

L'ERGONOMIA, UN ALTRE CAMP D'APLICACIÓ DE LA BIOMECÀNICA*

*Miquel Martínez,
Escola Catalana de l'Esport.
Xavier Aguado,
INEF de Lleó.*

** Aquest treball s'ha realitzat gràcies a la col.laboració d'Eusebio Esparza, Mercè Martínez i Joan Riera.*

Resum

A partir de la definició de Biomecànica pretenem introduir el lector en un altre dels camps d'aplicació d'aquesta ciència, l'Ergonomia.

L'Ergonomia es caracteritza per ser una tecnologia multidisciplinària que vol enfocar el problema de l'home i el seu treball des d'una perspectiva global, aplicant també els coneixements de la Biomecànica, denominada en aquest cas ocupacional.

Dels estudis que s'han dut a terme en Biomecànica ocupacional, cal destacar-ne una sèrie de conclusions que s'enumeren en aquest treball.

Malgrat que les investigacions ergonòmiques es van iniciar amb la finalitat d'incrementar el rendiment i evitar fatigues i lesions en el treball industrial,

cada cop són més nombrosos els estudis que incideixen sobre el treball domèstic. Nosaltres, mirant de donar a la casa el valor que es mereix des d'una perspectiva ergonòmica, hem pretès fer una reflexió biomecànica en dues activitats (escombrar i asseure's) que sovint tenen lloc a les nostres llars.

Introducció

D'acord amb la definició acceptada de manera més àmplia, la Biomecànica estudia els sistemes biològics aplicant els principis i els mètodes de la Mecànica (part de la Física que estudia el moviment i les forces que el determinen).

En el camp de l'activitat física i de l'esport es reconeix habitualment la

importància de la Biomecànica quan es pretén explicar les altes quotes del rendiment esportiu. Els moviments més eficaços d'un esport i per a un determinat esportista tenen una explicació a través de la Biomecànica; i, alhora, analitzant biomecànicament l'esportista en el seu esport podem arribar al que seria la seva tècnica ideal de moviment, no per imitació d'altres de major "performance", sinó basant-nos en coneixements biològics i físics.

La Biomecànica no adquireix tanta importància quan, tot i estar en el camp de l'activitat física i de l'esport, no es relaciona directament amb l'alt rendiment esportiu. Tanmateix, i des del nostre punt de vista, la Biomecànica interessa al docent de l'educació física i de l'esport ja que li dona una

base sòlida per comprendre el moviment humà a partir de l'anàlisi biomecànica d'habilitats i destreses bàsiques.

Són molt menys coneguts altres camps d'aplicació biomecànica no relacionats directament amb l'esport i els seus moviments. No obstant això, hi ha d'altres àrees interessants relacionades amb el moviment del cos on es fan servir els principis i els mètodes de la Mecànica: Ortopèdia, Rehabilitació, Control neuromuscular, *Ergonomia*, etc., (Roy et Lagassé, 1976).

Hem escrit aquest treball amb la intenció d'acostar el lector a l'Ergonomia i per desxifrar-hi les seves relacions amb la Biomecànica.

L'ergonomia

L'Ergonomia, com a estudi de l'home en el treball, va néixer el 1949 quan es va crear a Londres la primera societat ergonòmica: Ergonomics Research Society.

Els principis d'aquesta nova disciplina van sorgir quan la mà d'obra en el treball va començar a ser un recurs escàs. Fins la Primera Guerra Mundial la capacitat d'una persona per treballar es considerava esgotable i la malaltia o dolència professional era recompensada amb l'acomiadament (Tichauer, 1976). En el món laboral, la màquina es construïa independentment de les característiques de l'operari que havia de manejar-la, per la qual cosa era necessari seleccionar els més aptes i sotmetre'ls a un període de formació.

Per a alguns l'Ergonomia comença realment amb la Segona Guerra Mundial quan un grup multidisciplinari d'experts, contractats pel govern britànic, estudien diversos temes sobre l'adaptació de la màquina a l'home (Hammond, 1978). Des d'aquesta època s'han pres nombroses mesures antropomètriques, fisiològiques i psicològiques que han permès al dissenyador d'adaptar les màquines i les eines a l'home mitjà.

