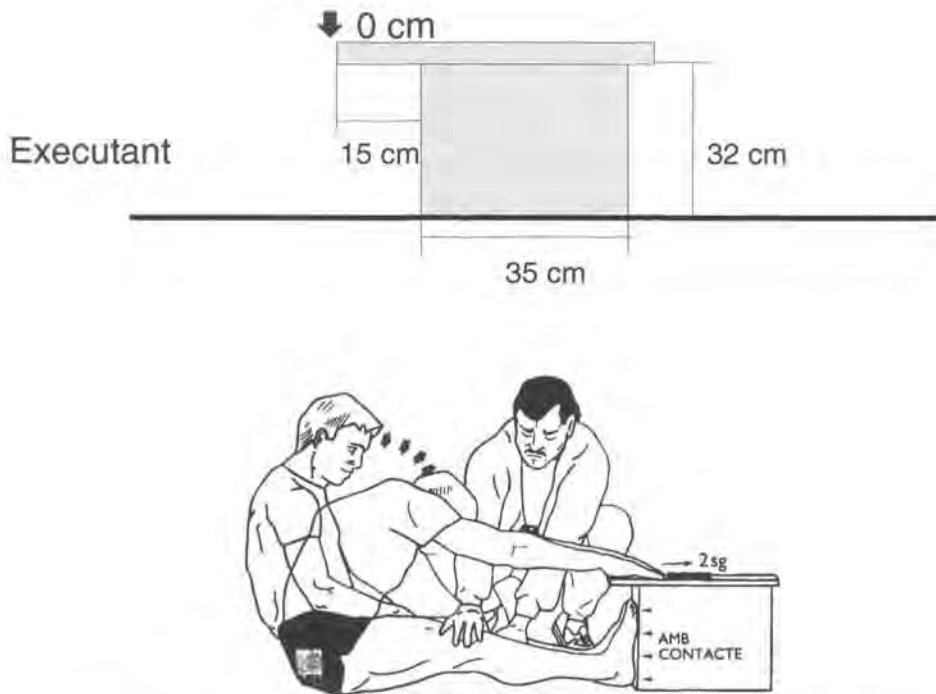


Figura 106. *Sit and Reach. Mides del caixò i realització del test.*

Aquest test, com ja s'ha explicat reiteradament, està condicionat per les dimensions antropomètriques. Les persones amb braços i tronc proporcionalment més curts que la longitud de les cames, tenen un cert desavantatge respecte dels que tenen les cames més curtes en relació amb la longitud del braç i tronc. Algunes modificacions posteriors fetes al test pretenen resoldre aquests problemes. És el cas del *Sit and Reach* modificat (1-30).

***Sit and Reach* modificat (1-30)**

La diferència amb el test anterior és que s'estableix una posició de partida en la qual, amb l'esquena recolzada a una paret i amb els braços estirats amb una mà damunt l'altra, es col·loca una vareta de mesurament sobre la caixa amb un extrem que toqui la punta dels dits. Aquesta és la posició de partida (0 cm) de la prova (Hoeger, Hopkins, 1992). Aquestes modificacions permeten eliminar la influència de la longitud del braç i de les cames en el resultat final però no inclouem la llargada del tronc.

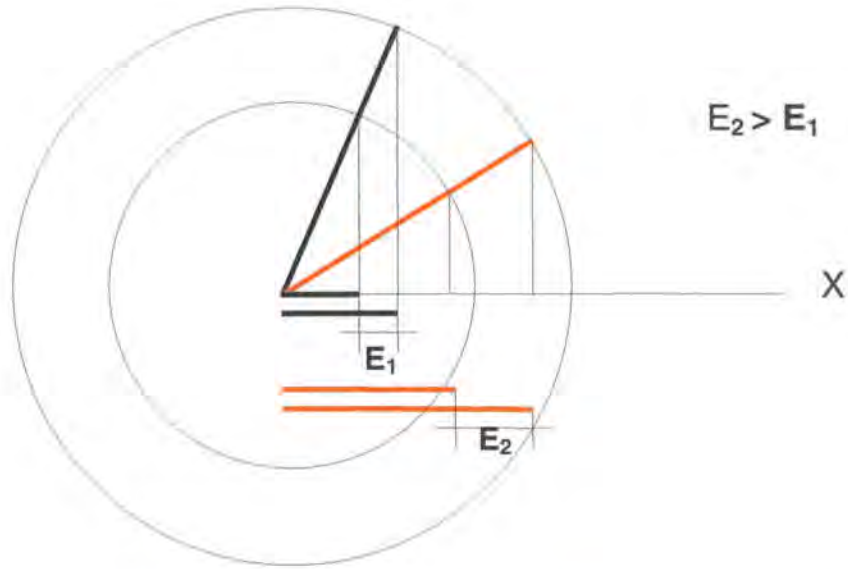


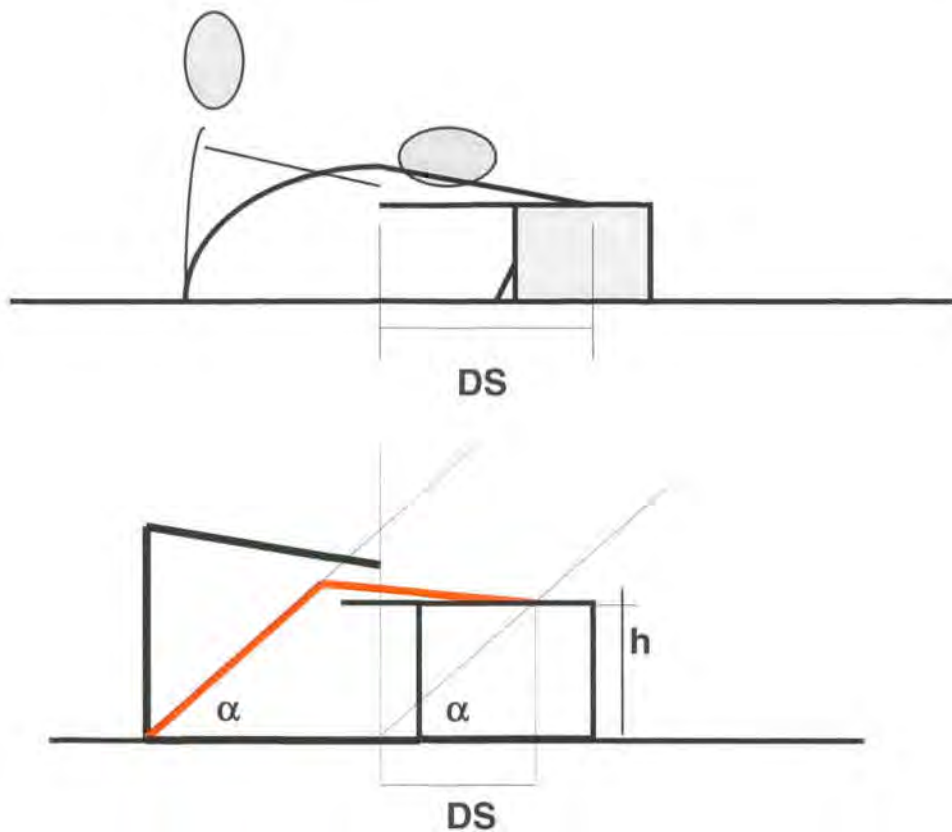
Figura 107. El resultat del test és directament proporcional a l'avanç relatiu del tronc respecte de l'eix d'ordenades.

En la figura 107 es representen dues llargades de tronc diferents en dues situacions d'amplitud de moviment (α i β). El resultat del test és directament proporcional a l'avanç relatiu del tronc respecte de l'eix d'ordenades (X). Això suposa una diferència en el resultat dels dos subjectes per a cada amplitud de moviment (E_2 i E_1). Comprovem que l'abast de la influència de la longitud del tronc en el resultat augmentarà amb la reducció de l'angle de flexió i amb l'augment de les diferències entre les longituds del tronc entre subjectes.

Podem concloure dient que tot i que el resultat és més vàlid que el *Sit and Reach* tradicional, encara hi ha una influència clara de la longitud del tronc.

-Aplicació de l'índex corrector

Seguint el mateix protocol del *Sit and Reach* modificat obtenim el valor DS que correspon a la màxima flexió de tronc endavant. Sabent que l'alçada del calaix és de 32 cm podem calcular l'angle α que es correspon exactament amb l'angle que forma la línia del terra amb una línia que talla a aquesta en el punt on conflueix el terra i la paret, passant la tangent per la part posterior de l'espatlla a l'alçada de l'articulació escapulohumeral (fig. 108).



$$\operatorname{tg} \alpha \cong h/DS$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} (h/DS)$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} (32/DS)$$

Figura 108. Sit and reach modificat. Càlcul de l'índex corrector adaptat.

-Aplicació del compàs flexomètric

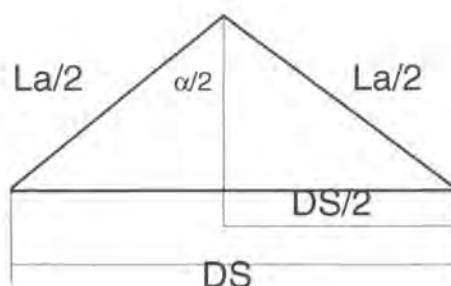
El tipus de raonament trigonomètric realitzat no ens permet adaptar-nos a les característiques del compàs flexomètric.

El pont (1-31)

El propòsit del test és mesurar l'ADM mitjançant la quantificació de la distància entre mans i peus (Bube, 1966 citat per Grosser i Starischka, 1988), o determinant la mínima distància entre el punt més alt de l'esquena i el terra. Per aplicar-hi l'índex corrector, treballarem amb el primer criteri de mesurament.

-Aplicació de l'índex corrector

Abans d'entrar a la concreció del raonament trigonomètric cal dir que utilitzarem com a factor corporal la longitud de l'abast del subjecte (L_a). El triangle isòsceles està delimitat per dos catets iguals de longitud igual a la meitat de la longitud corporal ($L_a/2$), i amb el catet desigual amb una longitud que correspon al valor obtingut en el test (DS). D'aquesta manera, en la posició inicial del subjecte, L_a és igual a DS .



$$\sin(\alpha/2) = (DS/2) / (L_a/2)$$

$$\alpha = 2 \arcsin(DS/L_a)$$

Figura 109. Aplicació de l'índex corrector al test 1-31; el pont.

-Aplicació del compàs flexomètric

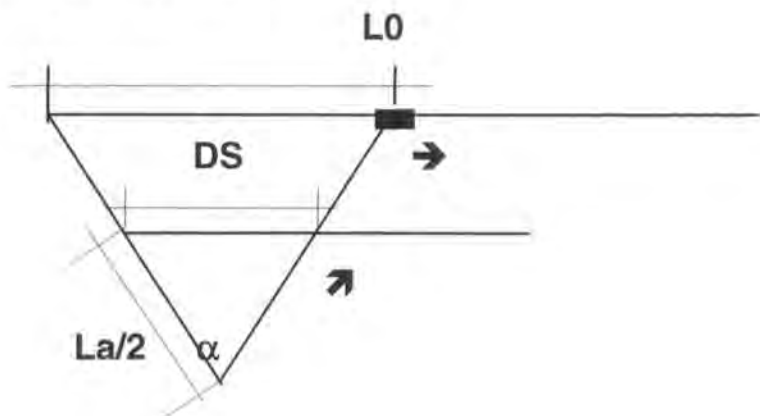


Figura 110. A cada braç del compàs, hi assenyalarem la meitat del valor de la longitud de l'abast. A continuació separem els dos punts a la distància obtinguda en el test (DS). Finalment, llegim el valor de l'ADM al transportador en graus (α) o a la barra superior en centímetres (L_0).

1-32.-Test dinàmic de Fleishman

El test de camp de Fleishman es va pensar per mesurar l'habilitat de realitzar moviments repetits en un determinat grau de mobilitat articular. Pot considerar-se com la suma de dos moviments parcials, com són el test de tocar el terra amb les mans i el de rotació de tronc (Hopkins, citat per Kirby, 1991). Cal fer moviments balístics al nivell de l'articulació de malucs i de l'esquena.

Fleishman descriu, en el moviment de flexió de tronc, que les cames s'han de mantenir en tot moment estirades. Aquest fet suposa una clara limitació, en no permetre fer el test a totes aquelles persones que no puguin tocar el terra amb les mans. L'autor no dóna en aquest cas cap solució o modificació del test per adaptar-lo a totes les situacions.

Les característiques del test, que com hem dit és la suma de dos moviments parcials diferents, no permet una adaptació coherent a l'índex flexomètric. Preferim treballar més endavant amb propostes noves de tests cinètics que permetin una quantificació més fàcil del grau de mobilitat, alhora que es pugui interpretar què és el que s'està mesurant.

Probablement estem davant d'un test d'habilitat amb manifestació elàstica més no que d'un test de flexibilitat tal com pretén l'autor.

1-35.-Tot flex

El Tot flex és una proposta de valoració de la flexibilitat general del cos humà molt completa. Aquest test és la suma parcial de tres tests en un de sol i donant un únic resultat. De fet, es tracta de realitzar el test de gir d'espatlles amb bastó (1-19), el test de separació de cames assegut al terra (1-7) i el test de flexió de tronc endavant (1-27) com una unitat. La flexió de tronc lògicament està afectada per les posicions parcials mantingudes dels altres dos tests.

Com qualsevol dels test indirectes estudiats, també es veu afectat per les diferències antropomètriques dels subjectes. Aquest fet es posa en evidència quan estudiem les posicions extremes. Quan el subjecte separa al màxim les cames, aconsegueix dislocar a una distància igual a l'amplada d'espatlles, i

flexiona el tronc endavant fins a tocar amb el pit al terra; el resultat final és la suma de la longitud del braç i del tronc. Tanmateix, quan el subjecte separa les cames a una distància igual a l'amplada de malucs i també disloca i flexiona el tronc al màxim, el resultat és la diferència entre la longitud del tronc més la longitud del braç i la longitud de les cames ($La-Lc$ o $Lt+Lb-Lc$). En els dos casos les persones que tinguin diferents proporcions corporals tindran una valoració final totalment il·lògica amb la realitat de la mobilitat articular, que és la mateixa.

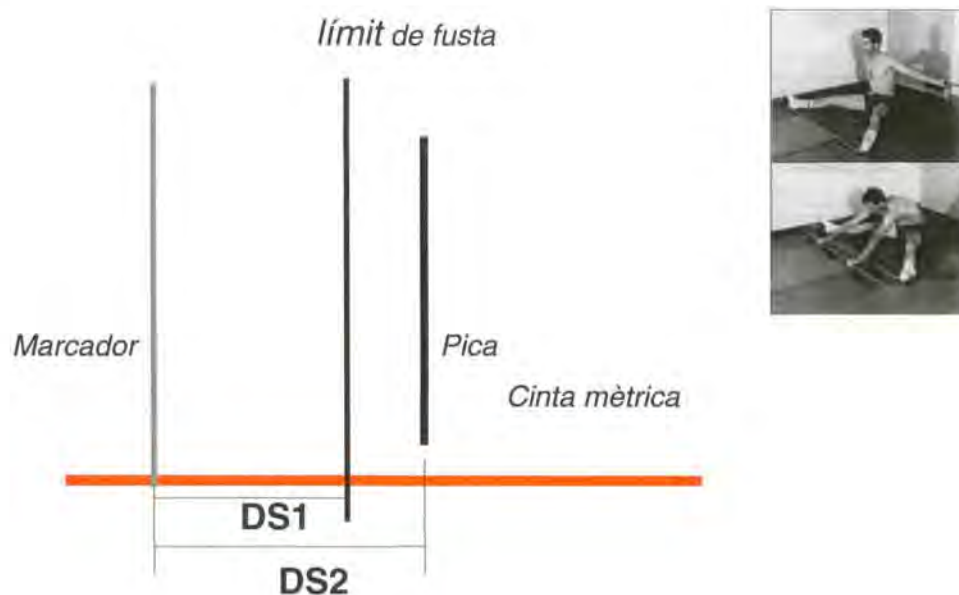
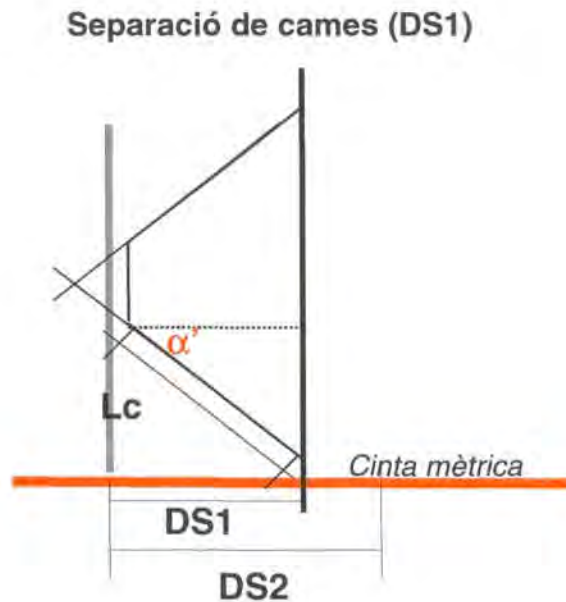


Figura 111. Tot flex (Porta, 1988, modificat per l'autor). DS1 i DS2, distàncies de separació.

Per adaptar el test a l'índex flexomètric estem obligats a modificar la valoració del protocol i concretament la valoració presentada per l'autor. Proposem mesurar la distància entre la part posterior del cos i la línia de peus després de separar les cames (DS1), i la distància entre el primer punt i la pica (DS2) (fig. 111). Aquestes valoracions ens permeten integrar en un únic índex el que en realitat són tres tests diferents.

-Aplicació de l'índex corrector

Per determinar l'índex corrector hem analitzat, d'una banda, la separació de cames i hem analitzat a part, com una unitat funcional, la flexió de tronc i el gir d'espatlles amb bastó.



$$\cos (\alpha'/2) = DS1/Lc$$

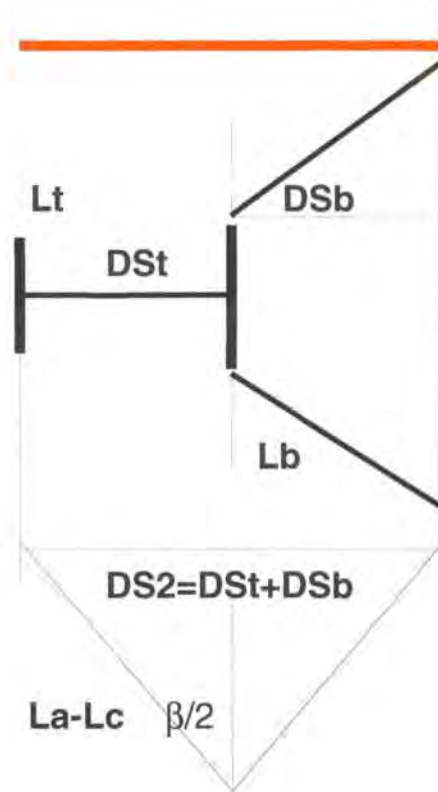
$$\alpha' = 2 \arccosinus (DS1/Lc)$$

Figura 112. Aplicació de l'índex corrector a la DS1.

Coneixent el valor de la DS1 i la longitud de la cama podem calcular l'angle real de separació de cames a partir del raonament trigonomètric (fig. 112).

Gir d'espatlles amb bastó i flexió de tronc (DS2)

La distància DS2 rep un tractament semblant però integrant en una unitat la mobilitat de l'articulació escapulohumeral i la del tronc (fig. 113).



$$\sinus (\beta/2) = ((DSb+DSt)/2)/(Lt+Lb)$$

$$\sinus (\beta/2) = (DS2/2)/(La-Lc)$$

$$\beta = 2 \arcsinus (DS2/(2(La-Lc)))$$

Figura 113. Aplicació de l'índex corrector a la DS2, tot integrant en un únic resultat l'ADM de l'articulació escapulohumeral i la del tronc.

La màxima flexibilitat teòrica s'aconsegueix quan aconseguim dislocar amb una separació de mans igual a l'amplada d'espatlles, separar les cames al màxim (180°) i tocar amb el tronc el terra. L'índex teòric en aquest cas és de 360°.

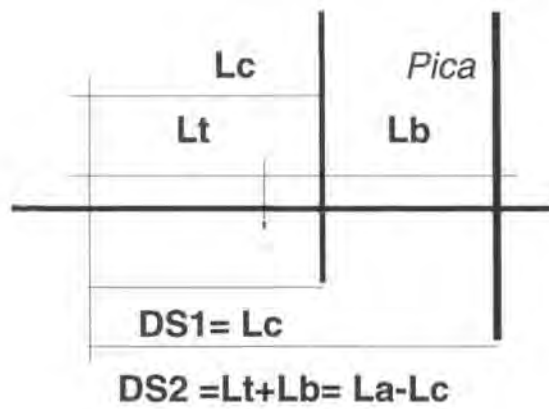
L'índex global es determina sumant els dos angles parcials mitjançant l'expressió següent:

$$\alpha + \beta = (2\arccosinus (DS1/Lc)) + (2\arcsinus (DS2/(2(La-Lc))))$$

Tot i que es pot pensar que l'índex és massa complicat, volem explicar i insistir que som davant d'un test molt complex en el qual intervé pràcticament la totalitat del cos.

Estudi de les posicions teòriques extremes

A.-Dislocació amb pica i flexió de malucs realitzats amb la màxima amplitud possible i mínima separació de cames (fig. 114).



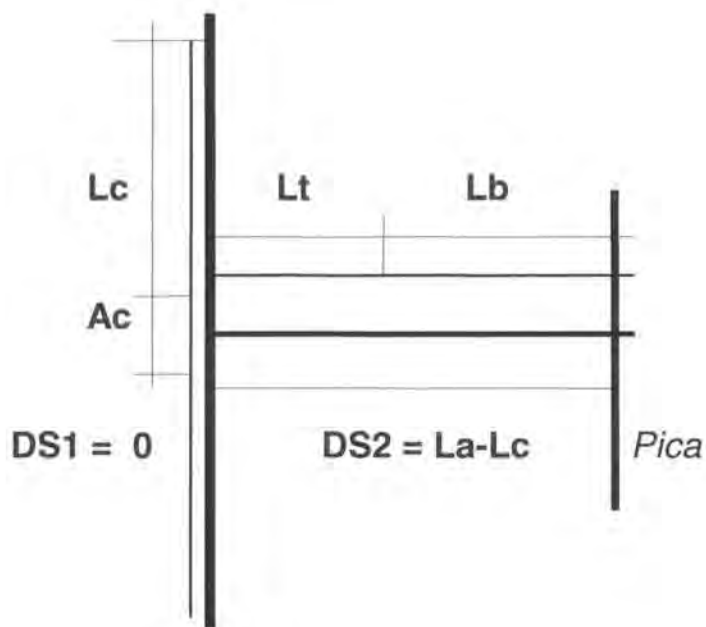
$$\alpha + \beta = 2\arccos\left(\frac{DS1}{Lc}\right) + (2\arcsin\left(\frac{DS2}{2(La-Lc)}\right))$$

$$\alpha + \beta = (2\arccos\left(\frac{Lc}{Lc}\right)) + (2\arcsin\left(\frac{(La-Lc)}{2(La-Lc)}\right))$$

$$\alpha + \beta = 60^\circ$$

Figura 114. Estudi teòric de les posicions extremes.

B.-Dislocació amb pica, flexió de malucs i separació de cames realitzat amb la màxima amplitud teòrica possible (fig. 115).



$$\alpha + \beta = (2 \arccos(\text{DS1}/Lc)) + (2 \arccos(\text{DS2}/(2(La-Lc))))$$

$$\alpha + \beta = (2 \arccos(0/Lc)) + (2 \arccos((La-Lc)/(2(La-Lc))))$$

$$\alpha + \beta = 240^\circ$$

Figura 115. Estudi teòric de les posicions extremes.

-Aplicació del compàs flexomètric

El compàs flexomètric no es pot utilitzar en aquest cas, igual que en tots els tests que calculen l'angle a partir del cosinus de l'angle.

1-36.-Test de salt de tanca

Grosser (1976) descriu un test específic per a corredors de tanques, ampliable a corredors de velocitat i saltadors.

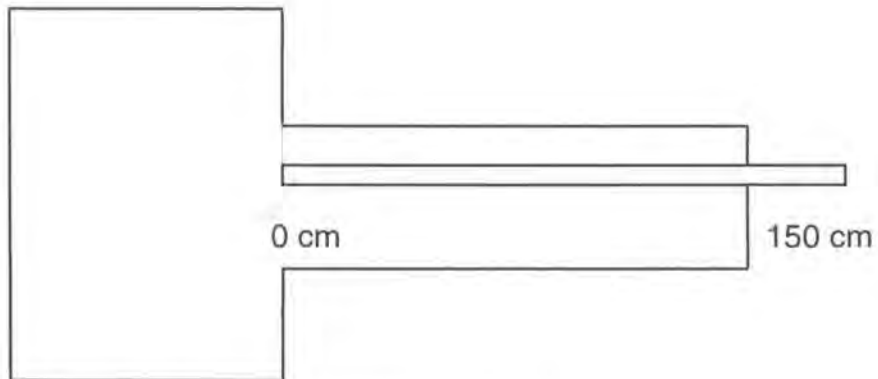


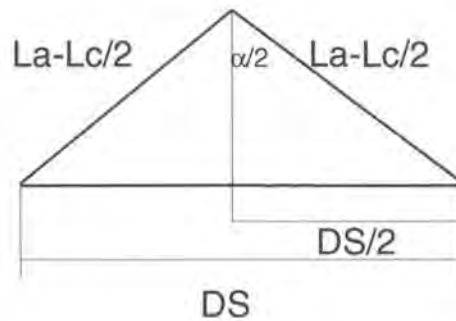
Figura 116. Test de salt de tanca.

El test té coeficients elevats de fiabilitat i objectivitat i una validesa referida al criteri suficient segons l'autor (Grosser, 1974 citat per Grosser i Starischka, 1988).

El resultat del test està influenciat per la longitud del tronc i la del braç. Com a exemple, en la posició de màxima flexió de tronc endavant el resultat serà pràcticament igual a la longitud del tronc més la del braç dels subjectes.

-Aplicació de l'índex corrector

Hem aplicat el mateix raonament que el test de flexió de tronc endavant (1-27). La distància de separació (DS) o abast del subjecte es mesura des del punt de bloqueig de la cama flexionada fins a l'extrem més distal dels dits de les mans. A continuació, i després de mesurar l'abast absolut del subjecte (La) i la longitud de la cama (Lc), podem estimar l'índex de flexibilitat (fig. 117).



$$\text{Sin}(\alpha/2) = (DS/2) / ((La-Lc)/2)$$

$$\alpha = 2 \arcsin (DS / (La-Lc))$$

$$\alpha = 2 \arcsin (DS / (La-Lc))$$

Figura 117. Aplicació de l'índex corrector al test salt de tanca.

Aplicació del compàs flexomètric

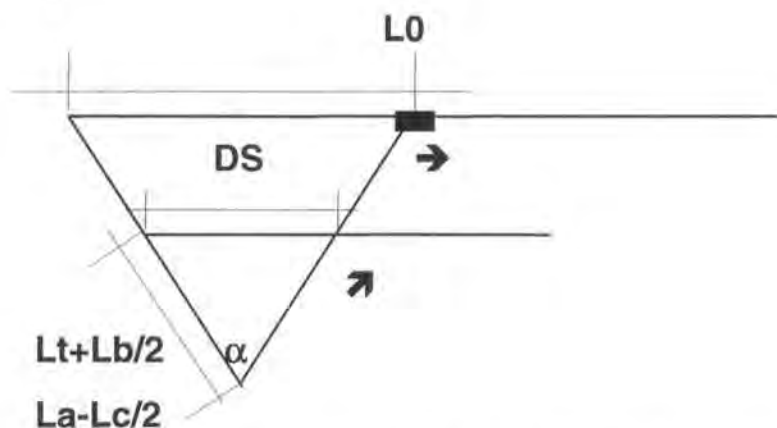


Figura 118. A cada braç del compàs, hi assenyalarem el resultat obtingut en calcular la meitat del valor de la longitud del tronc més la del braç ($Lt+Lb/2$; $La-Lc/2$). A continuació separem els dos punts a la distància obtinguda en el test (DS). Finalment, llegim el valor de l'ADM al transportador en graus (α) o a la barra superior en centímetres. ($L0$).

5. APROXIMACIÓ TEÒRICA AL CàLCUL DE L'ÍNDEX D'ADM ELÀSTIC

5.1 Introducció

Hi ha molt pocs tests que mesurin la flexibilitat cinètica i alguns no poden ser considerats prou significatius i vàlids perquè probablement el que s'està mesurant no és l'elasticitat, sinó l'habilitat del subjecte a realitzar uns determinats moviments tal com succeeix amb el test dinàmic de Fleishman (1964-1963) (Codi 1-31).

5.2 Índex flexomètric elàstic

Per calcular l'elasticitat humana no podem utilitzar el mòdul de Hooke, ni calcular la capacitat elàstica immediata i retardada, però sí podem relacionar el grau assolit d'amplitud articular amb el temps requerit per completar el cicle d'estirament escurçament. De fet, elasticitat és la força de resistència de les estructures i també la capacitat de retracció muscular després de l'elongació. Per això, el test ha de recollir les dues fases, l'estirament i el posterior escurçament.

L'índex d'ADM elàstic ha de permetre relacionar el concepte de mobilitat articular amb la força i l'elasticitat muscular. Per tant, podem definir índex elàstic com una relació entre el valor en graus trobat en administrar un test dinàmic cinètic i el temps requerit per completar el moviment i tornar a la posició de repòs o d'origen. El resultat s'expressa en graus per segon ($^{\circ}/s$).

$$\text{Índex elàstic} = \text{Índex flexomètric} / \text{Temps}$$

$$I_e = ^{\circ}/s$$

És relativament senzill quantificar, mitjançant un test de camp, el grau d'amplitud articular assolida en un moviment balístic únic, però és molt difícil mesurar el temps emprat per fer-ho amb un cronòmetre convencional. Segurament l'error seria massa alt, tot invalidant-ne el resultat. Per fer una

valoració precisa hauríem d'utilitzar cèl·lules fotoelèctriques o una plataforma de Bosco. Evidentment, fer-ho així complica força el protocol del test (Bosco, Luhtanen, Komi, 1983; Bosco, Komi, Pulli, Montonev, 1982 citat per Bosco, 1994).

El test també es pot realitzar amb més d'un cicle de treball, i obligar-nos a un plantejament diferent del protocol del test.

En aquest cas, cal realitzar el test dinàmic amb un augment constant i progressiu de l'amplitud, tot determinant la DS màxima assolida i, mitjançant el test flexomètric, calcular posteriorment l'índex elàstic. A la distància màxima assolida (DS) es fa un senyal i es calcula una àrea d'error acceptada que pot ser d'un -10% per les extremitats inferiors i d'un -5% en les extremitats superiors. Treballar dins d'aquesta àrea no invalida el test. Com a exemple, quan el resultat del test (DS) per a les extremitats inferiors és de 200 cm, marquem una àrea formada pels límits de 200 cm i 180 cm dins de la qual l'examinat ha de treballar.

Els tests elàstics amb diversos cicles de treball mantenen l'ADM constant en fer el test.

El subjecte realitzarà el test repetint el moviment X vegades (X cicles sencers) a la màxima velocitat possible, tot comptabilitzant el temps emprat en fer-ho.

El problema essencial és determinar la quantitat de cicles que cal fer. En aquest sentit, ens ha semblat correcte relacionar-ho amb els sistemes d'energia durant l'exercici. Un primer índex podria constar de 10 cicles, els quals es poden completar en 5-6 segons de treball. La segona proposta és realitzar 20 cicles per tal d'arribar als 10-15 s de treball. Aquest fet suposa un predomini dels fosfàgens com a substrat energètic en els dos casos, sent un bon índex de la potència anaeròbica alàctica del subjecte. Creiem que no té sentit allargar més el nombre de cicles per diverses raons; no es pot realitzar satisfactòriament un test balístic d'amplitud màxima amb molta fatiga. Probablement la majoria d'atletes no podrien mantenir durant tant de temps l'amplitud de moviment adequada, i no és lògic valorar una capacitat qualitativa

com l'elasticitat amb un test molt llarg. De fet, segurament molts altres factors influenciarien d'una manera clara i l'elasticitat no s'hi veuria reflectida. Per a nosaltres seria el mateix que utilitzar el test de 1.500 metres en pista per determinar la velocitat cíclica màxima d'un subjecte.

$$le_{10} = \text{Índex flexomètric}(\circ) \cdot 20 / \text{Temps (s)}$$

$$le_{20} = \text{Índex flexomètric}(\circ) \cdot 40 / \text{Temps (s)}$$

Volem esmentar, finalment, la gran transcendència que poden tenir els aspectes coordinatius en aquests tests. Els desequilibris corporals poden afectar el rendiment del test i en algunes ocasions fins i tot poden invalidar-lo.

Són tests força agressius i arriscats quan els fem a persones que no estan avesades en aquest tipus de moviment articular. És bo, doncs, que es doni la possibilitat de treballar amb ADM mitjanes per reduir els riscos de lesió i fer possible, d'aquesta manera, l'aplicació d'aquests tipus de test a capes més grans de la població.

5.3 Resistència elàstica

Calcular la resistència elàstica és possible a partir de la relació entre l'índex assolit en un únic cicle de treball le_1 , sense fatiga, i l'índex assolit en el test de 10 o 20 cicles. El resultat també es pot expressar en percentatge.

$$Rle_{10/20} = le_{10/20} / le_1$$

$$\%Rle_{10/20} = (le_{10/20} / le_1) \times 100$$

El valor 1 correspon a la màxima eficiència. Valors inferiors a 1 expressen el grau de fatiga assolit.

5.4 Valors absoluts i relatius

Els resultats obtinguts són en termes absoluts, i no és correcte comparar subjectes sense calcular prèviament l'índex elàstic relatiu. Per fer-ho cal dividir el valor obtingut en l'índex elàstic, en qualsevol de les seves expressions, pel valor de la DS.

$$le_{10/20r} = le_{10/20} / DS$$

Si dos subjectes tenen el mateix índex elàstic, forçosament han de tenir la mateixa longitud de cama si el seu índex elàstic relatiu és el mateix. Quan la longitud de la cama sigui diferent, l'índex elàstic relatiu serà inferior per a aquell qui tingui la cama més llarga (fig. 119).

$$le_{101} = le_{102}$$

$$le_{10r1} = le_{101} / DS1$$

$$le_{10r2} = le_{102} / DS2$$

$$le_{101} / DS1 = le_{102} / DS2$$

$$DS1 = DS2$$

Figura 119. Demostració matemàtica de la relació entre l'índex elàstic i l'índex elàstic relatiu.

Sabent que velocitat lineal és igual a la velocitat angular pel radi, és lògic que un subjecte amb la cama més llarga tingui menor índex elàstic relatiu per a una mateixa ADM, ja que en realitat ha de recórrer més distància.

L'índex elàstic relatiu és un bon indicador de la manifestació elàstica d'una ADM determinada, la qual pot ser màxima o submàxima.

6. PROPOSTA DE NOUS MOVIMENTS D'EXPLORACIÓ MITJANÇANT EL TEST FLEXOMÈTRIC

6.1 Tests de flexibilitat estàtica

L'índex corrector es pot adaptar a multitud de posicions estàtiques en funció de les necessitats dels entrenadors, metges, fisioterapeutes, etc. En aquest apartat es proposen nous moviments d'exploració de l'ADM articular.

