Procediments d'aplicació

PID_00248297

Germán Cañavate Buchón

Temps mínim de dedicació recomanat: 5 hores

Universitat Oberta de Catalunya

Cap part d'aquesta publicació, incloent-hi el disseny general i la coberta, no pot ser copiada, reproduïda, emmagatzemada o transmesa de cap manera ni per cap mitjà, tant si és elèctric com químic, mecànic, òptic, de gravació, de fotocòpia o per altres mètodes, sense l'autorització prèvia per escrit dels titulars del copyright.

Índex

Objectius 5

1. Consideracions en l'aplicació de l'ergonomia 7
1.1. Disseny de l'entorn de treball 8
1.1.1. Disseny en funció de les mides corporals 8
1.1.2. Disseny en funció de les postures, dels esforços i del moviment corporal 9
1.1.3. Disseny relatiu als mitjans de senyalització i de representació i als òrgans de comandament 10
1.2. **Disseny de l'entorn de treball** 11
1.3. Disseny dels processos de treball 13

2. Procediments d'aplicació ergonòmica 15
2.1. Programa d'actuació 15
2.2. Disseny de llocs de treball 17
2.2.1. Postura 17
2.2.2. Ambient que envolta el lloc de treball 22
2.3. Antropometria 23
2.3.1. Informació antropomètrica 23
2.3.2. Taules i mesures antropomètriques 27
2.3.3. Exemple d'aplicació 29
2.4. Biomecànica 31
2.4.1. Forces 32
2.5. Límit de força recomanat per a la utilització de màquines 37
2.5.1. Determinació de la força màxima isomètrica 38
2.5.2. Determinació de la capacitat corregida 38
2.5.3. Avaluació de la tolerabilitat i del risc 39
2.5.4. Exemple d'aplicació 40
2.6. Trastorns per moviments repetitius 42
2.6.1. Fases d'aparició dels CTD 43
2.6.2. L'augment dels trastorns per trauma acumulat 44
2.6.3. Extremitats superiors i lesions per sobreesforços 45
2.6.4. Lesions en músculs i tendons 48
2.6.5. Lesions a la bossa i als lligaments 50
2.6.6. Trastorns en els tendons 52
2.6.7. Factors no professionals associats amb els CTD 57

Resum 58

Bibliografia 59

Objectius

Els objectius que es pretén que assoleixi l'alumne mitjançant l'estudi d'aquest mòdul didàctic són els següents:

1. Identificar les àrees d'actuació ergonòmica.

2. Conèixer i recordar els principals conceptes que es relacionen amb l'ergonomia.

3. Aplicar un procediment d'actuació ergonòmic.

4. Adquirir habilitats amb altres professionals que participin en projectes ergonòmics.

1. Consideracions en l'aplicació de l'ergonomia

Cal aplicar un **disseny ergonòmic adequat** en les fases de disseny de qualsevol projecte, sigui per dissenyar un lloc de treball, una tasca, una eina o un equip de treball.

Per realitzar un disseny ergonòmic cal comptar amb la cooperació de totes les persones que participen en el projecte: dissenyadors, departament de producció, manteniment… i, per descomptat, els operadors, les aportacions dels quals són molt importants. El disseny ergonòmic hauria d'aplicar-se en totes les fases del projecte, especialment en les preliminars.

És un error molt comú realitzar les valoracions ergonòmiques en la part final del projecte o quan aquest ja ha acabat. Quan es fa així, es deixa poc marge d'actuació i es passa a una fase de redisseny, la qual cosa implica més costos i temps de treball.

Les empreses i fabricadores d'equips i eines haurien de disposar d'un **manual de requeriments ergonòmics** amb les especificacions de disseny, que haurien de ser concretes i senzilles per garantir-ne l'enteniment i aplicació. I quan sigui necessari, aquestes adaptacions ergonòmiques hauran de ser pressupostades (temps de disseny, proves, etc.).

L'ergonomia, sota el punt de vista del disseny, pot ser definida com l'estudi de les capacitats i característiques humanes que afecten el disseny dels equips, sistemes i tasques. És una activitat multidisciplinària basada en l'enginyeria, la psicologia, l'anatomia i la fisiologia, i el seu objectiu és millorar l'eficàcia, la seguretat i el benestar de l'operari.

Les propostes de redisseny que es duguin a terme en ergonomia han de ser viables. Un dels problemes més habituals en ergonomia és proposar mesures preventives poc viables, o que suposen per a les empreses inversions econòmiques inassumibles (almenys a curt o mitjà termini). L'ergònom coneix, després de realitzar l'avaluació ergonòmica, totes les variables que influeixen en el procés i ha de ser capaç de proposar mesures preventives que s'ajustin a cada tasca i organització. Es requereix experiència, imaginació i creativitat. No s'ha de tenir por de proposar el disseny d'una eina específica o d'adaptar equips i materials per redefinir i millorar postures.

Una de les millors opcions que tenim els tècnics de prevenció són els cercles de prevenció, que consisteixen en una exposició dels resultats a l'empresa i treballadors implicats per buscar entre tots una o diverses solucions. Els cercles de prevenció presenten diversos avantatges:

- Augmenten les possibilitats de trobar solucions creatives. Com més gent hi estigui implicada, més propostes hi haurà. Amb l'avantatge que són realitzades pels propis implicats en el lloc.

- Augmenta enormement l'acceptació de les propostes realitzades per part dels treballadors. En ocasions ens trobem que els treballadors no volen aplicar la proposta de redisseny, una vegada implantada per l'empresa, perquè no l'entenen o simplement pel rebuig al canvi.

1.1. Disseny de l'entorn de treball

1.1.1. Disseny en funció de les mides corporals

L'espai i els mitjans de treball han d'estar concebuts tenint en compte el procés de treball, en funció de les mides del cos humà. L'espai de treball ha d'estar adaptat a l'home. En particular:

- L'altura del lloc de treball ha d'adaptar-se a les dimensions corporals del treballador i a la naturalesa de la feina que s'ha d'efectuar. El seient, el pla de treball i/o l'escriptori haurien d'estar concebuts com una unitat destinada a satisfer la postura preferible; és a dir, el tronc dret, el pes del cos correctament suportat, els colzes sobre els costats i els avantbraços aproximadament horitzontals.

- El seient s'ha d'adaptar a les característiques anatòmiques i fisiològiques del treballador.

- S'ha de preveure que hi haurà prou espai per als moviments del cos, en particular del cap, els braços, les mans, les cames i els peus.

- Els òrgans de comandament s'han de situar a la zona d'abast funcional.

- Els emplaçaments dels agafadors (mànecs, empunyadures, etc.) han d'estar adaptats a l'anatomia funcional de la mà.

1.1.2. Disseny en funció de les postures, dels esforços i del moviment corporal

El treball s'ha d'afrontar de manera que s'eviti tota càrrega interna inútil o excessiva dels músculs, les articulacions, els lligaments i els aparells circulatori i respiratori. Els esforços musculars que es posen en joc han de situar-se en els límits fisiològics satisfactoris. Els moviments corporals han de seguir un ritme natural. Les postures, els esforços musculars i els moviments han d'estar en harmonia entre si.

- **Postures**. Prioritàriament es vigilaran els punts següents:
  - El treballador podrà alternar entre posició asseguda i posició dreta. Si s'imposa l'elecció d'una sola postura, és preferible la posició asseguda, tot i que la posició dreta pot estar justificada pel procés de treball.
  - Les postures i els punts de suport apropiats permetran realitzar un repartiment òptim de les forces a l'interior del cos per reduir els esforços que s'han d'exercir.
  - Les postures adoptades no han de provocar fatiga per tensió muscular estàtica perllongada. Ha de ser possible l'alternança de postures.
- **Esforços musculars**. Prioritàriament es vigilaran els punts següents:
  - L'esforç requerit s'ha d'adaptar a les capacitats físiques del treballador.
  - Els esforços que s'han de realitzar es podran executar per grups de músculs apropiats. Si els esforços sol·licitats són excessius, s'han de preveure fonts auxiliars d'energia en el sistema de treball.
  - S'ha d'evitar el manteniment d'una contracció estàtica perllongada en un mateix múscul.
- **Moviments corporals**. Prioritàriament es vigilaran els punts següents:
  - S'ha de buscar un bon equilibri entre els moviments del cos; es prefereix el moviment a la immobilitat perllongada.
  - S'han d'ajustar mútuament les amplituds, els esforços, les velocitats i els ritmes en l'execució de moviments.
  - S'ha d'evitar que els moviments exigeixin una gran precisió, fet que pot donar lloc a un esforç muscular massa elevat.
  - Per facilitar l'execució i la successió de moviments, s'han de preveure dispositius de guia segons el cas.

1.1.3. Disseny relatiu als mitjans de senyalització i de representació i als òrgans de comandament

Els **mitjans de senyalització i de representació** han de ser escollits, concebuts i disposats de manera que siguin compatibles amb les característiques de la percepció humana. En particular:

- La naturalesa i el nombre dels signes i dels suports de la informació han de ser compatibles amb les característiques que requereixi la informació.

- Per assegurar una bona identificació de les informacions quan els suports de la informació són nombrosos, aquests s'han de disposar en l'espai donant una orientació segura, clara i ràpida. La seva disposició es farà en funció del procés tècnic o de la importància i freqüència d'utilització de certes informacions. Això pot fer-se per agrupació segons les funcions en els processos, tipus de mesures, etc.

- La naturalesa i el disseny dels signes i dels suports d'informació ha d'assegurar una percepció no ambigua. Això s'aplica, particularment, als signes de perill. S'ha de tenir en compte, per exemple, la intensitat, la forma, les dimensions, la imposició i el contrast pel que fa al fons òptic o acústic.

- La intensitat i la direcció de les variacions dels suports d'informació han de ser compatibles amb les variacions de la font primària de la informació.

- En cas d'activitats perllongades en les quals predominin l'observació i la vigilància, han d'evitar-se els efectes de sobrecàrrega o de subcàrrega mitjançant la concepció i disposició dels signes i suports de la informació.

Els **òrgans de comandament** han de ser triats, dissenyats i disposats de manera que siguin compatibles amb les característiques (en particular, de moviment) de la part del cos encarregada d'accionar-los. S'han de tenir en compte les exigències pròpies de direcció, precisió, rapidesa i força. En particular:

- El tipus, la forma i la disposició dels òrgans de comandament s'han de correspondre a les característiques de la maniobra, tenint en compte les característiques de l'operador humà, així com els reflexos adquirits o innats.

- El recorregut i la resistència dels comandaments es triarà en funció de la maniobra que s'ha d'efectuar i de les dades biomecàniques i antropomètriques.

- Hi ha d'haver correspondència entre el moviment del comandament, el seu efecte sobre els mitjans de treball i la informació representada.

- La funció dels òrgans de comandament ha de ser fàcilment identificable amb la finalitat d'evitar tota confusió.

- Quan els òrgans de comandament són nombrosos, la seva disposició ha d'assegurar una maniobra segura, unívoca i ràpida. Aquesta disposició pot fer-se, com per als signes, per agrupament segons les funcions en els processos, les seqüències d'utilització, etc.

- Els òrgans de comandament crítics han d'estar protegits contra tota maniobra no intencionada.

1.2. Disseny de l'entorn de treball

L'entorn de treball s'ha de dissenyar i mantenir de tal manera que les condicions físiques, químiques i biològiques no tinguin una influència nociva sobre les persones, sinó que preservin la seva salut i la seva capacitat de treball. Així doncs, cal tenir en compte tant els fenòmens objectivament mesurables com les apreciacions subjectives.

a) En funció del sistema de treball, és necessari tenir en compte els punts següents:
- Les dimensions del local de treball (espai general, espai de treball i espai d'evolució) han de ser adequades.