Contemporàniament, ens trobem en una nova etapa de l'Ergonomia, on no es pretén d'adaptar l'home a la màquina ni la màquina a l'home, sinó que

s'analitza el sistema globalment com un tot (Riera, 1982). De vegades, en aquesta interacció prevaldrà l'home a la màquina i aquesta s'adaptarà a les necessitats de l'operari; en d'altres casos, resultarà més rendible ensenyar l'home a treure rendiment de la màquina, evitant-li alhora qualsevol fatiga o lesió. Els estudis que tracten de perfeccionar el treball s'han de centrar en el sistema home-màquina, és a dir, respectar tant les característiques de l'home com les de les màquines, intentant d'adaptar-les entre si tenint en compte el criteri d'augmentar al màxim els resultats globals del sistema (Montmollin, 1970).

Actualment, l'Ergonomia es caracteritza pel fet de ser una tecnologia necessàriament multidisciplinària que procura enfocar el problema de l'home i del seu treball des d'una perspectiva global, aplicant els coneixements que es deriven de les ciències bàsiques: Física, Biologia, Psicologia i Sociologia.

La biomecànica ocupacional

Quan les ciències de la Física i de la Biologia s'interrelacionen sorgeix la Biomecànica, i aquesta, com a tal també pot contribuir al coneixement ergonòmic. En els congressos internacionals de Biomecànica hi ha una secció denominada Occupational Biome-

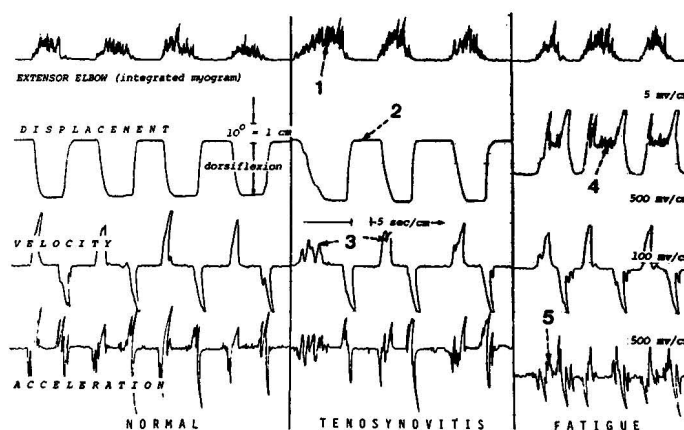
chanics (Biomecànica Ocupacional) que tracta de la part de l'Ergonomia relacionada amb la Biomecànica.

Al començament, va ser poca la influència de la Biomecànica en el camp laboral. Unes altres disciplines com la Fisiologia i la Psicologia van tenir un pes molt més gran en els estudis ergonòmics i això era, bàsicament, a causa d'una manca de metodologia de la Biomecànica. El desenvolupament de la Biomecànica experimental i l'aparició de nous instruments d'investigació van afavorir l'estudi biomecànic de l'home en el treball. Des de llavors, la Biomecànica ocupacional té molt a dir en l'estudi de la fatiga, el baix rendiment i la lesió del treballador. Si els moviments que requereix el medi extern (eines, màquines, estris,...) no són compatibles amb els possibles moviments en el medi intern biològic, sorgeix primer la fatiga, després el baix rendiment i finalment la lesió.

Els pioners de la Biomecànica ocupacional, entre d'altres, van ser Lunder-vold (1951), el qual va fer un estudi electromiogràfic sobre la postura i la manera de treballar de les mecanògrafs (aquest va ser, potser, la primera anàlisi biomecànica en una situació habitual de treball), i Basmajian (1962), que va escriure el primer tractat d'electromiografia aplicat a l'estudi del moviment humà.