CODI Nom de la prova	Descripció/Realització	Valoració (DS)	Mov.
EXTREMITATS INFERIORS			
2-1.- Estirat, separar i encreuar les cames	<p>-Posició inicial: decúbit dorsal amb les cames estirades.</p> <p>-Moviment: Separar les cames encreuades i sense aixecar-les del terra.</p> <p>-Precaucions: mantenir les espatlles en contacte amb el sòl.</p>	Distància entre els dos costats posteriors del calcani.	A
2-2.- Recolzat en un plint, separació de cames	<p>-Posició inicial: estirat a sobre d'un plint amb les cames estirades i recolzades al terra.</p> <p>-Moviment: separar les cames al màxim en sentit anteroposterior.</p> <p>-Precaucions: la pelvis recolzada a l'extrem del plint. L'alçada del plint ha de ser la semblant a la longitud de la cama.</p>	Distància entre els dos costats posteriors del calcani.	A PF

Nom de la prova	Descripció/Realització	Valoració (DS)	Mov.
2-3.- Estirat, hiperextensió de malucs	<p>-Posició inicial: decúbit ventral amb les cames estirades.</p> <p>-Moviment: elevar els peus del terra tot mantenint les cames estirades.</p> <p>-Precaucions: el moviment ha de ser lent i mesurarem la distància que s'hi pot mantenir durant 2 o 3 segons.</p>	Mínima distància entre la part posterior del calcani i el terra.	A
2-4 Rotació interna en posició asseguda	<p>-Posició inicial: dempeus al costat d'una taula, amb una cama flexionada i recolzada al damunt.</p> <p>-Moviment: rotació interna de la cama recolzada a la taula.</p> <p>-Precaucions: evitar desplaçaments del centre de rotació (genoll).</p>	Distància entre la posició inicial i final del calcani del peu mobilitzat. Per facilitar el mesurament podem seure al costat d'una paret i recolzar-hi la part externa de la cama i la cuixa. La DS correspondrà a la distància entre la paret (posició del calcani) i la posició final del calcani en el límit articular.	A
2-5 Rotació externa en posició asseguda	<p>-Posició inicial: assegut a una taula amb les cames relaxades i els genolls junts.</p> <p>-Moviment: separar els dos peus tot mantenint els genolls enganxats.</p> <p>-Precaucions: no separar en cap moment els genolls.</p>	Distància entre ambdós calcanis.	A

Nom de la prova	Descripció/Realització	Valoració (DS)	Mov.
2-6.- Estirat, separació de peus amb els genolls flexionats	<p>-Posició inicial: decúbit ventral amb les cames flexionades 90 graus.</p> <p>-Moviment: separar els peus.</p> <p>-Precaucions: mantenir les cames perpendiculars al terra. No separar en cap moment els genolls.</p>	Distància entre ambdós costats externs dels calcanis.	A P

EXTREMITATS SUPERIORS

2-7.- Test del nedador	<p>-Posició inicial: dempeus o assegut al terra amb els braços flexionats i les mans entrelaçades i en contacte amb la nuca.</p> <p>-Moviment: apropar els colzes i dur-los cap a la part posterior del cos.</p> <p>-Precaucions: no perdre el contacte de les mans amb la nuca. No deixar-se les mans.</p>	Distància entre ambdós costats externs del colze (epicòndils externs).	A PF
2-8.- Separar-se de la paret	<p>-Posició inicial: assegut al terra, recolzat en una paret i amb les cames estirades.</p> <p>-Moviment: separar-se de la paret tot mantenint els braços estirats i les mans a una distància semblant a la separació d'espatlles.</p> <p>-Precaucions: no perdre el contacte de la punta dels dits amb la paret. Els dits de la mà han d'estar sempre en contacte amb la paret.</p>	Distància entre el costat intern del canell i la projecció de la posició de l'espatlla (costat lateral de l'acromi) sobre el terra. Per determinar la projecció podem utilitzar una plomada o un cartabó de grans dimensions.	P

Nom de la prova	Descripció/Realització	Valoració (DS)	Mov.
COLUMNA VERTEBRAL			
2-9.- Amplitud de rotació de tronc amb pica	<p>-Posició inicial: assegut en un piïnt amb els braços estirats i recolzats a una pica que descansa a la nuca. L'extrem de la pica contacta amb el cairell d'una paret.</p> <p>-Moviment: rotació de tronc.</p> <p>-Precaucions: mantenir la pelvis fixa. No flexionar els braços.</p>	Distància entre la posició inicial i final de la mà (costat extern del cinquè metacarpia). Si fem coincidir la posició inicial amb el cairell d'una paret, el mesurament serà més fàcil i molt més precís.	A
2-10.- Elevació de tronc amb pica	<p>Posició inicial: decúbit ventral amb les cames estirades i els braços estirats. Agafar una pica amb les dues mans amb una separació igual a l'amplada d'espatlles.</p> <p>-Moviment: elevar el tronc i els braços.</p> <p>-Precaucions: mantenir els canells alineats amb l'avantbraç (posició neutra).</p>	Mínima distància entre la pica (part superior) i el terra.	A
2.11.- Estirat, extensió de tronc	<p>Posició inicial: decúbit ventral amb les cames estirades i els braços estirats. Agafar una pica amb les dues mans amb una separació igual a l'amplada d'espatlles.</p> <p>-Moviment: elevar al mateix temps els braços i les cames.</p> <p>-Precaucions: mantenir els peus (calcans) junts i a la mateixa alçada.</p>	Mínima distància entre els calcans (o el calcani del peu més proper al terra) i la pica.	A

Nom de la prova	Descripció/Realització	Valoració (DS)	Mov.
2-12.- Dempeus, flexió de tronc	-Posició inicial: dempeus -Moviment: flexió de tronc endavant. -Precaucions: mantenir en tot moment les cames estirades i els braços relaxats.	Mínima distància entre l'extrem distal del cap i la primera vèrtebra lumbar.	P
2-13 Dempeus, extensió de tronc	-Posició inicial: Dempeus. -Moviment: extensió de tronc.. -Precaucions: mantenir en tot moment les cames estirades.	Mínima distància entre l'extrem distal del cap i la primera vèrtebra lumbar.	A
2-14 Dempeus, inclinació lateral de tronc (dreta/esquerra)	-Posició inicial: Dempeus. -Moviment: flexió lateral de tronc. -Precaucions: mantenir en tot moment les cames estirades.	Mínima distància entre l'extrem distal del cap i la primera vèrtebra lumbar.	A

Taula 28. Descripció de nous moviments de valoració de l'ADM articular.

6.1.1 Tècnica per administrar els tests flexomètrics

▪ Estirat, separar i encreuar les cames (2-1)

-Mesuraments corporals necessaris

Longitud de la cama (Lc)

Amplada de malucs (Ac)

-Aplicació de l'índex corrector

Índex de base (IB)

Extremitats inferiors i anell pèlvic (4.3.1)

Tests amb dos centres de rotació

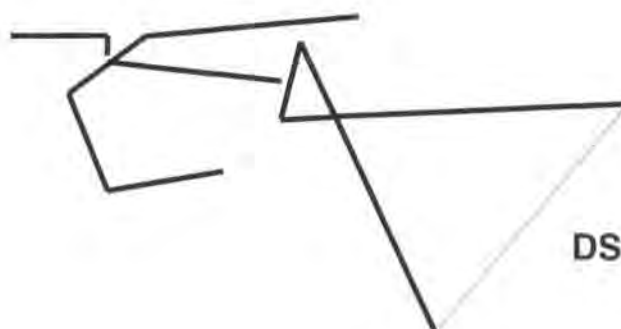


Figura 120. Estirat, separar i encreuar cames.

La DS correspon a la mínima distància entre els dos costats posteriors del calcani. Cal mantenir les cames estirades.

▪ Recolzat en un plint separació de cames (2-2)

-Mesuraments corporals necessaris

Longitud de la cama (Lc)

-Aplicació de l'índex corrector

Índex de base (IB)

Extremitats inferiors i anell pèlvic (4.3.1)

Tests amb un sòl centre de rotació

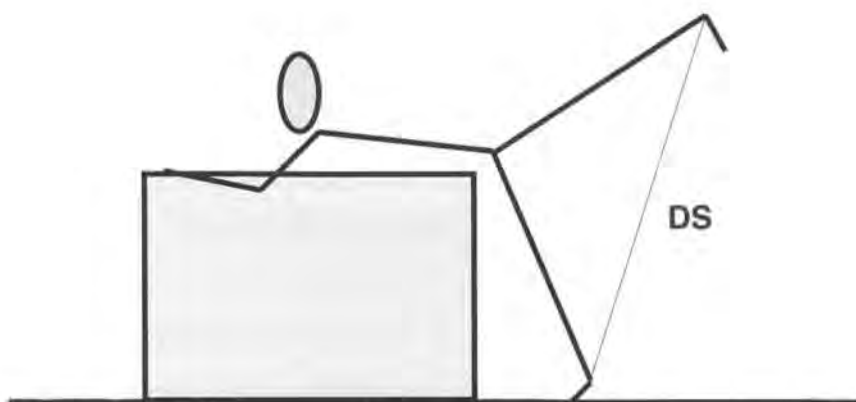


Figura 121. Estirat, hiperextensió de malucs.

La DS correspon a la mínima distància entre els dos cantons posteriors del calcani.

▪ Estirat, hiperextensió de malucs (2-3)

-Mesuraments corporals necessaris

Longitud de la cama (Lc)

-Aplicació de l'índex corrector

Índex de base (IB)

Extremitats inferiors i anell pèlvic (2.4.3.1)

Tests amb un sòl centre de rotació



Figura 122. Estirat, hiperextensió de malucs.

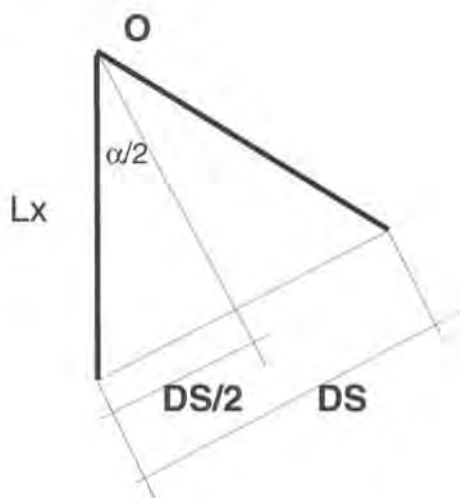
La DS correspon a la mínima distància entre la part posterior del calcani i el terra.

▪ Rotació interna en posició assegurada (2-4)

-Mesuraments corporals necessaris

Longitud de la cama (Lx)

-Aplicació de l'índex corrector



$$\sin(\alpha/2) = (DS/2)/Lx$$

$$\alpha = 2 \arcsin((DS/2)/Lx)$$

-Aplicació del compàs flexomètric

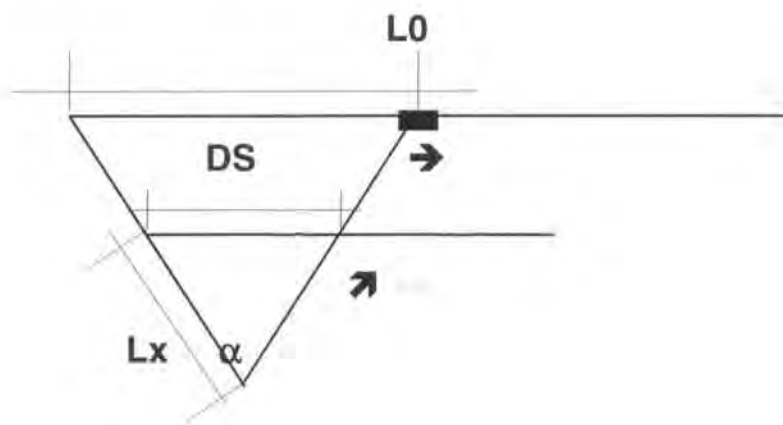


Figura 123. Aplicació de l'índex corrector al test rotació interna en posició assegurada.

- Rotació externa en posició asseguda (2-5)
- Estirat, separació de peus amb els genolls flexionats (2-6)

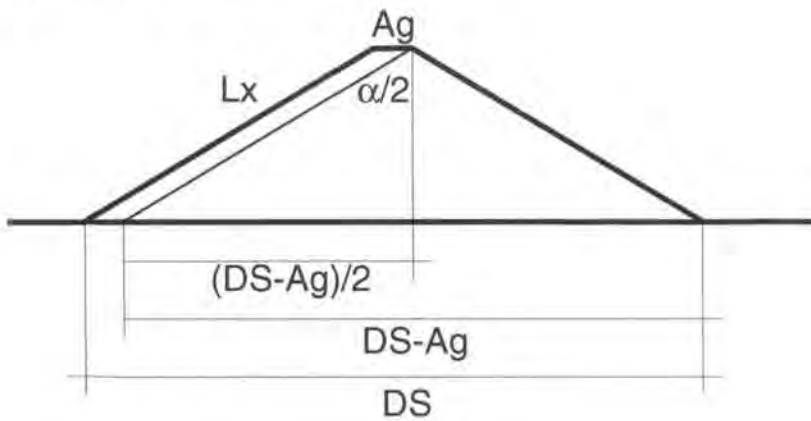
Utilitzem el mateix índex corrector per valorar l'ADM dels dos tests.

-Mesuraments corporals necessaris

Longitud de la cama (Lx)

Amplada de fèmur (Ag)

-Aplicació de l'índex corrector



$$\sin(\alpha/2) = ((DS-Ag)/2)/Lx$$

$$\alpha = 2\arcsin((DS-Ag)/2Lx)$$

-Aplicació del compàs flexomètric

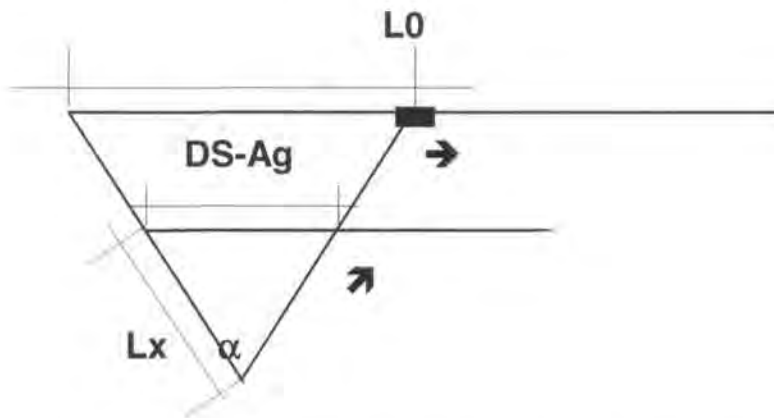


Figura 124. Raonament trigonòmic. Aplicació de l'índex corrector.

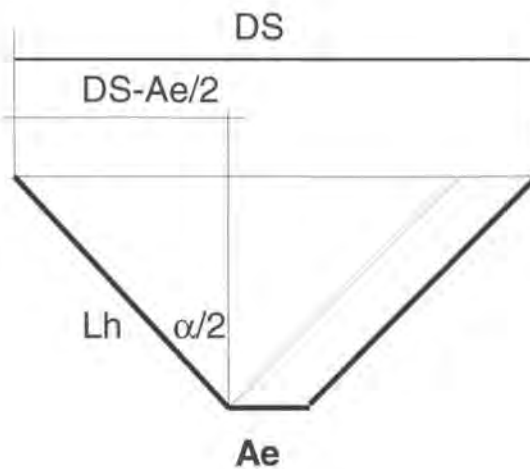
▪ Test del nedador (2-7)

-Mesuraments corporals necessaris

Longitud del braç (Lh)

Amplada d'espatlles (Ae)

-Aplicació de l'índex corrector



$$\sin(\alpha/2) = ((DS-Ae)/2)/Lh$$

$$\alpha = 2\arcsin ((DS-Ae)/(2Lh))$$

-Aplicació del compàs flexomètric

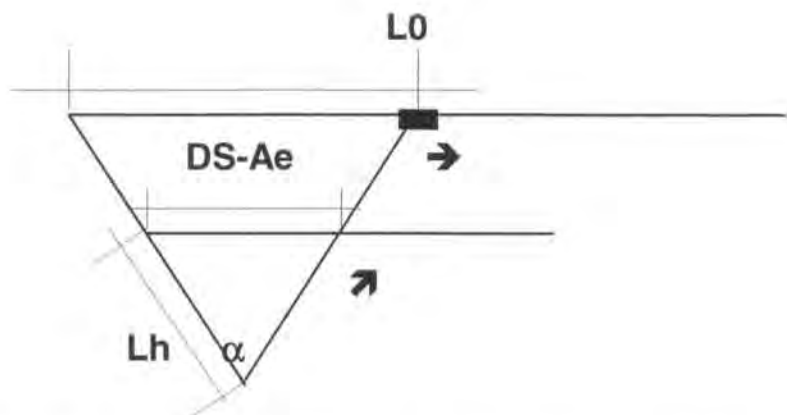
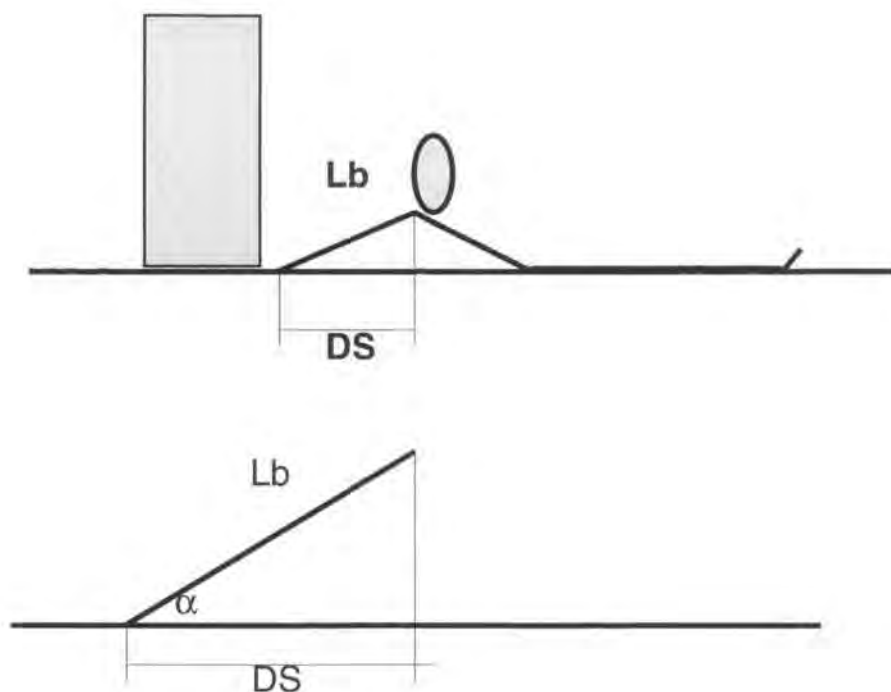


Figura 125. Raonament trigonomètric. Aplicació de l'índex corrector.

▪ Separar-se de la paret (2-8)

-Mesuraments corporals necessaris

Longitud del braç (Lb)

-Aplicació de l'índex corrector

$\cos\alpha = DS/Lb$ $\alpha = \arccos (DS/Lb)$

Figura 126. Raonament trigonomètric. Aplicació de l'índex corrector.

-Aplicació del compàs flexomètric

Les característiques del test no ens permeten utilitzar el compàs flexomètric.

▪ **Amplitud de rotació de tronc amb pica (2-9)**

-Mesuraments corporals necessaris

Longitud del braç (Lb)

-Aplicació de l'índex corrector

Índex de base (IB)

Extremitats superiors (2.4.3.2)

Tests amb un sol centre de rotació

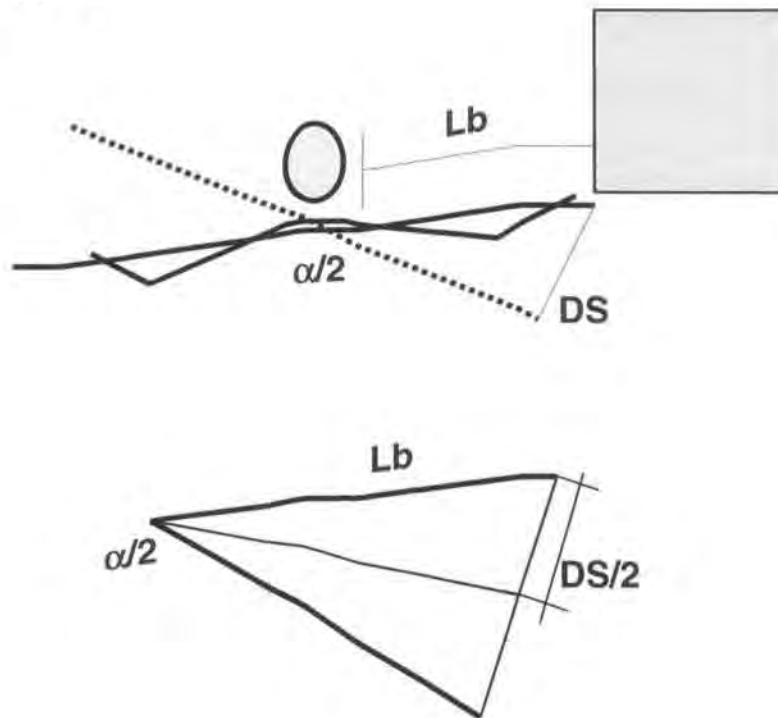


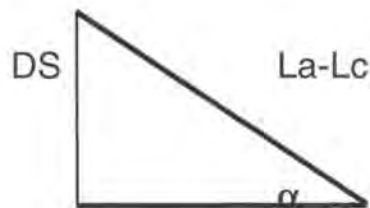
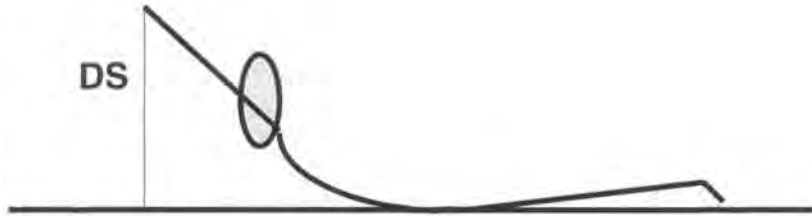
Figura 127. Raonament trigonomètric. Aplicació de l'índex corrector.

 ▪ **Elevació de tronc amb pica (2-10)**

-Mesuraments corporals necessaris

Longitud de l'abast (La)

Longitud de la cama (Lc)

-Aplicació de l'índex corrector


$$\sin \alpha = DS / (La - Lc)$$

$$\alpha = \arcsin (DS / (La - Lc))$$

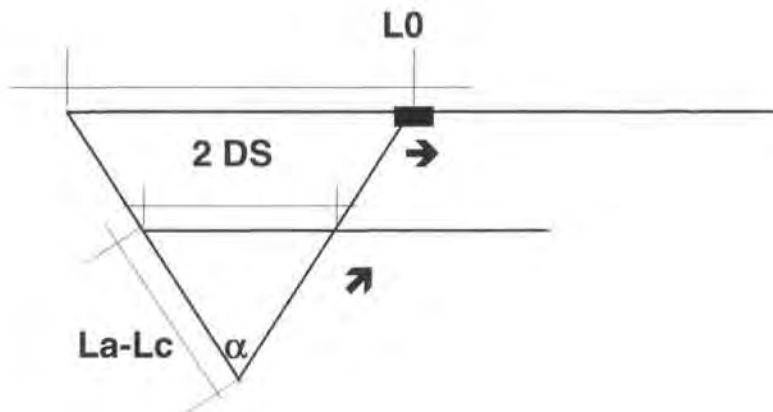
-Aplicació del compàs flexomètric


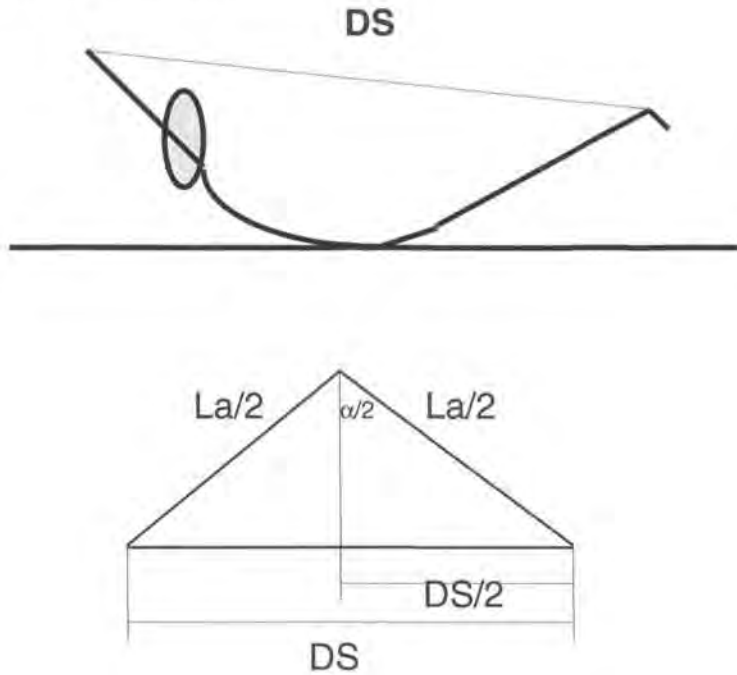
Figura 128. Raonament trigonomètric. Aplicació de l'índex corrector.

▪ Estirat, extensió de tronc (2-11)

-Mesuraments corporals necessaris

Longitud de l'abast (La)

-Aplicació de l'índex corrector



$$\sin(\alpha/2) = (DS/2) / (La/2)$$

$$\alpha = 2 \arcsin(DS/La)$$

-Aplicació del compàs flexomètric

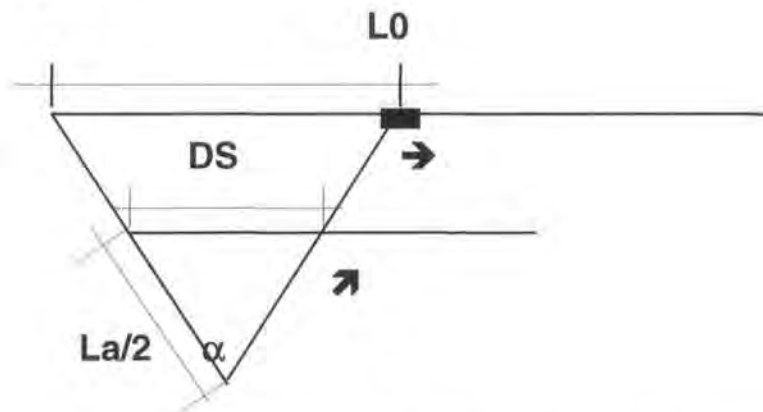


Figura 129. Raonament trigonòmic. Aplicació de l'índex corrector.

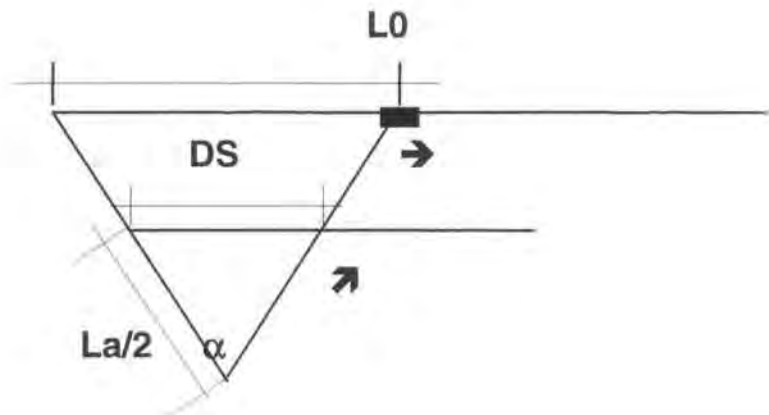
- Flexió de tronc endavant (2-12)
- Extensió de tronc (2-13)
- Flexió lateral de tronc (2-14)

-Mesuraments corporals necessaris

Longitud del tronc (Lt)

-Aplicació de l'índex corrector

En tots els casos la DS correspon a la mínima distància entre l'extrem distal del cap i la primera vèrtebra lumbar.



Índex angular

$$\sin(\alpha/2) = (DS/2)/Lt$$

$$\alpha = 2\arcsin(DS/(2Lt))$$

Índex lineal

$$L0 = 150 \cdot DS / Lt$$

Figura 130. Raonament trigonomètric. Aplicació de l'índex corrector.

6.1.2 Suport informàtic



TEST	FÓRMULA	EXCEL
2-1.- Estirat, separar i encreuar les cames	$\alpha=2\arcsinus((DS-Ac)/2Lc)$ $L0=150(DS-Ac)/Lc$	$= (2 * ASENSO((DS-Ac)/(2 * Lc))) * 180 / 3.1416$ $= ((150 * (DS-Ac)) / Lc)$
2-2.- Recolzat en un plint, separació de cames	$\alpha=2\arcsinus(DS/(2Lc))$ $L0=150 \cdot DS / Lc$	$= (2 * ASENSO((DS)/(2 * Lc))) * 180 / 3.1416$ $= (150 * DS) / Lc$
2-3.- Estirat, hiperextensió de malucs	$\alpha=2\arcsinus(DS/(2Lc))$ $L0=150 \cdot DS / Lc$	$= (2 * ASENSO((DS)/(2 * Lc))) * 180 / 3.1416$ $= (150 * DS) / Lc$
2-4 Rotació interna en posició assegurada	$\alpha=2\arcsinus(DS/(2Lx))$ $L0=150 \cdot DS / Lx$	$= (2 * ASENSO((DS)/(2 * Lx))) * 180 / 3.1416$ $= (150 * DS) / Lx$
2-5 Rotació externa en posició assegurada	$\alpha=2\arcsinus((DS-Ag)/(2Lx))$ $L0=150(DS-Ag)/Lx$	$= (2 * ASENSO((DS-Ag)/(2 * Lx))) * 180 / 3.1416$ $= (150 * (DS-Ag)) / Lx$
2-6.- Estirat, separació de peus amb els genolls flexionats	$\alpha=2\arcsinus((DS-Ag)/(2Lx))$ $L0=150(DS-Ag)/Lx$	$= (2 * ASENSO((DS-Ag)/(2 * Lx))) * 180 / 3.1416$ $= (150 * (DS-Ag)) / Lx$
2-7.- Test del nedador	$\alpha=2\arcsinus((DS-Ae)/(2Lh))$ $L0=150(DS-Ae)/Lh$	$= (2 * ASENSO((DS-Ae)/(2 * Lh))) * 180 / 3.1416$ $= (150 * (DS-Ae)) / Lh$

TEST	FÓRMULA	EXCEL
2-8.- Separar-se de la paret	$\alpha = \arccos(DS/Lb)$ Sense índex lineal	$= (2 * \text{ASENO}(DS/Lb)) * 180 / 3.1416$ -
2-9.-Amplitud de rotació de tronc amb pica	$\alpha = 2 \arcsin(DS / (2Lb))$ $L0 = 150 \cdot DS / 2Lb$	$= (2 * \text{ASENO}((DS) / (2 * Lb))) * 180 / 3.1416$ $= (150 * DS) / (2 * Lc)$
2-10.- Elevació de tronc amb pica	$\alpha = 2 \arcsin(Ds / (La - Lc))$ $L0 = 150 \cdot DS / (La - Lc)$	$= (2 * \text{ASENO}((DS) / (La - Lc))) * 180 / 3.1416$ $= (150 * DS) / (La - Lc)$
2.11.- Estirat, extensió de tronc	$\alpha = 2 \arcsin(Ds / La)$ $L0 = 150 \cdot DS / (La / 2)$	$= (2 * \text{ASENO}(DS / La)) * 180 / 3.1416$ $= (150 * DS) / (La / 2)$
2-12.- 2-13.- 2.14.-	$\alpha = 2 \arcsin(DS / (2Lt))$ $L0 = 150 \cdot DS / Lt$	$= (2 * \text{ASENO}((DS) / (2 * Lt))) * 180 / 3.1416$ $= (150 * DS) / Lt$

Taula 29. Aplicació de l'índex corrector. Lt, longitud del tronc; La, longitud de l'abast.

6.2 Tests dinàmics cinètics (balístic)

CODI Nom de la prova	Descripció/Realització	Valoració (DS)	Mov.
3-1.-(3-1a; 3-1-b) Test per a taekwondistes	<p>Posició inicial: dempeus davant d'un sac d'entrenament a una distància igual a la longitud de la cama. Les espatlles, perpendiculars al sac.</p> <p>-Moviment: sense moure el peu fix d'un senyal fet al terra, colpejar el sac amb el peu lliure.</p> <p>-Precaucions: no flexionar la cama fixa. En el moment del colpeig les dues cames han d'estar estirades.</p>	Mínima distància entre el punt del sac colpejat (taló del peu) i el taló del peu fix.	C
3-2.- Test dinàmic de pas de tanca	<p>Posició inicial: assegut a terra amb una cama estirada i l'altra flexionada de tal manera que la cuixa estigui perpendicular al cos i a l'altra cama; agafem amb les dues mans una pica amb una separació igual a l'amplada d'espatlles.</p> <p>-Moviment: flexionar el tronc endavant amb els braços estirats.</p> <p>-Precaucions: la cuixa de la cama flexionada s'ha de mantenir perpendicular al cos.</p>	Distància entre el punt de bloqueig de la cama flexionada i la pica.	C

Nom de la prova	Descripció/Realització	Valoració (DS)	Mov.
3-3 Test dinàmic de flexió de tronc	Posició inicial: assegut al terra amb les cames estirades. Agafem amb les dues mans una pica amb una separació igual a l'amplada d'espatlles. -Moviment: flexió de tronc endavant. -Precaucions: no flexionar les cames durant el moviment.	Distància entre el trocànter major i la pica.	C
3-4 Test dinàmic d'abducció lateral	Posició inicial: decúbit lateral amb les cames estirades. -Moviment: abducció de la cama tot mantenint-la estirada. -Precaucions: mantenir la cama fixa en contacte amb el terra i estirada. No flexionar el tronc durant el moviment.	Mínima distància entre calcanis (part posterior).	C

Taula 30. Noves propostes de tests dinàmics. Descripció dels tests.

La gran mobilitat i velocitat segmentària que pot assolir l'articulació escapulohumeral fa que no sigui convenient realitzar moviments balístics d'amplitud màxima que suposin riscos importants de lesió.

Tots aquests tests estan indicats per a esportistes de rendiment i alt rendiment i haurien de ser específics per a cada un dels esports. Sempre haurien d'anar precedits d'un escalfament dinàmic de 10 o 12 min (vegeu apartat 7.2). Aquests tests estan totalment contraindicats en grups de població sedentària i tercera edat.