- La renovació de l'aire s'ha d'ajustar tenint en compte alguns factors, per exemple:
  - nombre de persones al local

  - intensitat del treball físic efectuat

  - dimensions del local (tenint en compte els mitjans de treball)

  - extracció dels contaminants en el local

  - instal·lacions consumidores d'oxigen

  - condicions tèrmiques

b) L'ambient tèrmic del lloc de treball ha d'adaptar-se a les condicions climàtiques locals. Cal parar esment especialment als aspectes següents:
- la temperatura de l'aire

- la humitat de l'aire

- la velocitat de l'aire

– la radiació tèrmica

– la intensitat del treball físic efectuat

– les propietats de la roba, de les peces de treball i de les peces de protecció particulars

c) La il·luminació ha d'assegurar, segons cada activitat, una percepció visual òptima. S'han de tenir en compte, molt especialment, els factors següents:

– nivell d'intensitat

– color

– distribució de la llum

– absència d'enlluernament i de reflexos molestos

– contrastos

– edat dels operaris

d) Per a l'elecció dels colors del local i dels mitjans de treball, s'han de tenir en compte els seus efectes sobre el repartiment de luminàncies, sobre l'estructura i la qualitat de l'espai visual, així com la percepció dels colors de seguretat.

e) En l'ambient sonor de treball s'han d'evitar els efectes nocius o incòmodes del soroll. Per això cal fixar-se especialment en els de fonts exteriors. Sobretot, cal fer especial atenció als factors següents:

– nivell sonor

– espectre de freqüències

– repartiment cronològic

– percepció dels senyals acústics

– intel·ligència de la paraula

A més, les vibracions i els xocs mecànics transmesos a l'home no han d'assolir nivells que comportin danys corporals, reaccions psicopatològiques o pertorbacions sensorials motrius. Cal evitar l'exposició dels treballadors a matèries perilloses i radiacions nocives. En cas de treballs a l'exterior, s'han de proporcionar mitjans apropiats de protecció de la intempèrie.

1.3. Disseny dels processos de treball

Els processos de treball han d'estar dissenyats de manera que garanteixin la salut i la seguretat dels treballadors, han de contribuir al seu benestar i a afavorir la realització de les seves tasques, així com a evitar en particular sol·licitacions massa grans o massa petites. Aquestes sol·licitacions es produeixen quan l'ús dels processos fisiològics o psicològics depassa els límits superior o inferior del seu marge de funcionament satisfactori.

Una situació en què les exigències sensorials són molt altes produeix fatiga. No obstant això, si gairebé no hi ha requeriments sensorials, es tradueix en un descens de la vigilància (atenció).

Les sol·licitacions físiques i psicosensorials depenen no solament dels factors considerats als apartats anteriors, sinó també del contingut i de la repetició de les operacions, així com de l'autonomia del treballador en el procés de treball. S'ha de tenir en compte la implantació d'una o diverses de les mesures següents, susceptibles d'influir sobre les característiques del procés de treball:

- L'execució per part d'un mateix treballador de diverses tasques successives pertanyents a una mateixa funció, en lloc que siguin efectuades per treballadors diferents (ampliació de les tasques).

- L'execució per part d'un mateix treballador de tasques pertanyents a funcions diferents, en lloc que siguin efectuades per treballadors diferents; per exemple, operacions de muntatge, seguides del control immediat de la qualitat del treball, per part de l'autor del muntatge i reparació dels possibles defectes (enriquiment de la tasca).

- El canvi d'activitat com, per exemple, la rotació voluntària dels treballadors en els diferents llocs d'una cadena de muntatge o en el si d'un equip autònom.

- Les pauses, que poden ser lliures o organitzades.

La implantació d'aquestes mesures ha de tenir present els factors següents:

- les variacions de la vigilància i de la capacitat de treball segons les diferents hores del dia i de la nit

- les diferències de capacitat de treball segons els individus i l'edat

- la necessitat del desenvolupament personal

Com podem apreciar, l'ergonomia gira al voltant de la persona i de tots els altres elements, que tant en la vida professional com en la familiar i la d'oci s'han d'adequar a la persona.

En l'àmbit laboral, l'apartat 1.d de l'article 15 («Principis de l'acció preventiva») de la Llei de prevenció de riscos laborals de 1995 dona indicacions sobre les accions que l'empresari hauria d'implantar que, si bé no s'especifiquen com a ergonomia, són pròpies d'aquesta:

> «Adaptar la feina a la persona, en particular pel que fa a la concepció dels llocs de treball, així com a l'elecció dels equips i els mètodes de treball i de producció, amb vista, en particular, a atenuar el treball monòton i repetitiu i a reduir els efectes d'aquest en la salut».

Relació màquines-persones

D'una banda, les màquines són estables en el seu disseny i dimensions i en la seva activitat; de l'altra, les persones són diferents en la seva antropometria, fisiologia, etc. Així doncs, cal adequar tots els elements que s'utilitzen a les persones, que seran el nostre primer motiu d'estudi.

En síntesi, s'han de tenir en compte els components següents del sistema de treball:

Component	Àrea de disseny	Consideracions/limitacions
Operador humà	Característiques físiques, capacitats, etc.	Mesures corporals, força, capacitat de treball, postures, cansament
	Informació, recepció i processament	Sentits (visió, oïda, etc.) atenció, memòria, etc.
	Característiques individuals i socials	Edat, sexe, antecedents, ètnia Habilitat, entrenament Motivació, satisfacció i interès per la feina Avorriment, actituds
Mètodes operatius	Funcionament lliure d'errors	Procediments operatius estàndard Instruccions, manuals, símbols, etc.
Entorn físic	Funcionament segur	Temperatura, soroll, il·luminació, vibració, atmosfera i ventilació
Organització	Organització personal/producció	Horari de treball/descans Ritme, cicle de treball,torns de treball Contingut de la feina, interès, satisfacció Responsabilitat Interacció social, etc.

Components de l'àrea de disseny, consideracions i limitacions

2. Procediments d'aplicació ergonòmica

A continuació, es descriu un procediment que té l'objectiu de definir un model d'actuació de la metodologia i sistemàtica que ha de seguir un tècnic especialista en ergonomia. L'aplicació d'aquest model està prevista en aquelles empreses que necessitin un estudi de l'especialitat d'ergonomia.

2.1. Programa d'actuació

L'organització en PRL de les empreses depèn del seu àmbit, mida, risc, etc., i l'ergònom ha d'adaptar-s'hi. Per tant, la seva seqüència d'actuació serà la següent:

- Organització

- Reunió amb l'empresa per establir els objectius en ergonomia
  - Conèixer l'organització i el grau d'implementació de la prevenció integrada.

  - Especificar els recursos humans dels quals disposarem (personal designat).

- Avaluació dels riscos ergonòmics
  - Emplenar l'avaluació inicial de riscos que tingui l'empresa amb els riscos ergonòmics.

  - Coneguts els llocs amb possibles riscos ergonòmics, analitzar-los mitjançant el mètode d'OSHA[1].

  - Proporcionar a l'empresa una primera informació sobre els problemes ergonòmics detectats als diferents llocs de treball.

  - Prioritzar l'ordre dels estudis en funció del risc detectat en cada lloc de treball. Aquesta priorització es comunicarà a l'empresa i servirà per a la planificació de l'activitat preventiva en ergonomia.

En cas que es requereixi un estudi ergonòmic, s'haurà de realitzar segons el problema detectat.

(1)Occupational Safety and Health Administration.

Nota

En un procés (per exemple, una cadena de muntatge) hi pot haver llocs que són prioritaris i d'altres que no ho són. S'analitzen els processos globalment, no els llocs, ja que les modificacions d'uns influeixen en els altres.

Per realitzar estudis ergonòmics de llocs de treball, és necessari recollir una sèrie de dades relatives a les persones, al lloc i al conjunt de tots dos elements per, després, procedir a analitzar-los.

a) Recollida de dades sobre les persones i els llocs o processos

- **Persones**. És fonamental conèixer les mides antropomètriques de les persones que ocupen o poden ocupar els llocs de treball. Si l'empresa no disposa d'aquesta dada, s'ha de passar al personal afectat un qüestionari en el qual, entre altres dades, com el lloc de treball, l'activitat, etc., se sol·liciti l'altura, el pes i les parts del cos on es pateixen molèsties.

Mètode de treball

Amb el paràmetre d'altura, es calcula la mitjana, la desviació típica i els percentils 5 i 95, suposant una distribució normal. Coneguda la mida a la qual corresponen aquests percentils, i entrant en taules antropomètriques, es poden obtenir, d'una manera aproximada, les mides antropomètriques de les persones. L'aproximació serà en centímetres: donada l'elasticitat del cos humà, no té sentit fer aquesta aproximació en mil·límetres.

- Lloc de treball o procés
  - Obtenir la descripció del procés i les tasques que es realitzen al lloc de treball.
  - Fer croquis o sol·licitar plànols de les vistes frontal i vertical, amb totes les mides, inclosos tots els elements que l'operari ha de visualitzar o manipular.
  - Obtenir dades de pesos i càrregues que l'operari ha de manipular o transportar.
  - Mesurar, amb els instruments adequats en cada cas, els esforços que l'operari ha de realitzar.
- Conjunt persona-procés
  - Realitzar diagrames de processos i tasques indicant totes aquelles circumstàncies que siguin necessàries a l'apartat d'observacions.

b) Avaluació de les dades obtingudes

- **Postures forçades**. A partir de fotografies fetes en diferents moments, es pot valorar aquest risc (inclinacions, rotacions, desviacions, etc.). L'avaluació, i el possible redisseny del posicionament, es farà mitjançant un diagrama unifilar, en el qual s'han de dibuixar a la mateixa escala persones i llocs. Igualment es pot utilitzar la norma ISO 11226, el mètode REBA o el mètode OWAS.

- **Transport manual de càrregues**. Tot i que aquest tema podria analitzar-se dins del de manipulació manual de càrregues, és millor tractar-lo per separat. Per estudiar-lo ens basarem en la norma ISO 112281.

- **Manipulació manual de càrregues**. S'aplicarà el mètode ISO 112281 basat en l'equació NIOSH. En el cas específic de personal sanitari es farà servir la norma ISO/NP TR 12296, basada en el mètode MAPO.

- **Moviments repetitius**. Per estudiar aquest aspecte utilitzarem la norma UNE-EN 10055 o el mètode OCRA (ISO 112283).

- **Ergonomia ambiental**. S'analitzarà el confort acústic, tèrmic i lluminós i la qualitat d'aire interior (tenint en compte l'edat dels operaris).

Nota

Hem de diferenciar entre ergonomia ambiental i higiene industrial, ja que són àmbits que pràcticament toquen els mateixos temes, però amb enfocaments diferents.

2.2. Disseny de llocs de treball

Per al disseny de llocs de treball, sigui en la fase de projecte o com a conseqüència d'un redisseny correctiu, s'han de tenir presents una sèrie de conceptes que analitzarem a continuació.

2.2.1. Postura

La postura és l'element que s'ha de definir en primer lloc, encara que sigui des del punt de vista teòric com a hipòtesi de partida, ja que la resta d'elements materials del lloc s'hi defineixen en relació.

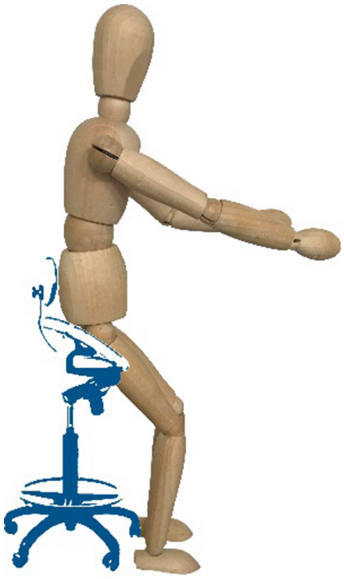
Com ja hem comentat, sempre que sigui possible i compatible amb la tasca que s'ha de desenvolupar, és preferible la postura asseguda que la postura dreta. També es pot pensar a facilitar l'alternança de postures, quan una tasca exigeixi preferentment treballar dret (pensem en llocs amb cadenes de muntatge o control de qualitat, per exemple). En aquest sentit, els tamborets alts permeten recolzar els glutis i aguantar el tronc, de manera que es redueix la fatiga de cames i genolls i es facilita una ràpida adopció de postura dempeus.