El protocol d'investigació biomecàni-

Figura 1. PERFIL BIOMECÀNIC D'UN MOVIMENT LABORAL D'EXTENSIÓ DEL CANELL EN TRES SITUACIONS: NORMAL, TENOSINOVITIS I FATIGA (DE TICHAUER, 1974).



ca de l'Ergonomia inclou, habitualment, l'enregistrament de desplaçaments, velocitats i acceleracions de determinats punts anatòmics, així com els desplaçaments angulars, velocitats i acceleracions de segments corporals respecte d'altres. Aquests enregistraments, que s'aconsegueixen generalment per electrogoniòmetres, s'obtenen simultàniament als enregistraments electromiogràfics dels músculs que interessin. El traç poligràfic resultant és el que alguns autors denominen perfil biomecànic (figura 1).

Investigacions en biomecànica ocupacional

Són pocs els treballs en llengua catalana o castellana sobre Biomecànica ocupacional. La majoria de les investigacions s'han fet en països, com els nòrdics i els Estats Units, amb un renda per càpita elevada i on la qualitat de vida és un tema d'interès general.

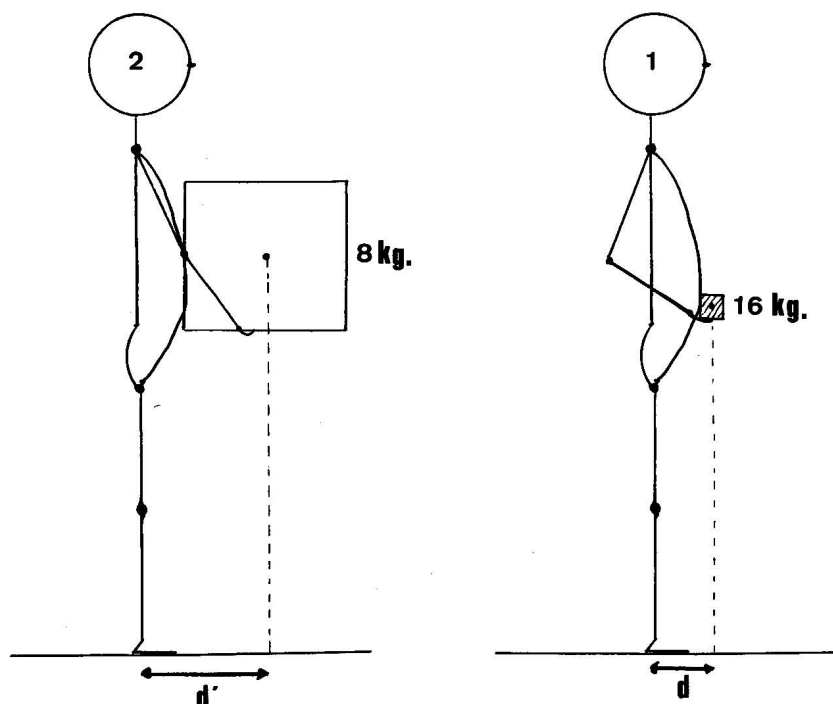
Després que nombrosos estudis biomecànics hagin analitzat els elements que componen els moviments bàsics de qualsevol tasca industrial, s'és en condicions de treure unes conclusions aplicables a la majoria de situacions laborals. No totes les conclusions són aplicables a totes les situacions, però tanmateix, aquests pre-requisits no poden ser violats sense que es produeixi una baixa productivitat, una absència de benestar i, fins i tot, una lesió professional (Tichauer, 1973). Les conclusions principals a què arriben aquests estudis són les següents:

1. Cal minimitzar els moments de força que actuen sobre la columna. L'estrès sobre la musculatura de l'esquena depèn tant del pes que se subjecta com de la seva distància a l'eix de gir. Una caixa de 60 x 60 de 8 quilos de pes és, funcionalment, tan pesada com un barrell de metall de 16 quilos enganxat al cos (figura 2).

2. Cal minimitzar els moments de força que actuen sobre l'articulació escàpulo-humeral. Per exemple, quan s'està assegut en una cadira i s'ha de manipular alguna cosa situada a dalt o lluny s'obliga el deltoide a actuar continuadament, amb la qual cosa es produeix fatiga.

3. Cal evitar inclinar el tronc cap en-

Figura 2. LES COLUMNES VERTEBRALS DELS SUBJECTES 1 I 2 SUPORTEN LA MATEIXA CÀRREGA TOT I SOSTENINT PESOS DIFERENTS.



davant o lateralment perquè el pes del cos i el cap no contribueixin a augmentar la tensió sobre els músculs de l'esquena.