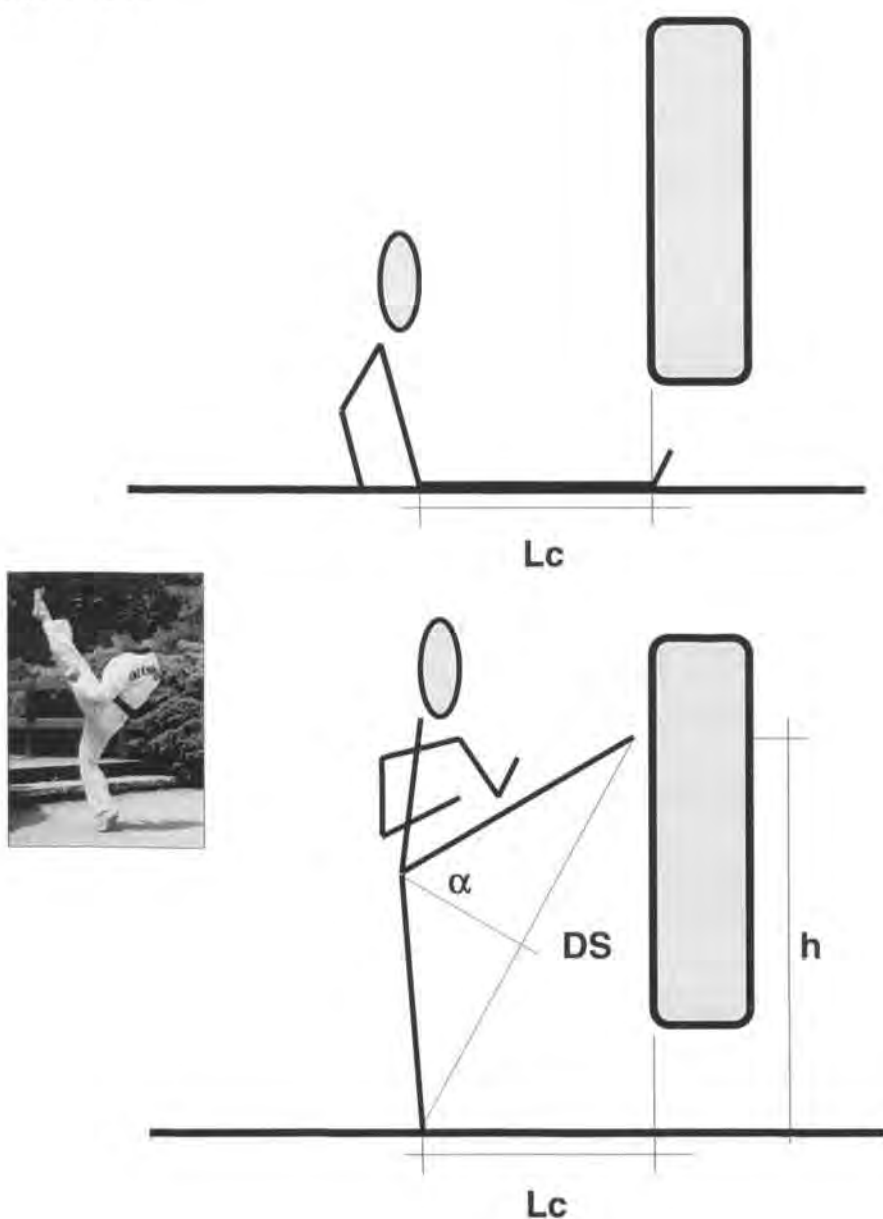
6.2.1. Tècnica per administrar els tests dinàmics cinètics

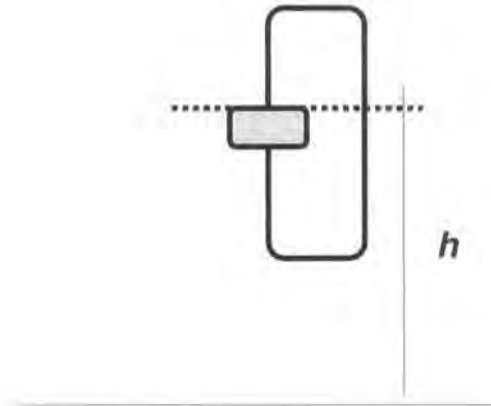
▪ Test per a taekwondistes (3-1)

-Mesuraments corporals necessaris

Longitud de la cama (L_c)

Amb un guix o una tira d'esparadrap blanc s'assenyala la longitud de la cama al terra (fig. 131).





Es mesura la distància mínima entre el punt més alt de la sabatilla en el punt de colpeig i el terra.

Figura 131. Test per a taekwondistes. Descripció del test.

-Càlcul de l'índex corrector

A partir de les dades anteriors podem aplicar el teorema de Pitàgores per relacionar la DS, la llargada de cames (Lc) i l'alçada del contacte (h). Després calculem l'angle de separació a partir del raonament trigonomètric.

$$DS^2 = Lc^2 + h^2$$

$$\sinus \alpha = (DS/2)/Lc$$

$$\alpha = 2\arcsinus ((\sqrt{Lc^2 + h^2})/(2Lc))$$

-Aplicació del compàs flexomètric

No és possible aplicar directament el compàs flexomètric a partir de l'alçada de colpeig (h) i la llargada de la cama (Lc). Primer hem de calcular la DS amb el teorema de Pitàgores:

$$DS = \sqrt{Lc^2 + h^2}$$

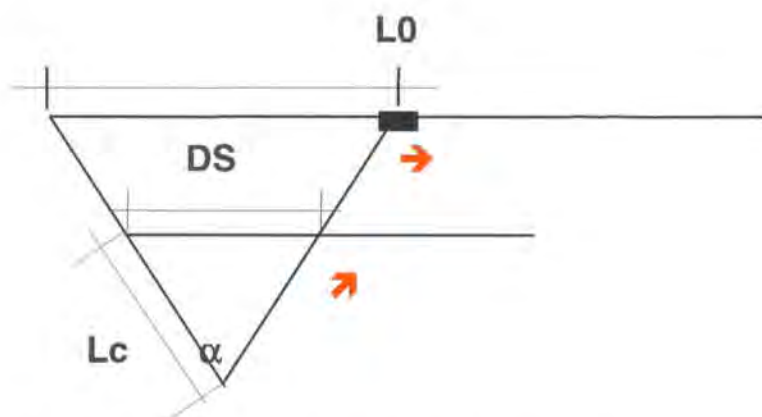


Figura 132. Aplicació del compàs flexomètric.

El test permet determinar el grau de mobilitat articular cinètica però també és possible relacionar el resultat del test amb el factor temps i obtenir l'índex cinètic.

-Càlcul de l'índex cinètic

Cicle únic le_1

El subjecte col·loca el peu de colpeig dins de la plataforma de Bosco i el peu de recolzament a fora. La posició ha de ser al màxim de còmoda. Quan es realitza el test el subjecte ha d'intentar colpejar el sac i tornar a la posició d'origen amb la màxima velocitat possible. La plataforma de Bosco ens donarà el temps en mil·lisegons que el subjecte ha estat amb el peu de colpeig en moviment. El punt de colpeig en el sac ens dóna la DS que ens permetrà calcular l'índex flexomètric.

Finalment calculem l'índex elàstic mitjançant la fórmula següent:

$$le_1 = \text{Índex flexomètric} \cdot 2/\text{Temps(s)}$$

Diversos cicles $le_{10/20}$

Un cop realitzat el test dinàmic, assenyalem en el sac la DS màxima assolida i, a continuació, es realitzen deu o vint patades seguides a l'objectiu, determinant el temps emprat. El cronòmetre es posa en marxa en el moment en què el subjecte realitza el primer moviment, i finalitza en el moment en què el peu lliure toca a terra després del desè o vintè contacte, segons el test escollit.

$$Ie_{10/20} = \text{Índex flexomètric} \cdot 20 (40) / \text{Temps}$$

En un treball realitzat amb estudiants de l'INEF de Barcelona, es va comprovar la mecànica del test en la seva expressió $Ie_{10/20}$.

6.2.2 Aplicació pràctica

Introducció

Molt pocs són els tests dinàmics cinètics de camp i de baix cost econòmic. Normalment s'utilitzen mètodes sofisticats d'anàlisi, com la digitalització d'imatges i l'electrogoniometria. Cal destacar els estudis que es realitzen actualment amb el mètode SIMI (*Reality Motion Systems*) (fig. 133).

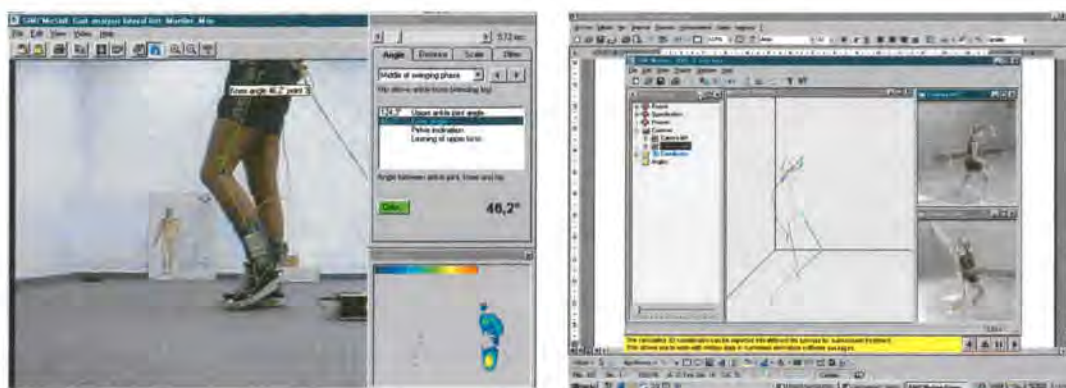


Figura 133. SIMI Motion. Mitjançant tecnologia Windows permet mesurar els moviments del cos humà en 2D i 3D amb alta precisió.

La nostra proposta, molt més simple que aquests mètodes, pretén obtenir dades concloents de la resposta elàstica dels teixits al moviment, mitjançant el

càlcul de l'índex cinètic. L'estudi que presentem a continuació pretén administrar un dels tests dinàmics cinètics proposats amb anterioritat per posar a prova tots els raonaments teòrics realitzats fins al moment.

Material i mètode

Mostra

En aquest estudi van participar set estudiants d'Educació Física de l'INEF de Barcelona (4 nois i 3 noies). Tots ells havien fet anteriorment tests de mobilitat articular utilitzant l'índex corrector flexomètric (taula 36).

NOM	EDAT	PES	TALLA	Lb	Lc	Ae	Ac
R.R.	26	65	169	60	87	44	32
R.M.	23	71	174	65	90	41	30
D.R.	24	82	178	65	92	45	33
S.R.	25	70	178	65	90	40	32
L.F.	22	56	160	57	80.5	36	33.5
M.D.	22	60	165	60	87	40	34
M.G.	24	62	168	62	84.5	36	29
M	23.7	66.6	170.3	62.0	87.3	40.3	31.9
DS	1.5	9.2	7.3	3.2	3.9	3.5	1.8

Taula 31. Característiques físiques de la mostra.

La valoració

La valoració es va fer mitjançant el test de patada frontal per a taekwondistes. Per evitar desequilibris, tots els participants van realitzar el test després d'un període de familiarització i un escalfament suficient per tal d'evitar microtraumatismes. Per estandarditzar el test es va calcular la DS equivalent a 90° d'ADM per a cada un dels subjectes.

Resultats

A la taula 37 es poden observar els valors obtinguts en fer, cada subjecte, el test le_{10} i le_{20} , i la mitjana i la desviació estàndard del grup per a cada un dels paràmetres. Així mateix s'expressa el resultat en termes relatius (le_{10r} i le_{20r}).

ADM 90°							
NOM	DS	t10	le10	le _{10r}	t20	le20	le _{20r}
R.R.	123.0	5.8	312.0	2.5	9.4	382.2	3.1
R.M.	127.3	7.0	256.8	2.0	11.1	323.7	2.5
D.R.	130.1	5.5	330.3	2.5	10.4	347.8	2.7
S.R.	127.3	5.7	318.6	2.5	10.5	343.2	2.7
L.F.	113.8	7.3	246.6	2.2	11.9	302.5	2.7
M.D.	123.0	6.0	300.0	2.4	11.4	317.2	2.6
M.G.	119.5	6.1	297.5	2.5	11.1	324.3	2.7
Mitjana	123.4	6.2	294.5	2.4	10.8	334.4	2.7
DS	5.5	0.7	31.4	0.2	0.8	26.0	0.2

Taula 32. Resultats obtinguts en el test patada frontal per a taekwondistes. DS, distància de separació en cm; $t_{10/20}$ temps emprat per fer 10 o 20 patades completes; le_{10} , le_{20} , índex elàstic en %/s; ; le_{10r} , le_{20r} , índex elàstic 10,20 en termes relatius.

Discussió

Els resultats obtinguts ens permeten comprovar que el temps utilitzat per fer el test $le_{10/20}$, és a dir, completar 10 o 20 patades seguides, és correspon bastant amb la potència i la capacitat de la via anaeròbica alàctica, com ja havíem apuntat amb anterioritat (6.2 ± 0.7 i 10.8 ± 0.8 , respectivament).

Els valors obtinguts, tant pel que fa a l'índex elàstic absolut com relatiu, són més elevats en el test de 20 patades. Probablement aquest fet és per l'adaptació progressiva a mesura que evoluciona el test, tot reduint-se els inevitables desequilibris inicials i amb un augment de la confiança en el control del moviment balístic. També es poden atribuir els millors resultats en el le_{20} per ser un grup poc avesat a aquest tipus de moviments. Caldria repetir l'estudi en aquest grup després d'un període d'entrenament o administrar el test a taekwondistes professionals.

6.2.3 ALTRES PROPOSTES

▪ Patada frontal (3-1-a)

La posició inicial del taekwondista és amb les puntes dels peus en direcció al sac. El moviment (patada) es realitza en el pla anteroposterior. En el moment del contacte les dues cames han d'estar totalment estirades. El protocol del test i tots els càlculs posteriors són els mateixos que el test 3-1.

▪ Moviment de rotació (3-1-b)

La posició inicial és la mateixa que en la variant anterior però ara el moviment del peu és circular. El subjecte ha de passar el peu d'un cantó a l'altre del sac passant el peu pel punt de màxima amplitud assolida en el test. L'amplada del sac i, per tant, l'abast lateral del moviment ha de ser com a mínim d'uns 40 cm (fig. 134).

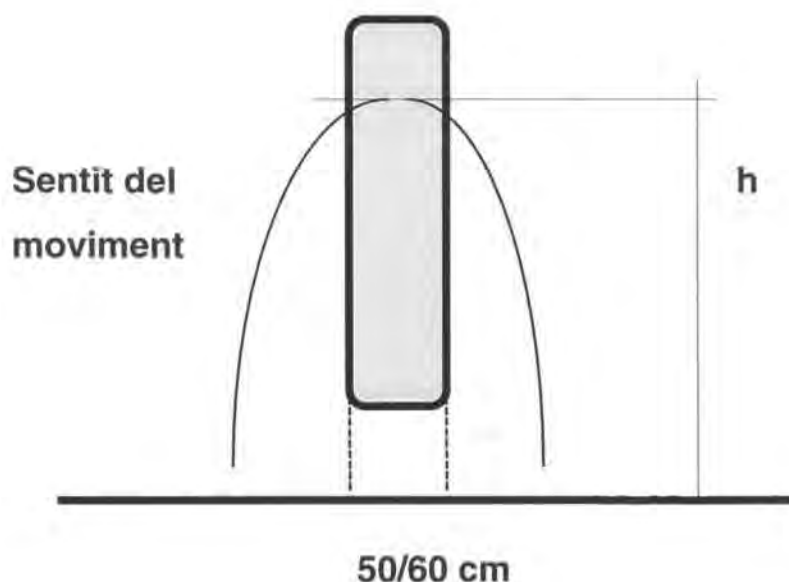


Figura 134. Test per a taekwondistes amb moviment de rotació.

El protocol de les variants del test i tots els càlculs posteriors són els mateixos que el test inicial.

▪ Test dinàmic de pas de tanca (3-2)

-Mesuraments corporals necessaris

Longitud de l'abast (La)

Longitud de la cama (Lc)

La posició inicial és amb el tronc perpendicular al terra amb una pica agafada amb les dues mans. Els extrems de la pica han d'estar en contacte amb dos matallassos situats a cada cantó del subjecte a l'alçada dels malucs (fig. 135). Cal agafar la pica amb una separació de mans un xic superior a l'amplada d'espatlles, de tal manera que quan la recolzem a l'abdomen les mans quedin per fora del cos.

-Moviment

Amb la pica en contacte amb els matallassos i l'abdomen i el tronc perpendicular al terra, cal flexionar el tronc endavant diverses vegades, i augmentar progressivament l'amplitud del moviment. Els braços han d'estar totalment estirats. Per començar un nou cicle el subjecte ha de tornar a la posició inicial, tocant els matallassos amb la pica.

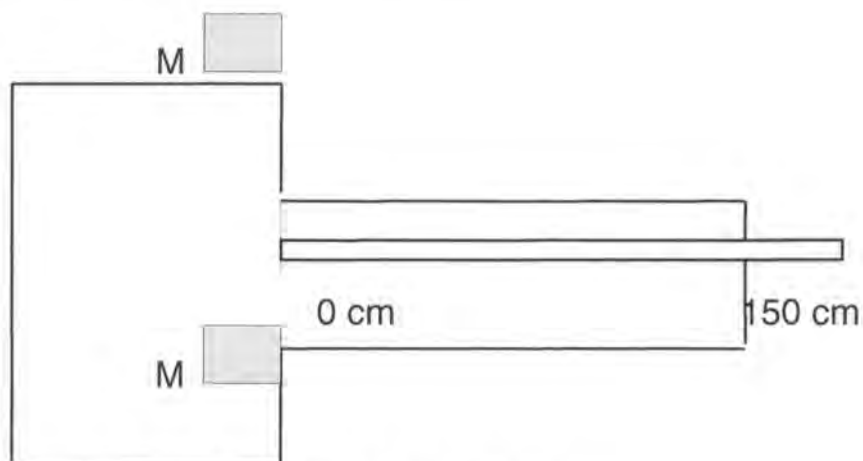


Figura 135. Test de pas de tanca.

-Càlcul de l'índex corrector

Vegeu l'apartat 4.3.4, Tests de flexibilitat general (test de salt de tanca).

-Càlcul de l'índex cinètic

Administrem el test dinàmic i determinem la DS màxima assolida. Després realitzem el moviment complet 10 o 20 cicles seguits amb un abast igual que la DS i calculem el temps emprat. El cronòmetre es posa en funcionament en el moment en què el subjecte realitza el primer moviment i finalitza quan toca els matalassos amb la pica, tenint el tronc perpendicular al terra després del desè o vintè cicle.

L'índex cinètic és el resultat del quocient entre el valor de l'índex dinàmic i el temps emprat a realitzar els 10 o 20 cicles.

$$Ie_{10/20} = \text{Índex flexomètric} \cdot 20 (40) / \text{Temps}$$

▪ **Test dinàmic de flexió de tronc (3-3)**

-Mesuraments corporals necessaris

Longitud de l'abast del subjecte (La)

Longitud de la cama (Lc).

La posició inicial és amb el tronc perpendicular al terra amb la pica agafada amb les dues mans a l'alçada de les espatlles. Els braços han d'estar totalment estirats. El subjecte ha de recolzar l'esquena a una paret acotxada que durant el test ens serveix de referència.

-Moviment

El subjecte realitza una flexió de tronc endavant i mantenint en tot moment els braços estirats. Abans de tornar a començar el moviment ha de tocar cada vegada amb la columna dorsal la paret acotxada. És aconsellable que el moviment es repeteixi 10-12 vegades seguides i augmentant progressivament l'amplitud. Es valorarà la màxima amplitud assolida.

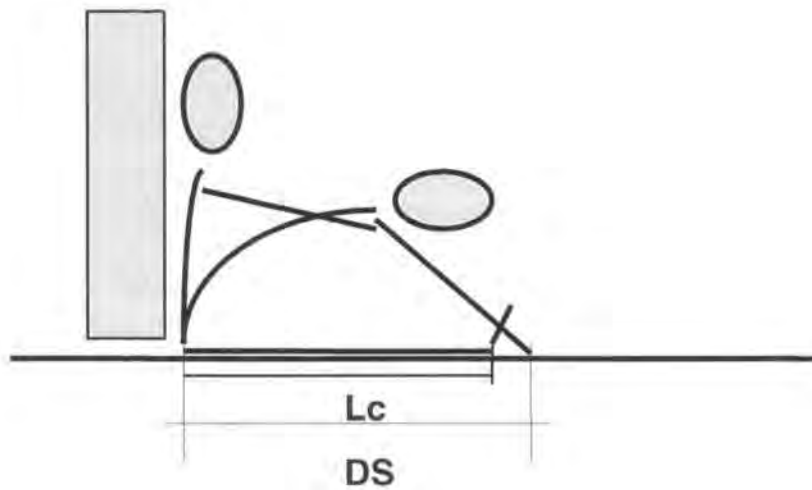


Figura 136. Test dinàmic de flexió de tronc.

-Càlcul de l'índex corrector

Vegeu l'apartat 4.3.4 Tests de flexibilitat general (flexió de tronc endavant).

-Càlcul de l'índex cinètic

Mitjançant el test dinàmic determinem la DS. Després assenyallem aquesta distància al terra amb guix o un esparadrap. El subjecte realitza el test fent 10 o 20 cicles seguits tocant cada vegada el senyal i tornant a tocar amb l'esquena el matalàs abans de començar un nou cicle. Amb un cronòmetre determinem el temps necessari per completar els cicles. El cronòmetre es posa en marxa quan el subjecte realitza el primer moviment i finalitza després de l'últim cicle quan toca amb l'esquena el matalàs.

▪ Test d'abducció lateral de cames (3-4)

-Mesuraments corporals necessaris

Longitud de la cama (Lc)

Amplada de malucs (Ac)

-Moviment

L'executant, estirat de costat amb les cames estirades, realitza diversos moviments seguits d'abducció amb la cama més allunyada del terra (fig. 137).

Aconsellem fer el test amb el subjecte d'esquena a una paret. Quan es passa el test, l'examinador, amb un guix o un llapis, fa un senyal en el punt

màxim assolit al nivell de l'articulació del turmell, a l'alçada de la part posterior del calcani.

Abans de tornar a començar un cicle, el subjecte ha de fer tocar una cama amb l'altra sense brusquedat. És important que es col·loqui un matalàs prim als turmells per evitar que els mal·lèols xoquin amb brusquedat.

Per facilitar la realització del test, l'examinador pot posar una mà oberta amb el palmell mirant avall a l'alçada de contacte. Pensem que la posició de l'executant no li permet veure el senyal fet a la paret.

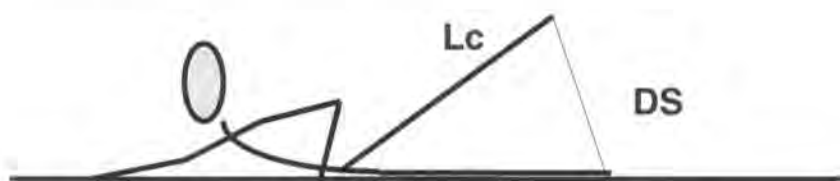


Figura 137. Test d'abducció lateral de cames.

-Càlcul de l'índex corrector

Índex de Base (IB)

Extremitats inferiors i anell pèlvic (3.4.3.1)

Tests amb dos centres de rotació

-Càlcul de l'índex cinètic

Realitzem el test dinàmic amb el qual obtenim la DS corresponent a la màxima amplitud de moviment. Fem un senyal a la paret en el punt de màxima amplitud assolida durant el test. El subjecte realitza 10 o 20 cicles complets seguits i es determina el temps emprat. El cronòmetre es posa en marxa en el moment en què l'examinat fa el primer moviment i s'atura quan el subjecte posa en contacte una cama amb l'altra després de l'últim cicle.

6.2.4 Suport informàtic



TEST	FÓRMULA	EXCEL
3-1.-(3-1-a; 3-1-b) Test per a taekwondistes	$\alpha=2\arcsinus((\sqrt{Lc^2 + h^2})/(2Lc))$ $le_{10/20} = IF \cdot 20 (40)/T$	$= (2 * ASENSO((DS-Ac)/(2 * Lc))) * 180 / 3.1416$ $= (IF * 20) / T$ $= (IF * 40) / T$
3-2.- Test dinàmic de pas de tanca	$\alpha=2\arcsinus(DS/(La-Lc))$ $le_{10/20} = IF \cdot 20 (40)/T$	$= (2 * ASENSO((DS)/(La-Lc))) * 180 / 3.1416$ $= (IF * 20) / T$ $= (IF * 40) / T$
3-3 Test dinàmic de flexió de tronc	$\alpha=2\arcsinus((Z+Lc)/(La-Lc))$ $le_{10/20} = IF \times 20 (40)/T$	$= (2 * ASENSO((Z+Lc)/(La-Lc))) * 180 / 3.1416$ $= (IF * 20) / T$ $= (IF * 40) / T$
3-4 Test dinàmic d'abducció lateral	$\alpha=2\arcsinus((DS-Ac)/(2Lc))$ $le_{10/20} = IF \cdot 20 (40)/T$	$= (2 * ASENSO((DS-Ac)/(2 * Lc))) * 180 / 3.1416$ $= (IF * 20) / T$ $= (IF * 40) / T$

Taula 33. Aplicació de l'index corrector.

7. CONSIDERACIONS FINALS

7.1 Factors determinants en les diverses aplicacions dels tests de flexibilitat i elasticitat

Un test de flexibilitat passiu, actiu o cinètic, amb els matisos corresponents, no es pot definir de la mateixa manera. En tots els casos hi haurà tensió com a resultat de l'estirament, però en els tests estàtics passius i lents la resposta a l'estirament serà pràcticament independent del sistema nerviós central, tot regint-se fonamentalment per les propietats dels teixits estirats. Quan realitzem un estirament, inicialment els receptors responen amb una alta velocitat de descàrrega, que disminueix progressivament fins a arribar a una velocitat de descàrrega estable si mantenim l'estímul. Aquest fenomen anomenat adaptació es persegueix en tots els estiraments estàtics.

En els tests cinètics el reflex d'estirament mediatitzat pel SNC serà un factor determinant que caldrà sumar a les propietats dels teixits (Gowitzke i Milner, 1980). En els moviments balístics no aconseguim la màxima extensió perquè el sistema nerviós envia impulsos de contracció de la musculatura que s'estira. Aquests impulsos es relacionen amb l'acceleració del moviment. Això fa que els tests balístics s'hagin de fer sempre amb l'acceleració màxima individual per tal d'estandarditzar el procés. Fer un únic moviment sense l'escalfament adequat pot ser contraproduent i pot posar en perill la integritat del subjecte. És més correcte realitzar el test repetint el moviment amb una amplitud i acceleració cada vegada més gran fins a arribar al límit.

7.2 Procediments d'avaluació recomanats

Recomanem expressar el valor final en graus tant si utilitzem l'índex corrector flexomètric com el compàs. Tanmateix, sempre podem convertir el resultat lineal (L0) en angular a partir de la fórmula corresponent.

Un dels temes més controvertits i que qüestiona moltes vegades el resultat dels tests és l'escalfament. Si volem que els tests de flexibilitat controlin

veritablement l'augment o la disminució de l'ADM com al resultat de l'entrenament, d'una activitat o simplement el pas del temps, els valors obtinguts haurien de correspondre sempre als mateixos nivells d'activació, cosa molt difícil de controlar. Hi ha la possibilitat de realitzar els tests estàtics sense escalfament previ, però se'ns dubte, tot i que pel que fa a estandardització podem pensar que és adequat, la realitat és que estirar un múscul fred no és gaire convenient (Sapega i al., 1981; Troels, 1973).

També cal plantejar-nos el tipus d'escalfament que ha de realitzar un subjecte abans de passar el test i la durada. L'escalfament pot ser general, utilitzant moviments variats no relacionats directament amb el test, o específic, simulant l'execució del test però amb moviments dinàmics d'amplitud inferiors o simplement mobilitzant l'articulació amb exercicis diversos. No hem de confondre, però, la diferència entre exercicis d'escalfament i d'ADM. Els exercicis d'ADM que són els que hem de reproduir en els tests, haurien de realitzar-se sempre després dels exercicis d'escalfament.

Òbviament, el temps de l'escalfament dependrà de les necessitats de la persona, però en general hauria de ser prou llarg i intens per augmentar la temperatura del cos i generar quelcom de suor, però sense provocar fatiga (Kulund i Tötösy, 1983).

Es recomana que es realitzin en un primer moment exercicis generals i després exercicis específics. Com que l'escalfament depèn de molts factors, creiem que cada persona ha de prolongar els exercicis fins que assoleixi el nivell desitjat. En qualsevol cas, 5-10 minuts haurien de ser suficients.

Una qüestió important és no deixar passar massa temps entre el final de l'escalfament i el test, ja que els seus efectes poden haver minvat i, fins i tot, desaparegut.

Les posicions inicials dels tests han de ser definides clarament i s'han de correspondre amb un dels valors extrems del test. A vegades aquesta posició coincideix amb la posició anatòmica i altres és específica del test.

Cada test té unes característiques que a vegades permeten fer mesuraments actius i passius. El més usual, però, és que un test sigui l'expressió d'un únic tipus d'estirament. En qualsevol cas sempre s'ha de matisar el tipus de mesurament que s'ha fet.

Durant els moviments passius forçats la tracció s'ha de realitzar amb lentitud, tot detectant el límit articular no dolorós del subjecte quan comencen els moviments no desitjats, com la flexió de la cama en el test de flexió de malucs amb la cama estirada, o perquè l'examinat ens avisa. La primera situació és força normal quan examinem subjectes amb gran rigidesa muscular. Si no ens adonem de la situació, podem acabar valorant una distància de separació totalment anòmla producte d'una mobilització no desitjada d'algun dels segments articulars que cal fixar.

Els subjectes han de portar poca roba i que aquesta no limiti el moviment articular. Cal explicar el procediment de la prova minuciosament i repetir-ho fins que el moviment sigui entès completament. La posició final de màxima amplitud s'ha de mantenir entre 3 i 5" (Weineck, 1994) per evitar que la inèrcia de les extremitats en realitzar moviments massa ràpids puguin millorar el resultat.

7.3 Avantatges i inconvenients en la utilització del test flexomètric

Avantatges

Permet la quantificació en graus de l'amplitud de moviment.

El resultat no està influenciat pels mesuraments antropomètrics.

Les posicions inicials estan estandarditzades, coincidint moltes vegades amb la posició anatòmica.

No s'ha de localitzar o suposar el centre o centres de rotació de l'articulació ni alinear els braços del compàs amb els segments corporals.

Pot mesurar diverses articulacions i moviments articulars de forma analítica o globalitzada.

És barat si el comparem amb altres mètodes, com el flexòmetre Leighton, radiografies, fotofrafies, goniòmetres...

És fàcil de realitzar i els resultats s'obtenen a l'instant.

L'espai necessari no és molt gran i l'equipament és barat. Podem fer el test utilitzant simplement una calculadora científica que ens permeti calcular la inversa dels sinus, cosinus i tangent. Podem introduir les dades a l'ordinador i obtenir els resultats a l'instant o podem utilitzar el compàs flexomètric.

Permet mesurar la flexibilitat estàtica en moviments actius, passius i passius forçats i l'elasticitat en moviments balístics.

Es poden calcular les diverses expressions de la flexibilitat residual.

Inconvenients

No ofereix un registre permanent.

S'han realitzat pocs estudis de recerca amb aquest mètode.

No hi ha dades de fiabilitat i objectivitat per a totes les propostes de moviment.

Molts dels tests indirectes als quals hem aplicat l'índex corrector no tenen validesa acceptada perquè es desconeix què és en realitat el que s'està mesurant.

No hi ha un mètode acceptat per estandarditzar la força aplicada al segment en els moviments passius forçats.

No diferència entre les estructures que limiten l'amplitud de moviment.

El resultat no es correspon amb els canvis de longitud muscular.

7.4 Formulari per a una prova de flexibilitat

L'avaluació de la flexibilitat ha de ser realitzada sempre en condicions semblants i cal anotar tota la informació minuciosament en un formulari. En aquest, hi hem de fer constar, en l'encapçalament, les dades personals del subjecte (nom, cognoms, data de naixement, adreça i telèfon), les característiques físiques (alçada i pes) i l'esport o esports practicats (anys de pràctica) i indicar-hi el nivell assolit i les lesions que puguin alterar l'ADM i les seves possibles manifestacions.

Abans de l'escalfament, es determinen totes els mesuraments antropomètrics que necessitem i s'enumeren els codis dels tests que volem passar. És aconsellable tenir unes fitxes, ordenades per codis, dels tests més utilitzats.

A continuació s'enregistrarà la data, hora, temperatura ambient, % d'humitat i el tipus d'escalfament, que es realitzarà amb la durada parcial de cada grup d'exercicis i el temps total. És convenient fer un petit historial en què constin possibles alteracions morfològiques i les lesions importants. Recomanem examinar la columna vertebral per localitzar inversions patològiques.

Abans de començar l'escalfament s'explica minuciosament en què consistiran les proves de flexibilitat. És aconsellable ensenyar fotografies o dibuixos que donin suport a les explicacions.

Un cop finalitzat l'escalfament es passa el test, tot recordant el moviment breument abans de començar cada prova. Cal anotar el millor resultat de tres intents i el tipus d'estirament realitzat (actiu, passiu o cinètic).

PART EXPERIMENTAL

ESTUDI 1. LA VALIDESA I FIABILITAT DE L'ÍNDEX CORRECTOR FLEXOMÈTRIC

1. La validesa de l'índex corrector

1.1 Introducció

En la valoració de l'ADM articular s'utilitzen tests indirectes que, en la majoria dels casos, com hem analitzat en la segona part d'aquesta tesi, estan influenciats pels mesuraments antropomètrics. Segurament per la facilitat d'administrar aquest tipus de test, encara s'utilitzen en molts estudis d'investigació. Cal, però, no comprometre la qualitat del treball o la seva validesa pel cost de l'equip emprat o la quantitat de variables necessàries.

La majoria d'estudis de validació referenciats en la bibliografia s'han realitzat amb el test *Sit and Reach*, probablement perquè aquest test incideix en la zona lumbar, on el 60-80% de la població de més de 40 anys té dolor (Cailliet, 1988). Aquest test s'ha inclòs en moltes de les bateries de *fitness*, i diversos estudis, com el de Wells i Dillon (1952), han comparat els resultats obtinguts amb altres tests de camp. Posteriorment altres autors van determinar la validesa d'aquest test (Jackson i Baker, 1986; Jackson i Langford, 1989; Patterson, Wiksten, Ray, Flanders, Sanphy, 1996), tot obtenint uns resultats que indicaven una validesa moderada com a mesurament de la flexibilitat isquiotibial i una validesa qüestionable com a mesurament de la flexibilitat de la part baixa de l'esquena.

Altres estudis realitzats amb el *Sit and Reach* modificat, van trobar resultats de validesa semblants al *Sit and Reach* tradicional (Minkler i Patterson, 1994). També s'ha esbrinat la validesa del *Chair Sit and Reach* (realitzat assegut en una cadira amb una cama flexionada i l'altra estirada) com a mesurament de la flexibilitat de la musculatura isquiotibial. El treball, realitzat amb subjectes de la tercera edat, va mostrar que aquest test és un bon indicador de la flexibilitat isquiotibial (Jones, Rikli, Max, Noffal, 1998), i una bona alternativa al *Sit and Reach* per a aquestes persones.

Un estudi fet amb 40 estudiants universitaris va comparar els resultats del *Sit and Reach* amb els obtinguts en l'aplicació d'un inclinòmetre per mesurar la

flexibilitat lumbosacra i la flexibilitat isquiotibial. Els resultats donaren una validesa acceptable del test com a mesurament de la flexibilitat isquiotibial ($r = 0.70$ a 0.76 , $p < 0.05$), i una validesa qüestionable com a mesurament de la flexió lumbar ($r = 0.29$ a 0.40 , ns) (Liemohn, Sharpo, Wasserman, 1994). Per a Hubley-Kozey (1991), aquests tests multiarticulats no ens donen mesuraments ajustades de flexibilitat perquè són combinacions de moviments al voltant de diverses articulacions, i impliquen diversos músculs. Per tant, cal dir que en els tests multiarticulats, com el de flexió de tronc endavant, s'estableix una interrelació molt complexa entre les diferents estructures involucrades que dificulta poder interpretar correctament els resultats (Kendall i Wadsworth, 1971; Cailliet, 1981; Walther, 1981).