Tipus de suports

Hi ha diversos tipus de suports que permeten a l'operari relaxar la tensió de les cames i passar a posició dreta en un petit moviment d'incorporació:

- Tamboret alt en posició assegut per a plànols de treball alts i temps de feina llargs en feines de laboratori, delineació, atenció rere un mostrador, etc.

- Tamboret alt en posició dreta semiassegut per a plans de treball alts i un temps d'estada mitjà, com punts de cobrament en caixa, etc.



- Suport de natges per a feines en posició dreta, amb suport opcional, per a plans de treball alts i estada curta. Aquests són suports que permeten alternar ràpidament ambdues postures i són compatibles amb un treball dinàmic. Aquest seria el cas, per exemple, d'una taula de manufactura en posició dempeus i amb temps d'espera entre cicles.

Per decidir la postura adequada a cada lloc de treball, pot ser útil recórrer al diagrama següent:

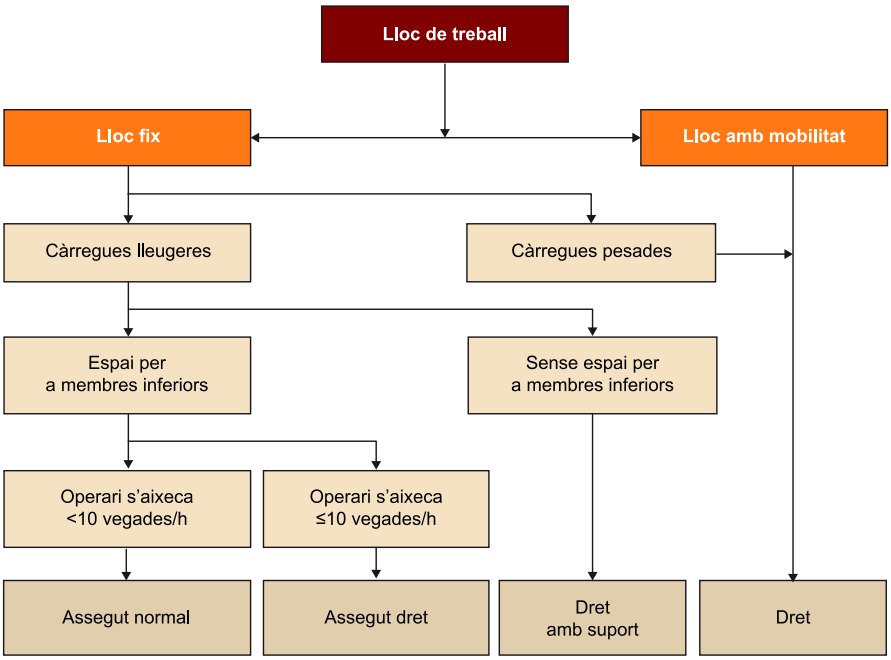


Diagrama de decisió per seleccionar la postura (dreta/asseguda)

Abast visual

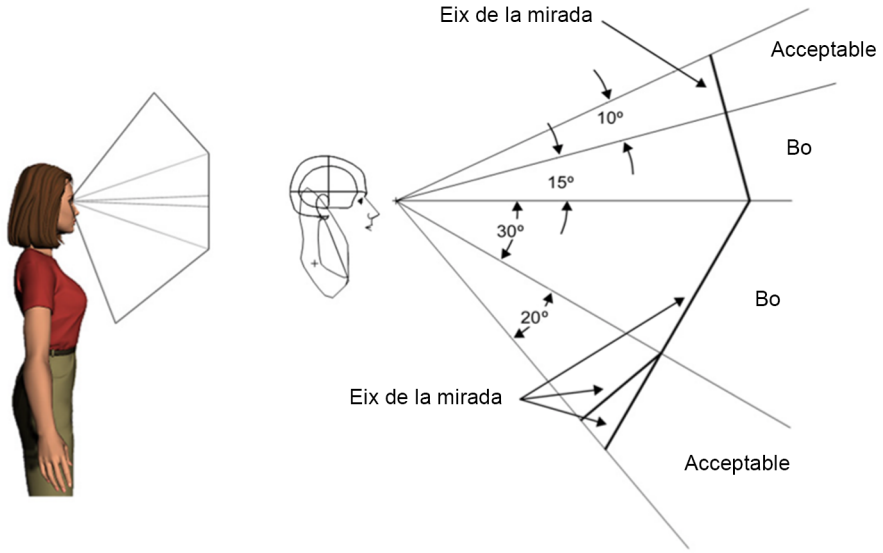
L'abast visual és la modalitat de resposta a l'exigència visual de la tasca i es defineix com la direcció de la mirada i la distància visual ull-tasca, que haurà de ser més reduïda com més fi sigui el detall.

L'abast visual és important per les repercussions que té. Pot comportar postures forçades de cap, coll i cos i generar inclinacions o rotacions negatives si no es té en compte la seva interacció amb els esforços o l'**abast manual**.

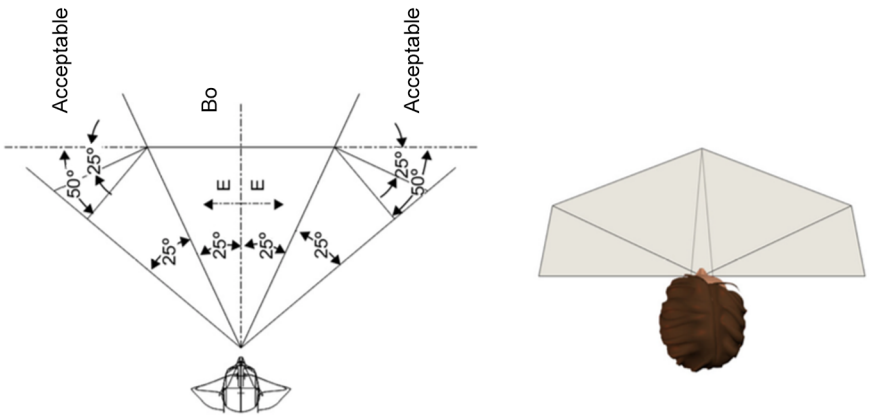
Angles de visió

Els límits angulars de la visió van en funció del desplaçament del globus ocular i el nostre camp de visió:

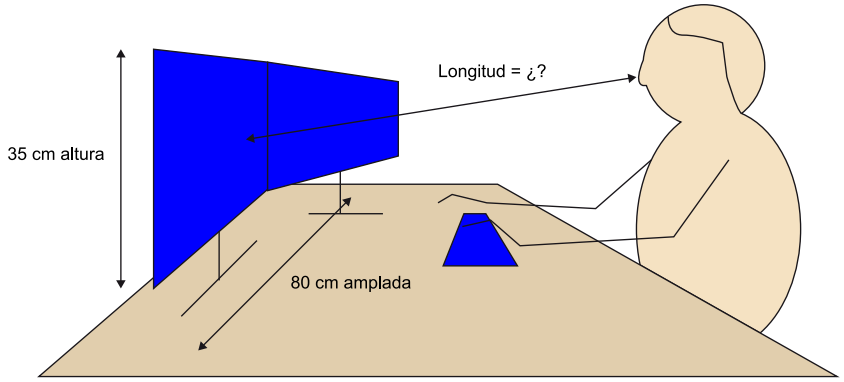
- En el pla sagital (vertical), el camp es considera satisfactori en els límits d'entre +15º i 30º pel que fa a la paral·lela del terra.



- En el pla horitzontal, el camp visual es considera satisfactori en els límits de 25º a la dreta i 25º a l'esquerra de l'eix que passa pel nas.



Exemple. Càlcul de la distància mínima enfront de la pantalla

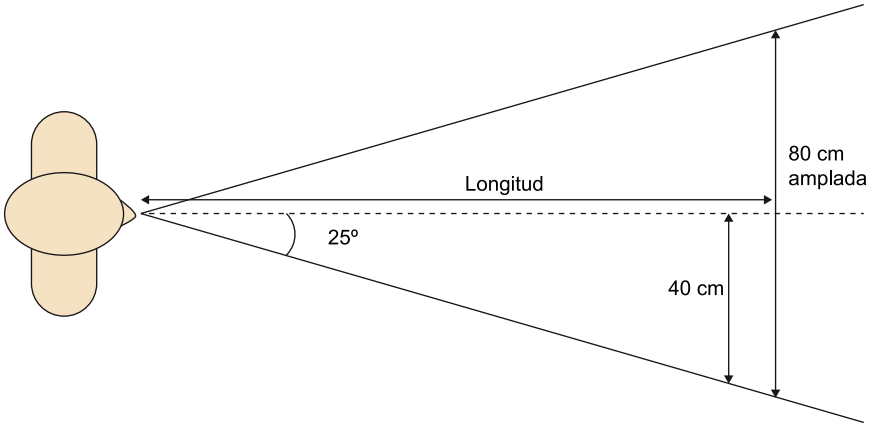


Es pretén calcular la distància mínima que s'hauria de respectar en aquest lloc de treball tenint en compte que l'amplada de les dues pantalles davant l'operari és de 80 cm i l'altura d'aquestes és de 35 cm. Cal tenir en compte que l'altura dels ulls de l'operari arriba a la part superior de les pantalles i que es pretén tenir un angle de visió satisfactori tant en el pla horitzontal com en el sagital.

Per al pla horitzontal, tenim una amplada de 80 cm, equivalent al catet oposat d'un triangle rectangle de 40 cm. Si apliquem trigonometria tenim:

tan(25) = 40 cm / longitud

Longitud = 40 cm / tan(25) = 86 cm



Per al pla sagital, tenim una altura de 35 cm. Aplicant el mateix principi de trigonometria, tenim:

tan(15) = 35 cm / longitud

Longitud = 35 cm / tan(15) = 61 cm

Per tant, tenint en compte que s'han de respectar els angles de visió en els dos plans, l'única distància que satisfà tots dos criteris és 86 cm.

Abast manual

L'abast manual s'ha de calcular assegurant el confort de les articulacions entre els diferents segments dels membres; ha de ser compatible amb la dispersió de les mides antropomètriques dels operaris.

Abast fora del pla de confort de l'operari

Esforços que s'exerceixen

En aquest aspecte s'han de tenir en compte tant els esforços realitzats per a la transformació del producte com els realitzats durant operacions de càrrega, descàrrega, aprovisionament o evacuació de peces d'un lloc.

Segons el tipus d'esforç i la freqüència amb què es realitza, les exigències energètiques poden variar molt.

A més, hem de tenir present que un esforç molt intens que s'ha de fer en la postura normalment prevista per a l'execució del conjunt de la tasca condueix l'operari a buscar una postura més ben adaptada a l'esforç i a donar-li prioritat, fet que altera el confort postural inicialment previst.

2.2.2. Ambient que envolta el lloc de treball

L'ambient que envolta el lloc de treball té una gran influència en la persona que l'ocupa. El soroll, independentment que tingui o no valors nocius, pot originar interferències amb senyals o amb la mateixa feina. La il·luminació pot ser font de lluentors, contrastos o reflexos que produeixin molèsties a les persones que treballen. L'existència d'una temperatura inadequada pot produir desconfort tèrmic entre els integrants d'un lloc de treball. Els contaminants químics, fums, boires, vapors, pólvores, encara que no assoleixin valors tòxics, generen molèsties en els llocs de treball en què es reben, independentment que es generin en un altre lloc.

2.3. Antropometria

Entre els elements més importants per a l'ergonomia, destaquen els que ens aporten dues disciplines fonamentals per a l'ergònom, l'antropometria i la biomecànica.