4. Cal evitar comprimir els teixits tous per tal de no comprometre la irrigació a les respectives regions corporals. Asseure's en una cadira alta sense el recolzament dels peus provoca una compressió de les cuixes i consegüentment una perturbació de la irrigació sanguínia.

5. Cal evitar vibracions a freqüències crítiques que produeixin reaccions en l'organisme com visió borrosa, mal d'esquena i disfunció respiratòria.

6. Cal tenir cura del disseny de les cadires de treball per evitar magolaments i dolors a determinades àrees de l'esquena. S'ha comprovat que la diferència entre una cadira ben dissenyada i una que ho és, segons criteris anatòmics i miogràfics, és, aproximadament, de quaranta minuts menys de treball productiu al dia.

7. Cal evitar concentrar el pes en petites estructures anatòmiques. Com

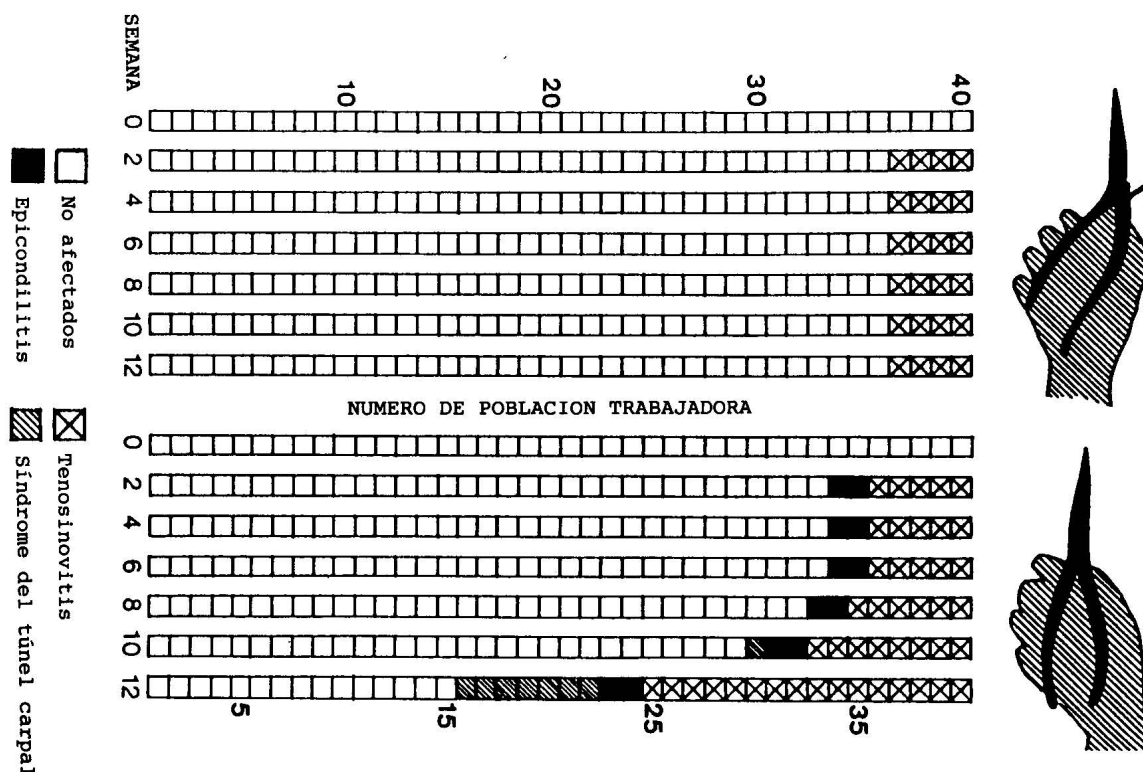
més petita sigui la superfície, la pressió augmenta afavorint la producció de microtraumatismes.

8. Cal evitar l'adducció de canell juntament amb la supinació de l'avantbraç (desviació ulnar). Això redueix espectacularment les lesions de canell quan es fan servir les alicates o el tornavís (figura 3).