Determinar la validesa de contingut dels tests indirectes multiarticulats com el *Sit and Reach* és força complicat per la multitud de factors que hi poden estar implicats, com l'edat, el sexe, les patologies, l'actitud, l'historial de la pràctica esportiva, etc. Tot i que es pugui relacionar força el resultat del test amb la flexibilitat de la musculatura isquiotibial, la realitat és que moltes vegades caldrà realitzar estudis individualitzats que detectin els veritables factors que limiten l'ADM (Kendall, Kendall, Wadsworth, 1971).

Altres tests indirectes presenten, segons els seus autors, una validesa acceptable, com el test de valoració lineal de la flexió i l'extensió de turmell (Johnson i Nelson, 1986), l'espagat frontal (Johnson, 1978), l'espagat lateral (Johnson i Nelson, 1986; Johnson, 1977), l'obertura de braços en pla inclinat (Greipp, 1982), l'abducció horitzontal d'espatlles (Jensen i Hirst, 1980), el gir d'espatlles amb bastó (Hoeger, 1986; Johnson i Nelson, 1986), l'elevació d'espatlla i canells amb pica (Johnson i Nelson, 1986), el pont (Johnson i Nelson, 1986; Johnson, 1978), l'extensió de tronc i coll (Johnson i Nelson, 1986) i altres. Tot i això, sovint en la discussió es detecten problemes que finalment en qüestionen la validesa com l'afectació de la longitud dels segments o diàmetres corporals.

No podem oblidar, tampoc, que a banda d'aquestes reflexions, aquests tests indirectes, siguin senzills o complexos, presenten una validesa de criteri qüestionable per la influència dels mesuraments corporals en el resultat final. En aquesta tesi s'ha donat resposta a aquesta problemàtica mitjançant l'índex corrector flexomètric. És un primer pas –al nostre entendre imprescindible– per

poder comparar posteriorment els resultats de diferents estudis o de subjectes diferents. Tot i això, cal dir que l'aplicació de l'índex corrector als principals tests indirectes, que ha de permetre assolir una validesa de criteri acceptable, no invalida les reflexions fetes al voltant de la validesa de contingut de què hem tractat en aquesta introducció.

Per determinar la validesa de criteri de l'índex corrector flexomètric en la seva aplicació a diversos tests indirectes, l'hem comparat amb un test mare (*gold standard test*).

Prèviament a l'inici de l'estudi, s'han considerat diversos aspectes:

I. D'una banda, el test escollit per fer l'anàlisi comparativa havia de ser de validesa contrastada i calia que expressés el resultat final en la mateixa unitat de mesura que l'índex corrector flexomètric, és a dir, en graus (Norkin i White, 1995).

II. En segon lloc, les referències anatòmiques a l'hora de fer el test havien de ser les mateixes per tal d'evitar diferències importants entre els tests fruit de treballar amb eixos de referència diferents.

Per tot això, vam creure necessari escollir tres tests que fossin representatius de les tres articulacions més importants del cos humà, davant la impossibilitat d'ampliar l'estudi a tots els tests analitzats en aquesta tesi.

L'objectiu ha estat esbrinar si el test flexomètric (índex corrector) és un mètode prou vàlid (validesa de criteri) per mesurar l'ADM articular de les tres principals articulacions del cos humà, com són l'escapulohumeral, la coxofemoral i la columna vertebral.

1.2 Material i mètode

Subjectes

En aquest estudi, hi van participar 61 subjectes voluntaris (36 nois i 25 noies) amb edats i amb activitats professionals diferents. La mostra escollida estava composta de persones amb biotips diferents. Les diferències d'edat i sexe no són determinants en les valoracions angulars, ja que aquestes es basen en referències anatòmiques, però sí ho poden ser les persones amb

plecs adiposos elevats que dificultin la localització dels punts anatòmics. Les característiques de la mostra poden observar-se a la taula 34.

	MITJANA	SD
EDAT (anys)	14.5	(11.0)
PES (Kg)	67.2	(4.9)
TALLA (cm)	173	(4.2)
Ae	24.2	(3.2)
Lb	56.8	(6.9)
Ac	23.1	(3.3)
Lc	80.4	(9.2)
La	192.1	(19.9)

Taula 34. Característiques físiques de la mostra (Mitjana i desviació estàndard). Ae, diàmetre biacromial; Lb, longitud del braç; Ac, diàmetre bitrocantèria; Lc, longitud de la cama; La, longitud de l'abast (valors expressats en cm).

Material

El material utilitzat per determinar els mesuraments antropomètrics va ser:

Cinta mètrica flexible (3 m).

Antropòmetre (precisió 1 mm).

Bàscula analògica (precisió 500 g).

Compàs antropomètric

I per administrar els tests:

Bastó graduat de 0 a 120 cm i de 25 mm de diàmetre.

Cinta mètrica flexible.

Esparadrap.

Procediment

Vam focalitzar el treball en tres proves de valoració de la flexibilitat que incideixen en les tres articulacions més importants del cos humà: l'escapulohumeral, la coxofemoral i la columna vertebral. Concretament, vam escollir el test de dislocació amb pica (CODI 1-19), separació de cames assegut al terra (CODI 1-7a) i el test d'elevació de tronc i braços (CODI 2-10 modificat).

La valoració del grau d'ADM per a cada subjecte i test es va realitzar mesurant l'amplitud de dues maneres diferents. En primer lloc, mitjançant el protocol del test flexomètric (mètode indirecte) i en segon lloc mitjançant el mètode goniomètric (mètode directe).

Abans de fer els tests, a cada subjecte se li realitzaren un total de cinc mesuraments, els quals ens serviren, posteriorment, per obtenir l'índex de flexibilitat en graus per a cada moviment i articulació.

Els mesuraments que es van fer els podem agrupar de la manera següent:

a. Mesuraments generals

Pes i talla

b. Longituds corporals

Longitud de la cama (Lc)

Longitud del braç (Lb)

Abast (La)

c. Amplades

Biacromial

Bitrocanteriana

Cada mesurament s'ha obtingut seguint acuradament les indicacions recollides a l'apartat 4.2 (Mesuraments corporals).

L'instrumental bàsic va ser un antropòmetre amb una precisió d'1 mm per mesurar l'estatura i la longitud de l'abast, un compàs antropomètric amb precisió d'1 mm per a les amplades òssies, una cinta mètrica flexible per mesurar les longituds i una bàscula analògica amb precisió de 500 g per calcular el pes.

Validesa de criteri

Per determinar la validesa de criteri de l'índex corrector vam correlacionar els resultats obtinguts en administrar cadascun dels tres tests de flexibilitat (CODI 1-19, Gir d'espatlles amb bastó; CODI 1-7a, Assegut al terra separació de cames; CODI 2-10 modificat, Elevació de tronc), utilitzant l'índex flexomètric, amb un criteri de referència objectiu, fiable i àmpliament acceptat com un bon mesurament de l'ADM (Argimon i Jiménez, 1994). La referència va ser un goniòmetre i un transportador de grans dimensions que feia les funcions de goniòmetre. Es va escollir el goniòmetre com a test de referència perquè és vàlid i fiable i sovint recomanat per mesurar l'ADM corporal (Reese, Bandy, 2002; Norkin, White, 1995). D'altra banda, l'aplicació als tests que proposàvem era força senzilla.

Els tests es van passar sense escalfament previ, ja que en cap cas es perseguen resultats màxims d'ADM. Solament es realitzava una repetició i, solament en cas de detectar alguna anomalia en el procediment, es repetia el test.

Descripció/realització dels tests

CODI 1-19. Gir d'espatlles amb bastó

Art. Escapulohumeral

El subjecte, dempeus, agafa una pica davant del cos. Sense doblegar els braços ni perdre el contacte de tot el palmell de la mà amb la pica, passa la pica per sobre del cap i cap enrere fins a arribar a l'esquena. Després, amb cura, torna a la posició inicial doblegant lleugerament els braços.

Mesurament flexomètric

Es valora en centímetres la mínima distància entre ambdós costats externs de la mà (DS). Posteriorment es calcula l'índex corrector flexomètric.

Mesurament goniomètric

Sense perdre la DS entre les mans, el subjecte recolza els braços damunt d'una taula folrada amb paper. En aquest moment és quan projectem les referències anatòmiques damunt del paper. Finalment, mitjançant un goniòmetre de grans dimensions calculem l'angle de separació (fig. 138).

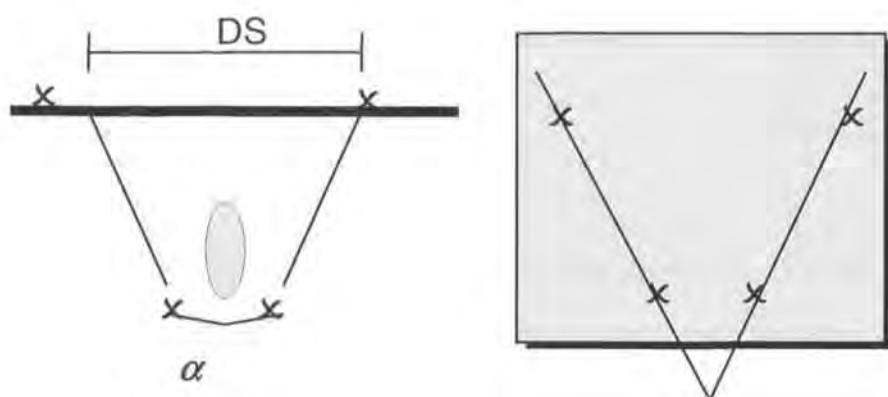


Figura 138. Aplicació goniomètrica. Localització dels punts anatòmics de referència.

CODI 1-7a. Assegut al terra separació de cames

Art. coxofemoral

Assegut al terra amb el tronc perpendicular a aquest i les mans recolzades darrere del cos, separar les cames tot mantenint-les estirades.

Mesurament flexomètric

Es valora en centímetres la mínima distància entre ambdós costats externs del calcani (DS). Posteriorment es calcula l'índex corrector flexomètric.

Mesurament goniomètric

Sense que el subjecte modifiqui la seva posició, es projecten els punts anatòmics al terra per alinear finalment els braços del goniòmetre sobre els eixos que formen aquestes referències per obtenir l'angle de separació (fig. 139).

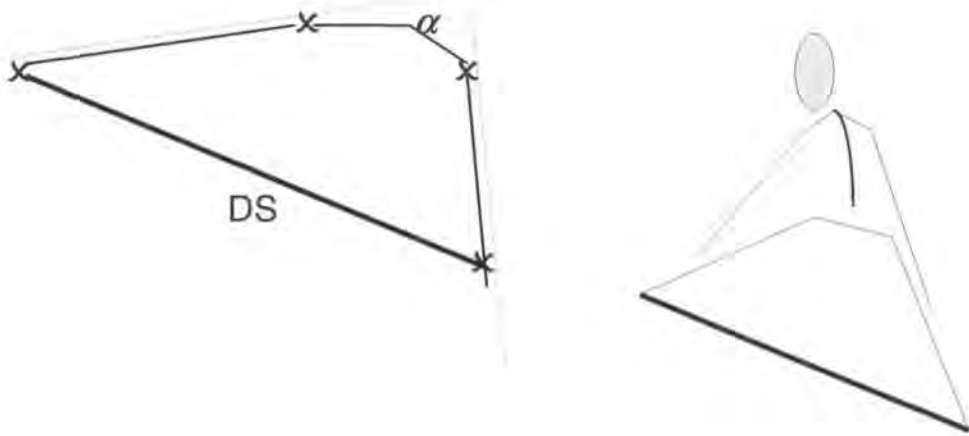


Figura 139. Aplicació goniomètrica. Localització dels punts anatòmics de referència.

CODI 2-10 modificat. Elevació de tronc

Art. columna vertebral

El subjecte, en posició decúbit ventral amb les cames estirades i els braços estirats, eleva el tronc i els braços, i els manté en tot moment estirats. Les mans obertes i l'una sobre l'altra en contacte.

Mesurament flexomètric

Es valora en centímetres la mínima distància entre l'extrem més distal de les mans i el terra (DS). Posteriorment es calcula l'índex corrector flexomètric.

Mesurament goniomètric

El subjecte fa el test al costat d'una paret en la qual hi ha un transportador de grans dimensions (fig. 140).

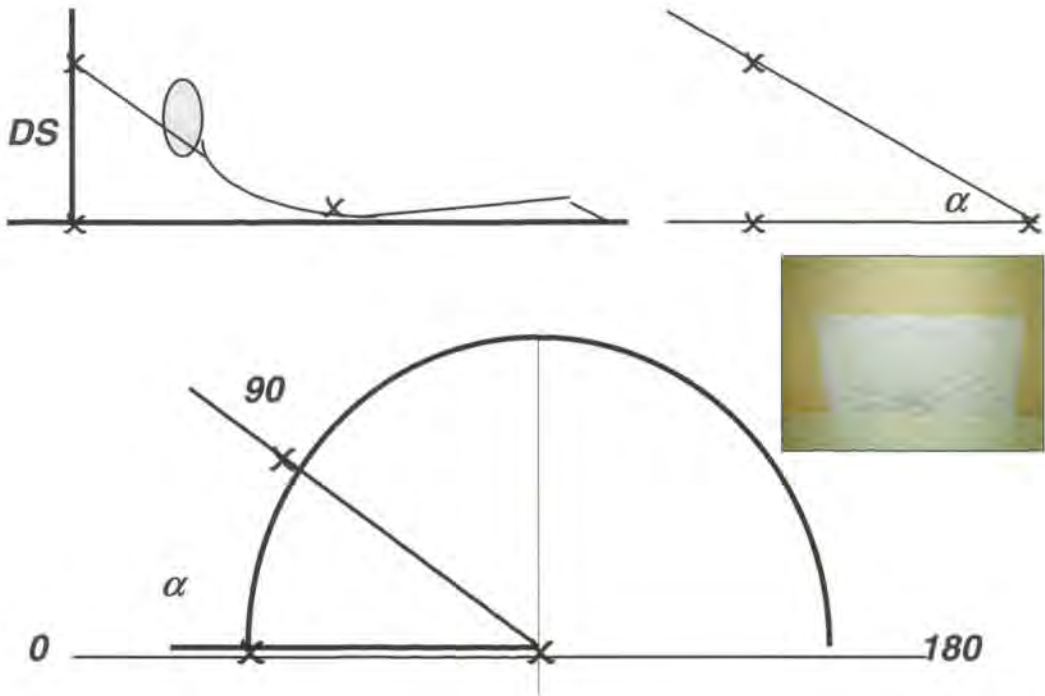


Figura 140. Aplicació goniomètrica. Localització dels punts anatòmics de referència.

Sense que el subjecte modifiqui la seva posició, es mesura en graus l'ADM en el transportador. Perquè no hi hagi errors de mesurament, cal fer coincidir el trocànter major amb el centre del transportador (fig. 140).

Durant el moviment es va tenir cura de registrar amb força rapidesa el valor de la distància de separació DS i la projecció dels punts de referència anatòmics, sobretot en aquest test, atès que la fatiga podia alterar constantment l'ADM.

Factors que poden alterar la precisió de l'estudi

Són molts, els factors que poden alterar la precisió de l'estudi, i per això és important establir les estratègies que ens ajudin a augmentar-la.

En primer lloc, cal que la localització dels punts anatòmics de referència utilitzats per administrar el test siguin els més adequats per a l'estudi, i que els dos mètodes utilitzin com a paràmetres de referència els mateixos punts anatòmics.

S'ha de determinar i assenyalar acuradament el centre o centres de rotació i els punts anatòmics de referència mitjançant un llapis dermatològic. Si no ho

fem així, i utilitzem punts de referència diferents, encara que siguin pròxims, es modifica l'angle final obtingut en realitzar els càlculs de l'ADM (fig. 141).

Així mateix, cal establir el cos del subjecte i el segment corporal proximal a l'articulació examinada.

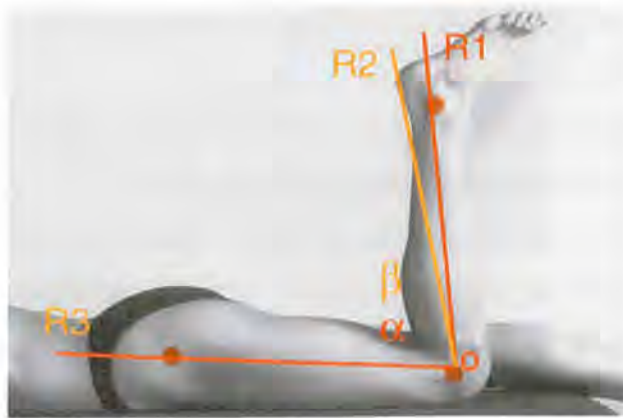
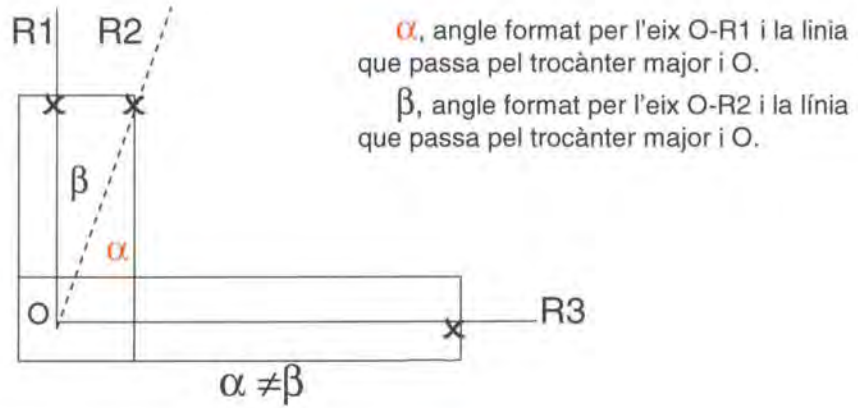


Figura 141. O, Centre de rotació; R1, R2 i R3 punts de referència anatòmics. α i β angles.

Des del punt de vista teòric, cal pensar que els braços del goniòmetre haurien de coincidir amb el centre de rotació i amb els punts anatòmics de referència escollits en fer el test flexomètric.

Tractament de les dades

Les dades s'han analitzat mitjançant el paquet estadístic SPSS (versió 8), tot determinant el coeficient de correlació de Pearson per a cada test, i relacionant els valors d'ADM obtinguts en l'aplicació de l'índex corrector flexomètric i els de la valoració goniomètrica.

1.4.- Resultats

En els tres casos, tal com es pot comprovar a la figura 142, el coeficient de correlació va ser molt alt i estadísticament significatiu.

Proves	G1/Flex1 (EH)	G2/Flex2 (CF)	G3/Flex3 (T)
Coef. de correlació	0,98*	0,93*	0,92*

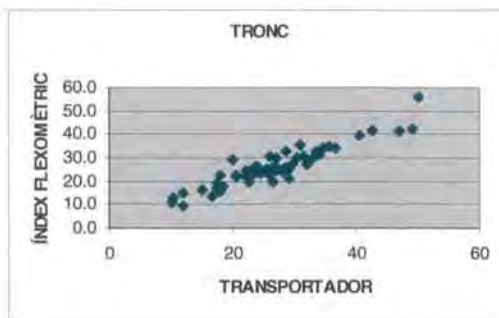
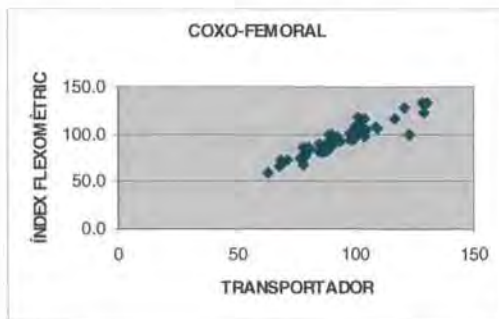
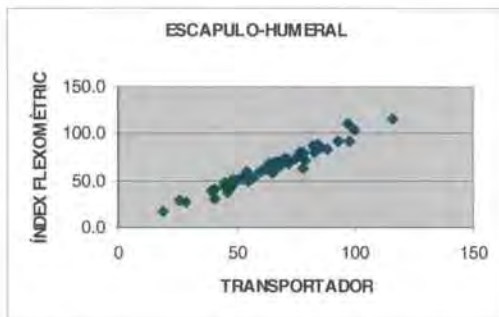


Figura 142. Coeficients de correlació obtinguts en les tres articulacions; escapulohumeral, coxofemoral i tronc. G1,2,3, aplicació goniomètrica; Flex1,2,3, aplicació de l'índex corrector flexomètric. Valors de l'eix x i y expressats en graus.

$p < 0,01^*$

1.5 Discussió

Els alts coeficients de correlació obtinguts en comparar els resultats del test flexomètric amb el test mare de referència (goniòmetre) ens permeten concloure que el test flexomètric (índex corrector) presenta una validesa de criteri acceptable. Per tant, el test flexomètric és un bon mètode per mesurar l'ADM del cos humà, perquè mitjançant el càlcul trigonomètric valora l'angle que formen els segments corporals, un cop definits els punts anatòmics i el centre o centres de rotació. Cal suposar que l'angle creat quan els braços del goniòmetre s'alineen amb els punts o eixos de referència anatòmics representa l'angle format per la part proximal i distal dels ossos que formen l'articulació, tal com es pretén quan utilitzem l'índex flexomètric (Gajdosik i Bohannon, 1987). En qualsevol cas, no pretenem anar més enllà, simplement, d'una valoració d'amplituds de moviment corporal.

Val a dir que el test mare de referència (*gold standard test*) més utilitzat per determinar la validesa dels mesuraments goniomètrics ha estat la radiografia (Gogia i col.,1987; Enwemeka, 1986; Ahlback i Lindahl, 1964; Herrmann, 1990). En la majoria dels casos es trobaren altes correlacions entre els mesuraments. En canvi, pocs estudis utilitzen la fotografia. Cal destacar el treball de Fish i Wingate (1985), en què van utilitzar un goniòmetre universal. Els resultats obtinguts en l'anàlisi comparativa d'aquest estudi mostraren diferències significatives, que segons els autors poden tenir com a origen la localització dels punts de referència anatòmics, variacions en les forces aplicades durant el moviment, dificultats en el posicionament dels braços del goniòmetre quan aquests són de metall i altres. Aquests problemes detectats, que qüestionen la validesa d'aquesta tècnica de mesurament de l'ADM, en desaconsellaren la utilització en aquest estudi.

No hem utilitzat la radiografia com a test mare, tot i que en un primer moment es va plantejar, per les dificultats que sorgeixen en l'aplicació (cost econòmic, exposició a la radiació, dificultat d'adaptació de l'aparell a determinats tests, etc.).

Vam decidir utilitzar la goniometria per la seva validesa acceptada i per la facilitat d'accedir a manuals en què es descriuen amb tot detall les diferents tècniques de mesurament (Norkin i White, 1995; Reese i Bandy, 2002).

En la bibliografia especialitzada sovint l'estudi de la validesa no queda emmarcada en qualitat de la valoració de l'ADM, sinó que, un cop es disposa del test adequat (validesa de criteri acceptada) per calcular l'ADM corporal s'intenta esbrinar quines són les estructures que hi intervenen per poder interpretar correctament els resultats i, alhora, comprovar si és una prova prou significativa de la flexibilitat corporal (validesa de contingut). Però aquest repte és d'una elevada dificultat si considerem les aportacions fetes en els últims treballs d'arquitectura muscular, *stiffness*, viscoelasticitat, etc. (Handel, Horstmann, Dickhuth, 1997; Cornwell, Nelson, Heise, Sidaway, 2001; Latash i Zatsiorsky, 1993; Kubo, Kawakami, Kanehisa, Fukunaga, 2002; Ng-Thow-Hing, 2001). Aquest és el cas dels estudis fets amb el test *Sit and Reach* per determinar-ne la validesa com a indicador de la flexibilitat de la musculatura isquiotibial. Treballs que sovint són força controvertits, com ja hem comentat en la introducció d'aquest estudi (Jackson i Baker, 1986; Jackson i Langford, 1989; Gilbert i Plowman, 1993; Patterson, Wiksten, Ray, Flanders, Sanphy, 1996).

Als tests de gir d'espatlles amb bastó i elevació de tronc, s'hi dona una validesa acceptada (*face validity*) en la bibliografia especialitzada (Johnson i Nelson, 1986). En canvi, no hem trobat estudis de validesa pel que fa al test assegut al terra separació de cames. Tot i això, hem de ser conscients que els tests indirectes estudiats basen el seu resultat en la distància lineal entre dos punts anatòmics (gir d'espatlles amb bastó i assegut separació de cames) o entre un punt anatòmic i una referència externa (elevació de tronc) i, per tant, estan influenciats per les distàncies i els diàmetres corporals. Aquest fet qüestiona la validesa d'aquests tests i, lògicament, els estudis realitzats fins al moment.

Tot i no haver realitzat l'anàlisi comparativa en tots els tests presentats en aquesta tesi, creiem que el raonament trigonomètric realitzat en cada cas és prou consistent per validar els tests.

Cal que en estudis posteriors es pugui comprovar la validesa de criteri de l'índex elàstic en la seva aplicació als tests balístics.

Podem dir, finalment, que la interpretació dels resultats sempre serà molt més difícil quan estiguem davant de tests complexos multiarticulats i, per això, és recomanable, sempre que sigui possible, escollir tests senzills i fàcils d'executar.

...

2. COEFICIENTS DE FIABILITAT DEL TEST FLEXOMÈTRIC

2.1 Introducció

La fiabilitat dels tests de flexibilitat ha estat força estudiada. S'han fet molts treballs de reproductibilitat utilitzant goniòmetres diferents i tècniques diverses. Reese i Bandi (2002) i Norkin i White (1995), en les seves respectives publicacions, ens presenten una extensa i acurada recopilació de dades. La majoria dels estudis esmentats utilitzen com a tècniques per avaluar la fiabilitat, la consistència d'una prova després de repetir-la (test-retest) i la correlació intraclasse (ICC). Alguns estudis ens donen els dos valors, que sovint són molt propers. Cal dir, però, que pràcticament la totalitat d'aquests estudis s'ha fet amb tècniques basades en l'aplicació goniomètrica, és a dir amb tests directes.

La fiabilitat dels tests indirectes ha estat menys estudiada (vegeu apartat 2.2.2.1 Coeficients de fiabilitat i objectivitat). La majoria d'autors, però, troben una alta fiabilitat en aquests tests (coeficient de correlació de Pearson), que oscil·la entre 0.70 i 0.97 (Kirby, 1991; Johnson i Nelson, 1986; Johnson, 1978-1977; Patterson, Wiksten, Ray, Flanders, Sanphy, 1996; Jones, Rikli, Max, Noffal, 1998).

L'aplicació de l'índex corrector es fa sobre la base dels resultats de la majoria d'aquests tests indirectes, els quals no han tingut cap modificació en el protocol. Per a la majoria d'aquests tests ja es disposa d'estudis de fiabilitat (cal destacar els estudis de Patterson, Wiksten, Ray, Flanders, Sanphy, 1996; Jones, Rikli, Max, Noffal, 1998; Burdett, Brown, Fall, 1986) i, per tant, en l'aplicació de l'índex corrector únicament cal valorar l'afectació que pot tenir aquest índex amb la utilització dels mesuraments antropomètrics necessaris per fer els càlculs posteriors.

Hi ha una diferència important en els estudis test-retest realitzats el mateix dia respecte dels realitzats en dies separats. Normalment, els coeficients de correlació són més alts quan es repeteix la prova amb poques hores de separació. També cal diferenciar els estudis de fiabilitat realitzats a partir de dues proves dels realitzats amb tres o més valoracions. En aquest sentit, tot i que hem trobat alguns estudis de fiabilitat realitzats amb el *Sit and Reach* (Jones, Rikli, Max, Noffal, 1998; Patterson, Wiksten, Ray, Flanders, Sanphy,

1996), no hem localitzat en la bibliografia especialitzada estudis recents de correlació intraclasse amb més de dues proves amb altres tests indirectes.

Per això hem centrat l'objectiu d'aquest estudi a determinar la fiabilitat del test flexomètric seleccionat diversos tests indirectes i, d'una banda, repetint el test en dos dies diferents (Test-retest) i, d'una altra, repetint els mateixos tests diverses vegades durant un dia per tal d'establir la variabilitat. Quan ha estat possible s'ha realitzat la valoració activa i passiva del moviment.

2.2 Material i mètode

Subjectes

L'estudi es va fer amb una mostra de 20 joves homes jugadors de bàsquet (12.9 anys, DS: 1.5; 71.6 kg, DS: 6.0), tots ells esportistes de centres de tecnificació i que van acceptar de participar-hi. Les seves característiques queden reflectides a la taula 35.

n=20	MITJANA	SD
EDAT (anys)	12.9	(1.5)
PES (kg)	71.6	(6.0)
TALLA (cm)	179.1	(8.5)
Lc (cm)	90.4	(8.1)
Lb (cm)	62.7	(7.2)
Ae (cm)	35.7	(7.7)
Ac (cm)	31.1	(3.1)

Taula 35. Característiques físiques de la mostra. Lc, longitud de la cama; Lb, longitud del braç; Ae, amplada d'espatlles; Ac, amplada de malucs.

Material

El material utilitzat per determinar els mesuraments antropomètriques va ser: Cinta mètrica flexible (3 m).

Antropòmetre (precisió 1 mm).

Bàscula analògica (precisió 500 g).

Compàs antropomètric.

I per administrar els tests:

Bastó graduat de 0 a 120 cm i de 25 mm de diàmetre.

Cinta mètrica flexible.

Esparadrap.

Procediment

Els tests escollits van ser el gir d'espatlles amb bastó per a l'articulació escapulohumeral i, assegut separació de cames, separació de cames amb recolzament a la paret i dempeus elevació de la cama per a l'articulació coxofemoral. Concretament en el test dempeus elevació de la cama es va valorar la cama dreta i esquerra i amb moviment actiu i passiu forçat (taula, 36).

CODI	NOM DEL TEST
1-19a	Gir d'espatlles amb bastó (A)
1-7a	Assegut, separació de cames (A)
1-11	Separació de cames amb recolzament a la paret (P)
1-9	Dempeus, elevació de la cama dreta (A)
1-9	Dempeus, elevació de la cama dreta (Pf)
1-9	Dempeus, elevació de la cama esquerra (A)
1-9	Dempeus, elevació de la cama esquerra (Pf)

Taula 36. Els tests escollits per a aquest estudi, amb el seu codi corresponent. A, actiu; P, passiu; Pf, passiu forçat.

Per esbrinar si els tests objecte d'estudi eren fiables vam fer un primer estudi i vam repetir els tests dos cops en dies diferents (dos dies seguits), i respectant al màxim l'hora de realització (16:00 h) i les condicions ambientals (temperatura 22-25° i humitat 60-80%) per tal de limitar al màxim la variabilitat biològica. Posteriorment, en un segon estudi, es van administrar els tests vuit vegades consecutives tot al llarg d'un dia, amb una separació horària entre test i test de dues hores. Concretament, l'estudi va començar a les 9:00 h i va finalitzar a les 23:30 h.

En tots els casos es va realitzar una única repetició per a cada test per evitar adaptacions dels teixits i dels receptors a l'estirament. Solament quan es va

considerar que l'executor no havia arribat a l'ADM màxima, o que no s'havia realitzat el moviment correctament, es repetia el test, però en cap cas es van fer més de tres intents.

Tots els tests es van realitzar sense escalfament previ, per les dificultats d'assolir condicions semblants i, concretament en el segon estudi, per la dificultat que suposava cada dues hores realitzar un escalfament tipus. Al mateix temps es va procurar que les instruccions donades fossin sempre les mateixes, i alhora que no hi haguessin excessives diferències en la motivació al moment de fer el test. Els subjectes sempre disposaven de mitja hora de repòs abans de començar a passar les proves.

Tractament de les dades

Part 1. Test-retest realitzat en dos dies diferents

Coeficient de correlació interclasse (r) i coeficient de correlació intraclasse (ICC)

Es va calcular el coeficient de correlació de Pearson (r) per determinar la relació entre els resultats dels tests realitzats i la seva repetició. Com que el coeficient de Pearson mostra solament el paral·lelisme dels dos mesuraments, i no expressa una indicació clara de la variació percentual en el mesurament entre una repetició i l'altra, també es determina el coeficient de correlació intraclasse.

Part 2. Diverses proves realitzades el mateix dia

Coeficient de correlació intraclasse

Per determinar la consistència interna de tots els tests es va estimar el coeficient de correlació intraclasse (ICC) fent servir l'anàlisi de variàncies (ANOVA) (Baumgartner i Jackson, 1995). L'interval de confiança va ser del 95%.

2.3 Resultats

Part 1

Els resultats obtinguts (mitjana i desviació estàndard) en els diferents tests a cada esportista es poden observar a la taula 37.

Els coeficients de fiabilitat obtinguts mitjançant el test-retest (r) i l'índex de correlació intraclasse (R) es presenten a la taula 38.

CODI	1-19		1-7		1-11		1-9A(D)		1-9P(D)		1-9A(E)		1-9P(E)	
	F1-1	F1-2	F2-1	F2-2	F3-1	F3-2	F4-1	F4-2	F5-1	F5-2	F6-1	F6-2	F7-1	F7-2
M	48.0	46.9	79.2	79.1	90.1	92.4	87.2	89.3	109.3	109.2	87.0	88.9	106.3	107.5
SD	15.7	21.1	9.2	11.0	10.1	10.6	11.1	16.0	13.2	17.9	14.3	15.8	12.0	11.9

Taula 37. (Test-retest) Mitjana i desviació estàndard obtingudes en els tests. F, valors obtinguts en administrar els diferents tests objecte d'estudi per primer cop i segon cop.

CODI	NOM DEL TEST	FIABILITAT TEST-RETEST R	COEFICIENT INTRACLASSE ICC (R)/ 95% CI
1-19a	Gir d'espatlles amb bastó	0,96	0,97 (.94-.99)
1-7a	Assegut, separació de cames	0,96	0,97 (.95-.99)
1-11	Separació de cames amb recolzament a la paret (P)	0,93	0,96 (.88-.98)
1-9	Dempeus, elevació de la cama dreta(A)	0,97	0,98 (.93-.98)
1-9	Dempeus, elevació de la cama dreta(Pf)	0,92	0,96 (.90-.98)
1-9	Dempeus, elevació de la cama esquerra(A)	0,98	0,99 (.96-.99)
1-9	Dempeus, elevació de la cama esquerra (Pf)	0,91	0,95 (.88-.98)

Taula 38. Resultats obtinguts en el coeficient de fiabilitat test-retest i en el coeficient de correlació intraclasse (ICC) en els diversos tests objecte d'estudi. CI = 95%, interval de confiança.

Els valors estaven compresos entre $r=0.91-0.98$ i $R=0.95-0.99$. Concretament en el test dempeus elevació de la cama dreta (actiu) $r=0.98$ i en el test dempeus elevació de la cama esquerra $R=0.99$. La fiabilitat va ser de

$r=0.97$ i $R=0.98$ en el test actiu dempeus elevació de la cama dreta i $r=0.92$ i $R=0.96$ en el test passiu forçat de la mateixa cama. Els valors per a la cama esquerra van ser de $r=0.98$ i $R=0.99$ en mobilització activa i $r=0.91$ i $R=0.95$ en el test passiu forçat.