L'antropometria és la ciència que estudia les dimensions de l'ésser humà i la seva informació és molt útil per a moltes altres disciplines, com la fabricació de roba esportiva, el disseny de maquinària o eines...

La importància que tenen per a l'ergònom les dades antropomètriques és bàsica, ja que el principal objectiu de l'ergonomia és l'estudi de l'adaptació del lloc de treball a les persones.

Unes sabates incòmodes ens fan mal als peus, ens irriten i provoquen mal humor i, al final, acabem llençant-les. Un lloc de treball incòmode minva la productivitat i la qualitat de la feina i provoca mal humor, però no és tan senzill abandonar-lo com les sabates. Fins i tot, en moltes ocasions, no som conscients del mal disseny d'un lloc de treball i suportem dia a dia els seus defectes, que solen estar emmascarats per dolors cervicals, d'esquena, cap, espatlles, varius, accidents, baixa productivitat, mala qualitat del producte o absentisme sense explicació.

El principi de l'ergonomia és adaptar l'activitat a les capacitats i limitacions dels usuaris, i no al revés.

2.3.1. Informació antropomètrica

Per fer un disseny antropomètric adequat hem de saber primer per a qui el fem o a qui va dirigit:

- per a una persona específica
- per a un grup de persones
- per a una població molt nombrosa

Dissenyar per a una persona

Dissenyar per a una persona específica és com fer un vestit a mida. S'ha d'actuar com un sastre o una modista. Ergonòmicament parlant és la millor de les opcions, però també la més cara.

Dissenyar per a un grup poc nombrós

Quan es dissenya per a un grup de persones cal tenir en compte els tres principis següents:

- principi de disseny per a extrems
- principi de disseny per a un interval ajustable
- principi de disseny per a la mitjana

Principi de disseny per a extrems

Si hem de dissenyar, per exemple, una taula per a un grup de deu persones, a l'hora de calcular la profunditat del tauler, l'ideal serà escollir com a mida l'abast del braç del treballador que el tingui més petit (Amàx.B), sempre que no ofereixi un valor tan petit que posi en crisi el disseny o provoqui incomoditats a la resta de treballadors; en aquest cas caldria buscar solucions alternatives: una altra taula adaptada per a ell o recol·locar-lo.

No obstant això, si el que pretenem és dissenyar l'amplada d'una cadira, haurem de buscar el valor màxim de l'amplada de malucs (Ac) perquè tothom tingui la possibilitat d'utilitzar-la.

Les preguntes que hem de respondre per saber si dissenyar per a màxims o per a mínims són: qui tindrà dificultats per accedir al lloc, o per asseure's en una cadira o passar per un lloc estret?

Principi de disseny per a un interval ajustable

Aquest és el cas, per exemple, d'una cadira d'un lloc d'oficines, una butaca de dentista, de perruqueria o de conductor. En tots aquests casos, el nombre de persones que poden accedir-hi és tan variat que ha de preveure's en el disseny la possibilitat d'ajust. Aquest és el disseny ideal, ja que el treballador ajusta l'objecte a la seva mida, tot i que també és el més car pel mecanisme d'ajust.

En aquest cas, el problema resideix a decidir els límits de l'interval d'ajust. En el cas anterior d'un grup de deu persones, l'altura es regularia en un interval que comprendria l'altura poplítia (Ap) inferior i superior, de manera que tothom podria ajustar el seient a les seves necessitats.

Principi de disseny per a la mitjana

La mitjana, per norma general, és enganyosa, i més en ergonomia. Suposem que l'amplada de malucs de cinc persones és de 35, 37, 39, 42, 45 cm, amb una mitjana de 40 cm. Si dissenyem l'amplada de la cadira amb la mitjana, estaríem limitant l'ús de la cadira a tres de les cinc persones. És a dir, les dues persones que tenen un ample de malucs de 42 i 45 cm no cabran a la cadira; això vol dir que el 40% de les persones no podrien seure-hi.

El disseny per a la mitjana només s'utilitza en comptades ocasions, quan la precisió del mesurament té poca importància, la seva freqüència d'ús és molt baixa i qualsevol altra solució és molt costosa o molt cara.

Dissenyar per a una població molt nombrosa

Per determinar la mostra mínima estadísticament fiable, haurem d'utilitzar l'expressió següent:

Desviació estàndard

Cal tenir en compte que, per fer anàlisis estadístiques, es pot agafar una petita mostra representativa de tota la població (quan es tracta de poblacions molt grans) o es pot optar per tots els seus membres (poblacions petites). En el primer cas, quan es tracta d'una mostra, es parla de desviació estàndard SD (σ) i de la mitjana (μ) com a estimacions i en el denominador de la SD s'utilitza (n-1) (=DESVESTP a Excel).

No obstant això, quan coneixem les dades de tota la població, no s'utilitza SD (s), sinó que el denominador del càlcul es fa amb (n) (= DESVESTP a Excel):

- La desviació estàndard per a una mostra es calcula d'aquesta manera:

$$\sigma = \frac{\sum (x - \overline{x})^2}{n - 1} \qquad 1.1$$

- La desviació estàndard per a un petit grup on es disposa de dades de tothom es calcula de la manera següent:

$$s = \frac{\sum (x - \overline{x})^2}{n} \qquad 1.2$$

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{i^2} \qquad 1.3$$

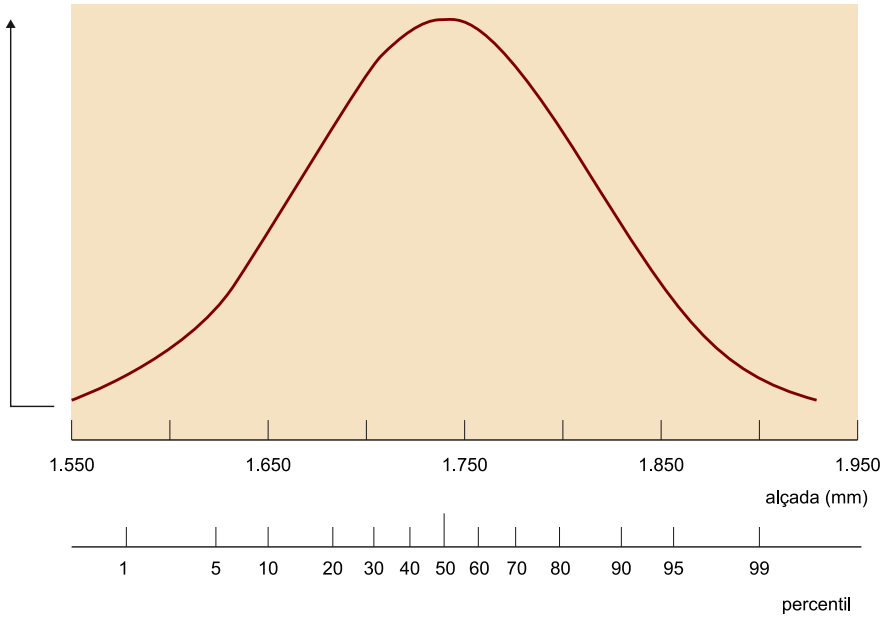
Lectura de la fórmula

Z: nivell de confiança. Un nivell de confiança del 95% (α = 0,05 contrast bilateral) correspon a Z = 1,96. Un nivell de confiança del 99% correspon a Z = 2,57, però la mida de la mostra augmenta considerablement.

σ: desviació estàndard. Per conèixer aquesta variable haurem d'utilitzar dades bibliogràfiques o bé fer un càlcul amb una petita mostra poblacional escollida a l'atzar.

n: error admès o precisió. Si el marge d'error que volem és del 5%, posarem e = 0,05. Si l'error admès per al disseny de l'amplada d'una cadira és de 5 cm, posarem $e = 5$. Tot i això, el mètode més acceptat és utilitzar un valor equivalent a la meitat de l'interval de confiança: $e = 1/2 \cdot Z \cdot (\sigma / \sqrt{n})$, en què n és la mida de la nostra mostra pilot.

Les dades antropomètriques segueixen una distribució normal (corba de Gauss). Per tant, coneixent la mitjana i la desviació estàndard de cada dimensió de la població, podem fer aquests càlculs:



Una vegada coneguda la mostra representativa i analitzades les dades, obtindrem per a cada dimensió un valor mitjà (μ) i la seva desviació estàndard (σ).

Per al disseny antropomètric, seguirem els mateixos criteris que per a poblacions petites (interval ajustable o disseny per a extrems), però en aquest cas utilitzant percentils:

- Per al disseny en un interval ajustable, en lloc d'utilitzar un interval entre el mínim i el màxim, utilitzarem el rang entre els valors de P5 i el P95.

- En el disseny per a extrems, seleccionarem el P5 o el P95 segons si volem dissenyar per a mínims o per a màxims.

Per al càlcul dels percentils utilitzarem l'expressió següent:

$$P = \mu \pm Z \times \sigma \qquad 1.4$$

Lectura de la fórmula

Z és un valor estadístic del percentil. Per cobrir el 95% de la població $Z = 1{,}645$ (contrast unilateral).

2.3.2. Taules i mesures antropomètriques

Quan es dissenya per a una població molt nombrosa, la cosa es complica, ja que és impossible prendre les mides de tothom, per la qual cosa hem de seleccionar una mostra representativa i fer cas de l'estadística.

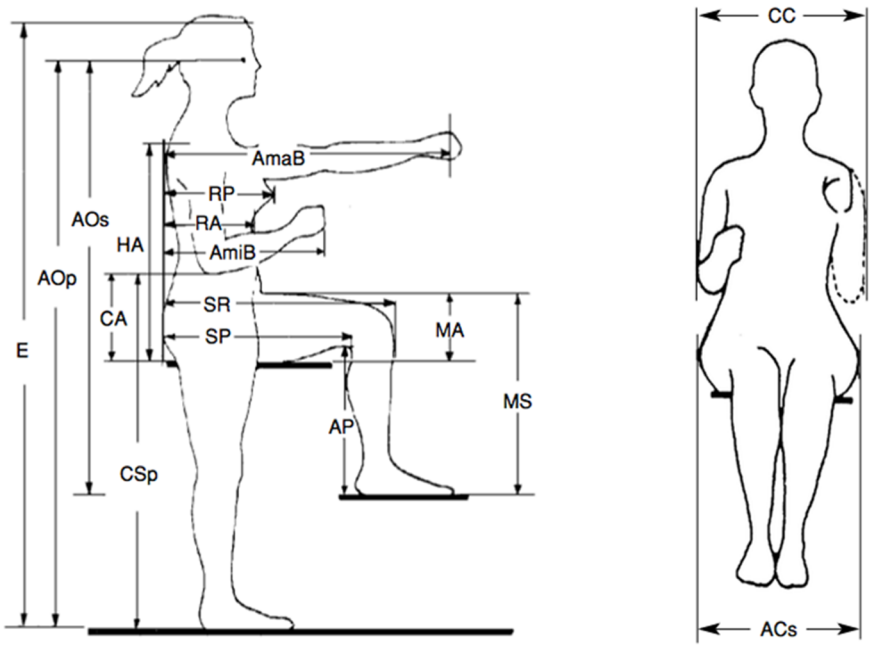
En cas de no poder prendre mides de la mostra de població objecte del disseny, podem utilitzar les taules antropomètriques de la població laboral espanyola publicades (Carmona Benjumea, 2001).

Un toc d'atenció

S'ha d'anar amb compte amb les taules antropomètriques, ja que hi ha notables diferències entre poblacions (entre països, ètnies, fins i tot entre regions d'un mateix país) a causa de raons genètiques, alimentàries, climàtiques, etc.

Cal considerar que les dades disponibles constitueixen una primera aproximació i no són dades d'alta precisió.

Una relació de mesures antropomètriques completa i de gran utilitat per al disseny de llocs de treball és la següent:



Font: **P. R. Mondelo; E. Gregori; J. Blasco; P. Barrau** (1999). *Ergonomía 3. Diseño de puesto de trabajo* (3a. ed.). Barcelona: Edicions UPC.