Aplicacions quotidianes de la biomecànica ocupacional

Malgrat que les investigacions ergonòmiques es van iniciar amb la finalitat d'incrementar el rendiment i d'evitar fatigues i lesions en el treball industrial, cada cop són més nombrosos els estudis que incideixen sobre el treball domèstic o sobre moltes activitats quotidianes que no tenen res o poc a veure amb el treball, com són conduir un cotxe o reposar adequadament en una butaca. La relació entre l'home i la màquina no s'hauria d'ajustar exclusivament a l'àmbit in-

Figura 3. ÉS MILLOR DOBLEGAR LES ALICATES QUE NO EL CANELL. COMPARACIÓ DE GRUPS D'ENTRENADORS EN MUNTATGES ELECTRÒNICS: AMB LES ALICATES DOBLEGADES (CANELL RECTE). LA POBLACIÓ TREBALLADORA S'ESTABILITZA DURANT LA SEGONA SETMANA D'ENTRENAMENT; AMB EL CANELL EN DESVIACIÓ ULNAR S'OBSERVA UN INCREMENT GRADUAL DE LES LESIONS (DE TICHAUER, 1973).



dustrial, i hauria d'abraçar totes les situacions en les quals l'home interactua amb algun instrument o amb altres homes (Riera, 1982). Hauria de constituir tema ergonòmic tant el coneixement de l'home en el treball com en l'oci (Shackel, 1980), incloent-hi, per tant, les relacions que tenim amb telèfons, raquetes de tennis, màquines d'escriure, llibres de text, etc.

Cada cop és més gran el temps d'oci i, per tant, tenim més possibilitats de relacionar-nos amb estris i màquines fora de la feina. Entre altres ambients, la llar és cada vegada més sovintejada, sigui perquè la jornada laboral es redueix o perquè les nostres cases són cada dia més acollidores i ens ofereixen més possibilitats d'oci (lectura, televisió, ordinador, bricolatge, etc.). A

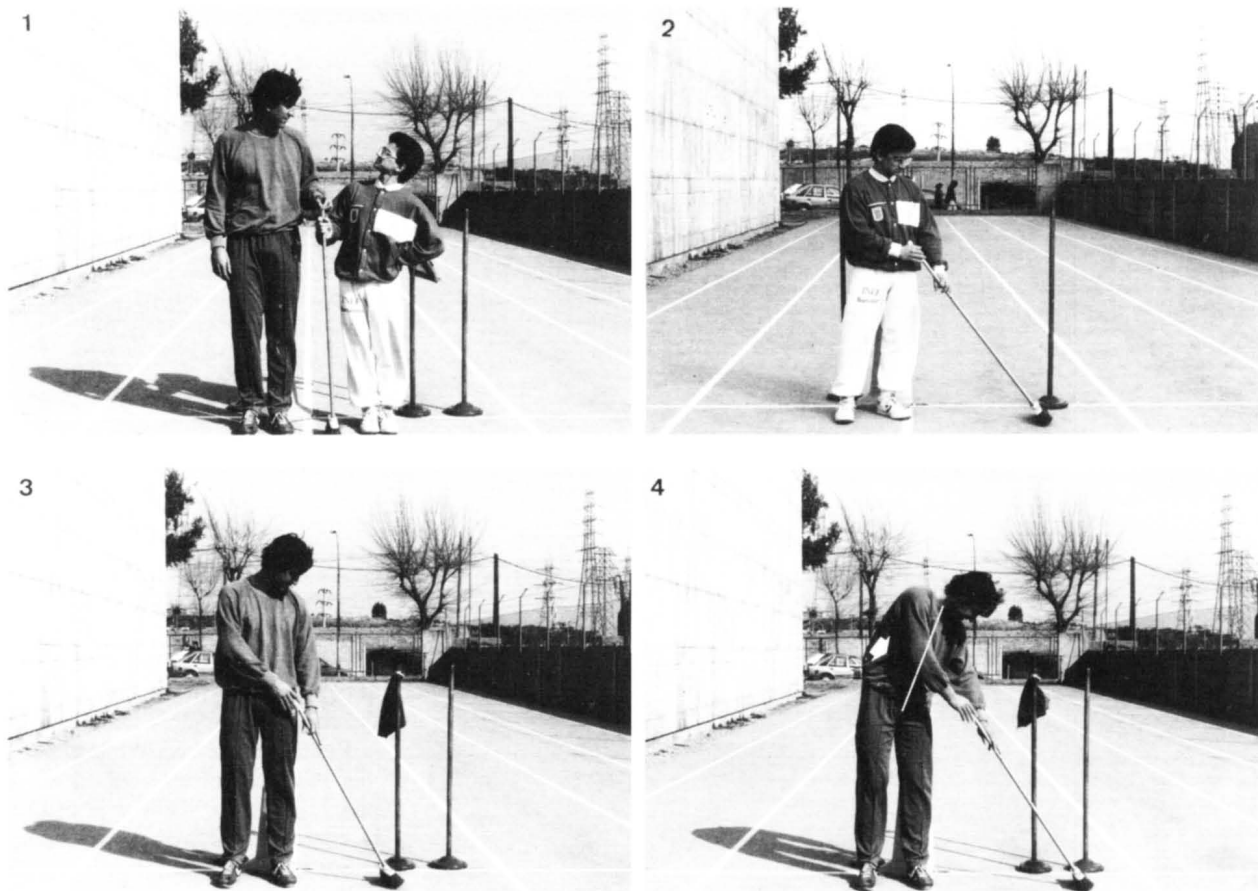
més, a casa fem una sèrie de treballs físics relacionats amb una colla d'estrís com són el fregador, l'escombra, les escales, etc. Nosaltres, mirant de donar a la llar el valor que es mereix des d'una perspectiva ergonòmica, hem pretès fer una reflexió biomecànica sobre dues activitats: escombrar i asseure's, que sovint tenen lloc a casa.