(H) 9:00 11:00 13:00 15:00 17:00 19:00 21:00 23:00

CODI	TEST/PROVES	1	2	3	4	5	6	7	8
1-19	Gir d'espatlles amb bastó	46.5 (14.9)	43.8 (16.0)	44.3 (16.3)	43.3 (15.9)	44.1 (15.1)	43.9 (15.0)	44.3 (15.7)	42.9 (16.0)
1-7	Assegut, separació de cames	79.5 (9.5)	79.3 (8.8)	80.6 (8.5)	80.9 (9.1)	80.5 (9.6)	82.0 (9.7)	82.3 (10.3)	81.4 (9.4)
1-11	Separació de cames amb recolzament a la paret	90.1 (10.4)	92.4 (11.7)	94.3 (12.8)	99.3 (14.4)	103.0 (15.9)	95.5 (14.0)	94.2 (13.8)	89.6 (10.6)
1-9A (D)	Dempeus, elevació de la cama dreta (A)	88.3 (10.4)	91.3 (10.5)	91.0 (10.7)	93.7 (12.0)	92.0 (9.9)	96.4 (12.6)	95.2 (12.5)	94.4 (11.4)
1-9P (D)	Dempeus, elevació de la cama dreta (Pf)	107.5 (13.7)	109.9 (13.8)	108.5 (13.3)	114.4 (12.8)	115.7 (12.9)	117.4 (13.4)	115.2 (13.6)	109.5 (13.1)
1-9A (E)	Dempeus, elevació de la cama esquerra (A)	88.5 (14.1)	92.4 (13.5)	90.9 (12.4)	94.6 (13.1)	95.2 (14.7)	95.8 (11.3)	95.9 (12.6)	94.6 (10.9)
1-9P (E)	Dempeus, elevació de la cama esquerra (Pf)	106.8 (12.3)	110.4 (13.4)	108.7 (11.9)	112.5 (15.0)	115.8 (12.7)	116.7 (12.7)	116.4 (15.6)	113.8 (14.5)

Taula 39. Mitjana i desviació estàndard obtingudes per a cada test en les diverses proves. Tots els resultats estan expressats en graus.

CODI	TEST	ICC R	CI 95%
1-19	Gir d'espatlles amb bastó	0.99	(.98-.99)
1-7	Assegut, separació de cames	0.99	(.98-.99)
1-11	Separació de cames amb recolzament a la paret	0.96	(.93-.98)
1-9 (D)	Dempeus, elevació de la cama dreta (A)	0.98	(.96-.99)
1-9 (D)	Dempeus, elevació de la cama dreta (Pf)	0.97	(.95-.98)
1-9 (E)	Dempeus, elevació de la cama esquerra (A)	0.98	(.97-.99)
1-9 (E)	Dempeus, elevació de la cama esquerra (Pf)	0.97	(.95-.98)

Taula 40. R= coeficient de correlació intraclasse. CI= 95% de l'interval de confiança. Valors obtinguts en els diversos tests objecte d'estudi.

Part 2

Els resultats obtinguts (mitjana i desviació estàndard) en administrar els tests diverses vegades el mateix dia a cada esportista es poden observar a la taula 39.

Els coeficients de fiabilitat obtinguts mitjançant l'índex de correlació intraclase (CI = 95%) que es presenten a la taula 40 estaven compresos entre $R=0.96$ i 0.99 . Els valors més alts van ser per als tests actius (1-19, gir d'espatlles amb bastó i 1-7, assegut separació de cames amb $R=0.99$; 1-9, dempeus elevació de la cama dreta i esquerra amb $R=0.98$).

2.4 Discussió

La majoria dels tests indirectes, tot i que han estat elaborats ja fa molts anys (alguns referenciats el 1940), s'han utilitzat fins a l'actualitat sense qüestionar-ne la fiabilitat ni sovint la validesa, com hem vist en la primera part d'aquest primer estudi. Jensen i Hirst (1980) ja detectaren aquest problema, però la realitat és que aquests tests s'han continuat utilitzant, fonamentalment en l'àmbit de l'educació física i l'esport, amb la hipotètica intuïció que realment són proves que satisfan els criteris de qualitat.

El propòsit d'aquest estudi ha estat determinar la fiabilitat de l'índex corrector flexomètric en la seva aplicació a diversos tests indirectes. Hem utilitzat, d'una banda, la prova test-retest, tot i que ha estat criticat per alguns autors (Portney i Watkins 2000; Domholdt, 2000), com un indicador força utilitzat per valorar la fiabilitat dels tests indirectes i, d'altra banda, l'índex de correlació intraclasse (ICC), més utilitzat en estudis més recents. Cal dir que així com el coeficient de correlació de Pearson (test-retest) reflecteix la tendència del canvi d'un mesurament quan l'altre també varia, la interpretació de l'ICC sovint no és tan fàcil perquè indica els canvis en els valors mitjans, com també la correlació entre els diferents mesuraments (Argimon i Jiménez, 1991). El problema principal del coeficient de correlació de Pearson és que no detecta la fatiga i per això una alta correlació propera a 1.00 pot no reflectir diferències entre el primer i el segon test (Morrow, Jackson, Disch, Mood, 1995; Hopkins, 2000).

Per aquesta raó hem utilitzat en ambdós estudis el coeficient de correlació intraclasse.

Cal destacar que els coeficients de correlació obtinguts són elevats en tots els casos, però cal ser conscients que qualsevol alteració en les condicions a l'hora de fer els tests pot influenciar negativament. A l'hora de preparar l'estudi es van tenir presents força precaucions, com la temperatura ambiental, escalfament, fixació dels segments corporals a l'hora del test i altres. Pensem que tot i que es vulgui determinar la variabilitat tècnica, hi ha una variabilitat biològica, una variació temporal i l'error del mesurament. Tot i tenir cura de repetir els tests en condicions molt semblants, els resultats estaran inevitablement afectats per aquestes variacions. En la primera part es va tenir cura que les condicions ambientals fossin pràcticament les mateixes (hora del dia, temperatura, instruccions, etc.). En canvi, en la segona part, en el qual es va repetir el test diverses vegades durant un dia, ben segur que les proves van ser sensibles als canvis d'ADM activa i passiva que es produeixen durant el dia (Ozolin, 1971), i la reproductibilitat obtinguda més propera a les necessitats en el camp de l'educació física, la rehabilitació i l'esport.

Tot i les poques diferències en els coeficients de correlació obtinguts, cal destacar que els valors més baixos corresponen als tests passius forçats tant en el primer com en el segon estudi (Estudi 1, Codi 1-11, $r = 0.93$ i $R = 0.96$; Codi 1-9, cama dreta $r = 0.92$ i $R = 0.96$ i cama esquerra $r = 0.91$ i $R = 0.95$. Estudi 2, Codi 1-11, $R = 0.96$; Codi 1-9, cama dreta i esquerra $R = 0.97$). Aquest fet pot explicar-se per la gran dependència dels tests passius i passius forçats de les sensacions de dolor i dels reflexos corresponents. Cal pensar que en aquest tipus de test també hi ha una manipulació d'un instructor que suposa un factor ambiental relativament incontrolable.

Cal remarcar que l'índex de correlació intraclasse va ser més elevat, en tots els tests, quan es van fer les proves el mateix dia. Probablement perquè tant instructor com l'executor podien recordar temporalment el moviment de la prova anterior. Es tracta d'un fet esmentat també per Morrow, Jackson, Disch i Mood (1995), els quals remarquen que la reproductibilitat del test-retest en el mateix dia és més alta que el coeficient obtingut en dies separats.

Els tests presenten una elevada reproductibilitat en les accions actives i passives forçades tant a la cama dreta com a l'esquerra, però lleument més alta en els moviments actius.

Els coeficients obtinguts no difereixen gaire dels publicats en els pocs estudis de fiabilitat (test-retest) que s'han fet amb aquests tests indirectes (Johnson, 1978; Johnson i Nelson, 1986).

Altres tests indirectes, no analitzats en aquest estudi, també obtenen valors elevats de correlació segons els seus autors, però s'hi detecten força diferències en funció de l'articulació estudiada. Cal destacar diversos estudis; el test de Schober amb un ICC (R) entre 0.83 i 0.98 (Haley i al., 1986; Einkauf i al., 1987; Beattie i al., 1987), el test de Schober modificat amb un coeficient de Pearson entre 0.78 i 0.89 (Williams i al., 1993), el test dempeus flexió lateral de tronc amb una $r = 0.91$ (Frost i al., 1982), la valoració de la flexió lateral de la columna amb un coeficient de Pearson de 0.89 a la dreta i 0.78 a l'esquerra (Rose, 1991), l'ADM en la flexió de tronc amb una ICC de 0.82 (Haley i al., 1986), el test Thomas amb un ICC entre 0.91 i 0.97 (Wang i al., 1993; Harvey, 1998), entre d'altres.

Cal dir, però, que la major part dels estudis realitzats fins al moment fan referència a tests directes, com l'aplicació goniomètrica o la utilització de l'inclinòmetre (Reese i Bandy, 2002; Norkin i White, 1995). Probablement perquè la validesa acceptada d'aquests mètodes els ha situat com els més idonis fins al moment per a la recerca tot i les seves limitacions.

Podem concloure, doncs, que l'aplicació de l'índex corrector no altera excessivament els valors de fiabilitat dels tests ja referenciats per diversos autors, tot i que el test flexomètric utilitzi diversos mesuraments corporals (diàmetres i longituds) en els càlculs trigonomètrics de l'índex que no formaven part dels protocols originals dels tests.

ESTUDI 2. COMPARACIÓ D'ADM D'ESPORTISTES DE DIFERENTS MODALITATS MITJANÇANT EL TEST FLEXOMÈTRIC

1. Introducció

En la bibliografia especialitzada hi ha molt poques dades d'ADM articular per a grups de població esportiva i encara menys si volem que aquestes dades estiguin relacionades amb desplaçaments angulars pròxims als gestos esportius de cada modalitat (Mac Dougall, Wenger, Green, 1995). Aquest fet fa que sigui pràcticament impossible determinar unes amplituds de moviment raonables per a diferents articulacions i exercicis. Així mateix, sovint els procediments de mesurament no permeten comparar els grups de treball per la manca de validesa del test, com ja hem apuntat tot al llarg d'aquesta tesi. Cal destacar els treballs de Leighton (1957), Jack i Leighton (1957) amb nedadors, atletes, gimnastes, lluitadors, jugadors de beisbol i bàsquet, els estudis d'Ekstrand i Guillquist (1982) amb jugadors de futbol i les dades aportades per Sigerseth i Haliski (1950) amb jugadors de futbol americà aplicant una modificació a la tècnica Leighton. Alguns estudis detecten diferències significatives amb altres modalitats o simplement amb grups control. Així, un estudi fet amb 30 ballarines sèniors va detectar ADM significativament més altes en la flexió de malucs, extensió, rotació lateral, i abducció, i ADM significativament més petites en la rotació medial de malucs i adducció, en comparació amb un grup control (Reid, Burnham, Saboe, Kushner, 1987). En tennistes de competició i nedadors també es van detectar diferències significatives en certes articulacions en relació amb l'ADM de referència (Bak i Magnusson, 1992; Beach, Withney, Dickoff, 1992; Chinn, Priest, Kent, 1974; Ellenbecker, Roetert, Piorkowski, Schulz, 1996).

La majoria d'investigacions han demostrat que hi ha molt poca diferència entre l'ADM dels dos costats d'un subjecte normal (Mac Dougall, Wenger, Green, 1995). Per tant, és possible que diferències importants reflecteixin un efecte d'entrenament més gran a favor d'un dels costats o limitacions en l'ADM arran d'una lesió, la inactivitat o la immobilització.

Per tot això, nosaltres volem fer un estudi comparatiu entre grups d'esportistes aplicant-hi l'índex flexomètric corrector, amb l'objectiu de detectar possibles diferències entre modalitats esportives en relació amb l'articulació i el tipus de moviment articular estudiat. Així mateix, es valorarà el factor home-dona i la lateralitat del moviment (cama dreta i esquerra en els tests aplicats a l'articulació coxofemoral).

2. Material i mètode

Subjectes

El present estudi es va dur a terme amb una mostra de 132 esportistes (111 nois i 21 noies) que pertanyien a diverses modalitats esportives (taula 41).

Tots ells entrenaven en centres de tecnificació o en grups de rendiment de Catalunya. Les característiques de la mostra es poden veure en la taula 42.

MODALITAT	NOIS	NOIES	TOTAL
Gim. Esp. Femenina		9	9
Futbol	15		15
Waterpolo	22		22
Taekwondo	10	5	15
Bàsquet	7		7
Natació	7	7	14
Atletisme Fons	16		16
Tennis	8		8
Rem	6		6
Atletisme Tanques	12		12
Velocitat	3		3
Muntanya	5		5
TOTAL	111	21	132

Taula 41. Nombre d'esportistes valorats de cada modalitat.

MODALITAT	EDAT	PES	TALLA	Lb	Lc	Ae	Ac
Gim. Esp. Femenina	8,7 (1,0)	24,5(2,9)	125,2(5,1)	46,1(2,9)	68,4(4,0)	25,6(1,6)	19,4(1,1)
Futbol	26,2(2,6)	74,5(4,5)	178,3(5,7)	65,4(3,2)	94,9(4,6)	42,3(2,0)	34,9(1,2)
Waterpolo	14,8(0,9)	70,2(7,3)	177,4(5,5)	68,8(3,1)	95,4(3,5)	40,2(2,0)	33,7(1,4)
Taekwondo	19,1(3,4)	62,4(10,6)	171,2(6,3)	62,3(3,2)	90,8(3,6)	37,8(2,7)	31,1(1,4)
Taekwondo (Nois)	18,9(3,7)	65,8(10,3)	173,8(6,0)	63,5(3,0)	91,5(3,8)	39,1(2,2)	31,3(1,2)
Taekwondo (Noies)	19,6(3,3)	55,6(8,2)	166,0(2,5)	60,0(2,1)	89,4(3,0)	35,2(0,8)	30,6(1,8)
Bàsquet	15,0(0,0)	78,3(6,7)	192,2(10,1)	72,7(5,9)	103,0(9,0)	41,9(1,3)	35,0(0,8)
Natació	12,1(0,9)	61,1(8,7)	168,7(6,1)	59,5(4,6)	86,1(3,9)	35,5(1,9)	29,6(2,0)
Natació (Nois)	12,4(1,1)	64,1(10,1)	169,3(7,3)	61,4(5,1)	86,7(4,7)	36,4(2,1)	29,6(2,6)
Natació (Noies)	11,9(0,7)	58,1(6,3)	168,1(5,1)	57,6(3,3)	85,4(3,0)	34,6(1,0)	29,6(1,5)
Atletisme Fons	17,1(1,6)	59,7(6,7)	171,1(7,3)	64,8(3,8)	89,2(3,9)	38,5(4,1)	33,2(1,5)
Tennis	22,1(5,8)	73,6(7,0)	180,6(4,2)	67,1(3,5)	95,8(4,1)	38,0(3,2)	33,1(1,6)
Rem	15,5(1,5)	71,8(5,7)	181,0(7,8)	67,3(3,6)	96,7(5,0)	40,8(1,9)	35,5(1,0)
Atletisme Tanques	18,7(3,2)	68,8(7,5)	178,7(4,4)	67,8(3,1)	94,5(3,8)	39,9(2,4)	33,6(1,7)
Velocitat	22,0(1,0)	72,8(6,7)	175,7(3,8)	65,7(1,2)	92,3(2,1)	38,0(3,5)	33,3(1,2)
Muntanya	33,4(1,8)	74,2(6,3)	171,2(8,6)	65,2(3,8)	90,4(6,3)	40,6(3,8)	34,4(1,1)

Taula 42. Característiques físiques de la mostra (mitjana i desviació estàndard). Lb, longitud del braç; Lc, longitud de la cama; Ae, amplada d'espatlles; Ac, amplada de malucs.

Procediment

A cada subjecte se li va administrar un total d'11 tests de flexibilitat diferents. Els tests escollits, amb els seus codis corresponents es descriuen a la taula 44. A tots ells se'ls van prendre els diàmetres i les longituds corporals necessaris per fer el test, utilitzant diversos instruments de mesurament (taula 43). A continuació van fer un escalfament estàndard, que consistia en 5 minuts de carrera contínua i realitzant, cada minut i durant 10 segons, circumduccions continuades de braços. Els tests es van fer seguits en l'ordre establert a la taula 43. Un cop mesurada la distància de separació de cada test (DS) es va calcular l'índex corrector flexomètric.

Cinta mètrica flexible 3 m Llapis dermatològic	<i>Longitud del braç (Lb)</i>
	Longitud de la cama (Lc)
	<i>Distància de separació (DS)</i>
Compàs antropomètric	Amplada d'espatlles (Ae)
	<i>Amplada de malucs (Ac)</i>

Taula 43. Instrumental utilitzat en l'estudi.

Finalment es va calcular la flexibilitat residual Fr_1 ($Fp-Fa$) mitjançant el càlcul de la diferència de mitjanes entre els resultats dels tests 10-11, 8-9, 6-7, 4-5 i 2-3.

Tractament de les dades

Vam considerar 11 variables de flexibilitat ($f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7, f_8, f_9, f_{10}, f_{11}$), que corresponen als onze tests que van passar a grups d'esportistes que pertanyen a esports diferents.

En primer lloc es va comprovar la normalitat de les mostres mitjançant la prova de Kolmogorov-Smirnov. Després es va realitzar la prova ANOVA amb un factor, tot realitzant posteriorment comparacions múltiples mitjançant el mètode de Sheffe i, en cas de detectar heterogeneïtat en les variàncies, comparacions amb el mètode de Games-Howell. L'homogeneïtat de les variàncies es va comprovar mitjançant la prova de Levene. Per determinar si hi havia diferències significatives en la lateralitat del moviment i entre sexes en el conjunt de la mostra i per a cada esport, es va utilitzar la t d'Student. El nivell de significació es va establir en una $p < 0.05$.

El tractament estadístic es va realitzar amb el programa SPSS per a Windows (versió 8).

Esports: a cada esport se li ha assignat un número comprès entre l'1 i el 12.

1 Gimn. Femenina; **2** Futbol; **3** Waterpolo; **4** Taekwondo; **5** Bàsquet; **6** Natació; **7** Atl. Fons; **8** Tennis; **9** Rem; **10** Atl. Tanques; **11** Atl. Velocitat; **12** Muntanya.

Els esports 5 i 6 no tenen dades pel que fa a les variables f_4, f_5, f_6 i f_7 .

CODI	TEST	TEST	ART.	MOV.
F1	Gir d'espatlles amb bastó	1-19a	E-H	ACTIU
F2	Assegut, separació de cames	1-7a	C-F	ACTIU
F3	Separació de cames amb recolzament a la paret	1-11	C-F	PASSIU
F4	Estirat, elevació de la cama dreta	1-9	C-F	ACTIU
F5	Estirat, elevació de la cama dreta	1-9	C-F	PASSIU FORÇAT
F6	Estirat, elevació de la cama esquerra	1-9	C-F	ACTIU
F7	Estirat, elevació de la cama esquerra	1-9	C-F	PASSIU FORÇAT
F8	Dempeus, elevació de la cama dreta	1-8	C-F	ACTIU
F9	Dempeus, elevació de la cama dreta	1-8	C-F	PASSIU FORÇAT
F10	Dempeus, elevació de la cama esquerra	1-8	C-F	ACTIU
F11	Dempeus, elevació de la cama esquerra	1-8	C-F	PASSIU FORÇAT

Taula 44. Tests de flexibilitat seleccionats amb el corresponent ordre d'aplicació. F1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 i 11, codis dels tests; E-H, articulació escapulohumeral; C-F, articulació coxofemoral.

3. RESULTATS

Resultats de l'anàlisi comparativa entre esports

Modalitat	Mitjana (SD)										
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
Gimnàstica esp. Femenina (1)	25,7 (17,1)	124,9 (32,8)	157,4 (35,1)	107,6 (11,9)	165,2 (16,6)	99,4 (5,1)	156,8 (12,8)	120,9 (9,6)	155,4 (11,4)	117,5 (8,0)	148,8 (7,4)
Futbol (2)	66,2 (14,5)	69,9 (11,7)	80,6 (12,5)	80,3 (7,6)	114,4 (13,4)	80,1 (7,1)	117,5 (16,0)	88,2 (9,0)	106,0 (12,5)	85,3 (9,1)	102,6 (13,3)
Waterpolo (3)	44,4 (13,8)	69,4 (8,1)	79,2 (10,3)	65,9 (4,4)	96,9 (10,4)	65,7 (5,9)	96,7 (11,7)	74,3 (7,0)	92,9 (8,2)	74,9 (6,0)	93,6 (9,4)
Taekwondo (4)	53,4 (10,9)	107,8 (8,7)	116,6 (5,6)	93,0 (11,1)	166,7 (15,4)	93,2 (10,4)	161,4 (17,6)	108,9 (9,7)	155,5 (17,8)	109,2 (10,9)	146,0 (19,6)
Taekwondo nois	55,3 (11,6)	106,6 (9,8)	117,0 (5,4)	92,6 (11,3)	169 (15,0)	93,7 (8,5)	163 (16,9)	107,6 (6,5)	154,6 (17,2)	108,7 (7,4)	144,4 (14,9)
Taekwondo noies	49,5 (9,4)	110,2 (6,0)	115,8 (6,4)	93,8 (12,1)	162,1 (16,9)	92,2 (14,6)	158,3 (20,6)	111,5 (14,9)	157,3 (21,0)	110,3 (17,1)	149 (28,6)
Bàsquet (5)	61,5 (13,8)	71,3 (9,3)	80,8 (10,7)					86,7 (11,8)	103,1 (10,6)	85,2 (14,1)	99,0 (12,7)
Natació (6)	43,0 (15,0)	81,4 (10,4)	92,2 (11,5)					86,0 (11,9)	108,7 (13,3)	86,4 (16,1)	106,2 (12,2)
Natació nois	48,3 (17,3)	77,4 (12,3)	89,1 (14,5)					81,4 (13,2)	106,0 (10,3)	79,7 (12,5)	102,5 (9,6)
Natació noies	37,7 (11,0)	85,4 (6,7)	95,3 (7,3)					90,5 (9,2)	111,5 (16,2)	93,1 (17,4)	109,9 (14,1)
Atletisme fons (7)	29,7 (30,4)	72,6 (10,3)	85,1 (13,1)	70,9 (23,0)	93,7 (32,2)	76,1 (25,8)	99,4 (32,5)	81,6 (7,2)	99,5 (16,7)	81,5 (14,3)	102,7 (18,2)
Tennis (8)	34,4 (20,3)	79,4 (12,6)	89,9 (14,4)	76,9 (10,9)	111,6 (20,3)	78,5 (9,4)	118,1 (23,4)	88,3 (10,2)	111,5 (17,9)	88,0 (11,1)	110,1 (19,1)
Rem (9)	32,2 (19,4)	75,0 (15,6)	86,3 (13,8)	74,2 (10,7)	115,5 (22,9)	75,7 (11,7)	116,1 (25,2)	88,3 (16,3)	111,0 (23,4)	86,8 (18,7)	111,7 (20,2)
Atletisme tanques (10)	40,0 (29,2)	83,3 (13,8)	98,3 (9,6)	77,7 (6,8)	129,7 (19,1)	74,9 (10,2)	127,1 (14,7)	88,9 (6,7)	117,4 (9,7)	87,7 (9,7)	115,5 (9,7)
Atletisme velocitat (11)	30,4 (8,7)	78,2 (13,7)	91,0 (4,6)	72,6 (0,7)	102,9 (24,6)	75,7 (1,0)	99,9 (16,2)	77,3 (8,0)	108,2 (17,3)	78,3 (4,0)	107,8 (16,9)
Muntanyencs (12)	25,9 (11,3)	75,5 (6,3)	82,3 (7,9)	78,5 (11,8)	108,6 (4,1)	80,6 (9,8)	108,0 (10,4)	86,9 (6,9)	105,1 (6,7)	83,8 (6,5)	103,1 (6,0)

Taula 45. Resultats en graus obtinguts en diferents tests de flexibilitat (F1 a F11) a esportistes de modalitats diferents (mitjana i desviació estàndard).

En la taula 45 es mostren els resultats obtinguts en els 11 tests a esportistes de modalitats diferents (mitjana i desviació estàndard), i en la taula 46, els resultats obtinguts en l'anàlisi comparativa entre esports.

La prova de Levene per comprovar l'homogeneïtat de les variàncies ens permet comprovar que totes les variables no són homogènies.

Els resultats obtinguts en l'anàlisi comparativa entre esports han estat els següents:

Comparacions múltiples pel mètode de Games-Howell després d'ANOVA

F1. Gir d'espatlles amb bastó

Ordenació: 2,5,4,3,6,10,8,9,11,7,12,1

Diferències:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
4												
5												

CODI i nom del test

Esports ordenats de més a menys diferències entre mitjanes.

Taula: Diferències significatives trobades en aplicar el test de Games-Howell després d'ANOVA.

- 1 se separa de 2,4,5
- 2 se separa de 3,6,7,11 i 12
- 4 se separa de 12
- 5 se separa de 12

F2. Assegut, separació de cames

Ordenació: 3,2,5,7,9,12,11,8,6,10,4,1

Diferències:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
3												
4												

F3. Separació de cames amb recolzament a la paret

Ordenació: 3,2,5,12,7,9,8,11,6,10,4,1

Diferències:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
3												
4												

F4. Estirat, elevació de la cama dreta (A)

Ordenació: 3, 11, 7, 6, 5, 12, 2, 8, 9, 10, 4, 1

Diferències:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												

F5. Estirat, elevació de la cama dreta (PF)

Ordenació: 3, 7, 5, 12, 2, 11, 6, 9, 8, 10, 1, 4

Diferències:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
3												
4												

F6. Estirat, elevació de la cama esquerra (A)

Ordenació: 3, 11, 7, 12, 5, 2, 6, 9, 10, 8, 4, 1

Diferències:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												

F7. Estirat, elevació de la cama esquerra (PF)

Ordenació: 3, 5, 2, 7, 12, 6, 11, 8, 9, 10, 4

Diferències:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
3												
4												

F8. Dempeus, elevació de la cama dreta (A)

Ordenació: 3,11,9,7,8,10,12,2,4,1

Diferències:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												
5												
6												

F9. Dempeus, elevació de la cama dreta (PF)

Ordenació: 3,7,11,12,8,2,9,10,1,4

Diferències:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												

F10. Dempeus, elevació de la cama esquerra (A)

Ordenació: 3,10,9,11,8,2,12,7,4,1

Diferències:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												
5												
6												

F11. Dempeus, elevació de la cama esquerra (PF)

Ordenació: 3,11,7,12,9,2,8,10,1,4

Diferències:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												
5												
6												

Taula 46. Resultats obtinguts en les comparacions a posteriori mitjançant l'estadístic de Games-Howell. Diferències significatives al nivell .05. A, actiu; PF, passiu forçat.

Factor home-dona en natació (6) i taekwondo (4)

No es troben diferències significatives entre homes i dones en el conjunt de la mostra, ni tampoc en l'anàlisi comparativa per a cada esport.

Factor cama dreta, esquerra

Es troben diferències entre la cama dreta i esquerra en el futbol en el test estirat elevació de la cama moviment actiu ($t = 2.9$ $p < 0.05$; ADM superior cama dreta) i passiu ($t = -2.7$ $p < 0.05$; ADM superior cama dreta) i en el test dempeus elevació de la cama moviment passiu forçat ($t = -2.3$ $p < 0.05$; ADM superior cama esquerra), en el taekwondo en el test estirat elevació de la cama moviment passiu forçat ($t = 2.6$ $p < 0.05$; ADM superior cama dreta) i en el tennis en el test dempeus elevació de la cama moviment passiu forçat ($t = -2.8$ $p < 0.05$; ADM superior cama esquerra).

Flexibilitat residual

A la taula 47 es donen els resultats obtinguts de flexibilitat residual (Fr_1), la qual expressa, en graus, la diferència entre la flexibilitat passiva i activa. Els índexs més elevats de flexibilitat residual han estat per a les articulacions de les modalitats esportives que tenen altes exigències d'ADM. Cal destacar la

gran flexibilitat residual en l'articulació coxofemoral dels taekwondistes i les gimnastes.

<i>Esport / CODI</i>	F8-9	F10-11	F4-5	F6-7	F2-3
GIM. FEM.	34,5	31,3	57,6	57,4	32,5
FUTBOL	17,8	17,3	34,0	37,5	10,8
WATERPOLO	18,6	18,7	31,0	31,0	9,8
TAEKWONDO	46,6	36,7	73,7	68,2	8,8
BÀSQUET	16,4	13,7	-	-	9,5
NATACIÓ	22,8	19,8	-	-	10,7
ATL. FONS	17,9	21,2	22,8	23,3	12,5
TENNIS	23,3	22,1	34,7	39,6	10,5
REM	22,7	24,9	41,4	40,5	11,4
ATL. TANQUES	28,6	27,7	52,0	52,2	15,0
VELOCITAT	30,9	29,4	30,3	24,2	12,8
MUNTANYENCs	18,3	19,3	30,2	27,4	6,8

Taula 47. Resultats de flexibilitat residual per a cada esport. Diferència de mitjanes entre els tests.

4. DISCUSSIÓ

En bona part dels esports estudiats no es detecten diferències significatives en l'ADM assolida en els diferents tests objecte d'estudi. Aquest fet reflecteix que en la majoria d'activitats esportives l'amplitud de moviment no és una qualitat rellevant. Uns resultats que coincideixen amb les reflexions fetes per Prentice (1997), que considera que solament algunes activitats com la gimnàstica, el ballet, els salts de trampolí o el karate exigeixen, en certes articulacions, un augment notable d'ADM articular en l'alt rendiment. Nosaltres hem pogut detectar aquestes diferències, fonamentalment en la gimnàstica esportiva femenina i en el taekwondo, en tots els tests realitzats a l'articulació coxofemoral (F2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 i 11). En la majoria dels casos aquests esports tenen diferències significatives amb la majoria dels altres esports d'aquest estudi. En canvi, en l'articulació escapulohumeral es troben diferències significatives entre la gimnàstica esportiva femenina (1) i el futbol (2), el taekwondo (4) i el bàsquet (5), i entre el futbol (2) i el waterpolo (3), la natació (6), atletisme de fons (7), atletisme de velocitat (11) i muntanya (12).

Aquest fet reforça l'afirmació feta per molts autors que l'ADM és específica per a cada articulació i moviment de l'articulació.

Cal destacar també que la desviació estàndard és normalment més gran en els tests passius, excepte en la comparació entre els tests f2 i f3 (assegut separació de cames i separació de cames recolzats en una paret). Això pot ser fruit de la diferent posició corporal a l'hora de realitzar el test i també perquè el moviment passiu no és forçat, la qual cosa redueix les diferències en el resultat dels tests.

Alter (1990) estableix valors d'ADM en el test estirat elevació de la cama (actiu) que oscil·len entre 0 i 120° quan es realitza amb la cama flexionada, i de 0 a 90° amb la cama estirada. En el nostre estudi solament la gimnàstica esportiva femenina i el taekwondo assoleixen valors de mitjana superiors als 90° tant en la cama dreta com esquerra (Gimnàstica cama dreta; mitjana, 120.9°; SD, 9.6 i Cama esquerra; mitjana, 117.5, SD, 8.0; Taekwondo cama dreta; Mitjana, 108.9°; SD, 9.7 i Cama esquerra; mitjana, 109.2, SD, 10.9) però amb unes ADM força semblants. Pel que fa al cas concret de les nedadores també es detecten ADM lleument per sobre dels 90° en el test estirat elevació de la cama.

Els resultats obtinguts en administrar diversos tests de flexibilitat que incideixen en dues de les principals articulacions del cos humà (escapulohumeral i coxofemoral), mostren una ADM més gran en els tests passius que en els actius. Aquest fet, remarcat ja per diversos autors (Iashvili, 1983; Hardy, 1985; Tumayan i Dzhanyan, 1984; Alter, 1990), permet posteriorment calcular la flexibilitat residual (FR_1) a partir de les mitjanes obtingudes de flexibilitat activa i passiva de cada modalitat esportiva (taula 46). La flexibilitat residual és alta en aquells esports que tenen una elevada flexibilitat passiva (gimnàstica esportiva femenina taekwondo i atletisme tanques). Això demostra la dificultat de disposar també d'un ampli rang de moviment actiu en aquells esports que desenvolupen, en certes articulacions, ADM passives molt grans. Per a Iashvili (1983), els exercicis d'estirament passiu incrementen, fonamentalment l'ADM passiva, i els actius l'ADM activa. Tanmateix, considera que com més diferència entre l'ADM passiva i activa en una articulació, és a dir, amb una flexibilitat residual (FR_1) més gran, la probabilitat de lesió pot augmentar. Al nostre entendre és força arriscat

defensar aquesta idea quan no hi ha estudis concloents que relacionin d'una manera clara la manca de flexibilitat no patològica o de flexibilitat residual en una articulació amb un risc més alt de lesió (Arnheim, 1971; Aten i Knight, 1978; Bryant, 1984; Corbin i Noble, 1980; Davis, Logan, McKinney, 1961; Hubley-Kozey i Stanish, 1984). Tanmateix, en cap cas els estudis parlen de l'ADM de caire balístic o cinètic.

La flexibilitat residual més elevada correspon al taekwondo i a la gimnàstica esportiva femenina. En el cas del taekwondo, tot i presentar ADM en l'articulació coxofemoral menys elevades que la gimnàstica, té una flexibilitat residual més gran. Aquest fet pot tenir el seu origen en la manca d'adequació del test a les característiques específiques de l'esport. Pensem que els tests actius han estat realitzats a baixa velocitat d'execució, evitant en tot moment que la inèrcia dels segments corporals implicats pogués accelerar les palanques.

D'altra banda, els valors de la desviació estàndard són més grans en aquells esports que també tenen grans ADM en els tests passius. Probablement sigui d'aquesta manera per la menor capacitat de control i regulació del moviment, com també per les grans variacions que hi pot haver en el llindar del límit articular (punt de dolor o malestar).

No es troben diferències significatives en comparar l'ADM de la cama dreta i esquerra per a un mateix test i moviment en el conjunt de la mostra en els tests estirat elevació de la cama en moviment actiu (CODI 1-9) i dempeus elevació de la cama en moviment actiu i passiu forçat (CODI 1-8), però sí en el test estirat elevació de la cama en moviment passiu forçat. Per esports, es detecten diferències significatives en el futbol (test estirat elevació de la cama en moviment actiu i passiu forçat i dempeus elevació de la cama en moviment passiu forçat), taekwondo (test estirat elevació de la cama en moviment passiu forçat) i tennis (test dempeus elevació de la cama en moviment passiu forçat). Excepte el futbol, en el qual es detecten diferències significatives en el test 1-9 estirat elevació de la cama en moviment actiu, en els altres dos esports les diferències es troben en moviments passius i forçats. Probablement aquestes diferències en els tests passius forçats es puguin explicar, en part, per la incidència de la pràctica esportiva, però també cal ser conscients que aquests tests són els que estan més sotmesos a variables relativament incontrolables,

com el factor manipulació, les sensacions de dolor al final de l'ADM, la dificultat de fixar les articulacions i segments corporals pròxims al segment manipulat i, en el cas del test realitzat dempeus, la dificultat de controlar els possibles moviments d'inclinació lateral del tronc, la flexió de la cama de recolzament i les petites extensions de tronc, totes elles afavoridores de l'ADM final. En el cas concret del futbol va ser força difícil fixar els segments corporals, per la gran *stiffness* dels jugadors, la qual cosa pot explicar, en part, que sigui l'únic esport que presenta diferències significatives entre la cama dreta i esquerra en un moviment actiu. Els resultats mostren que excepte casos patològics, lesions o una clara influència unilateral de l'esport en una articulació, l'ADM del costat dret i esquerre no difereixen massa. Cal destacar també que en els tests dempeus elevació de la cama, la cama dreta mostra ADM més grans que l'esquerra, però en els tests dempeus elevació de la cama en els dos casos, tant en el futbol com el tennis, l'ADM més gran correspon a la cama esquerra.