Llegenda

AP: altura poplítia

SP: distancia sacre-poplítia

SR: distancia sacre-ròtula

MA: altura cuixa-seient

MS: altura cuixa-terra

CA: altura colze-seient

AmínB: abast mínim del braç cap endavant amb agafada

AmàxB: abast màxim del braç cap endavant amb agafada

AOs: altura seient-ulls

Acs: ample de malucs

CC: ample colze-colze

CSp: altura colze-terra, dempeus

Aop: altura ulls-terra, dempeus

E: alçada

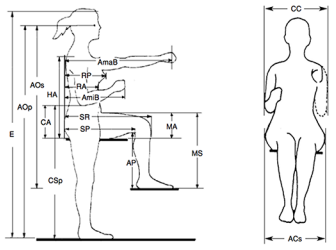
RP: amplada pit-respatller

RA: amplada abdomen-respatller

2.3.3. Exemple d'aplicació

Suposem que hem de determinar les dimensions d'una cadira de treball d'altura fixa que hauria de poder ser utilitzada per tots els treballadors d'una empresa. El que es pretén obtenir és l'amplada i l'altura d'aquesta cadira, a fi que hi pugui cabre una persona amb folgança (tenint en compte la roba) i que els peus no pengin per evitar compressió a la zona poplítia.

El disseny que hem d'adoptar és el següent:



- **Altura del seient**. Disseny per a extrems, escollint l'altura poplítia (Ap) mínima. Tenint en compte que el disseny està enfocat a una població molt gran, escollirem el percentil P5.

- **Amplada del seient**. Disseny per a extrems, escollint l'amplada de malucs (ACs) màxima, en aquest cas el P95 + folgança suficient per a la roba.

Càlcul de la mida de la mostra

En aquest cas, la grandària de la població que cal estudiar fa imprescindible escollir una mostra. Per començar, i atès que les dades bibliogràfiques antropomètriques espanyoles més recents són de l'any 1999 (i no tenen per què coincidir amb la nostra població objecte d'estudi), decidim fer el nostre propi estudi. Escollim una mostra aleatòria de cent treballadors (homes i dones de totes les edats i condicions) als quals realitzem mesuraments de l'ample de malucs (ACs) i l'altura poplítia (AP), i obtenim la taula de resultats següent:

Variable	ACs (cm)	AP (cm)
Mín.	30,00	35,00
Màx.	60,00	55,00

Variable	ACs (cm)	AP (cm)
Mitjana	44,50	43,00
Mitjana (μ)	44,00	44,30
SD (σ)	8,30	6,00

Per calcular la mida de la mostra mínima amb una confiança del 95% (α = .05) correspon a un Z = 1,96, utilitzarem l'expressió següent, en què el valor de precisió (i) utilitzat serà d'1 cm.

$$n = \frac{Z^2\sigma^2}{i^2} \qquad 1.5$$

Això ens ofereix la taula de dades següent:

Variable	ACs (cm)	AP (cm)
Z (97,5%)	1,96	1,96
SD (σ)	8,30	6,00
e (error)	1,00	1,00
n (pilot)	100,00	100,00
n (calculada)	265,00	138,00

Per tant, la mostra mínima que ens garanteix una fiabilitat del 95% i un error de ± 1 cm és de 265 individus agafats a l'atzar.

Mesuraments antropomètrics i disseny final

Una vegada analitzats 265 individus de la mostra, obtenim aquesta taula de resultats i percentils:

Variable	ACs (cm)	AP (cm)
Min.	30,00	35,00
Màx.	60,00	55,00
Mitjana (μ)	44,00	44,30
SD (σ)	44,00	44,30
P5	30,30	34,50
P95	57,70	54,20

El disseny que hem d'adoptar és el següent:

- **Altura de la cadira**. Escollirem el percentil P5 de l'AP que es correspon amb una altura de 34,5 cm, al qual li hauríem d'afegir la folgança relativa al gruix de la sola de les sabates, uns 2 cm, per la qual cosa l'altura final que s'utilitzarà serà de 36,5 cm.

- **Amplada de la cadira**. Escollirem l'ACs màxima, en aquest cas el P95 es correspon amb un valor de 57,7 cm, al qual haurem de sumar-hi la folgança corresponent a la roba, uns 2 cm, i queda una amplada mínima de 59,7 cm.

Per tant, les dimensions de la cadira que s'ajustaran a la majoria (al 95%) de la plantilla de l'empresa tindran una altura de 36,5 cm i una amplada de 59,7 cm.

2.4. Biomecànica

La biomecànica és l'aplicació dels principis mecànics a les persones, tant en moviment com en repòs. És la disciplina que unifica la mecànica[2] amb l'anatomia i la fisiologia.

(2)Recordeu que la mecànica és l'estudi de les forces i els seus efectes.

L'estudi complet de forces present en un cos en moviment no es limitarà al sol aspecte biomecànic; s'ha de tenir en compte l'aspecte fisiològic, com la relació entre la tensió i la longitud en el si dels músculs i els mecanismes de control neuromotor. L'aparell sensorial desenvolupa un paper de retracció molt important en un funcionament neuromuscular adequat. No obstant això, nosaltres solament tindrem present l'aspecte mecànic del moviment del cos humà.

La **mecànica** sol dividir-se en dues parts:

- L'**estàtica** estudia el cos en equilibri (en repòs o en moviment rectilini uniforme). Aquest estat resulta de l'anul·lació de les forces que actuen sobre els cossos.

- La **dinàmica** s'interessa pels cossos en moviment; al seu torn, comprèn la cinemàtica i la cinètica.
  - La **cinemàtica** (ciència del moviment) tracta les relacions entre desplaçaments, velocitat i acceleració dels moviments de translació i de rotació. Descriu els moviments sense tenir en compte les forces que els causen.

  - La **cinètica** té per objecte els cossos en moviment i les forces que el causen.

En **anatomia**, un examen ràpid del sistema muscular permet constatar que les fibres musculars no estan disposades totes de la mateixa manera. L'estructura interna dels músculs determina la força que poden produir, així com la distàn-

cia sobre la qual poden contreure's. El resultat d'una contracció muscular depèn, també, dels punts d'unió del múscul amb l'esquelet. L'angle amb què un múscul exerceix una tracció sobre una palanca òssia permet establir els components de rotació i adaptació. La distància entre el punt en què el múscul està unit a un os i l'eix articular determina el moment de força que pot produir-se.

Quan diversos músculs actuen sobre un mateix os, el resultat final depèn de les suma dels seus angles de tracció i de la posició pel que fa a l'eix articular de cadascun d'ells.

Les resistències oposades a les forces desenvolupades pels músculs, els ossos i les articulacions poden provenir de múltiples fonts, com la força de la gravetat, l'aigua, les friccions o les estructures fixes; una resistència pot ser també manual.

L'angle de la línia d'aplicació d'una resistència, o càrrega, i la distància entre aquesta càrrega i l'eix de palanca determinen l'eficàcia de la càrrega. La gravetat és la càrrega més comuna que s'exerceix sobre el cos segons una direcció constant.

Quan es vol determinar l'efecte de la gravetat, s'ha de prendre en consideració el pes i la posició de la resistència externa, el mateix que al segment corporal afectat.

2.4.1. Forces

Un dels conceptes bàsics en mecànica és la força, que es pot representar com el resultat de la interacció (sigui per distància o per contacte) entre dos cossos.

Exemple

El pes d'un cos representa una interacció per distància.

La força exercida per una taula sobre un llibre que s'hi ha dipositat al damunt i la tensió d'una corda lligada sobre un cos representen interaccions per contacte.

En mecànica, les forces en joc poden ser d'origen extern o intern. Es troben exemples de les primeres, anomenades *càrregues*, en la força de la gravetat, l'acció muscular i la reacció del terra. Les segones, anomenades *reacció* o *molèsties*, són les forces que reaccionen a les càrregues.

Sigui quin sigui l'origen o la naturalesa d'una força, no s'obté la seva descripció completa pel sol coneixement del seu valor.

Exemple

Si s'aplica una força de 100 N sobre una taula, l'efecte és diferent segons s'apliqui cap avall o en direcció horitzontal.

Per tant, a més del seu valor, s'ha de conèixer la línia d'aplicació o la línia d'acció d'una força. Com que l'efecte és diferent segons s'empenyi o s'estiri, la direcció o el sentit de la línia d'acció també té una importància fonamental. Finalment, el punt d'aplicació de la força també és significatiu.

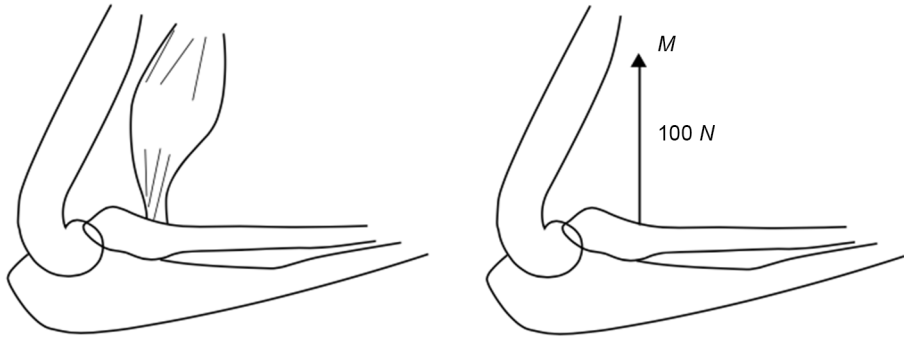
Tota força es caracteritza per quatre variables:

- magnitud
- direcció
- sentit
- punt d'aplicació

Exemple

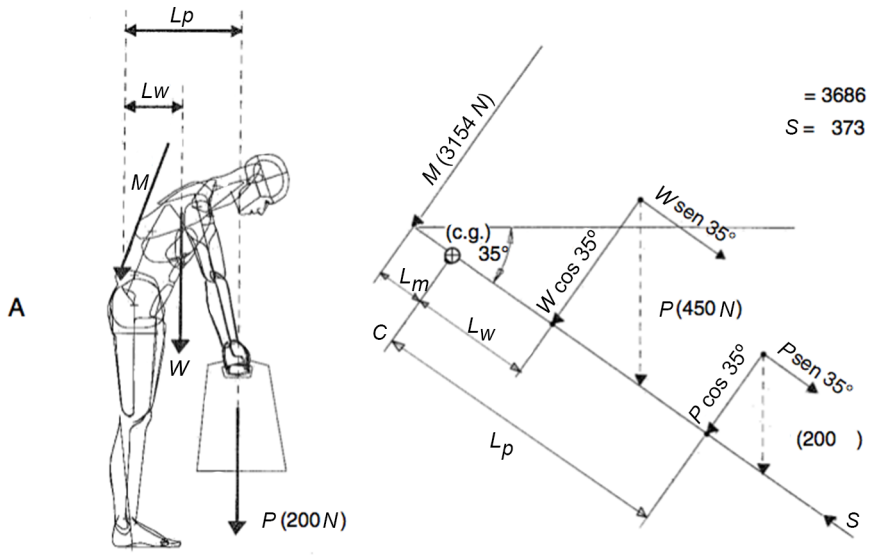
Per conèixer la força aplicada al braç, cal conèixer la seva magnitud, el punt d'aplicació (des d'on estira el múscul), direcció i sentit. Qualsevol variació en un d'aquests elements comporta un efecte diferent sobre el braç.

La força, per tant, és una magnitud **vectorial**, perquè per definir-la cal incloure el valor i el sentit. En mecànica, la forma més simple de traçar forces és utilitzant vectors, ja que es fa necessari representar els diferents tipus de forces per entendre el procés mecànic que es produeix. El mètode més senzill és utilitzar esquemes o diagrames de forces, on solament es representen els detalls més rellevants.



Exemple de vector que representa la força del bíceps.