Biomecànica d'escombrar

És freqüent trobar persones que es queixen de molèsties a l'esquena quan fan tasques domèstiques com escombrar, i són primordialment els més alts els que tenen més problemes. Una persona amb un mànec d'escombra adaptat a la seva estatura pot escombrar amb la columna recta i alhora mantenir una bona distància d'abast amb l'escombra (figura 4.2).

En canvi, la persona alta que no troba en el mercat una escombra adaptada a la seva estatura ha d'escollir entre disminuir la distància d'abast amb l'escombra (figura 4.3) o flexionar el tronc cap endavant (figura 4.4). I com que la persona alta no vol passar més temps escombrant que els altres opta, generalment, per inclinar el troc cap endavant i així pot complir les tasques amb celeritat. Com ja hem assenyalat a l'apartat 4.3, cal evitar inclinar el tronc cap endavant ja que això contribueix a sobrecarregar els músculs extensors de la columna. Aquests músculs són precisos i poc potents ja que són dissenyats per a l'ajustament dinàmic de l'actitud erecta, i quan se'ls fa treballar constantment contra una força superior per a la qual són dissenyats es fati-

Figura 4. LA PERSONA BAIXA (2) ABASTA MÉS AMB UNA ESCOMBRA D'ALÇADA NO REGULABLE QUE LA PERSONA ALTA (3). QUAN LA PERSONA ALTA VOL ABASTAR TANT COM LA BAIXA (4) INCLINA LA COLUMNA.



guen i sobrevenen les molèsties i el mal.

Per tant, cal evitar que els músculs extensors de la columna estiguin treballant constantment quan s'escombra o es realitzen altres tasques domèstiques. Per a això, i si és necessari, cal allargar el mànec d'escombra (incrementant el pes el mínim possible), o alçar l'altura de l'aigüera, per posar un exemple de tasca domèstica amb una casuística semblant.