Tanmateix, no s'han trobat diferències significatives d'ADM entre homes i dones en el taekwondo i la natació en tots els tests estudiats. Aquests resultats poden reflectir que tot i que la dona és, en termes generals, més laxa que l'home de la mateixa edat, les altes exigències de la pràctica esportiva d'aquests dos esports (en natació es realitzen sovint tres unitats d'entrenament diàries) pot disminuir notablement aquestes diferències. Val a dir també que, tot i la major mobilitat articular de les dones, aquesta no es pot fer extensible a totes les articulacions (Reese i Bandy, 2002; James i Parker, 1989; Nigg, Fisher, Allinger, 1992; Walker, Sue, Miles-Elkousy, 1984). Molts estudis no detecten diferències significatives entre sexes i en alguns es troben ADM superiors en els homes en certs moviments articulars, com és el cas de la flexió dorsal del turmell en persones més grans de 70 anys (Nigg, Fisher, Allinger, 1992). En les articulacions de l'extremitat superior, la majoria d'estudis realitzats detecten ADM més elevades en les dones (Walker, Sue, Miles-Elkousy, 1984; Smith, Walker, 1983; Allander, Bjornsson, Olafsson, 1974; Mallon, Brown, Nunley, 1991). En la columna vertebral, Haley i al. (1986) comparant nens i nenes de 5 a 9 anys, detecten una ADM superior en les nenes en la flexió i la flexió lateral. D'altra banda, van Adrichem i van der Korst (1973), mesurant la flexió lumbar en nens de 6 a 18 anys, no hi troben diferències significatives. Macrae i Wright (1969) també mesuraren la flexió

lumbar, però en gent gran (18 a 71 anys), i van detectar, en aquest cas, que els homes tenen significativament més flexió lumbar que les dones. Un estudi posterior de Moll i Wright (1971) conclou que els homes tenen més mobilitat en l'extensió lumbar, però les dones tenen més ADM en la flexió lateral.

Som conscients que cal seguir treballant per ampliar les dades, avaluar esportistes d'altres modalitats i comparar les dades obtingudes amb no esportistes. Així mateix, cal fer estudis transversals i longitudinals amb esportistes i sedentaris i en franges d'edat diferents.

ESTUDI 3. HERETABILITAT DE LA FLEXIBILITAT: UN ESTUDI FET AMB GERMANS BESSONS

1. Introducció

L'heretabilitat de les característiques morfofuncionals que contribueixen a assolir altes prestacions esportives ha estat àmpliament estudiada. La contribució de l'efecte genètic sobre la variabilitat del fenotip ha estat tractada en estudis familiars, estudis amb germans bessons o per dades extenses de descendència o adopcions (Bouchard, Boulay, Simoneau, Lortie, Pérusse, 1988).

L'índex d'heretabilitat (IH) s'ha utilitzat per determinar diversos components del rendiment esportiu, com també per a factors relacionats amb la salut mitjançant diferents procediments matemàtics (Holzinger, 1929; Clark, 1956; Klissouras, 1971; Christian, 1979), però els resultats han estat força contradictoris, probablement pel fet de treballar amb mostres poc homogènies: sexes diferents, edats diferents, activitat física diferent, o perquè el mètode estadístic per valorar el fenotip no ha estat el més adequat (Bouchard, 1992).

La flexibilitat ve determinada per l'edat, el sexe, l'entrenament, per característiques antropomètriques i per factors genètics. Ara bé, pocs estudis s'han interessat pel component genètic de la flexibilitat. Cal destacar les investigacions de Devor i Crawford (1984), Perusse, Leblanc, Bouchard (1988) i Maes, Beunen Gaston, Vlietnik, Neale, Thomis, Venden Eynde, Lysens (1996), en què es determina mitjançant estudis de correlacions familiars (en l'últim estudi, també amb germans bessons), uns valors d'heretabilitat de la flexibilitat moderadament alts, si bé força dispersos, de 0.35 a 0.85. Són estudis familiars fets principalment amb mostres molt grans, d'ambdós sexes, en edats infantils, i utilitzant el test *Sit and Reach* de la bateria Eurofit com a valoració de la flexibilitat, com també diferents anàlisis estadístiques. Evidentment, estem davant d'uns treballs realitzats amb un test d'una validesa qüestionable que posa en dubte els valors obtinguts en aquests estudis. Caldria, però, esbrinar si la mostra escollida tenia una alta homogeneïtat pel que fa a les longituds i diàmetres corporals objecte d'estudi, que minimitzés

l'error causat per les diferències antropomètriques. En qualsevol cas, també és qüestionable el fet d'haver escollit un test multiarticular com el *Sit and Reach*, el qual pot estar afectat per multitud de factors i variables difícils de controlar.

D'altra banda, Farfel (1979) estableix que la flexibilitat està determinada genèticament tot i que no n'aporta estudis concloents. Fruit de tot això podem afirmar que no coneixem treballs que demostrin clarament aquesta relació.

L'objectiu d'aquest estudi ha estat determinar la diferent contribució dels factors ambientals i genètics de la flexibilitat. Amb aquest propòsit s'ha avaluat l'índex d'heretabilitat de la flexibilitat de l'articulació coxofemoral i escapulohumeral, tot analitzant una mostra de bessons homes esportistes amb antecedents familiars i personals idèntics i d'edats entre 17 i 30 anys.

2. Material i mètode

Per esbrinar la importància relativa de la influència genètica i ambiental de la flexibilitat, es va estudiar el comportament genètic utilitzant l'índex d'heretabilitat en 24 subjectes homes i esportistes dividits en 12 parelles de germans bessons (6 monozigots, MZ i 6 dizigots, DZ), que no presentaven diferències perinatals ni ambientals significatives (Rodas, Moras, Estruch, Ventura, 1995). Tots els subjectes practicaven regularment exercici físic d'una forma amateur: bàsquet i futbol. Les seves principals característiques es mostren a la taula 48.

	EDAT	PES	TALLA
MZ	21.5 (2.4)	75.0 (7.9)	175.2 (6.5)
DZ	21.0 (3.2)	69.4 (8.0)	171.8 (8.7)

Taula 48. Característiques de la mostra. Mitjana i desviació estàndard.

Determinació de la zigositat

Es va determinar la zigositat mitjançant l'anàlisi genètica de la paternitat, que és la següent:

1.- Tipatge serològic del sistema HLA, classe I mitjançant tècnica de microlimfocitotoxicitat, incloent-hi 60 variants al·lèlics del locus A, B i C (Terasaki, Clelland, 1964).

2.- Sistemes antigènics eritrocitaris (ABO, Rh, MNSs, Duffy, Kidd Lutheran i sistema P), que van ser determinats mitjançant tècnica estàndard d'aglutinació i test d'antiglobulina (*American Association Blood Bank*, 1999). Tots els fenotips van ser duplicats i tractats per treballadors independents.

3.- Polimorfisme protèic, que va ser determinat per les proteïnes plasmàtiques següents: transferrina (Tf), alfa-1 antitripsina (Pi), component del grup (Gc) i heptoglobina (Hp) (Constans, Viau, 1977; Constans, Viau, Gouillard, 1980; Dykes, Polesky, 1981). La isoelectrofocus en gels, que va ser utilitzada seguint diferents rangs d'amofilines per a cada proteïna. Els gels van ser tenyits amb blau de Coomassie R-250 per Pi, Tf i Hp. Les bandes del component de grup van ser llegides després d'una simple precipitació amb àcid sulfosalicíac.

4.-El polimorfisme enzimàtic: el fenotip dels subtipus de la fosfoglucomutasa 1 (PGM1) i fosfatasa àcida (AcP) van ser determinats per isoelectrofocus en gels de poliàcrilamida (T5 5%, C 3%) amb amfolines pH 5-8 o pH 5-7 per AcP i PGM1, respectivament. La visualització isoenzimàtica va ser realitzada d'acord amb Sutton i Burges (1978) per la PGH1 i Burdett i Whitehead (1977) per AcP. Els fenotips de la glicoxalasa (GLO) van ser determinats per electroforesi en un gel d'agarosa *starch* mitjançant la tècnica descrita per Parr, Bagster, Welch (1977), utilitzant tècnica d'activitat específica. Es va considerar que els germans bessons eren MZ quan tots els marcadors antigènics eren idèntics, i DZ quan no. Els germans bessons DZ diferien almenys en dos sistemes polimòrfics.

Antropometria

Es va utilitzar una balança seca ajustada fins a 100 gr, un tallímetre i un antropòmetre (Atlantida, Barcelona) i un bastó de fusta graduat de 0 a 120 cm i 25 mm de diàmetre.

Càlcul de variables

Per fer l'estudi es van escollir dos tests indirectes als quals es va aplicar amb posterioritat l'índex corrector flexomètric. Per tal de ser molt precisos a l'hora d'administrar els tests, les proves es van realitzar sense escalfament previ específic, descalços, i tenint molta cura que la roba no entorpís el moviment. Per evitar adaptacions dels teixits a l'estirament per la inevitable repetició del moviment, mai no es van fer més de tres intents, sobre tot quan el moviment era passiu forçat. La valoració activa sempre es va realitzar abans que la passiva, per minimitzar possibles errors de mesurament de l'ADM activa per acomodació temporal dels teixits i una més que probable alteració, també transitòria, del to muscular i dels reflexos d'estirament. Tots els mesuraments els va realitzar sempre la mateixa persona i al costat dret. Per mesurar la llargada de la cama (Lc) i del braç (Lb) es va seguir la tècnica de Torres i Moras (1990) i per als mesuraments de diàmetre biacromial (Ae) i diàmetre bitrocantèria (Ac) la tècnica de Ross i Brown, Hebbelink i Faulkner (1978).

Per evitar que factors com la temperatura, hora del dia o fins i tot que l'activitat quotidiana pogués modificar els nivells d'estrès i de tensió a uns límits que afectessin el mesurament en administrar els tests, es va intentar controlar aquestes variables mitjançant protocols clars i estandarditzats.

Els tests escollits per a l'estudi són: gir d'espatlles amb bastó, assegut separació de cames, separació de cames amb recolzament a la paret i estirat elevació de la cama (taula, 49). Aquests tests són els que permeten una millor estabilització del cos i control del moviment en el moment de realitzar el test. Concretament, en el test estirat elevació de la cama es va tenir molta cura d'evitar flexionar qualsevol de les dues cames, alhora que es fixaven els malucs al terra per evitar oscil·lacions no desitjades de la pelvis.

CODI	TEST	ART	MOVIMENT
1-19	Gir d'espatlles amb bastó	Escapulohumeral	Actiu lliure
1-7	Assegut, separació de cames (bilateral)	Coxofemoral	Actiu lliure
1-11	Separació de cames amb recolzament a la paret (bilateral)	Coxofemoral	Passiu forçat
1-8	Estirat, elevació de la cama (unilateral)	Coxofemoral	Actiu lliure
1-8	Estirat, elevació de la cama (unilateral)	Coxofemoral	Passiu forçat

Taula 49. Característiques dels tests escollits.

Tractament de les dades

Les dades obtingudes han estat analitzades mitjançant models ANOVA en les quals s'ha considerat com a variables observades els mesuraments de flexibilitat i, com a causes de variació, el tipus genètic (MZ i DZ) i el factor parella (sis parelles dins de cada tipus genètic). Resulta un model ANOVA a dos factors en què el factor parella està jerarquitzat en el factor tipus genètic. Com a resultat vam decidir si existien o no diferències entre els tipus genètics considerats, i si la variabilitat entre parelles resultava significativa estadísticament. Per al cas de no obtenir diferències globals entre els dos tipus genètics (no significació de l'ANOVA anteriorment descrit), es va dissenyar un model ANOVA per a cada tipus genètic, considerant com a única causa de variació el factor parella. La variància residual de cada un dels ANOVA anteriors serà l'estimació de la variabilitat pel tipus genètic considerat i, per tant, serà el valor utilitzat en el càlcul de l'índex d'heretabilitat. Aquest es pot entendre com el coeficient de les diferències entre la variància residual de DZ i MZ respecte la variància residual de DZ. Aquest paràmetre es pot entendre com el percentatge de la variabilitat intrínseca, tot depenent únicament del grup genètic considerat. Les diferències interparella entre MZ i DZ van ser considerades estadísticament significatives per a $P < 0.05$, i la variabilitat de l'IH

va ser considerat estadísticament significatiu quan $F_{6,6}$ va ser superior a 4.3 i $P < 0.05$. L'objectiu d'aquesta metodologia és separar els components genètics i ambientals de l'error experimental del mesurament, ja que la variança no controlada ha de ser similar en ambdós grups de bessons.

El mètode utilitzat va ser l'índex d'heretabilitat (IH), en què un valor 1.0 indica que el 100% de la variació seria causada per la variació genètica.

3. Resultats

En la taula 50 s'exposen les dades (mitjanes i DS) dels mesuraments antropomètrics realitzats, els resultats de la FL segons els càlculs trigonomètrics i l'IH amb la seva significació estadística. No van existir diferències significatives ($P < 0.05$) dels mesuraments antropomètrics ni dels càlculs de la FL entre els dos grups (MZ i DZ). Pel que fa als IH, vam considerar-los estadísticament significatius quan $F_{6,6} > 4.2$ i $P < 0.05$. A més, es detecta que la FL de l'articulació escapulohumeral presenta una menor heretabilitat que l'articulació coxofemoral, en el pla transversal, amb un IH de 0.82 per al moviment actiu i 0.78 per al passiu i forçat; ambdós estadísticament significatius.

En l'articulació coxofemoral existeix un component genètic més determinant per a la cama dreta (FL, ACF3 = 0.78 i FL, ACF4 = 0.58) que per a l'esquerra (FL, ACF5 = 0.49 i FL, ACF6 = 0.59), si bé tan sols és estadísticament significatiu FL, ACF3.

Per a l'articulació coxofemoral existeix una major heretabilitat en els moviments actius (FL, ACF 1,3,5) que en els passius forçats (FL, ACF 2,4,6).

	DZ	MZ	IH	F ràtio
	Mitjana (DS)	Mitjana (DS)		DZ-MZ ⁻¹
Lc (cm)	90,7 (3,6)	92,1 (4,8)		
Lb (cm)	64,8 (3,1)	66,6 (3,8)		
Ae (cm)	41,5 (2,2)	41,1 (2,0)		
Ac (cm)	34,1 (1,1)	33,8 (1,8)		
FL,AEH	57,1 (24,5)	56,2 (22,3)	0,54	2,21
FL,ACF1	75,2 (15,9)	73,0 (13,3)	0,82*	5,76
FL,ACF2	92,5 (17,8)	79,3 (14,4)	0,77*	4,35
FL,ACF3	82,5 (11,9)	84,7 (10,9)	0,78*	4,66
FL,ACF4	110,8 (21,8)	94,9 (14,1)	0,58	2,41
FL,ACF5	82,7 (13,7)	82,7 (10,7)	0,49	1,85
FL,ACF6	112,5 (18,5)	92,2 (13,1)	0,60	1,42

Taula 50. Mitjana i desviació estàndard de; Lc, longitud de cama; Ae, diàmetre biacromial; Ac, diàmetre bitrocanterià; FL,AEH, flexibilitat (FL) articulació escapulohumeral; FLACF1, FL articulació coxofemoral (ACF) en cames obertes i moviment actiu; FL,ACF2, FL en cames obertes passiu forçat; FL,ACF3, FL cama dreta activa; FL,ACF4 de la cama dreta passiva forçada; FL,ACF5 de la cama esquerra activa; FL,ACF6, cama esquerra passiva i forçada; MZ: Monozigots, DZ: Dizigots; F ràtio DZ-MZ-1 : F6,>4.2 diferències significatives; IH: valor de l'índex d'heretabilitat;

* $p < 0.05$.

4. Discussió

Després d'avaluar diferents procediments i tècniques comunament utilitzats per quantificar la contribució del factor genètic i ambiental en la variació d'una qualitat física, vam esbrinar que els estudis de correlació familiar mitjançant models genètics de descendència d'un fenotip de pares a fills eren molt costosos i probablement menys fiables que els realitzats amb bessons (Holzinger, 1929; Clark, 1956; Klissouras, 1971; Christian, 1979; Komi i Karlsson, 1979; Pirnay i Crielard, 1983). Tot i que aquests estudis han estat criticats per alguns autors (Hrubec i Robinette, 1984; Phillips, 1993; Neale i Cardon, 1992), continuen sent un dels més efectius en diferenciar la

importància relativa del component genètic respecte de l'ambiental, i continua sent la base d'importants estudis realitzats per importants grups de científics (Bouchard, Tremblay, Després, Nadeau, Lupien, Thériault, Dussault, Moorjani, Pinault i Fournier, 1990; Stunkard, Harris, Pedersen, McClearn, 1990; Heller, Faire, Pedersen, Dahlén, McClearn, 1993; Hopper i Seeman, 1994; Marenberg, Risch, Berkman, Floderus, Faire, 1994).

Existeixen nombroses proves per valorar la flexibilitat, però poques, com hem vist, han estat correctament validades i acceptades. Els estudis realitzats fins ara per analitzar el component genètic de la flexibilitat (Perrusse, Leblac, Bouchard, 1988; Maes, Beunen Gaston, Vlietnik, Neale, Thomis, Venden Eynde, Lysens i col., 1996) han trobat una heretabilitat de moderada a alta (0.38-0.85) i, per tant, sembla una qualitat molt inherent i, per tant, poc modificable per factors ambientals, com l'entrenament. Altres qualitats, com la potència i la resistència aeròbica, troben una heretabilitat inferior (Bouchard, 1992; Perrusse, Lortie, Leblanc, Tremblay, Theriault, Bouchard, 1987), si bé els estudis mostren una alta variabilitat. En canvi, per a la força estàtica i explosiva sembla que també hi ha una forta determinació genètica (0.60 i 0.90) (Komi i Karlsson, 1979; Pirnay i Crielard, 1983).

En tots els treballs que estudien la contribució de factors genètics en la flexibilitat és molt usual generalitzar les conclusions per a tots els segments corporals mitjançant la utilització pel càlcul de la flexibilitat del test *Sit and Reach* (Devor i Crawford, 1984; Perrusse, Leblanc, Bouchard, 1988; Maes, Beunen Gaston, Vlietnik, Neale, Thomis, Venden Eynde, Lysens i col., 1996). Aquest test, si bé és força reproductible i senzill, presenta importants limitacions en la interpretació dels resultats, ja que en la flexió de tronc intervenen molts factors, com la rigidesa de la musculatura isquiotibial, dels flexors del maluc, el component capsulolligamentós de l'articulació coxofemoral i lumbosacra, etc.

Els valors de l'heretabilitat de la flexibilitat que troba Maes (1996) mitjançant aquest test en un grup de germans bessons, nois i noies de 10 anys és de 0.38 per a nois i 0.50 en noies, i mitjançant l'estudi familiar amb pares i fills troba un 0.72 per a homes i 0.51 per a dones. Aquests resultats són semblants als trobats per Devor i Crawford (1984) en ucraïnians immigrants a Kansas, i Perrusse i col. (1984) en població canadenca. Aquests valors són lleument

inferiors als valors que trobem nosaltres per a l'articulació femoral, i semblants als que trobem per a l'articulació escapulohumeral. Això es pot explicar per diferents factors, entre els quals, la utilització del *Sit and Reach*, que no valora solament l'articulació coxofemoral. Per l'edat. En el cas de l'estudi de Maes i col. són nens de 10 anys. L'heretabilitat en el seu cas és baixa, si la comparem amb els nostres resultats. Potser aquestes diferències poden explicar-se pel fet que les diferències de flexibilitat es fan més evidents després de la pubertat i, també, pel fet que la flexibilitat és involutiva, i a partir dels 25-30 anys presenta una important recessió si no s'entrena. Per això la valoració que se'n faci en els estudis familiars als pares pot també estar molt esbiaixada.

Per primer cop s'estudia l'heretabilitat de la flexibilitat mitjançant tests que afecten diverses articulacions. Fins ara, que nosaltres en tinguem constància, solament s'havia utilitzat el test *Sit and Reach*. Tanmateix, hem defugit els tests complexos multiarticulats que dificultessin les interpretacions posteriors dels resultats.

Els valors més baixos en l'articulació escapulohumeral poden ser atribuïbles a la gran mobilitat (graus de llibertat) que presenta i les reduïdes limitacions estructurals. Aquesta situació estructural permet, probablement, una influència més gran del factor ambiental.

Pel que fa a les diferències trobades en les valoracions actives i passives i cama dreta i esquerra, podem dir que:

- I. Tots els tests basats en moviments actius lliures mostren una dispersió més petita perquè són més precisos en determinar el límit del moviment articular per no dependre tant de les sensacions. Cal pensar que el límit articular en els moviments passius forçats l'estableix el subjecte durant la manipulació. L'heretabilitat és més gran per als moviments actius (FL, ACF 1,3,5) que per als passius forçats (FI, ACF 2,4,6).
- II. Les diferències més grans trobades en manipular la cama esquerra poden explicar-se si pensem que totes les parelles explorades tenien com a cama dominant la dreta. Probablement, tots disposen d'un pitjor control i regulació del moviment en la cama esquerra, el qual es reflecteix en tots els factors neuromusculars associats. D'altra banda,

veiem que existeix un component genètic més determinant per a la cama dreta (FL, ACF 3 = 0.78 i FL, ACF4 = 0.58) que per a l'esquerra (FL, ACF5 = 0.49; FL, ACF6 = 0.59), si bé només és estadísticament significatiu el FL, ACF3.

CONCLUSIONS

PART TEÒRICA

- En la bibliografia es poden trobar nombroses definicions de flexibilitat, elasticitat, ADM, mobilitat articular etc, la qual cosa fa que sovint aquests termes es barregin o s'utilitzin com a sinònims sense prou criteri, i dificultin la comprensió d'allò que es vol explicar. Al nostre entendre, flexibilitat i elasticitat són manifestacions de l'ADM amb una estreta relació amb la velocitat del moviment.
- La velocitat dels segments corporals implicats en una determinada acció o test són els que diferencien la flexibilitat articular (sense moviment o velocitats mitjanes o baixes) de l'elasticitat articular (velocitats altes o molt altes).
- Flexibilitat i elasticitat es poden considerar qualitats facilitadores de les capacitats físiques bàsiques, però no s'han d'incloure dins d'aquestes.
- Cal parlar d'ADM, flexibilitat i elasticitat de les articulacions i estirament o elongació de la unitat musculotendinosa.
- La flexibilitat residual (ADM residual) es converteix en un concepte complex que expressa, en graus, la diferència entre diferents manifestacions del moviment articular per a un mateix test. Permet aprofundir el coneixement de les relacions entre moviments actius, passius, passius forçats i cinètics.
- La flexibilitat no existeix com una característica general, sinó que és específica per a cada articulació i moviment de l'articulació. Per això els tests multiarticulats, tot i que expressen en un sol valor l'ADM de diverses articulacions, no són sempre un bon referent de l'ADM de cada una de les articulacions implicades en el test.

- Els tests indirectes estan influenciats per les distàncies i els diàmetres corporals. Els subjectes amb biotips diferents obtenen, per a un mateix angle d'obertura, resultats lineals diferents. Aquest fet qüestiona la validesa d'aquests tests per fer estudis comparatius entre subjectes o grups de població heterogènia i estudis longitudinals durant les etapes de creixement.
- Per resoldre la influència dels mesuraments i diàmetre corporals, en els resultats dels tests indirectes cal aplicar als resultats d'aquests tests l'índex corrector flexomètric, el qual, mitjançant el càlcul trigonomètric determina, en graus, l'angle d'obertura.
- L'aplicació de l'índex corrector es fa mitjançant l'índex de base (definit per l'articulació coxofemoral, escapulohumeral i columna vertebral) quan les condicions dels tests indirectes s'ajusten al model de base, i l'índex corrector adaptat quan calen modificacions de l'índex de base en l'aplicació a un test.
- En moviments balístics o cinètics, podem calcular l'ADM elàstica mitjançant l'índex d'ADM elàstic. Aquest índex es defineix com la relació entre el valor d'ADM obtingut en un test dinàmic i el temps exigit per completar el moviment i tornar a la posició inicial. El càlcul de l'índex elàstic es pot fer completant el moviment del test 10 o 20 vegades a alta velocitat. Així mateix, també és possible calcular la resistència elàstica establint la relació entre l'índex assolit en un únic cicle de treball (le_1 , sense fatiga), i l'índex obtingut en fer el test de 10 o 20 cicles (le_{10} , le_{20} , amb fatiga). També cal diferenciar l'índex elàstic absolut del relatiu, el qual s'expressa en relació amb el valor de la DS obtinguda en fer el test.

DE L'ESTUDI 1

Validesa

- La correlació entre l'índex flexomètric (aplicació de l'índex corrector) i la corresponent aplicació goniomètrica en administrar els tests 1-10 (Gir d'espatlles amb bastó), 1-2 (Assegut al terra separació de cames) i 2-10 modificat (Elevació de tronc) ha estat d'una alta significació estadística (CODI 1-10, $r=0,98$ ($p<0,001$); CODI 1-2; $r=0,93$ ($p<0,001$), CODI 1-10, $r=0,92$ ($p<0,001$)).
- L'índex corrector flexomètric és un instrument de mesurament vàlid per al càlcul de l'ADM articular en les articulacions i moviments objecte d'estudi (gir d'espatlles amb bastó, assegut al terra separació de cames i elevació de tronc).

Fiabilitat

- La fiabilitat obtinguda en fer els tests gir d'espatlles amb bastó, assegut separació de cames, separació de cames amb recolzament a la paret i dempeus elevació de la cama, ha estat alta, amb valors compresos en el test-retest realitzat en dos dies diferents entre $r=0,91$ i $0,98$ i $R=0,95$ i $0,99$; i en fer el test diverses vegades durant un dia, entre $R=0,96$ i $0,99$.
- Els tests realitzats amb moviments actius (gir d'espatlles amb bastó, assegut separació de cames, dempeus elevació de la cama) són lleument més reproduïbles que els realitzats mitjançant manipulació passiva o passiva forçada (separació de cames amb recolzament a la paret i dempeus elevació de la cama).
- L'índex de correlació intraclasse ha estat, en tots els tests (gir d'espatlles amb bastó, assegut separació de cames, separació de cames amb recolzament a la paret, dempeus elevació de la cama dreta) més alt quan s'han realitzat les proves el mateix dia.

DE L'ESTUDI 2

- La gimnàstica esportiva femenina i el taekwondo mostren ADM superiors als altres esports en tots els tests realitzats en l'articulació coxofemoral, tant en moviments actius, passius com passius forçats. Aquestes modalitats assoleixen amplituds de moviment elevades en aquestes articulacions per fer front a les habilitats associades al seu esport. En canvi, en l'articulació escapulohumeral les diferències es troben entre la gimnàstica esportiva femenina i el futbol, taekwondo i bàsquet, i entre el futbol i el waterpolo, natació, atletisme de fons, atletisme de velocitat i muntanya. Aquest fet reforça l'afirmació que l'ADM és específica per a cada articulació i moviment de l'articulació.
- Es troben petites diferències, no significatives, entre les diferents poblacions quan l'esport no exigeix ADM elevades en una determinada articulació i/o moviment. Aquest fet reflecteix que per a la majoria d'activitats esportives l'ADM no discrimina.
- Els valors de l'ADM sempre són més grans quan els tests objecte d'estudi són passius o passius forçats.
- La flexibilitat residual (Fr_1) més gran correspon a aquells esports que tenen ADM passives molt elevades (gimnàstica esportiva femenina, articulació escapulohumeral i coxofemoral; taekwondo, coxofemoral; i atletisme tanques, coxofemoral).
- La desviació estàndard obtinguda per a cada esport i test, generalment és més gran quan mobilitzem l'articulació mitjançant l'aplicació d'una força externa (moviments passius i passius forçats).

- Es troben diferències significatives en comparar la cama dreta i esquerra en el futbol en el test estirat elevació de la cama moviment actiu (ADM superior cama dreta) i passiu (ADM superior cama dreta) i en el test dempeus elevació de la cama moviment passiu forçat (ADM superior cama esquerra); en el taekwondo, en el test estirat elevació de la cama moviment passiu forçat (ADM superior cama dreta), i en el tennis, en el test dempeus elevació de la cama moviment passiu forçat (ADM superior cama esquerra).
- No s'han trobat diferències significatives entre homes i dones en els dos grups estudiats (natació i taekwondo).

DE L'ESTUDI 3

- En aquelles disciplines esportives en què la flexibilitat és fonamental (taekwondo, gimnàstica esportiva, ballet, etc.) la predisposició genètica hi té un paper important.
- L'articulació escapulohumeral obté un IH més baix que en l'articulació coxofemoral, atribuïble a la gran mobilitat (graus de llibertat) articular. Aquesta situació estructural permet, probablement, una influència més gran del factor ambiental.
- En l'articulació coxofemoral, el component genètic és més determinant per a la cama dreta (ACF3, 0.78 i ACF4, 0.58) que per a l'esquerra (ACF5, 0.49 i ACF6, 0.59), si bé solament és estadísticament significatiu ACF3.
- Que per a l'articulació coxofemoral hi ha una major heretabilitat en els moviments actius (ACF 1,3,5) que en els passius forçats (ACF 2,4,6).
- Tot i que la flexibilitat és una qualitat facilitadora que es pot desenvolupar notablement mitjançant un entrenament específic, els esportistes que en

parteixen d'uns índexs més alts (potencial genètic), podran mantenir més fàcilment una flexibilitat elevada.

- La dificultat principal en l'entrenament de la flexibilitat, probablement no està solament en el control de les càrregues o en la planificació de l'entrenament, sinó en la limitació genètica amb la qual tothom neix i que, en molts casos, pot impossibilitar assolir valors òptims per a la competició o provocar una major incidència de lesions esportives.

REPTES DE FUTUR

En aquesta tesi s'intenta donar resposta a les deficiències que presenten bona part dels tests de flexibilitat indirectes. De fet, seria més escaient parlar de tests de mobilitat articular o d'ADM si no definim la velocitat amb què es fa el test. Probablement, per això els estudis realitzats fins ara tenen una valoració bastant pobra. Tanmateix, la flexibilitat ha estat poc valorada com a capacitat perquè tampoc no s'ha integrat correctament dins del model musculotendinós. Un tractament excessivament aïllat ha fet que pràcticament no es trobés cap lligam amb capacitats com força o resistència. En aquesta tesi, doncs, s'integra flexibilitat i elasticitat dins del model muscular, ja que no hi ha un sistema en el cos humà diferent per a cada manifestació de la motricitat: sempre és la mateixa biomàquina, que pot expressar el moviment de diferents maneres. Un exercici sempre serà l'expressió unitària d'una mescla molt complexa de força, resistència, velocitat, ADM, flexibilitat, elasticitat, tècnica, etc. La intenció és que en un futur es pugui utilitzar aquesta visió per continuar progressant en el complex món de la teoria dels models musculars.

Bona part dels estudis es dediquen a la validació dels tests de flexibilitat indirectes, una necessitat ineludible que ha de ser el primer pas per començar a obtenir dades que permetin fer estudis comparatius entre grups d'esportistes d'especialitats diferents.

En el camp de l'elasticitat cal començar a caminar a partir de les primeres aproximacions teòriques fetes en aquesta tesi. S'han de continuar els estudis al voltant de l'índex corrector elàstic amb totes les seves possibilitats.

En treballar amb pesos lliures també pot ser interessant controlar l'ADM real utilitzant l'índex corrector. No és el mateix mobilitzar 100 kg en *press banca* amb una ADM de 90° o de 120°. Amb l'índex corrector es pot determinar fàcilment l'amplada de la presa de mans (distància de separació entre mans)

per treballar en un angle determinat. Aquest tipus de dades poden ajudar molt a millorar els protocols dels estudis de recerca.

Finalment, cal dir que l'ADM és un bé escàs en la gent gran. Molts dels mètodes de condicionament, com els exercicis de flexibilitat, les vibracions mecàniques i altres pretenen aconseguir lluitar contra la tendència involutiva i tot això també reclama tests vàlids i fiables.

14.-REFERÈNCIES

- Abbott,B.C., Lowy,J. (1956). Stress relaxation in muscle. *Proceeding of the Royal Society*, **146**, 281-288.
- Abramson, D., Roberts, S.M., Wilson, P.D. (1934). Relaxation of the pelvic joints in pregnancy. *Surgery Gynecology*, **58**, 595-613.
- Ahlback, S.O., Lindahl, O. (1964). Sagittal mobility of the hip-joint. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, **34**, 310.
- Ahlberg, A., Moussa, M., Al-Nahdi, M. (1988). On geographical variations in the normal range of joint motion. *Clinical Orthopaedics*, **234**, 229-231.
- Alexander, R.McN. (1968). *Animal Mechanics*. Sidgwick and Jackson.
- Alexander, R.McN. (1990). Three uses for springs in legged locomotion. *International Journal of Robotics Research*, **9**, 53-61.
- Alter, M.J. (1988). *The science of stretching*. Champaign: Human Kinetics.
- Alter, M.J. (1990). *Los estiramientos*. Barcelona: Paidotribo.
- Alvarez del Villar, C. (1981). *La preparación física del futbolista basado en el atletismo*. Madrid: Gymnos.
- Allender, E., Bjornsson, O.J., Olafsson,O. (1974). Normal range of joint movements in shoulder, hip, wrist and thumb with special reference to side: A comparison between two populations. *International Journal of Epidemiology*, **3**, 253-261.
- American Academy of Orthopedic Surgeons (1965). *Joint motion: Method of measurins and recording*. Chicago: Author.
- American College Sports Medicine ACSM'S (1993). *Resource manual for guidelines for exercise testing and prescription*. Philadelphia: Lea i Feliger.
- Anderson, B. (1987). Estirandose. *Monografico revista integral*, **11**.
- Argimon, J.M., Jimenez, J. (1994). *Metodos de investigación*. Madrid: Mosby/Doyma.
- Arnheim, D.D. (1971). Stretching. En L.A. Larson (Ed.). *Encyclopedia of sport sciences and medicine*. New York: Macmillan.
- Arnheim,DD.,Prentice, WE. (1993). *Principles of athletic training*. St. Louis: Mosby.

- Asmussen, E., Bonde-Petersen, F. (1974). Storage of elastic energy in skeletal muscle in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, **91**, 385-392.
- Astrand, P.O., Rodahl, K. (1978). *The textbook of work physiology* (2nd ed.) New York: McGraw-Hill.
- Aten, D.W., i Knight, K.T. (1978). Therapeutic exercise in athletic training – principles and overview. *Athletic Training*, **13**, 123-126.
- Bak, K., Magnusson, S.P. (1997). Shoulder strength and range of motion in symptomatic and pain-free elite swimmers. *American Journal of Sports Medicine*, **25**, 454-459.
- Balaftsalis, H. (1982/1983). Knee joint laxity contributing to footballers' injuries. *Physiological Therapy in Sport*, **5**, 26-27.
- Baldwin, J., Cunningham, K. (1974). Goniometry under attack: a clinical study involving physiotherapists. *Physiotherapy, Canada*, **26**, 74-76.
- Baltzopoulos, V., Gleeson, N.P. (2001). Skeletal muscle function. En R. Eston and T. Reilly (Eds.), *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual: tests, procedures and data* (2nd Ed.), New York: Routledge.
- Barbany, J. R., Buendia, C., Funollet, F. Hernández, J. L., Olivera, J., Porta, J. (1988). *Programas y contenidos de la educación físico deportiva en BUP y FP*. Barcelona: Paidotribo.
- Barbosa, A.R., Santarém, JM^a, Filho, W.J., Marucci, M. De F.N. (2002). Effects of Resistance Training on the Sit-and Reach Test in Elderly Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **16**, 14-18.
- Barker, D. (1974). The Morphology of Muscle Receptors. En C.D. Hund (Ed.), *Handbook of Physiology*. 111/2: *Muscle Receptors*. Berlin: Springer-Verlag.
- Barrow, H.M., McGee, R. (1979). *A practical approach to measurement in physical education*. Philadelphia: Lea i Febiger.
- Basmajian, J.V. (1975). Motor learning and control. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **58**, 38-41.
- Baumgartner, T.A., Jackson, A.S. (1982). *Measurement for evaluation in physical education* (2nd Ed.). Dubuque IA: William C. Brown.
- Baumgartner, T.A., Jackson, A.S. (1995). *Measurement for evaluation in physical education and exercise science*. Dubuque, IA: Brown & Benchmark.
- Beach, M.L., Whitney, S.L., Dickoff-Hoffman, S.A. (1992). Relationship of shoulder flexibility, strength, and endurance to shoulder pain in competitive swimmers. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, **16**, 262-268.