Diagrama de forces d'un aixecament



Exemple de font biomecànica del sistema musculoesquelètic.Font: **R. Mondelo; E. Gregori; J. Blasco; P. Barrau** (1999). *Ergonomía 3. Diseño de puesto de trabajo* (3a. ed.). Barcelona: Edicions UPC.

Si analitzem la imatge anterior que representa les forces que actuen en un procés d'aixecament de càrrega (de 20,41 kg), realitzat per un home que pesa 70,65 kg, amb una inclinació de tronc de 35º, podem observar que hi ha tres forces que actuen a la columna vertebral i al nivell lumbosacre:

- L'exercida pel **pes del mateix cos**, en aquest cas, W = 450 N. Es pot aproximar que el pes del tronc suposa el 65% del pes corporal, per tant, la magnitud de força del tronc és: 70,65 × 0,65 × 9,8 = 450 N.

- La força produïda pel **pes de l'objecte manipulat**, P = 200 N. Obtingut de la seva massa per la gravetat: 20,41 × 9,8 = 200 N.

- La força produïda pels **músculs erectors de la columna** vertebral (M), la magnitud de la qual és desconeguda.

Cadascuna de les forces s'ha de tenir en compte respecte del moment de gir o braç de palanca ($W \times L_w$ i $P \times L_p$), originades respectivament per les forces W i P.

El braç de palanca de gir per al pes de l'objecte P (L_p) és de 40 cm, i el braç de palanca per al tronc W (L_w) és de 25 cm.

El moment d'equilibri entre les tres forces es produeix gràcies a la força erectora dels músculs de l'esquena, capaços de mantenir la postura d'aixecament. Això es produirà quan el moment de força $M \times L_m$ s'iguali amb els moments de les forces del tronc i la càrrega. Suposem un braç de palanca de L_m de 5 cm. El moment d'equilibri es produirà, per tant, quan el sumatori dels moments de les forces s'iguali, segons l'equació següent:

$$\sum M_C = 0 \qquad 1.6$$

$$M \times L_C = W \times \cos 35^\circ \times L_M + P \times \cos 35^\circ \times L_P \qquad 1.7$$

$$M \times 0{,}05 = 450 \times \cos 35^\circ \times 0{,}25 + 200 \times \cos 35^\circ \times 0{,}4 \qquad 1.8$$

$$M = 3.154\ N \qquad 1.9$$

Si el disc intervertebral està inclinat 35º, W i P es descomponen en un component de compressió de $W \cdot \cos 35^\circ$ i $P \cdot \cos 35^\circ$, respectivament.

La força de compressió C es calcula resolent l'equació d'equilibri:

$$\sum F_C = 0 \qquad 1.10$$

$$\sum F_x \rightarrow S = W \times \sin 35^\circ + P \times \sin 35^\circ \qquad 1.11$$

$$\sum F_y \rightarrow C = M + W \times \cos 35^\circ \times L_M + P \times \cos 35^\circ \times L_P \qquad 1.12$$

$$C = 3.154 + 450 \cdot \cos 35^\circ \times 0{,}25 + 200 \times \cos 35^\circ \times 0{,}40 \qquad 1.13$$

$$C = 3.686{,}5\ N \qquad 1.14$$

I la força de cisallament *S* es troba de la mateixa manera:

$$S = W \times \sin 35^\circ + P \times \sin 35^\circ \qquad 1.15$$

$$S = 450 \times \sin 35^\circ + 200 \times \sin 35^\circ \qquad 1.16$$

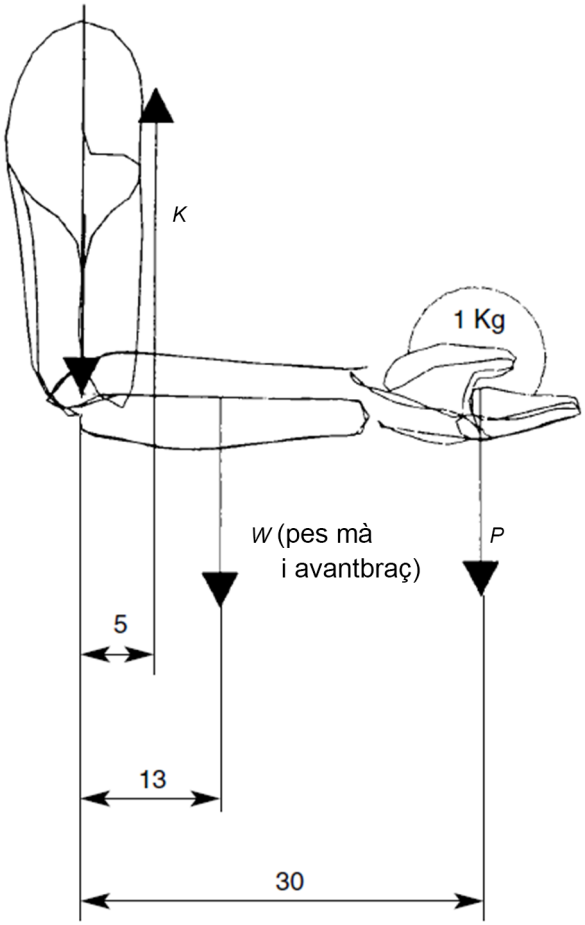
$$S = 372{,}9\ N \qquad 1.17$$

Si comparem la força de compressió del disc *C* = 3.686 N = 3,68 kN amb la força màxima de compressió proposada per NIOSH en 3,4 kN, podem observar que aquest aixecament genera forces de compressió lumbar per sobre del límit màxim proposat.

Aquest és un exemple laboriós que ens pot servir per veure la magnitud de les forces exercides durant un aixecament de càrregues.

Diagrama de forces per sustentar una càrrega

Podem representar l'aplicació d'una força per part de l'avantbraç per sustentar una bola d'1 kg:



Font: **R. Mondelo; E. Gregori; J. Blasco; P. Barrau** (1999). *Ergonomía 3. Diseño de puesto de trabajo* (3a. ed.). Barcelona: Edicions UPC.

Si volem calcular la força que hem de realitzar amb el braç (*K*) per sustentar aquesta càrrega, hem de realitzar el diagrama de cares (on les forces en sentit de les agulles del rellotge es consideren positives i les de sentit contrari negatives). Suposem que el pes està situat a 13 cm del colze i que la reacció *K* es produeix a 5 cm del colze.

Calcularem primer la força que hem d'exercir per mantenir l'avantbraç en posició de 90º sense subjectar cap pes $P = 0$ i $W = 20\ N$ (aproximadament l'avantbraç pesa 2 kg).

$$\sum M = 0 \qquad 1.18$$

$$W \times L_W - K \times L_K = 0 \qquad 1.19$$

$$20 \times 0{,}13 - K \times 0{,}05 = 0 \qquad 1.20$$

$$K = 52\ N \qquad 1.21$$

La reacció *J* es pot calcular mitjançant l'equació d'equilibri de forces:

$$\sum F = 0 \qquad 1.22$$

$$K - W - J = 0 \qquad 1.23$$

$$J = 52 - 20 = 32\ N \qquad 1.24$$

Les forces gravitacionals es consideren negatives i les de sentit contrari positives.

Ara suposem que la persona subjecta una massa d'1 kg que provoca una força de 10 N, obtenint el resultat següent:

$$W \times L_W + P \times L_P - K \times L_K = 0 \qquad 1.25$$

$$20 \times 0{,}13 + 10 \times 0{,}30 - K \times 0{,}05 = 0 \qquad 1.26$$

$$K = 112\ N \qquad 1.27$$

Generant ara una força de reacció de:

$$\sum F = 0 \qquad 1.28$$

$$K - W - J = 0 \qquad 1.29$$

$$J = 112 - 20 - 10 = 82\ N \qquad 1.30$$

Aquest és un bon exemple per veure com la sustentació d'una massa d'1 kg incrementa la força de reacció de l'articulació en 50 N (5 kg).

2.5. Límit de força recomanat per a la utilització de màquines

A continuació es presenta el mètode de determinació de les forces isomètriques màximes que es poden exercir amb els braços en determinades activitats. El mètode es basa en la norma UNE-EN 10055 sobre seguretat en màquines.

El mètode consta de tres passos senzills que desenvoluparem a continuació:

- Es determina la força isomètrica màxima que es pot exercir per a les accions significatives, per a la població treballadora.

- S'apliquen uns coeficients de correcció de la força màxima isomètrica, sobre la base de la velocitat, freqüència i durada de l'acció, obtenint així un valor de força que pot desenvolupar-se sense fatiga significativa.

- S'avalua el risc associat a l'aplicació d'aquesta força.

2.5.1. Determinació de la força màxima isomètrica

Per determinar la força màxima isomètrica s'empren valors de força màxima F_B ja calculats[3] representats a la taula següent:

Activitat		Força màxima F_B (*N*)
Treball amb la mà (una mà)		
	Agafar amb tota la mà	250
Treball amb el braç (postura asseguda, un braç)		
Dins ↔ Fora Empènyer ↔ Estirar A dalt ↔ A baix	Cap amunt	50
	Cap avall	75
	Cap a fora	55
	Cap a dins	75
	Empenyent - Amb suport del tronc - Sense suport del tronc	275 62
	Estirant - Amb suport del tronc - Sense suport del tronc	225 55
Treball amb el cos complet (postura dreta)		
	Empenyent	200
	Estirant	145
Treball amb el peu (postura asseguda, amb suport del tronc)		
	Acció del turmell	250
	Acció de la cama	475

Font: adaptat de la norma UNE-EN 10053

[3]Aquestes forces es calculen a partir dels límits de força del conjunt de la població europea (Eur 12, 1993) i es determinen per a postures de treball òptimes.

Nota

Els límits de força màxims F_B, es corresponen amb el percentil 15 d'usuaris professionals de la població adulta; és a dir, homes i dones d'entre divuit i seixanta-cinc anys.

2.5.2. Determinació de la capacitat corregida

Per determinar la capacitat de força corregida, s'utilitzaran com a factors de correcció la velocitat, la freqüència i la durada del moviment.

Multiplicador de velocitat m_v

Els moviments contractius ràpids redueixen la capacitat de força màxima. Això es tindrà en compte mitjançant el multiplicador de força m_v, especificat a la taula següent:

Velocitat	Acció que implica immobilitat o un moviment molt lent	
	No	Sí
m_v	1,0	0,8

Multiplicador de freqüència m_f

La repetibilitat intensa d'una tasca provoca fatiga i, per tant, redueix la capacitat de generar la força màxima. Els efectes de la fatiga depenen de la relació entre la durada de cada acció individual (temps d'acció) i la freqüència amb la qual es realitza el moviment. El multiplicador m_f té en compte aquesta circumstància segons la taula següent:

Temps d'acció (min)	Freqüència de les accions (min^{-1})			
	≤0,2	> 0,2 - 2	> 2 - 20	>20
≤0,05	1,0	0,8	0,5	0,3
>0,05	0,6	0,4	0,2	No aplicable

Multiplicador de durada m_d

Com més duri la tasca, més fatiga es produirà i, per tant, hi haurà menor capacitat de generar força màxima. Les accions similars entre si contribueixen a causar fatiga, ja que afecten les mateixes parts del cos. Per tant, s'hauran de tenir en compte, a més de les hores emprades en l'acció considerada, la durada d'altres accions similars; és a dir, que tenen les mateixes característiques que la considerada i una postura molt semblant de peus i mans. El multiplicador m_d s'obté de la taula següent:

Durada (h)	≤1	> 1 - 2	> 2 - 8
m_d	1,0	0,8	0,5

Càlcul de la capacitat reduïda F_{Br}

La capacitat reduïda de generació de força es calcula mitjançant la següent fórmula, tenint en compte la velocitat, freqüència i durada de la tasca:

$$F_{Br} = F_B \times m_v \times m_f \times m_d \qquad 1.31$$

Lectura de la fórmula

F_B: força isomètrica màxima
m_v: multiplicador de velocitat
m_f: multiplicador de freqüència
m_d: multiplicador de durada

2.5.3. Avaluació de la tolerabilitat i del risc

Una vegada calculada la capacitat de generar força isomètrica màxima i corregida amb els factors de velocitat, freqüència i durada, s'obté el valor F_{Br}, que mostra el límit màxim de l'esforç que s'ha d'exercir.