Biomecànica d'asseure's

Ens podem asseure tant per descansar com per treballar, i entre aquests dos extrems també ens poden asseure per conversar, menjar, passar l'estona, etc. En funció de la raó per la qual ens asseiem variarà el tipus de cadira utilitzada. D'aquesta manera, les cadi-

res que es fan servir per treballar solen ser rígides i permeten ser mogudes amb senzills moviments de les extremitats i aixecar-se amb facilitat, mentre que les que es fan servir per reposar són toves i s'enfonsen fàcilment per permetre relaxar la musculatura. És important utilitzar a cada moment la cadira adequada; si fem servir una cadira tova per treballar ens sentirem subjectats, amb poca llibertat de moviments, i igualment, si fem servir una cadira rígida per reposar no podrem relaxar adequadament la musculatura.

Al fet d'"estar assegut" s'hi apliquen les mateixes recomanacions biomecàniques que al fet d'estar dret amb la diferència que el sistema de palanques que hem de suportar és menor. Quan estem asseguts ens recolzem sobre els

malucs i les cuixes mantenint recte el tronc i el cap. Per tant, és una postura que comporta un cost energètic menor que el fet d'estar dret.

En relació a l'acció d'asseure's són bàsicament tres els problemes que ens pot plantejar: com asseure's, com estar assegut i com aixecar-se.

Quant al fet d'asseure's i d'aixecar-se, el problema és baixar o elevar el centre de gravetat sense que el cos faci un cop amb el seient o sense haver d'inclinar excessivament el tronc cap endavant. En el cas ideal, la nostra cadira estarà oberta per sota amb la qual cosa ens permetrà endarrerir una cama, i amb la flexió dels genolls baixar controladament el nostre cos fins que els glutis contactin amb el seient. Si el seient té recolza braços serà més senzilla l'acció d'as-

Figura 5. LES CADIRES OBERTES PER SOTA PERMETEN FICAR UN PEU ENTRE LES POTES, ACONSEGUINT AIXÍ UNA BASE DE SUSTENTACIÓ MÉS AMPLA CAP ENDARRERA QUE FACILITA DESCENDIR CONTROLADAMENT EL MALUC FINS CONTACTAR AMB LA CADIRA. L'ÚS DELS RECOLZA-BRAÇOS FACILITA TAMBÉ L'ACCIÓ



seure's o d'aixecar-se mitjançant l'actuació dels membres superiors (figura 5).

Quant al fet d'estar asseguts, les indicacions varien segons el tipus de

seient i segons l'activitat que desenvolupem. A les butaques i a les cadires toves és aconsellable fer servir coixins per recolzar-hi les lordosis lumbar i cervical. Les cadires rígides

haurien de tenir incorporat en el disseny del respall la forma de la lordosi lumbar.

L'altura de la cadira ha de ser aquella en la qual si estem asseguts correctament, les cames quedin aproximadament formant un angle recta. Si la cadira és excessivament alta les cames quedaran penjades i es produirà una zona de pressió sota les cuixes que dificultarà en retorn venós. Si la cadira és excessivament baixa les cames quedaran massa flexionades i igualment dificultaran el retorn venós.

Quan estem asseguts davant d'una taula els colzes haurien de quedar, aproximadament, formant un angle recte sobre la taula, si no és que estem escrivint a màquina o treballant amb ordinador, casos en els quals la taula hauria de ser una mica més baixa a causa de l'altura del teclat.

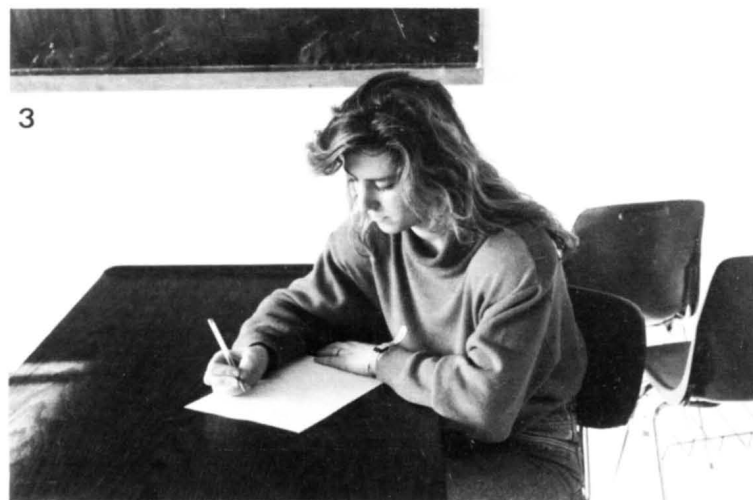
La postura que adoptem quan ens asseiem davant d'una taula hauria de permetre una visió equidistant dels dos ulls cap a la feina que estiguem fent. Si escrivim, amb el full col·locat obliquament per evitar la desviació ulnar del canell, i al mateix temps per evitar la flexió de coll que fem per mantenir una visió equidistant dels dos ulls al paper, haurem d'inclinar la cadira cap al costat de tal manera que puguem mantenir el cap recte (figura 6).