- Beattie, P., Rothstein, J.M., Lamb, R.L. (1987). Reliability of the attraction method for measuring lumbar spine backward bending. *Physical Therapy*, **67**, 364-369.
- Beaulieu, J.E. (1981). Developing a stretching program. *Physician and Sports Medicine*, **9**, 59-69.
- Beaulieu, J.E. (1986). *Stretching for All Sports*. Athletic Press.
- Bender, J., Shea, E.J. (1964). *Physical fitness: Tests and exercises*. New York: Ronald Press.
- Berne, R.M., Levy, M.N. (1988). *Physiology*. St Louis: Mosby.
- Bick, E.M. (1961). Aging in the connective tissues of the human musculoskeletal system. *Geriatrics*, **16**, 448-453.
- Bird, H.A., Calguneri, M., Wright, V. (1981). Changes in joint laxity occurring during pregnancy. *Annals of the Rheumatic Diseases*, **40**, 209-212.
- Bloom, W., Fawcett, D.W. (1975). *A textbook of histology* (10th Ed.). Philadelphia: W.B. Saunders.
- Bompa, T. (1983). *Theory and Metodology of Training*. Toronto: Derrick Jones.
- Bompa, T. (1985). *Theory and Methodology of Training*. Dubuque, IA: Kendall/Hunt.
- Boocock, M.G., Jackson, J.A., Burton, A.K., Tillotson, K.M. (1994). Continuous measurement of lumbar posture using flexible electrogoniometers. *Ergonomics*, **37**, 175-185.
- Boone, D.C., Azen, S.P., Lin, C-M., Spence, C., Baron, C., Lee, L. (1978). Reliability of goniometric measurements. *Physical Therapy*, **58**, 1355-1360.
- Borms, J. (1984). Importance of flexibility in overall physical fitness. *International Journal of Physical Education*, **XXI**, 15-26.
- Borms, J., Hebbelinck, M., Carter, J.E.L., Ross, W.D., Lariviere, G. (1979). Standardization of basic anthropometry in Olympic athletes: The MOGAP procedure. En U Novotny i S Titlbachova (Eds.), *Methods of functional anthropometry*, Pregel: Charles University, 31-39.
- Borms, J. van Roy, P. (2001). Flexibility. En R. Eston and T. Reilly (Eds.). *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual: tests, procedures and data* (2nd Ed.), Routledge: New York.

Bosco, C. (1983). Kontrolle des Krafttrainings durch das Kraft-geschwinagkeits verhaltuis. *Leistungssport*, **6**, 23-28.

Bosco, C. (1994). *La valoración de la fuerza con el test de Bosco*. Barcelona: Paidotribo.

Bosco, C. (2000). *La fuerza muscular*. Barcelona, INDE.

Bosco, C., Luthanen, P., Komi, P.V. (1983). A simple methodoir measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology*, **50**, 273-282.

Bosco, C., Tihanyi, J., Komi, P.V., Fekete, G., Apor, P. (1982). Store and recoil of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, **116**, 343-349.

Bouchard, C. (1992). Genetic determinants of endurance performance. En *Endurance in sport. The encyclopedia of sports medicine*. Reino Unido: Blackwell Scientific publications, 102.

Bouchard, C., Boulay, M.R., Simoneau, J.A., Lortie, G., Pérusse (1988). Heredity and trainability of aerobic and anaerobic performances: An update. *Sports Medicine*, **5**, 69-73.

Bouchard, C., Tremblay, A., Després, J.P., Nadeau, A., Lupien, P.J., Thériault, G., Dussault, J. Moorjani, S., Pinault, S., Fournier, G. (1990). The response to long-term overfeeding in identical twins. *New England Journal of Medicine*, **21**, 1477-82.

Brandwald, E., Ross, J., Sonneblick, E. (1967). Mechanism of contraction of normal and failing heart. *New England Journal of Medicine*, **227**, 853-865.

Branta, C., Hauberstriecker, J., Seefeldt, V. (1984). Age changes in motor skills during childhood and adolescence. *Exercise and Sport Sciences Review*, **12**, 467-488.

Brichs, A., Hurtado, F., Puig, J. (1979). *Curs de matemàtiques III*. Barcelona: Serpa.

Broer, M.R., Galles, N.R.G. (1958). Importance of relationship between various body measurements in performance of the toe-touch test. *Research Quarterly*, **29**, 253-263.

Bryant, S. (1984). Flexibility and stretching. *The Physician and Sports medicine*. **12**, 171.

Brewer, V., Hinson, M. (1978). Relationship of pregnancy to lateral knee stability. *Medicine and Science in Sports*, **10**, 39.

- Broer, M.R., Gales, N.R. (1958). Importance of various body measurements in performance of toe touch test. *Research Quarterly*, **29**, 253-257.
- Burdett, P.E., Whitehead, P.H. (1977). The separation of the phenotypes of PGM, AcP and some variants by isoelectric focusing. *Anal Biochemistry*, **77**, 419-428.
- Burdett, R.G. (1986). Reliability and Validity of Four Instruments for Measuring Lumbar Spine and Pelvic Positions. *Physical Therapy*, **5**, 677-684.
- Butler, D.L., Grood, E.S., Noyes, F.R., Zernicke, R.F. (1978). Biomechanics of ligaments and tendons. *Exercise and Sport Science Reviews*, **6**, 125-181.
- Cady, L.D., Bischoff, D.P., O'Connell, E.R., Thomas, P.C., Allom, J.H. (1979). Strength and fitness and subsequent back injuries in firefighters. *Journal of Occupational Medicine*, **21**, 269.
- Cailliet, R. (1988). *Low back pain syndrome* (4th ed.) Philadelphia: F.A. Davis Company.
- Cappozzo, A., Catani, F., Della Croce U., Leardini, A. (1995). Position and orientation in space of bones during movement: anatomical frame definition and determination. *Clinical Biomechanics*, **10**, 171-8.
- Cargo, P.E., Houk, J.C., Rymer, W.Z. (1982). Sampling of total muscle force by tendon organs. *Journal of Neurophysiology*, **47**, 1069.
- Carlson, F.D., Wilkie, D.R. (1974). *Muscle physiology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Carlstedt, C.A., i Nordin, M. (1989). *Biomechanics of tendons and ligaments*. Philadelphia: Lea & Febiger.
- Calliet, R. (1981). *Low-back pain* (3rd Ed.). Philadelphia: Davis.
- Cambone, P., (1990). *Stretching*. Roma: Società Stampa Sportiva.
- Carter, J.E.L., Ross, W.D., Aubry, S.P., Hebbelinck, M., i Broms, J. (1982). Anthropometry of Montreal Olympic athletes. En J.E.L. Carter (Ed.) *Medicine and sport*, **16**, 25-52.
- Cavagna, G.A., Citterio, G. (1974). Effect of stretching on the elastic characteristics and the contractile component of frog striated muscle. *Journal of Physiology*, **239**, 1-14.
- Chan, C.W.Y., Kearney, R.E., Melvillo-Jones, G. (1978). Electromyographic responses to sudden ankle displacement in normal and parkinsonian subjects. *Society of Neuroscience Abst.*, **4**, 292.

- Chapman, A.E. (1985). The mechanical properties of skeletal muscle. En R.L. Terjung (Ed.), *Exercise and sport sciences review*. New York: Macmillan, 443-501.
- Chapman, A.E., deVries, H., Swezey, R. (1972). Joint stiffness: effects of exercise on young and old men. *Journal of Gerontology*, **27**, 218-221.
- Cherry, D.B. (1980). Review of physical therapy alternatives for reducing muscle contracture. *Physical Therapy*, **60**, 877-881.
- Chinn, C.J., Priest, J.D., Kent, B.E. (1974). Upper extremity range of motion, grip strength, and girth in highly skilled tennis players. *Physical Therapy*, **54**, 474-482.
- Christian, J.C. (1979). Testing Twin and Estimating Genetic Variance. Basic Methodology for the Analysis of Quantitative Twin data. *Acta Geneticae Medicae et Gemellologiae twin research*, **28**, 35-40.
- Cianti, G. (1990). *Stretching*. Milano: Sonzogno.
- Ciullo, J.V. (1983). Biomechanics of the musculotendinous unit: Relation to athletic performance and injury. *Clinical Sports Medicine*, **2**, 71-86.
- Ciullo, J.V. Zarins, B. (1983). Biomechanics of the musculotendinous unit: relation to athletic performance and injury. *Clinical Sports Medicine*, **2**, 71-86.
- Clark, P.J. (1956). The Heritability of Certain Anthropometric Characters as Ascertained from Measurements of Twins. *American Journal of Human Genetics*, **8**, 49-54.
- Clarke, H. (1975). Joint and body range of movement. *Physical Fitness Research Digest*, **5**, 16.
- Clarke, H.H. (1976). *Application of Measurement to health and Physical Education* (3rd Ed.) New Jersey: Prentice Hall.
- Cometti, G. (1998). *Los métodos modernos de musculación*. Barcelona: Paidotribo.
- Constans, J., Viau, M. (1977). Group-specific component: evidence for two-subtypes of Gc gene. *Science*, **198**, 1070.
- Constans, J., Viau, M., Gouillard, C. (1980). PIM4: An additional PiM subtype. *Human Genetics*, **55**, 119-121.
- Corbin, C.B. (1973). *A textbook of motor development*. Dubuke, IA: William C. Brown.

- Corbin, C.B., Noble, L. (1980). Flexibility: A major component of physical fitness. *The Journal of Physical Education and Recreation*, **51**, 23-24-57-60.
- Cornelius, W.L. (1981). Two effective flexibility methods. *Athletic Training*, **16**, 23-25.
- Cornelius, W.L. (1983). Stretch evoked EMG activity by isometric contraction and submaximal concentric contraction. *Athletic Training*, **18**, 106-109.
- Cornelius, W.L., Hinson, M.M. (1980). The relationship between isometric contractions of hip extensors and subsequent flexibility in males. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, **20**, 75-80.
- Cornelius, W.L., Hagemann, R.W. Jr., Jackson, A.W. (1988). A study on placement of stretching within a workout. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, **28**, 234.
- Cornwell, A., Nelson, A.G., Heise, G.D., Sidaway, B. (2001). Acute effects of passive muscle stretching on vertical jump performance. *Journal of Human Movement Studies*, **40**, 307-324.
- Cotten, D., i Waters, J. (1970). Immediate effect of four types of warm-up activities upon static flexibility of four selected joints. *The American Corrective Therapy Journal*, **24**, 133-136.
- Couch, J. (1982). *Runners world yoga book*. Mountain View, Calif: World Publications.
- Coville, C.A. (1979). Relaxation in physical education curricula. *The Physical Educator*, **36**, 176-181.
- Cureton, T.K. (1941). Flexibility as an aspect of physical fitness. *Research Quarterly*, **12**, 381-383.
- Dangerfield, P.H. (1994). Asymmetry and growth. En S.J. Ulijaszek and C.G.N. Mascie-Taylor (Eds.) *Anthropometry: The Individual and The Population*, Cambridge: Cambridge University Press, 7-29.
- Dangerfield, P.H. (2001). *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual: tests, procedures and data* (2nd Ed.). London: RG Eston and T Reilly.
- Dangerfield, P.H., Denton, J.C., Barnes, S.B., Drake, N.D. (1987). The assessment of the rib-cage and spinal deformity in scoliosis. En I.A.F. Stokes, J.R. Pekelsky i M.S. Moreland (Eds.) *Proceedings of the 4th International Symposium on Moiré Fringe Topography and Spinal Deformity*, Oxford: Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 53-66.

- Davis, E.C., Logan, G.A., McKinney, W.C. (1965). *Biophysical values of muscular activity with implications for research* (2nd Ed.). Dubuque, IA: William C. Brown.
- Davson, H. (1970). *A textbook of general physiology* (4th Ed.). Baltimore: Williams and Wilkins.
- Daza, J. (1996). *Test de movilidad articular y examen muscular de las extremidades*. Bogotá: Panamericana.
- de Garay, A. L., Levine, L., Carter, J.E.L. (1974). *Genetic and anthropological studies of Olympic athletes*. New York: Academic Press.
- deVries, H.A. (1961). Evaluation of Static Stretching Procedures for Improvement of Flexibility. *Research Quarterly*, **33**, 222-229.
- deVries, H.A. (1966). Quantitative electromyographic investigation of the spasm theory of muscle pain. *The American Journal of Physical Medicine*, **45**, 119-134.
- deVries, H.A. (1980). *Physiology of exercise* (3th Ed.). Dubuque, IA: William C. Brown.
- deVries, H.A. (1974). *Physiology of Exercise* (2nd Ed.). Dubuque, IA: William C. Brown.
- deVries, H.A. (1975). Physical fitness programs: Does physical activity promote relaxation?. *Journal of Physical Education and Recreation*, **46**, 52-53.
- deVries, H.A. (1980). *Physiology of exercise for physical education and athletics* (3rd Ed.). Dubuque, IA: William C. Brown.
- deVries, H.A., Wiswell, R.A., Bulbulion, R., Moritani, T. (1981). Tranquilizer effect of exercise. *American Journal of Physical Medicine*, **60**, 57-66.
- Devor, E.J., Crawford, M.H. (1984). Family resemblance for neuromuscular performance in a Kansas Mennonite Community. *American Journal of Physical Anthropology*, **64**, 289-296.
- Dick, F.W. (1980). *Sports training principles*. London: Lepus Books.
- Dick, F.W. (1993). *Principios del entrenamiento deportivo*. Barcelona. Paidotribo.
- Dickenson, R.V. (1968). The specificity of flexibility. *Research Quarterly*, **39**, 792-794.
- Di Nicci, J. (1976). Gross motor performance: a comprehensive analysis of age and sex differences between boys and girl aged six to nine years. En Broekhoff

J. (Ed.), *Physical Education, Sports, and the Sciences*. Eugene, Oregon: Microform Publishers.

Dykes, D., Polesky, H. (1981). Transferrine (tf) subtypes on agarose: a new technique for isoelectric focusing. *Human Genetics*, **59**, 365-366.

Docherty, D., Bell, R. (1985). The relationship between flexibility linearity measures in boys and girls 6-15 years of age. *Journal of Human Movement Studies*, **11**, 279-288.

Doherty, K. (1971). *Track and field omnibook*. Swarthmore, PA: Tafmop Publishers.

Dorland's illustrated medical dictionary (26th Ed.) (1981). Philadelphia: W.B. Saunders.

Einkauf, D.K., Gohdes, M.L., Jensen, G.M., Jewell, M.J. (1987). Changes in spinal mobility with increasing age in women. *Physical Therapy*, **67**, 370-375.

Einsingbach, T. (1994). *La recuperación muscular*. Paidotribo. Barcelona.

Ekstrand, J., Gillquist, J. (1982). The frequency of muscle tightness and injuries in soccer players. *American Journal of Sports Medicine*, **10**, 75-78

Ekstrand, J., Wiktorsson, M., Oberg, B., Gillquist, J. (1982). Lower extremity goniometric measurements: A study to determine their reliability. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **63**, 171-175.

Eldren, H.R. (1968). Physical properties of collagen fibers. En D.A. Hull (Ed.), *International review of connective tissue research*, New York: Academic Press.

Ellenbecker, T.S., Roetert, E.P., Piorkowski, P.A., Schulz, D.A. (1996). Glenohumeral joint internal and external range of motion in elite tennis players. *Journal of Orthopaedic in Sports and Physical Therapy*, **24**, 336-341.

Enciclopedia Catalana (1976). Barcelona.

Enoka, R.M. (2001). *Neuromechanics of human movement* (3rd Ed.) Human Kinetics: Champaign.

Enwemeka, C.S. (1986). Radiographic verification of knee goniometry. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, **18**, 47.

Esparza, F. (1993). *Manual de cineantropometria*. Grupo Español de cineantropometria (GREC). Madrid: FEMEDE.

Etnyre, B.R., Abraham, L.D. (1986). Gains in range of ankle dorsiflexion using three popular stretching techniques. *American Journal of Physical Medicine*, **65**, 189-196.

- Etnyre, B.R., Lee, E.J. (1987). Comments on proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **58**, 184-188.
- Farfel, W. (1979). Sensomotorische und physische Fähigkeiten. *Leistungs sport*, **1**, 31-34.
- Fenn, W.O., Marsh, B.S. (1935). Muscular forces at different speeds of shortening. *Journal of. Physiology*. London, **85**, 277-297.
- Fidalgo, J.A. (1981). *Física y Química*. León: Everest.
- Fieldman, H. (1967). Effects of selected extensibility exercises on the flexibility of the hip joint. *Research Quarterly*, **37**, 326-331.
- Fish, D., Orenstein, J. Bloom, S. (1984) Passive stiffness of isolated cardiac and skeletal myocytes in the hamster. *Circulation Research*, **54**, 267-276.
- Fish, D.R., Wingate, L. (1985). Sources of goniometric error at the elbow. *Physical Therapy*, **65**, 1666.
- Fleishman, E.A. (1963). Factor analysis of physical fitness tests. *Educational and Psychological Measurement*, **23**, 647-661
- Fleishman, E.A. (1964). *The Structure and Measurement of Physical Fitness*. Englewood Cliffs. N.J.: Prentice-Hall
- Fox, E. L; Bowers, R.W., Foss, M.L. (1989). *The physiological basis of physical education and athletics*. Dubuque, IA: William.C. Brown.
- Fox, R.F. (1917). Demonstration of the menstruation apparatus in use at the Red Cross Clinic for the physical treatment of Officers. *Proceeding of the Royal Society of Medicine*, **10**, 63-69.
- Fox, R.F., van Breeman, J. (1934). *Chronic Rheumatism, Causation, and Treatment*. London: Churchill Livingstone.
- Frost, M., Stuckey, S., Smalley, L.A., Dorman, G. (1982). Reliability of measuring trunk motions in centimeters. *Physical Therapy*, **62**, 1431-1437.
- Fung, Y.C.B. (1981). *Mechanical Properties of Living Tissues*. New York: Springer Verlag.
- Fung, Y.C.B. (1972). Stress-strain history relations of soft tissues in simple elongation. *Biomechanics*, 181-208.

- Gabbard, C., Tandy, R. (1988). Body Composition and flexibility among prepubescent males and females. *Journal of Human Movement Studies*, **14**, 153-159.
- Gajdosik, R.L., Bohannon, R.W. (1987). Clinical measurement of range of motion: Review of goniometry emphasizing reliability and validity. *Physical Therapy*, **67**, 186-187.
- Gajdosik, R.L., Vander Linden, D.W., Williams, A.K. (1999). Influence of age on Length and Passive Elastic Stiffness Characteristics of the Calf Muscle-Tendon Unit of Women. *Physical Therapy*, **79**, 827-838.
- García Manso, J. M., Navarro, M., Caballero, J.A (1996). *Pruebas para la valoración de la capacidad motriz en el deporte*. Madrid: Gymnos.
- Garret, W.E., Speer, K.P., Kirkendall, D.T. (2000). *Orthopaedic Sports Medicine*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Generelo, E., Tierz, P. (1992). *Cualidades físicas. Resistència y flexibilidad*. Barcelona: Cepid.
- Génot, C., Neiger, H., Leroy, A. Pierron, G. Dufour, M., Péninou, G., (1988). *Kinesioterapia*. Tomo I. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- George, J.D., Fisher, A.G., Vehrs, P.R., (1996). *Tests y pruebas físicas*. Barcelona: Paidotribo.
- Gerhardt, J., Russe, O. (1975) *International SFTR method of measuring and recording joint motion*. Bern, Switzerland: Hans Huber Publishers.
- Gilbert, J.A., Plowman, A. (1993). *Beyond the sit and reach: Assessment of back function. The reliability and validity of the back saver sit and reach*. Informe presentat a l'AAHPERD national convention, Washington, DC.
- Glass, G.V., Hopkins, K.D. (1984). *Statistical methods in education and psychology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Gogia, P.P. (1987). Reliability and validity of goniometric measurements of the knee. *Physical Therapy*, **67**, 192.
- Gottlieb, G.L., Agarwal, G.C. (1979). Response to sudden torques about ankle in man: myotatic reflex. *Journal Neurophysiology*, **42**, 91-106.
- Gomez, T.G., Beach, G., Cooke, C., Hrudey, W., Goyert, P. (1991). Normative database for trunk range of motion, strength, velocity, and endurance with the isostation B.200 lumbar dynamometer. *Spine*, **16**, 15-21.
- Gonzalez, J. (1992). *Fisiología de la Actividad Física y el Deporte*. Madrid: McGraw-Hill.

- Gonzalez, J.J., Gorostiaga, E. (1995). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza*. Barcelona: INDE.
- Gosline, J.M. (1976). The physical properties of elastic tissue. En D.A. Hull i D.S. Jackson (Eds.), *International review of connective tissue research*, New York: Academic Press, 211-257.
- Gowitzke, D.A., Milner, M. (1980). *Understanding the scientific basis of human movement* (2nd Ed.) Baltimore: Williams & Wilkins.
- Green, P., McMahon, T. (1979). Reflex stiffness of man's anti-gravity muscles during knee bends while carrying extra weights. *Journal of Biomechanics*, **12**, 881-891.
- Greipp, J.F. (1982). The assessment of shoulder flexibility. *Pennsylvania Journal of Health, Physical Education and Recreation*, Fall, 19-20.
- Greipp, J.F. (1985). Swimmer's shoulder: The influence of flexibility and weight training. *The Physician and Sportsmedicine*, **13**, 92-105.
- Grobaker, M., Stull, G. (1975). Thermal applications as a determiner of joint flexibility. *The American Corrective Therapy Journal*, **29**, 3-8.
- Grosser, M. (1974). Zur Bestimmung und Förderung der Schnellkoordination im Sprintverhalten. Tesis, Würzburg.
- Grosser, M., (1976). *Die Zweckgymnastik des Leichtathlete*. Schorndorf.
- Grosser, M., Starischka, S. (1988) *Test de la condició física*. Barcelona: Martínez Roca.
- Gundlach, H. (1968) Systembeziehungen Körperlicher Fähigkeiten und Fertigkeiten. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, **17**, 198-205.
- Guyton, A.C. (1986). *Textbook of Medical Physiology*. Philadelphia: Saunders.
- Haag, H., Dassel, H. (1995) *Tests de la condició física*. Barcelona: Hispano Europea.
- Haley, S.M., Tada, W.L., Carmichael, E.M. (1986). Spinal mobility in young children. *Physical Therapy*, **66**, 1697-1703.
- Handel, M., Horstmann, H., Dickhuth, H., Gülch, R.W. (1997). Effects of contract-relax stretching training on muscle performance in athletes. *European Journal of Applied Physiology*, **76**, 400-408.
- Harris, F. A. (1978). *Facilitation techniques in therapeutic exercise*. Therapeutic exercise. Baltimore: Williams & Wilkins.

- Harris, M. L. (1967). A factor analytic study of flexibility. *The Research Quarterly*, **40**, 62-70.
- Harris, M. L. (1969). Flexibility. *Physical Therapy*, **49**, 591-601.
- Harris, M. L. (1969). A factor analytic study of flexibility. *Research Quarterly*, **40**, 62-70.
- Harris, M. L. (1969). Flexibility. *Physical Therapy*, **49**, 591-601.
- Hartley-O'Brien, S.J. (1980). Six mobilization exercises for active range of hip flexion. *Research Quarterly for exercise and Sport*, **51**, 625-635.
- Harvey, D. (1998). Assessment of the flexibility of elite athletes using the modified Thomas test. *Journal of Sports Medicine*, **32**, 68-70.
- Hastad, D.N., Lacy, A.C. (1989) *Measurement and evaluation in contemporary physical education*. Scottsdale: AZ Gorsuch Scarisbrick Publishers.
- Hatfield, F.C. (1982). Learning to stretch for strength and safety. *Muscle Fitness*, **43**, 24-25, 193-194.
- Heller, D.A., Faire, U., Pedersen, N.L., Dahlén, G., McClearn, G.E. (1993). Genetic environmental influences on serum lipid levels in twins. *New England Journal of Medicine*, **328**, 1150-1156.
- Helsing, E., Reigo, T., McWilliam, J., Spangfort, E. (1987). Cervical and lumbar lordosis and thoracic Kyphosis in 8,11 and 15-years-old children. *European Journal of Orthopaedics*, **9**, 129-30.
- Henricson, A.S., Frederiksson, K., Persson, I., Pereira, R., Rostedt, Y., Westlin, N.E. (1984). The effect of heat and stretching on the range of hip motion. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, **6**, 110-115.
- Hernández, R., (1989) *Morfología funcional deportiva*. Barcelona: Paidortibo.
- Herrmann, D.B. (1990). Validity study of head and neck flexion-extension motion comparing measurements of a pendulum goniometer and roentgenograms. *Journal of Orthopaedics and Sports Physical Therapy*, **11**, 414.
- Herzog, W., Gál, J. (1999). Tendon. En Benno. M, Nigg and Walter Herzog (Eds.), *Biomechanics of the Musculo-Skeletal System* (2nd Ed.). J. Wiley and sons, Ltd. 127-147.
- Heyward, V. (1991). *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.

- Heyward, V.H. (1997). *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription* (3th Ed.). Champaign, Illinois: Human Kinetics
- Hill, A.V. (1950). The series elastic component of muscle. *Proceeding of the Royal Society, Lond B*, **137**, 273-280.
- Hill, A. (1961). The heat produced by a muscle after the last shock of tetanus. *Journal of Physiology*, **159**, 518-545.
- Hinterbuchner, C. (1980). *Manipulation, traction, and massage* (2nd Ed.) Baltimore. Williams & Wilkins.
- Hoaglund, F.T., Yau, A., Wong, W.L. (1973). Osteoarthritis of the hip and other joints in southern Chinese in Hong Kong. *Journal of Bone and Joint Surgery American volume*, **55A**, 545-557.
- Hoeger, W.K. (1986). *Lifetime physical fitness and wellness*. Englewood, CO: Morton Publishing Co.
- Hoeger, W.K. (1987). *The complete guide for the development and implementation of health promotion programs*. Englewood, CO: Morton Publishing Co.
- Hoeger, W., Hopkins, D. (1992). A comparison of sit and reach and the modified sit and reach in the measurement of flexibility in women. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **63**, 191-195.
- Holt, L.E. (1969). The influence of antagonistic contraction and head position on the responses of agonistic muscles. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, May, 279-283.
- Holt, L.E. (1970). The effect of Stretching programs on active and passive flexibility. *Biomechanics in Sports*, 54-67.
- Holt, L.E., Smith, R.K. (1983). The effect of selected stretching programs on active and passive flexibility. *Biomechanics in sports*, 54-67.
- Holt, L.E., Travis, T.M., Okita, T. (1970). Comparative study of three stretching techniques. *Perceptual and Motor Skills*, **31**, 611-616.
- Holzinger, K.J. (1929). The relative effect of nature and nurture influences on twin differences. *The Journal of Educational Psychology*, **4**, 241-248.
- Holland, G.J. (1968). The physiology of flexibility: A review of the literature. *Kinesiology Review*, **1**, 49-62.
- Hopkins, W.G. (2000). Measures of Reliability in Sports Medicine and Science. *Sports Medicine*, **30**, 1-15.

Hopper, J.L.L., Seeman, E. (1994). The bone density of female twins discordant for tobacco use. *New England Journal of Medicine*, **330**, 387-392.

Hoshizake, T.B., Bell, R.D. (1984). Factors analysis of seventeen joint flexibility measures. *Journal of Sport Sciences*, **2**, 97-103.

Houk, J., Hennemann, E. (1967) Responses of golgi tendon organs to active contraction of the soleus muscle of the cat. *The Journal of Neurophysiology*, **30**, 466-481.

Howley, B.D., Edward, T., Franks, B. (1997) *Health fitness instructor's handbook* (3th Ed.) Champaign Illinois: Human Kinetics.

Howley, E.T., Franks, B. D. (1992). *Health Fitness*. (2nd Ed.) Champaign Illinois: Human Kinetics.

Hrubec, Z., Robinette, C.D. (1984). The study of human twins in Medical Research. *New England Journal of Medicine*, **7**, 435-441.

Hubley, C. (1988). Évaluation de la Souplesse. En Duncan, J., Wenger, H., Green, H. (Eds.), *Évaluation physiologique de l'athlète de haut niveau*, Montreal, Quebec: Décaire.

Hubley-Kozey, C.L. (1991). Testing Flexibility, Chapter 7. En J.D. MacDougall, H.A. Wenger i H.J. Green (Eds.), *Physiological Testing of the High-Performance Athlete*, Champaign Illinois: Human Kinetics, 309-359.

Hubley, C.L., Kozey, J.W., Stanish, W.D. (1984). The effects of static stretching exercises and stationary cycling on range of motion at the hip joint. *Journal of Orthopaedic and Sports and Physical Therapy*, **6**, 104-109.

Hubley, C.L., Kozey, J.W., Stanish, W.D. (1984). Can stretching prevent athletic injuries?. *Journal of Musculoskeletal Medicine*, **1**, 25-32.

Huijing, P.A. (1992). Elastic Potential of Muscle. En P.V. Komi (Ed.) *Strength and Power in Sport*, London: Blackwell scientific publications, 151-168.

Hunter, J.P., Marshall, R.N. (2002). Effects of power and flexibility training on vertical jump technique. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **34**, 478-486.

Hupprich, F., Sigerseth, P.O. (1950). Specificity of flexibility in girls. *Research Quarterly*, **21**, 25-33.

Hurtoñ, V. (1971). La flexibilidad y su lugar en la preparación de atletas. *Trener*, **15**, 266-268. Traducción Departamento de Documentación del INEF de Madrid (1972). En *Novedades del entrenamiento*, **VI**, 55-61.

Hutinger, P. (1974). How flexible are you? *Aquatic World Magazine*. Jan.

Iashvili, A.V. (1982). Active and passive flexibility in athletes specializing in different sports. *Soviet Sports Review*, **18**, 30-32.

Imrie, D., Barbuto, L., (1988) *The back-power program*. Toronto: Stoddart.

Jack,R., Leighton,Ph.D. (1957). Flexibility Characteristics of Three Specialized Skill Groups of Champion Athletes. *Archives of Physical Medicine*, **38**, 580-583.

Jackson, A., Baker,A. (1986). The relationship of the Sit-and-Reach test to criterion measures of hamstring and back flexibility in young females. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **57**,183-186.

Jackson, A.W., Langfort,N.J. (1989). The criterion-related validity of the Sit-and-Reach test: Replication and extension of previous findings. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **60**, 384-387.

James,B., Parker, A.W. (1989). Active and passive mobility of lower limb joints in elderly men and women. *American Journal of Physical Medical Rehabilitation*, **68**, 162-167.

Jensen,C., Fisher,G. (1979) *Scientific basis of athletic conditioning*. Philadelphia: Lea i Febiger.

Jensen,C., Hirst,C. (1980) *Measurement in physical education and athletics*. New York: Macmillan.

Jenkins, R., Little, R.W. (1974). A constitutive equation for parallel fibered elastic tissue. *Journal of Biomechanics*, **7**, 397-402.

Johns, R. J., Wright,V. (1962). Relative importance of various tissues in joint stiffness. *Journal of Applied physiology*, **17**, 824-828.

Johnson, A., Baker,A. (1986). The relationship of the sit and reach test to criterion measures of hamstring and back flexibility in young females. *Research Quaterly for Exercice and Sport*, **57**, 183-186.

Johnson, A., Langford, N. (1989). The criterion-related validity of the sit and reach test: Replication and extension of previous findings. *Research Quaterly for Exercise and Sport*, **60**, 384-387.

Johnson,B.L. (1978). *Practical flexibility measurement with the flexomeasure*. Portland, TX: Brown and Littleman Company.

Johnson,B.L. (1978). Flexibility assessment. En Blair, SN (Ed.). *SDAAHPER proceedings*, 63-69.

Johnson, B.L., Nelson, J.K., (1969). *Practical measurements for evaluation in physical education* (3th Ed.). Minneapolis, Minnesota: Burgess Publishing Company.

Johnson, B.L., Nelson, J.K. (1986). *Practical measurements for evaluation in physical education*. Edina, MN: Burgess.

Jones, A. (1975). Flexibility and metabolic condition. *Athletic Journal*, **56**, 80-81.

Jones, C., Rikli, E., Max, J., Noffal, G. (1998). The Reliability and Validity of a Chair Sit-and-Reach Test as a Measure of Hamstring Flexibility in Older Adults. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **69**, 338-343.

Jones, M., Buis, J., Harris, D. (1986). Relationships of race and sex to physical and motor measures. *Perceptual and Motor Skills*, **63**, 169-170.

Kannus, P., Jozsa, L., Järvinen, M. (2000). Basic Science of Tendons. En William, E, Garrett, Jr., Kevin, P., Speer, and Donald T Kirkendall (Eds.), *Principles and Practice of Orthopaedic Sports Medicine*, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 21-37.

Kapandji, I.A., (1993). *Cuadernos de fisiología articular*. (4^a Ed.). Vol. 1. Miembro superior. Barcelona: Masson.

Kapandji, I.A., (1993). *Cuadernos de fisiología articular*. (4^a Edición). Vol. 2. Miembro inferior. Barcelona: Masson.

Kapandji, I.A., (1993). *Cuadernos de fisiología articular*. (4^a Edición). Vol. 3. Tronco y raquis. Barcelona: Masson.

Karpovich, P.V., Karpovich, G.P. (1959). Electrogoniometer: A new device for study of joints in action. *Federation Proceedings*, **18**, 79.

Keeley, J., Mayr, T.G., Cox, R., Gatchel, R.J., Smith, J., Mooney, V., (1986). Quantification of lumbar function -part 5: Reliability of range of motion measures in the sagittal plane and in vivo torso rotation measurement technique. *Spine*, **11**, 31-37.

Kendall, H.O., Kendall, F.P., Wadsworth, G (1971). *Muscle testing and function* (2nd Ed.), Baltimore: Williams & Wilkins.

Kendall, F. P., McCreary, E.K. (1983) *Muscles testing and function* (3rd Ed.). Baltimore: Williams & Wilkins.

Kirby, R. (1991). *Kirby's guide to fitness and motor performance*. Missouri: Benoak Publishing Company.

Kirby, R.L., Simms, F.C., Symington, V.J., Garner, J.B. (1981). Flexibility and musculoskeletal symptomatology in female gymnasts and age-matched controls. *American Journal of Sports Medicine*, **9**, 160-164.

Kirchner, G., i Glines, D. (1957). Comparative analysis of Eugene, Oregon elementary school children using the Kraus-Weber Test of Minimum Muscular Endurance. *Research Quarterly*, **28**, 16-25.