No obstant això, els riscos a la salut es poden manifestar fins i tot per sota d'aquest màxim. El multiplicador de risc té en compte aquest fet i considera aspectes relatius a la tolerabilitat dels teixits corporals (en particular, músculs, tendons i articulacions), així com un marge de seguretat associat a l'acceptabilitat.

La tolerabilitat s'avalua mitjançant la fórmula següent:

$$F_R = F_{Br} \times m_r \qquad 1.32$$

Lectura de la fórmula

F_R: força corresponent a l'avaluació del risc
m_r: multiplicador de risc

El multiplicador de risc dona lloc a tres zones de risc (recomanada, no recomanada, que cal evitar) per determinar el nivell d'ús previst de l'acció que cal desenvolupar:

Zona de risc	m_r
Recomanada	<0,5
No recomanada	> 0,5 - 0,7
Que cal evitar	>0,7

2.5.4. Exemple d'aplicació

Es pretén avaluar el risc d'un operari de grua portuària que ha de manejar l'elevació del ganxo de la grua amb un comandament o *joystick*: si es pressiona el comandament cap amunt, la grua puja, i si es pressiona cap avall, la grua baixa.

La tasca és realitzada durant les vuit hores del torn. L'operari ha de moure una mitjana de quaranta-vuit contenidors per torn. Atès que l'acció realitzada amb el *joystick* és de molta precisió i es cobreix una llarga distància, l'operari roman amb la mà immòbil i pressionant el comandament dos minuts per elevació. Cada contenidor requereix dues accions amb el comandament, la qual cosa comporta un ús de noranta-sis vegades per torn. Es van mesurar les forces d'empenyiment del comandament amb un dinamòmetre i es va obtenir una força de 2 *N*, tant per pujar com per baixar el comandament.

En primer lloc, calculem la força isomètrica màxima F_B segons el moviment realitzat. Es poden diferenciar dos moviments amb dues forces màximes diferents:

- Força màxima de pujar palanca: F_B = 50 N

- Força màxima de baixar palanca: F_B = 75 N

A partir d'aquí es determinen els multiplicadors de velocitat, freqüència i durada:

Velocitat	Acció que implica immobilitat o un moviment molt lent	
	No	Sí
m_v	1,0	0,8

L'acció de pressionar el comandament és lenta i amb un procés llarg en què la mà es queda immòbil. Per tant, $m_v = 0,8$.

Temps d'acció (min)	Freqüència de les accions (min^{-1})			
	≤0,2	> 0,2 - 2	> 2 - 20	> 20
≤0,05	1,0	0,8	0,5	0,3
>0,05	0,6	0,4	0,2	No aplicable

El temps d'acció té una durada de dos minuts i la freqüència és de 96 v/8 hores, la qual cosa fa una freqüència de 0,2 accions per minut. Per tant $m_f = 0,6$.

Durada (h)	≤1	> 1 – 2	> 2 – 8
m_d	1,0	0,8	0,5

Finalment, la durada de la tasca és duta a terme durant tot un torn de vuit hores. Per tant, $m_d = 0,5$.

Ara ja podem calcular la capacitat reduïda:

$$F_{Br} = F_B \times m_v \times m_f \times m_d \qquad 1.33$$

$$F_{Br\ Pujar} = 50 \times 0,8 \times 0,6 \times 0,5 = 12N \qquad 1.34$$

$$F_{Br\ Baixar}\ \mathrm{r} = 75 \times 0,8 \times 0,6 \times 0,5 = 18N \qquad 1.35$$

Apliquem el factor de correcció recomanat ($m_r = 0,5$) i obtenim una força corresponent a l'avaluació del risc de:

$$F_R = F_{Br} \times m_r \qquad 1.36$$

$$F_{R\ pujar} = 12 \times 0,5 = 6\ N \qquad 1.37$$

$$F_R = 18 \times 0,5 = 9\ N \qquad 1.38$$

Per tant, es pot concloure que l'acció **no** suposa un risc per a la salut del treballador.

2.6. Trastorns per moviments repetitius

Les lesions musculoesquelètiques són cada vegada més freqüents entre els treballadors a causa de la industrialització que ha comportat l'augment de treballs que requereixen postures forçades, als moviments repetitius d'alta freqüència dels membres superiors i a la manipulació manual de materials. Aquest tipus de lesions tenen una durada mitjana d'entre dos i tres dies de baixa i, actualment, són les més freqüents en l'àmbit laboral.

Aquest tipus de lesions no sorgeixen de manera sobtada, sinó que són resultat d'una acumulació de microtraumatismes. El caràcter «inofensiu» d'aquests petits microtraumatismes fa que siguin desatesos la majoria de vegades i, per tant, els seus símptomes poden arribar a ser crònics. Generalment, s'utilitza l'abreviatura CTD (trastorns per trauma acumulat) per indicar aquest tipus de lesions.

Investigació d'accidents

És molt habitual veure investigacions d'accidents relacionades amb problemes d'esquena o musculoesquelètics en què es fa referència a «l'aparició sobtada d'un dolor» en realitzar una tasca concreta. De manera que es relaciona la lesió amb l'activitat concreta que estava realitzant el treballador, quan en realitat és una acumulació de traumatismes que, tot i que es manifesta en aquest moment, ve d'un disseny ergonòmic inadequat.

CTD

- **C** (*cumulative*): aquest tipus de lesions es desenvolupen durant mesos, o fins i tot anys, en els quals diverses parts del cos es veuen sotmeses a tensions o esforços i que van produint desgast o microtraumatismes en els teixits.
- **T** (*trauma*): entenem per trauma les lesions corporals provocades per aquest tipus d'esforços o tensions.
- **D** (*disorders*): es refereix a les condicions anormals i dolències psíquiques.

Els CTD són, per tant, problemes de salut relacionats amb la feina: aquest tipus de lesions es produeixen en major mesura en la població treballadora que en la població general; és a dir, el treball és un factor de risc[4] que provoca CTD.

(4)L'exposició o característica que augmenta la possibilitat que una malaltia apareixi encara que aquest no en sigui necessàriament el factor causal.

El risc d'una lesió per sobreesforç pot augmentar si el treballador torna a la seva tasca, que requereix un determinat esforç físic, superant així la seva capacitat física.

Exemple

Un treballador que acumula falta de descans muscular o que es recupera d'una malaltia té major risc de sofrir un CTD que la resta de treballadors sans.

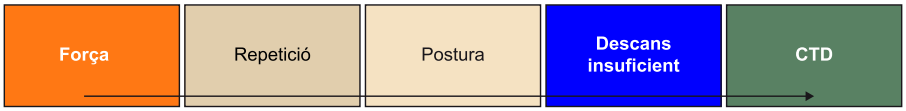
La identificació dels factors personals o professionals que desencadenen els CTD pot ser complexa, ja que hi ha un factor individual o personal que també hi influeix, com pot ser la capacitat física, lesions anteriors, estat físic de les

articulacions, etc. Tot i que el cos humà té una gran capacitat de recuperació, perquè es produeixi aquesta recuperació es necessita un temps de descans entre els intervals en els quals es realitza un esforç físic.

> Com menor sigui el temps de descans físic i com més activitats es realitzin que impliquin moltes repeticions, postures forçades i grans esforços, més risc hi haurà de patir CTD.

Els factors clau per desenvolupar CTD són la combinació d'aquests quatre elements:

- força
- repetició
- postura
- descans insuficient



Els símptomes més habituals dels CTD són:

- dolor
- limitació del moviment
- inflor de teixits tous

2.6.1. Fases d'aparició dels CTD

A les primeres fases d'un CTD no s'aprecia el símptoma del dolor. Si els factors de risc continuen presents, s'acumulen microtraumes repetitius i, al cap d'un temps, que poden ser setmanes o mesos, comencen els primers símptomes, que solen ser molèsties que es manifesten en finalitzar la jornada laboral però que, després del descans de la nit i la recuperació del cap de setmana, remeten. Al principi de cada jornada, el treballador realitza la seva tasca de manera normal sense dolor, però en finalitzar la jornada torna una altra vegada la molèstia.

El treballador pot passar així un temps, però si no remet l'exposició al risc, passa a una segona fase en la qual els dolors associats als CTD es perceben al principi de la jornada i perduren durant tot el torn. En aquesta fase comença a veure's afectat el rendiment del treball. En finalitzar la jornada el dolor remet i pot realitzar una activitat normal.

Si no se cessa l'exposició i se segueix treballant amb normalitat, sense interposar mesures preventives o atenció mèdica per recuperar la lesió, passat un temps es passarà a una tercera fase, en la qual el treballador tindrà manifestacions de dolor durant tota la jornada i no remetran amb el descans, la qual cosa li impedirà portar una vida normal. En aquest punt la lesió ja està molt avançada, fet que se sol manifestar en una baixa laboral, normalment perllongada.

2.6.2. L'augment dels trastorns per trauma acumulat

Com ja hem dit, en l'actualitat, una de les principals causes de pèrdua de productivitat en les empreses són els CTD, per la càrrega econòmica en indemnitzacions que comporta.

La principal raó de l'increment dels CTD és l'augment del ritme de treball.

Nota

El sistema de producció actual està desglossat en tasques senzilles i repetitives com l'empenyiment, l'aferrament o l'extensió. Els moviments d'extremitats superiors poden arribar a superar les vint-i-cinc mil repeticions en el torn, malgrat la fatiga física.

A més de l'increment del ritme de treball, hem de tenir en compte que cada vegada hi ha menys períodes de descans i es realitzen jornades més intensives en torns rotatius en què els descansos són mínims, amb la qual cosa es priva els treballadors de temps de recuperació i descans. En general, l'automatització dels processos ha alleugerit la càrrega de treball, tot i que, en contraprestació, ha augmentat el ritme de treball, que ara marquen les mateixes màquines.

Exemple

Els sectors en què més CTD es produeixen són els sectors d'embotellat, envasat, sales d'especejament i TIC.

Les lesions més habituals causades pels CTD són: tenosinovitis, síndrome de túnel carpià i quists gangliòtics.

Informes publicats recentment demostren un increment de CTD en tasques realitzades per administratius, usuaris de PVD i treballadors en llocs de cadenes de muntatge. Tot això es produeix per les causes següents:

- augment de treballs d'alta tecnologia
- envelliment de la població treballadora

- arribada de robots i autòmats, amb la conseqüent simplificació de treballs i reducció a tasques senzilles i repetitives

L'evolució industrial, amb l'avanç de les noves tecnologies i l'automatització de processos, ha reduït significativament el treball físic i l'esforç que es realitzava fa uns anys; no obstant això, han augmentat les tasques repetitives, amb temps de treball més llargs i amb esforços localitzats intensos.

Actualment, els ergònoms i professionals amb estudis d'enginyeria, psicologia i fisiologia estan progressant en el redisseny d'eines i llocs de treball per reduir els CTD.