Conclusió

L'Ergonomia, com a disciplina multidisciplinària que estudia la relació home-màquina, rep una contribució rellevant de la Biomecànica. La Biomecànica ocupacional s'ha desenvolupat primordialment en països amb una renda per càpita elevada i amb una sensibilització per la qualitat de vida. Dels estudis que s'han dut a terme, se'n poden extreure unes conclusions, aplicables tant als treballs industrials com a les tasques quotidianes o d'oci.

La relació de l'home amb la seva llar s'hauria d'analitzar des d'una perspectiva ergonòmica on es tinguin més en compte les recomanacions funcionals i biomecàniques que no pas el disseny estètic i de moda. Escombrar i asseure's han estat dos exemples il·lustratius del tema.

Figura 6. (1) EN AQUESTA POSICIÓ S'OBLIGA EL CANELL A TREBALLAR EN DESVIACIÓ ULNAR. (2) PER A EVITAR LA DESVIACIÓ ULNAR ES COL·LOCA EL FULL OBLIQUAMENT, PERÒ AIXÒ ENS OBLIGA A INCLINAR EL CAP PER A MANTENIR UNA VISIÓ EQUIDISTANT DELS DOS ULLS AL PAPER. (3) SI ENS ASSEIEM OBLIQUAMENT A LA TAULA EVITAREM ELS ANTERIORS PROBLEMES, DESVIACIÓ ULNAR I INCLINACIÓ DEL CAP



BIBLIOGRAFIA

- BASMAJIAN, J. B., *Muscles Alive: Their Functions Revealed by Electromyography*, Williams and Wilkins, Baltimore, 1962.
- BROER, M. i ZERNICKE, R., *Efficiency of Human Movement*, Saunders, Filadèlfia, 1979.
- HAMMOND, J., *Understanding Human Engineering*, David and Charles Inc, North Pomfret, 1978.
- LUDERVOLD, A. J. S., *Electromyographic Investigations of Position and Manner of Working in Typewriting*, Broggers Boktrykkeri, Oslo, 1951.
- MARTÍNEZ, M. i ESPARZA, E., "Biomecánica, base científica de la técnica deportiva". *Relevo. Revista deportiva de Castilla y León*, núm. 2(5), 1985, pp. 32-33.
- MONTMOLLÍN, M., *Los sistemas hombres-máquinas (Introducción a la ergonomía)*, Aguilar, Madrid, 1970.
- RIERA, J., *Ergonomia de l'aprenentatge motor: un enfocament metodològic*, Tesi no publicada, Universitat Politècnica, Barcelona, 1982.
- ROY, B. i LAGASSÉ, P., "La Biomécanique: Un secteur aux intérêts multiples", *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, núm. 1(2), 1976, pp. 147-150.
- SHACKEL, B., "Motors influencing the application of ergonomics in practice", *Ergonomics*, núm. 23(8), 1980, pp. 817-820.
- TICHAUER, E. R., "Ergonomic aspects of biomechanics", a *The industrial environment, its evaluation and control*, National Institute of Occupational Safety and Health, Washington, 1973.
- TICHAUER, E. R., "The use of biomechanical profiles in rehabilitation", a Bostrom i altres (Eds.), *Rehabilitation after central nervous system trauma*, Nordiska Bokhandels Förlag, Estocolm, 1974.
- TICHAUER, E. R., "Occupational biomechanics and the development of work tolerance", a P. V. Komi (Ed.) *Biomechanics V*, University Park Press, Baltimore, 1976.
-