Kirkendall, D.R., Gruber, J.J., Johnson, R.E. (1987). *Measurement and Evaluation for Physical Educators*. (2nd Ed.), Champaign Illinois: Human Kinetics.

Klein, K.K. (1961). The deep squat exercise as utilized in weight training for athletics and its effect on the ligaments of the knee. *Journal of the Association for Physical and Mental Rehabilitation*, **15**, 6-11.

Kligman, E., Pepin, E. (1992). Prescribing physical activity for older patients. *Geriatrics*, **47**, 33-47.

Klissouras, V. (1971). Heritability of adaptive variation. *Journal of Applied Physiology*, **31**, 338-344.

Knott, M., Voss, D.E. (1968) *Proprioceptive neuromuscular facilitation*. New York: Harper and Row.

Hutton, R.S. (1992). Neuromuscular Basis of Stretching Exercises. En P.V. Komi (Ed.), *The Encyclopedia of Sports Medicine. Strength and Power*, London: Blackwell Scientific Publication, 29-37.

Komi, P.V. (1992). Stretch-Shortening Cycle. En Komi P.V. (Ed.), *Strength and power in sport*, London: Blackwell Scientific Publication, 169-179.

Komi, P.V., Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medical Sciences of Sport*, **10**, 261-265.

Komi, P.V., Karlsson, J. (1979). Physical performance, skeletal muscle enzyme activities, and fibre types in monozygous and dizygous twins of both sexes. *Acta Physiologica Scandinavica Supplementum*, **462**, 1-30.

Kottke, F.J., Mundale, M.O. (1959). Range of mobility of the cervical spine. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **40**, 379-382.

Krahenbuhl, G.S., Martin, S.L. (1977). Adolescence body size and flexibility. *Research Quarterly*, **48**, 797-799.

Kraus, H., Hirschland, A. (1954). Minimum muscular fitness test in school children. *Research Quarterly*, **25**, 178-187.

Kubo, K., Kawakami, H., Kanehisa, H., Fukunaga, T. (2002). Measurement of viscoelastic properties of tendon structures in vivo. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, **12**, 3-8.

Kuhlman, K.A. (1993). Cervical range of motion in the elderly. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **74**, 1071-1079.

Kulund, D.W., Töttössy, M. (1983). Warm-up, strength, and power. En D.N. Kulund i M. Töttössy (Eds.), *Orthopedic clinics of North America*, Philadelphia: W.B. Saunders, 427-448.

Laban, M.M. (1962). Collagen tissue: Implications of its response to stress in vitro. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **43**, 461-465.

La Bateria Eurofit a Catalunya (1993). Secretaria General de l'esport, Generalitat de Catalunya. Barcelona.

Lambrinudi, C. (1934). Adolescent and senile kyphosis. *British Medical Journal*, **2**, 800-804.

Latash, M.L., Zatsiorsky, V.M. (1993). Joint stiffness: Myth o reality?. *Human Movement Science*, **12**, 653-692.

Laubach, L. C., McConville, J.T. (1966). Relationship between flexibility, antropometry, and somatotype of college men. *Research Quarterly*, **37**, 241-251.

Leger, L., Cantin, F. (1983). Equivalences between the Wells and Dillon and the Cureton hip flexion tests. *Canadian Association for Health, Physical Education and Recreation Journal*, **50**, 10-12.

Leighton, J.R., (1942). A simple objective, and reliable measure of flexibility. *Research Quarterly*, **13**, 205-216.

Leighton, J.R., (1955). An instrument and technique for the measurement and range of joint movement. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. **36**, 24-28.

Leighton, J.R., (1956). Flexibility characteristics of males ten to eighteen years of age. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **37**, 494-499.

Leighton, J.R., (1957). Flexibility characteristics of four specialized skill groups of college athletes. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **38**, 24.

Leighton, J.R., (1957) Flexibility Characteristics of three Specialized Skill Groups of Champion Athletes. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **38**, 580-583.

Leighton, J.R., (1966) The leighton flexometer and flexibility test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **20**, 86-93.

Leighton, J.R., (1993). *Fitness. Desarrollo corporal y preparación física deportiva por medio del entrenamiento con pesas*. Barcelona: Paidotribo.

Levaret-Joye, H. (1979) Relaxation and motor capacity. *Journal of Sports Medicine*, **19**, 151-156.

Levin, A., Wyman, J. (1927). The viscous elastic properties of muscle. *Proceeding of the Royal Society*, **101**, 218-243.

Lieber, R.L. (2000) Skeletal Muscle Anatomy and Physiology. En William, E. Garret, Jr., Kevin, P., Speer, and Donald, T. Kirkendall (Eds.), *Principles and Practice of Orthopaedic Sports Medicine*, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 3-52.

Liemohn, W., Pariser, G. (2001). Flexibility range of motion, and low back function. New York: McGraw Hill.

Liemohn, W., Sharpe, G., Wasserman, J. (1994). Criterion related validity of the sit and reach test. *Journal of strength and conditioning research*, **8**, 91-94.

Logan, G.A., Egstrom, G.H. (1961). Effects of slow and fast stretching on the sarco-femoral angle. *Journal Association for Physical and Mental Rehabilitation*, **15**, 86-89.

Lohman, G., Roche, A.F., Martorell, R. (1993) *Anthropometric standardization References Manual*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Lles, J.F. (1977). Responses in human pretibial muscles to sudden stretch and to nerve stimulation. *Experimental Brain Research*, **30**, 451-470.

MacAtee, R.E. (1993) *Facilitated Stretching*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.

MacCue, B.F. (1963). Flexibility measurements of college women. *Research Quarterly*, **24**, 316-324.

MacDougall J.D., Wenger, H.A., Green, H.J., (1991). *Physiological testing of the high-performance athlete*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.

MacDougall J.D., Wenger, H.A., Green, H.J., (1995) *Evaluación fisiológica del deportista*. Barcelona: Paidotribo.

Macrea, I.F., Wright, V. (1969). Measurement of back movement. *Annals of Rheumatological Disease*, **28**, 584-589.

Maes,H., Beunen Gaston, Vlietink,R., Neale,M., Thomis,M., Venden Eynde,B., Lysens,R. et al. (1996) Inheritance of physical fitness in 10-yr-old twins and their parents. *Medical Science of Sports Exercise*, **12**, 1479-1491.

Maglisco, E.W. (1990). *Nadar mas rápido*. Barcelona: Hispano Europea.

Maithland,G. (1977) *Extremity manipulations*. London: Butterworth publications.

Mallon, W.J., Brown, H.R., Nunley, J.A. (1991). Digital ranges of motion: Normal values in young adults. *Journal Hand Surgery*, **16**, 882-887.

Marenberg, M.E., Risch, N., Berkman, L.F., Floderus, B., de Faire,U. (1994). Genetic susceptibility to death from coronary heart disease in a study of twins. *New England of Journal Medicine*, **330**, 1041-1046.

Marey, M., Demeny, M.G. (1985). Locomotion humaine, mecanisme du sout. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences (Paris)*, **101**, 489-494.

Martin, D., Carl, K., Lehnertz, K. (2001). *Manual de Metodología del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.

Markos, P.D. (1979). Ipsilateral and contralateral effects of proprioceptive neuromuscular facilitation technique on hip motion and electromyographic activity. *Physical Therapy*, **59**, 1366-1373.

Mathhews, D.K., Shaw,V. i Bohnen,M. (1957). Hip flexibility of college women as related to body segments. *Research Quarterly*, **28**, 352-356.

Mathhews, D.K., Shaw,V., Woods,J.W. (1959). Hip flexibility of elementary school boys as related to body segments. *Research Quarterly*, **31**, 297-302.

Matveev, L.P. (1977). *Fundamentals of Sports Training*. Moscú: Progress Publishers.

Maud, P.J., Cotez-Cooper, M.Y. (1995). Static Techniques for the Evaluation of Joint Range of Motion. En P.J. Maud, C. Foster (Eds.), *Physiological Assessment of Human Fitness*, Champaign Illinois: Human Kinetics, 221-225.

Maud, P.J., Foster, C. (1995). *Physiological Assessment of Human Fitness*. Champaign Illinois: Human Kinetics.

Mathews, D.K., Stacy, R.W., Hoover, G.N. (1964). *Physiology of muscular activity and exercise*. New York: Ronald Press.

Mayhew, T.P., Norton, B.J., Sahrmann, S.A., (1983). Electromyographic study of the relationship between hamstring and abdominal muscles during a unilateral straight leg raise. *Physical Therapy*, **63**, 1769-1773.

McAtee, R., Charland, J. (2000). *Estiramientos facilitados*. Barcelona: Paidotribo.

Meadows, J.T. (2000). *Diagnóstico diferencial en fisioterapia*. Madrid: McGraw-Hill.

Micheli, G., (1990). *Manual práctico de stretching*. Barcelona: De Vecchi.

Miller, P. (1985). Assessment of joint motion. En J. Rothstein (Ed.), *Measurement in physical therapy*. New York: Churchill Livingstone.

Minkler, S.A., Patterson, P. (1994). The validity of the modified Sit and Reach test in college-age students. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **65**, 189-192.

Minns, R., Soden, P., Jackson, D. (1973). The role of the fibrous components and ground substance in the mechanical properties of biological tissues. *Journal of Biomechanics*, **6**, 153-165.

Moll, J.M., Wright, V. (1971). Normal range of spinal mobility: An objective clinical study. *Annals of Rheumatic Diseases*, **30**, 381-386.

Montoye, H.J. (1978) *An introduction to measurement in physical education*. Boston: Allyn and Bacon.

Moore, J.C. (1984). The golgi tendon organ: A review and update. *American Journal of Occupational Therapy*, **38**, 227-236.

Moore, M.A., Hutton, R.S. (1980). Electromyographic investigation of muscle techniques. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **12**, 322-329.

Moore, M.L. (1978). *Clinical assessment of joint motion*. Therapeutic exercise. Baltimore: Williams & Wilkins.

Moras, G., Torres, S. (1989). El flexómetro: nuevo test para medir la flexibilidad. *RED*, **3**, 14-20.

Moras, G. (1992). Anàlisi crítica dels actuals tests de flexibilitat. Correlació entre alguns dels tests actuals i diverses mesures antropomètriques. *Apunts medicina de l'esport*, **XXIX**, 127-137.

Moretz, J.A., Walters, R., Smith, L. (1982). Flexibility as a predictor of knee injuries in college football players. *The Physician and Sportsmedicine*, **10**, 93-97.

Morgan, W.P., Horstram, D.H. (1976). Anxiety reduction following acute physical activity. *Medicine and Science in Sports*, **8**, 62.

Morrow, Jr. J.R., Jackson, A.W. (1993). How "significant" is your reliability? *Research Quarterly and Sport*, **64**, 352-355.

Morrow, Jr. J.R., Jackson, A.W., Disch, J.G., Mood, D.P., (1995) *Measurement and Evaluation in Human Performance*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Munroe, R.A., Romance, T.J. (1975). Use of the Leighton flexometer in the development of a short flexibility test battery. *American Corrective Therapy Journal*, **29**, 22.

Murphy, P. (1986) Warming up before stretching advised. *Physical of Sports Medicine*, **45**.

Neale, M.C., Cardon, R. (1992). *Methodology for Genetics Studies of Twins and families*. Dordrecht, Países Bajos: Kluwer Academy Publishers.

Nelson, J.K., Johnson, B.L., Smith G.C. (1983). Physical characteristics, hip flexibility and arm strength of female gymnasts classified by intensity of training across age. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, **23**, 95-100.

Ng-Thow-Hing, V. (2001). *Anatomically-based models for physical and geometric reconstruction of humans and other animals*. Tesi doctoral, Universidad de Toronto.

Nicholas, J.A. (1970). Injuries to knee ligaments: Relationship to looseness and tightness in football players. *Journal of the American Medical Association*, **212**, 2236-2239.

Nicol, A.C. (1987). A new flexible electrogoniometer with widespread applications. En B. Jonsson (Ed.), *Biomechanics X-B*, Champaign Illinois: Human Kinetics, 1029-33.

Nigg, B.M., Fisher, V., Allinger, T.L. (1992). Range of motion of the foot as a function of age. *Foot and ankle*, **13**, 336-343.

Norkin, C.C., White, D.J. (1995). *Measurement of Joint Motion. A Guide to Goniometry* (2nd Ed.). Philadelphia: F.A. Davis Company.

Norris, Ch., (1996). *La flexibilidad. Principios y práctica*. Barcelona: Paidotribo.

Noyes, F.R. (1977). Functional properties of knee ligaments and alterations induced by immobilization. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **123**, 210.

Ohlen, G, Sprangfort, E., Tingwell, C. (1989). Measurement of spinal sagittal configuration and mobility with Debrunner's Kyphometer. *Spine*, **14**, 580-583.

Ostyn, M., Simons, J., Beuen, G. Renson, R., Van Gerven, D. (1980). *Somatic and motor development of belgian secondary school boys. Norms and standards*. Lovaina: University Press.

Ozolin, N. (1970). *El sistema moderno de entrenamiento deportivo*. Moscú: Cultura Física y Deporte.

Ozolin, N. (1971). *Sovremennaja sistema sportivnoi trenirovki*. Moskow: Phyzkultura sport.

Panjabi, M.M., White, A.A. (2001). *Biomechanics in the Musculoskeletal System*. New York: Churchill Livingstone.

Paris, S.V. (1983). Spinal manipulation. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **179**, 55-61.

Parr, C.W., Bagster, I.A., Welch, S.G. (1977). Human red cell glyoxalase I polymorphism. *Biochemical Genetics*, **15**, 109-113.

Patterson, P., Wiksten, D.L., Ray, L., Flanders, Ch., Sanphy, D., (1996). The validity and Reliability of the Back Saver Sit-and-Reach Test in Middle School Girls and Boys. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **67**, 448-451.

Perrusse, L., Leblanc, C., Bouchard, C. (1988). Inter-generation transmission of physical fitness in the Canadian population. *American Journal of Sport Science*, **13**, 8-14.

Perrusse, L., Lortie, G., Leblanc, C., Tremblay, A., Theriault, G., Bouchard, C. (1987). Genetic and environmental sources of variation in physical fitness. *American of Human Biology*, **145**, 425-434.

Phillips, D.W. (1993). Twin studies in medical research: can they tell us whether diseases are genetically determined?. *Lancet*, **341**, 1008-1009.

Phillips, M., Bookwaltes, C., Dennon, C., McAuley, J., Sherwin, H., Summers, D., Yeakel, H. (1955). Analysis of results from the Kraus-Weber Test of minimum muscular fitness in children. *Research Quarterly*, **26**, 314-323.

Pia, M., (1988). *Stretching au service des sportifs*. Paris: Amphora.

Pimay, P., Crielaard, J.D. (1983). Influence de l'hérédité sur les performances physiques. *Medecine du Sport*, **57**, 29-33.

Platonov, V.N. (1988). *El entrenamiento deportivo: Teoria y metodologia*. Barcelona: Paidotribo.

Platonov, V.N. (1991). *La adaptación en el deporte*. Barcelona: Paidotribo.

Platonov, V.N. (2001). *Teoría General del Entrenamiento Deportivo Olímpico*. Barcelona: Paidotribo.

Plowman, S.A. (1992). Physical activity, physical fitness, and low back pain. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, **20**, 221-242.

Porta, J. (1987). Desenvolupament de les capacitats físiques. La flexibilitat. *Apunts de Educación Física y Deportes*, **7-8**, 10-19.

Porta, J. (1988). Las capacidades físicas básicas. En *Programas y Contenidos de la Educación Físico-deportiva en B.U.P y F.P.*, Barcelona: Paidotribo, 337-240.

Pradet, M. (1999). *La preparación física*. Barcelona: INDE.

Prentice, W.E. (1982). An electromyographic analysis of the effectiveness of heat or cold and stretching for inducing relaxation in injured muscle. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, **3**, 133-140.

Prentice, W.E. (1983). A comparison of static stretching and PNF stretching for improving hip joint flexibility. *Athletic Training*, **18**, 56-59.

Prentice, W.E. (1989). A review of PNF techniques –implications for athletic rehabilitation and performance. *Forum Medicum*, **51**, 1-13.

Prentice, W.E. (1997). *Técnicas de rehabilitación en la medicina deportiva*. Barcelona: Paidotribo.

- Prentice, W.E., Kooima, E. (1986). The use of proprioceptive neuromuscular facilitation techniques in the rehabilitation of sports-related injury. *Athletic Training*, **21**, 26-31.
- Prochazka, A., Westerman, R.A., Ziccone, S.P. (1977). I a afferent activity during a variety of voluntary movements in the cat. *Journal Physiology*, **268**, 423-448.
- Raibert, M.H., Hodgins, J.K. (1991). Animation of dynamic legged locomotion. En *Computer Graphics (SIGGRAPH '91 Proceeding)*, **25**, 249-358.
- Rasch, P. (1989) *Kinesiology and applied anatomy*. Philadelphia: Lea i Febiger.
- Reese, N.B., Bandy, W.D. (2002). *Joint Range of Motion and Muscle Length Testing*. New York: W.B. Saunders Company.
- Reid, D.C., Burnham, R.S., Saboe, L.A., Kushner, S.F. (1987). Lower extremity flexibility patterns in classical ballet dancers and their correlation to lateral hip and knee injuries. *American Journal of Sports Medicine*, **15**, 347-352.
- Resch, S., Ryd, L. Stenström, A. (1995). Measuring hallux valgus: A comparison of conventional radiographic and clinical parameters with regard to measurements accuracy. *Foot and Ankle*, **10**, 267-27.
- Rigby, B. (1964). The effect of mechanical extension under the thermal stability of collagen. *Biochimica et Biophysica Acta*, **79** (SC 43008), 634-636.
- Roaas, A., Anderson, G., (1982). Normal range of motion of the hip, knee and ankle joints in male subjects 30-40 years of age. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, **53**, 205-208.
- Robertson, L.D., Magnusdottir, H. (1987). Evaluation of criteria associated with abdominal fitness testing. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **58**, 355-359.
- Rodas, G., Moras, G., Estruch, A., Ventura, LL. (1997). Heretabilitat de la flexibilitat: un estudi fet amb germans bessons. *Apunts. Medicina de l'esport*. **128**, 21-27.
- Rodríguez, F.A., Aragonés, M. (1992) Valoración funcional de la capacidad de rendimiento físico. En A. González, J. (Ed.) *Fisiología de la actividad física y del deporte*. Madrid: Interamericana/McGraw-Hill, 237-278.
- Rodríguez, F.A., Gusi, N., Nàcher, S., Valenzuela, A., Marina, M., Gallardo, I. (1996) Reliability and feasibility of a health-related fitness test battery for adults: The AFISAL-INEFC test battery. Abstract. *First Annual Congress of the European College of Sport Science*. Nice, France: ECSS, 772-773.

- Rodríguez, F.A., Gusi, N., Nácher, S., Nogués, J., Valenzuela, A. (1994) Bateria de valoración de la condición física relacionada con la salud en adultos
- Rodrigues, A., Santarém, JM^a, Filho, W.J., Nunes, M. (2002). Effects of Resistance Training on the Sit-and-Reach Test in Elderly Women. *Journal of Strength & Conditioning Association*, **16**, 14-18.
- Romaní, J. (1985). *Nuevo atlas de anatomia humana*. Barcelona: Ariel.
- Rose, M.J. (1991). The statistical analysis of the intra-observer repeatability of four clinical measurement techniques. *Physiotherapy*, **77**, 89-91.
- Ross, W.D., Brown, S.R., Hebbelinck, M., Faulkner, R.A. (1978). Kineanthropometry terminology and landmarks. En Shepard E., Lavallée, H. (Eds), *Physical fitness assessment*, Springfield: Charles Thomas, 44-50.
- Ross, W.D., DeRose, E.H., Ward, R. (1988). Anthropometry applied to sport medicine. En A. Dirix, H.G. Nuttgen, i K. Tittel (Eds.), *The Olympic Book of Sports Medicine*, London: Blackwell, 233-265.
- Ross, W.D., DeRose, E.H., Ward, R. (1988) Anthropometry applied to sport medicine. En A. Dirix, H.G., Nuttgen, i K. Tittel (Eds.) *The Olympic Book of Sports Medicine*. London: blackwell, 223-265.
- Ross, W.D., Narfell-Jones, M.J., Stirling, D.R. (1982). Prospects in kinanthropometry. En J.T. Jackson i H.A. Wenger (Eds.), *The sport sciences*, (Physical Education Series 4), Vitoria, BC: University of Victoria, 134-150.
- Sady, S.P., Wortman, M., Blanke, D. (1982). Flexibility training: Ballistic, static or proprioceptive neuromuscular facilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **63**, 261-263.
- Safrit, M.J., Wood, T.M. (1989). *Measurement Concepts in physical education and exercise science*. Champaign: Human Kinetics.
- Salisbury, P.J., Porter, R.W. (1987). Measurement of lumbar sagittal mobility: comparison of methods. *Spine*, **12**, 190-3.
- Santonja, F., Frutos, D.E. (1994). Síndrome de isquiosurales cortos. Proyección radiográfica. *Rol de Enfermería*, **190**, 59-63.
- Santoja, F., Martínez, I. (1992) *Valoración médico-deportiva del escolar*. Murcia: Universidad de Murcia.
- Sapega, A.A., Quedenfeld, T.C., Moyer, R.A., Butler, R.A. (1981). Biophysical factors in range-of-motion- exercise. *The Physician and Sports medicine*, **9**, 57-65.

- Schenker, W.W. (1956). Improved method of joint motion measurement. *New York Medical Journal*, **56**, 539-542.
- Schmidbleicher, D. (1982). L'entraînement de force. *Science du Sport*, **1**, 13.
- Schmidbleicher, D., Gollhofer, A. (1982). Neuromuskuläre Untersuchungen zur Bestimmung individueller Belastungsgrossen für ein Teilsprungtraining. *Leistungssport*, **12**, 298-307.
- Schneider, W., Spring, H., Tritschler, T. (1993). *Fitness. Teoría y práctica*. Barcelona: Scriba.
- Schober, P. (1937). The lumbar vertebral column in backache. *Munchener Medizinisch Wochenschrift*. **84**, 336-338.
- Schottelius, B.A., Senay, L.C. (1956). Effect of stimulation-length sequence on shape of length-tension diagram. *American Journal of Physiology*, **186**, 127-130.
- Schubert, M., Hamerman, D. (1968). *A primer on connective tissue biochemistry*. Philadelphia: Lea and Febiger.
- Schultz, H. (1993) *Stretching*. Barcelona: Paidotribo.
- Schultz, P. (1979). Flexibility: Day of the static stretch. *The Physician and Sportsmedicine*, **7**, 109-117.
- Scott, M.G., French, E. (1959). *Measurement and Evaluation in Physical Education*. Dubuque IA: William C. Brown.
- Sermeev, B.V. (1966). Development of mobility in the hip joint in sportsmen. *Yessis Review*, **2**, 16-17.
- Shellock, F., Prentice, W.E. (1985). Warm-up and stretching for improved physical performance and prevention of sport related injury. *Sports Medicine*, **2**, 267-278.
- Shepard, R.J., Berridge, M., Montelpare, N. (1990). On the generality of the "sit and reach" test: an analysis of flexibility data for an aging population. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **61**, 326-330.
- Sherrington, C. (1947). *The integrative action of the nervous system* (2nd Ed.). New Haven, CT: Yale University Press.
- Siff, M.C. (1986). *Ballistic Analysis of Human Knee Stability*, Unpublished PhD thesis, University of Witwatersrand, S Africa.
- Siff, M.C., Verkhoshansky, Y.V. (2000). *Superentrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.

- Siff, M.C., Verkhoshansky, Y.V. (1996). *Supertraining. Special strength for sporting excellence*. Escondido, C.A: Sports Training.
- Sigerseth, P.C. (1971). En L.A. Larson (Ed.), *Encyclopedia of sport sciences and medicine*. New York: Macmillan.
- Sigerseth, P.O., Haliski, C. (1950). The flexibility of football players. *Research Quarterly*, **21**, 394-398.
- Silman, A.J., Haskard, D., Day, S. (1986). Distribution of joint mobility in a normal population: results of the use of fixed torque measuring devices. *Annals of the Rheumatic Diseases*, **45**, 27-31.
- Sime, W.E. (1977). A comparison of exercise and meditation in reducing physiological response to stress. *Medicine and Science in Sports*, **9**, 55.
- Sinclair, A., Tester, G. (1992). The sit and reach test. What does it actually measure?. *ACHPER National Journal*, **40**, 8-13.
- Skinner, J., Oja, P. (1994). Laboratory and Field Test for Assessing Health-Related Fitness. En C. Bouchard, R.J. Shepard, T. Stephens (Eds.), *Physical Activity, Fitness and Health*, Champaign. Illinois: Human Kinetics, 160-179.
- Smith, J.R., Walker, J.M. (1983). Knee and elbow range of motion in healthy older individuals. *Physical Occupational Therapy in Geriatrics*, **2**, 31-38.
- Snell, R. (1999). *Neuroanatomía clínica*. Buenos Aires: Panamericana.
- Sölveborn, S. (1987). *Stretching*. Barcelona: Martinez Roca.
- Speakman, H.G.B., Kung, J.S. (1978). The flexometer. *Physiotherapy Canada*, **30**, 21-23.
- Spencer, R. (1962). Ballistics in the Mat Kip. *Research Quarterly*, **34**, 213-218.
- Spring, H., Illi, U., Kunz, H-R., Röthlin, K., Schneider, W., Tritschler, T., (1988). *Stretching*. Barcelona: Hispano Europea.
- Stamford, B. (1984). Flexibility and stretching. *Physician and Sports medicine*, **12**, 171.
- Stopka, Ch., Morley, K., Siders, R., Schuette, J., Houck, A., Gilmet, Y. (2002). Stretching Techniques to Improve Flexibility in Special Olympic Athletes and Their Coaches. *Journal of Sport and Rehabilitation*, **11**, 22-34.
- Strauss, R.H. (1984). *Sports Medicine*. Philadelphia: W.B. Saunders Company.

- Stunkard, A.J., Harris, J.R., Pedersen, N.L., McClearn, G.E. (1990). The body-mass index of twins who have been reared apart. *New England Journal of Medicine*, **322**, 1483-1487.
- Sullivan, P.D., Markos, P.E., Minor, M.D. (1982). *An integrated approach to therapeutic exercise theory and clinical application*. Reston, VA: Reston Publishing.
- Surburg, P.R. (1983). Flexibility exercise reexamined. *Athletic Training*, **18**, 37-40.
- Sutton, I.G., Burgess, R. (1978). Genetic evidence for four common alleles at PGM locus detectable by IEF. *Vox Sang*, **34**, 97-103.
- Taylor, D.C., Dalton, J.D., Seaber, A.V., Garret, W.E. (1990) Viscoelastic properties of muscle-tendon units. *American Journal of Sports Medicine*, **18**, 300-309.
- Tanigawa, M.C. (1972) Comparison of the hold-relax procedure and passive mobilization on increasing muscle length. *Physical Therapy*, **52**, 725-735.
- Terasaki, P.I., Mc Clelland, M.D. (1964). Microdroplet assay of human serum cytoxins. *Nature*, Londres, **204**, 998-1000.
- Terauds, J. (1984). *Sports Biomechanics: Proceeding of the International Symposium of Biomechanics in Sport*. California: Academy Publishers.
- Tesio, L., Monzani, M., Gatti, R., Franchignoni, F. (1995). Flexible electrogoniometers: Kinesiological advantages with respect to potentiometric goniometers. *Clinical Biomechanics*, **10**, 275-7.
- Timothy, G.; Alex, F.; Reynaldo, M. (1988) *Anthropometric Standarization Reference Manual*. Champaign: Human Kinetics.
- Torres, S.; Moras, G. (1990). La flexibilidad. Teoría y práctica. *RED*, **IV**, 6, 20-28.
- Tous, J. (1999). *Nuevas tendencias en Fuerza y Musculación*. Barcelona: Ergo.
- Trew, M., Everett, T. (2001). *Human Mouvement* (4th Ed.). London: Churchill Livingstone.
- Tribastone, F. (1991). *Compendio de gimnasia correctiva*. Barcelona: Paidotribo.

- Troels (1973). Achilles tendon rupture. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, **152** (Suppl.), 1-126
- Tumanyan, G.S., Dzhanyan, S.M. (1984). Strength exercises as a means of improving active flexibility of wrestlers. *Soviet Sports Review*, **19**, 146-150.
- Tyrance, H.J. (1958). Relationships of extreme body types to ranges of flexibility. *Research Quarterly*, **29**, 349-359.
- Van Adrichem, J.A.M., van der Korst, J.K. (1973) Assessment of the flexibility of the lumbar spine: A pilot study in children and adolescents. *Scandinavian Journal of Rheumatology*, **2**, 87-91.
- Van Dervoot, A.A., Chesworth, D.M., Cunningham, D.A. (1992). Age and sex effects on mobility of the human ankle. *Journal of Gerontology*, **47**, 5117-5121.
- Van Roy, P., Hebbelinck, M., Borms, J. (1985). Introduction d'un goniomètre standard modifié avec la graduation et la branche pivotante montées sur un chariot déplaçable. *Annales de Kinésithérapie*, **12**, 255-9.
- Verducci, F.M. (1980). *Measurement concepts in physical education*. St. Louis: Mosby.
- Verrill, D., Pate, R. (1982). Relationship between duration of static stretch in the sit and reach position and biceps femoris electromyographic activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **14**, 124.
- Verzar, F., (1963). Aging of collagen. *Scientific America*, **208**, 104-117.
- Vidal-Barbier, M. (1995). Valoració de set mètodes de desenvolupament de la flexibilitat. *Apunts medicina de l'esport*, **XXXII**, 195-201.
- Viidik, A. (1973). Functional properties of collagenous tissues. *International Review Connect Tissue Research*, **6**, 127.
- Viru, A. (1981). *Mecanismos hormonales de adaptación al entrenamiento*. Moscú.
- Vinuesa, M., Coll, J. (1987) *Teoría básica del entrenamiento*. Madrid: Esteban Sanz Martínez.
- Voorrips, L., Lemmink, K., Van Heuvelon, M., Bult, P., Van Stoveron, W. (1993). The physical condition of elderly women differing in habitual physical activity. *Medical Science of Sport Exercises*, **25**, 1152-1157.

- Walshe, A.D., Wilson, G.J. (1997). The influence of musculotendinous stiffness on drop jump performance. *Canadian Journal of Applied Physiology*, **22**, 117-132.
- Walshe, A.D., Wilson, G.J., Murphy, A.J. (1996). The validity and reliability of a test of lower body musculotendinous stiffness. *European Journal of Applied Physiology*, **73**, 332-339.
- Walker, J.M., Sue, D., Miles-Elkousy, N. (1984). Active mobility of the extremities in older subjects. *Physical Therapy*, **64**, 919-923.
- Walther, D.S. (1981). *Applied Kinesiology: Basic procedures and muscle testing*. Pueblo, CO: Systems D.C.
- Wang, S.S., Withney, S.L., Burdett, R.G. (1993). Lower extremity muscular flexibility in long distance runners. *Journal of Orthopaedics in Sports and Physical Therapy*, **17**, 102-107.
- Warren, C.G., Lehmann, J.F., Koblanski, J.N. (1976). Heat and stretch procedures: An evaluation using rat tail tendon. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **57**, 122-126.
- Watkins, J. (1999). *Structure and function of the musculoskeletal system*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Wear, C.L. (1963). Relationship of Flexibility Measurements to Length of Body Segments. *Research Quarterly*, **34**, 234-238.
- Weineck, J., (1988). *Entrenamiento óptimo*. Barcelona: Hispano Europea.
- Weineck, E. (1994). *Fútbol total*. Barcelona: Paidotribo.
- Weiss, L., Greer, R.O. (1977). *Histology* (4th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Wells, K., Dillon, E. (1952). The sit and reach: a test of back and leg flexibility. *Research Quarterly*, **23**, 115-118.
- Wells, K., Dillon, E. (1952). The sit and reach. A test of back and leg flexibility. *Research Quarterly for Exercise and Sport.*, **23**, 115-118.
- Werner, Schneider, Spring, Trischler (1990). *Fitness. Teoría y práctica*. Barcelona: Paidotribo.
- Wessling, K.C., DeVane, D.A., Hylton, C.R. (1987). Effects of static stretch versus static stretch and ultrasound combined on triceps surae muscle extensibility in healthy women. *Physical Therapy*, **67**, 674-679.

Wiktorsson-Moller,M., Oberg,B., Ekstrand, J., Gillquist,J. (1983). Effects of warming up, massage, and stretching on range of motion and muscle strenght in the lower extremity. *American Journal of Sports Medicine*, **11**, 249-252.

Williams, R., Binkley,J., Bloch,R. (1993). Reliability of the modified-modified Shober and double inclinometer methods for measuring lumbar flexion and extension. *Physical Therapy*, **73**, 26-37.

Wilmore,J.H., Costill,D.L., (1988). *Training for sport and activity* (3th Ed.) Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Publishers.

Wilson, G.D., Stasch, W.H. (1945). Photographic record of joint motion. *Archieves of Physical Medicine*, **26**, 361-362.

Wilson, G.J. (1991). Stretch-shorten cycle: nature and implications for human muscle performance. *Journal of Human Muscle Performance*, **1**, 11-31.

Wilson,G.J., Elliot,B.C., Wood,G.A. (1991). Performance beneficts through flexibility training. *Sports Coach*, April-June, 7.

Wilson,G.J., Elliot,B.C., Wood,G.A. (1992). Stretch shorten cycle performance enhancement through flexibility training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **24**, 116-123.

Wilson,G.J., Wood,G.A., Elliot,B.C. (1991). Optimal stiffness of the series elastic component in a stretch shorten cycle activity. *Journal of Applied Physiology*, **70**, 825-833.

Williams, P.L., Warwick, R. (1980). *Gray's anatomy* (36th Ed.). Philadelphia: W.B. Saunders.

Willimczik,K. (1977). *Forschungsmethoden in der Sportwissenschaft*. Grundkurs Datenerhebung.

Woo, S.L-Y., Ma, B., Wong, E.K., Kanamori, A. (2000). Biomechanics of Ligaments: Healing and Reconstruction. En William, E, Garrett, Jr., Kevin, P., Speer, and Donald T KirKendall (Eds.), *Principles and Practice of Orthopaedic Sports Medicine*, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 21-37.

Wright, V., Johns, R.J. (1960). Physical factors concerned with the stiffness of normal and diseased joints. *John Hopkins Hospital Bulletin*, **106**, 215-231.

Wu, J.Z., Herzog,W. (2002). Elastic anisotropy of articular cartilage in associated with the microstructures of collagen fibers and chondrocytes. *Journal of Biomechanics*, **35**, 931-942.

Yoshimine, F., Ginbayashi,K. (2002). A mathematical formula to calculate the theoretical range of motion for total hip replacement. *Journal of Biomechanics*, **35**, 989-993.

Young, W., Elliott, S. (2001). Acute effects of static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation stretching, and maximum voluntary contractions on explosive force production and jumping performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **72**, 273-279.

Yu, S. H., Blumenthal, H. (1967). The calcification of elastic tissue. In B.M. Wagner, D.E. Smith (Eds.), *The connective tissue*, Baltimore: Williams and Wilkins, 17-49.

Zankel, H.T. (1951). A new method of measurement of range of motion of joints. *Archives of Physical Medicine*, **32**, 227-228.

Zhelyazkov, T. (2001). *Bases del entrenament deportivo*. Barcelona: Paidotribo.

(94) client - DISENY DE LOGOTIP