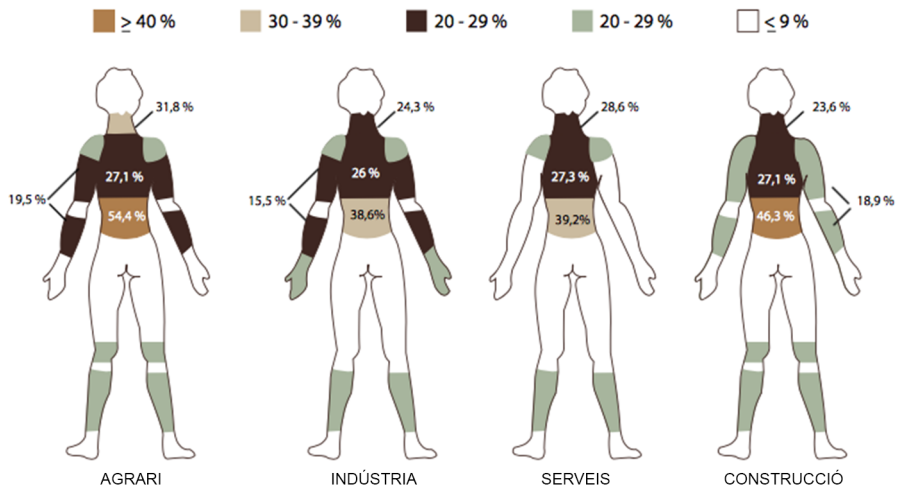
2.6.3. Extremitats superiors i lesions per sobreesforços

Tots els treballs requereixen l'ús de les extremitats superiors en major o menor mesura, per la qual cosa les parts del cos més afectades per CTD són l'esquena, les espatlles i les extremitats superiors.

Nota

Les extremitats superiors estan compostes per les espatlles, els braços, els avantbraços i les mans i els canells. Aquest sistema ve articulat mitjançant lligaments i tendons.

Pensem que només el conjunt braç-mà consta de trenta-dos ossos.



Molèsties més freqüents per sector d'activitatFont: Institut Canari de Seguretat Laboral

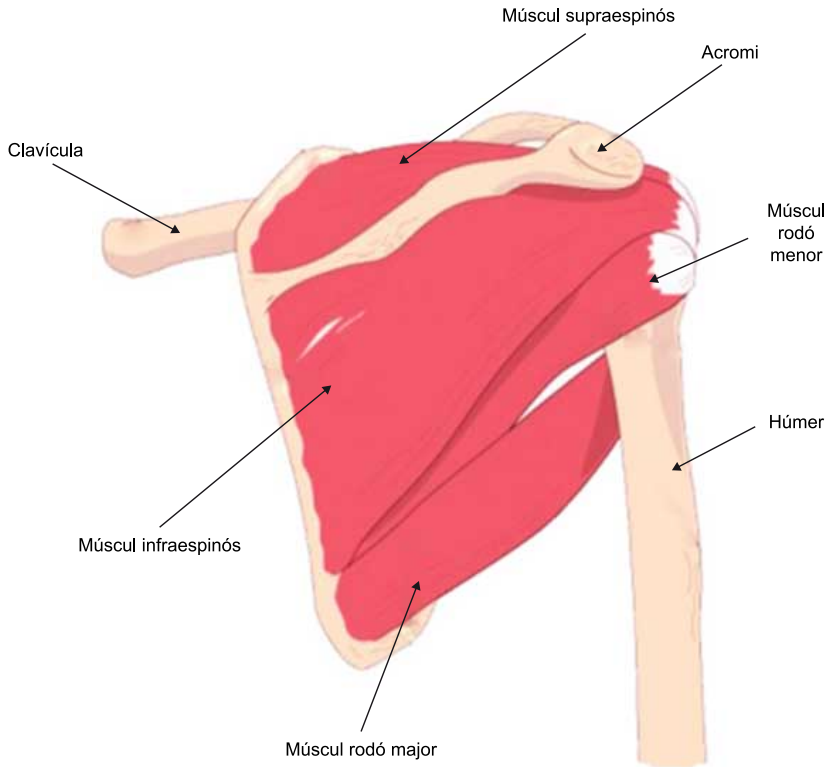
Els trastorns musculoesquelètics (TME[5]) de coll i extremitats superiors són causa de patiment personal i de pèrdua d'ingressos tant per als afectats com per a les empreses: s'estima que representen entre un 0,5% i un 2% del PIB.

(5)Alteracions d'estructures corporals com els músculs, articulacions, tendons, lligaments, nervis, ossos i el sistema circulatori, causades o agreujades fonamentalment pel treball que es desenvolupa.

Aquest tipus de TME pot trigar molt temps a desenvolupar-se i se sol manifestar en forma de dolor, incomoditat, entumiment i pessigolleig. Les persones que el pateixen solen presentar inflor de les articulacions, disminució de la mobilitat, de la força d'agafada i fins i tot canvis de coloració de la pell en mans i dits.

L'espatlla

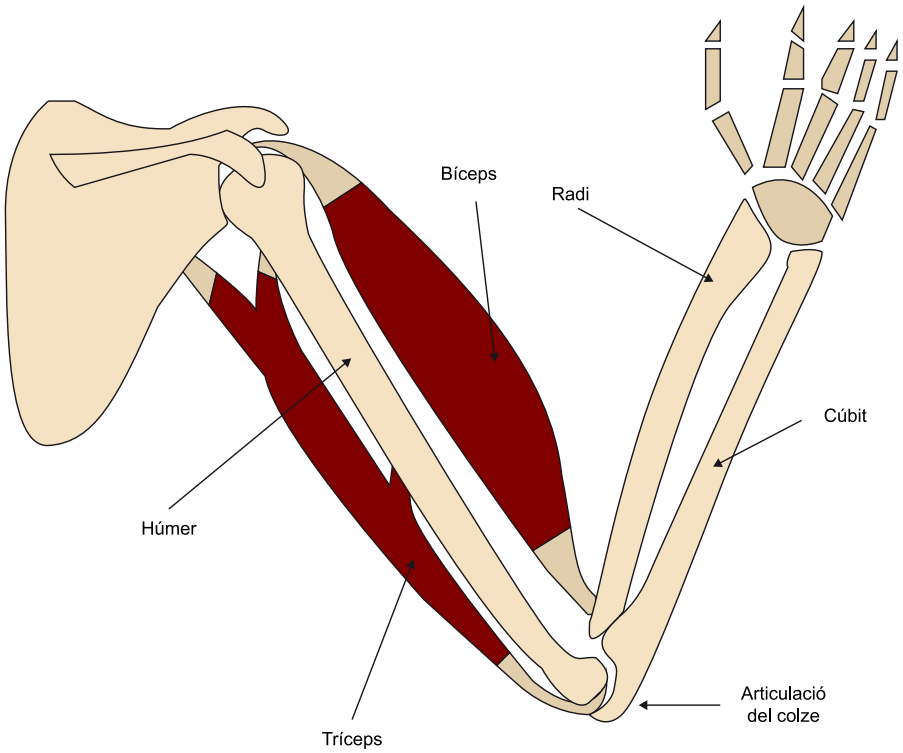
L'espatlla està conformada per l'omòplat i la clavícula i pot realitzar moviments de pujada, baixada, endavant i enrere.



El braç i l'avantbraç

El braç es troba unit a l'espatlla per una articulació complexa que té un ampli grau de llibertat, la qual cosa permet al braç tenir un gran abast en gairebé totes les direccions. L'húmer és l'os més llarg del braç.

L'avantbraç està compost principalment pel radi i el cúbit, units a l'húmer mitjançant el colze (el radi és l'os que es troba situat al mateix costat que el polze i el cúbit, al costat del menovell). Té dos moviments principals, el de flexió/extensió i el de pronació/supinació.



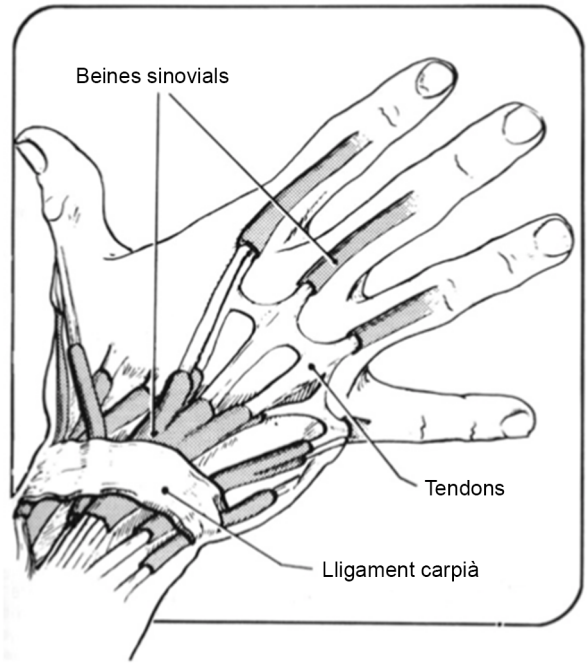
El canell i la mà

En aquesta zona trobem els ossos carpians del canell, metacarpians del palmell de la mà i les falanges dels dits. És una estructura extremament complexa de canals i corrioles, per mitjà de les quals es permet el lliscament molt suau dels tendons que ens permeten obrir i tancar la mà.

Els moviments de mans i dits són controlats per l'avantbraç:

- Quan es contreuen els músculs situats al revers de l'avantbraç, estiren dels tendons i obren la mà (extensió).

- Quan es contreuen els músculs situats a l'anvers de l'avantbraç, es tanquen (flexionen) els dits.



2.6.4. Lesions en músculs i tendons

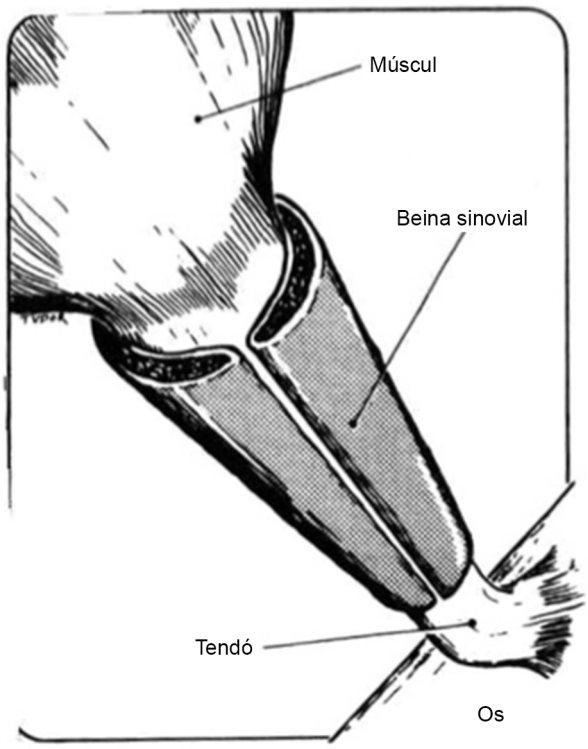
Els músculs són la part activa de l'aparell locomotor. Gràcies a ells som capaços de moure les diferents parts del nostre esquelet i mantenir l'estabilitat quan estem en repòs. Els músculs estan conformats per milers de petites fibres que es mouen en la mateixa direcció: el que anomenem contracció muscular. La seva aparença és vermella, a causa de la gran quantitat de vasos sanguinis que els subministren oxigen i nutrients, transportant al seu torn les deixalles del metabolisme i el diòxid de carboni.

Hi ha diversos tipus de lesions associades als músculs:

- Fatiga de fibres musculars o irritació, que provoquen dolor i inflor temporal.

- Trencaments fibril·lars que es produeixen en un petit nombre de fibres.

- Trencaments de vasos sanguinis a causa d'un gran cop o trauma, la qual cosa provoca que ni la sang ni els corrents nerviosos arribin al múscul, per la qual cosa aquest comença a afeblir-se i a disminuir de mida.



Els músculs s'uneixen als ossos pels tendons, que estan fets de fibres de col·lagen, elastina i altres components que els fan extremament resistents.

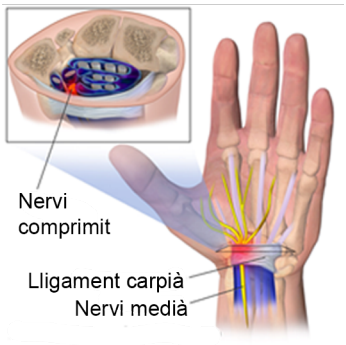
> Els tendons ni es contreuen ni s'estenen, només són els transmissors dels moviments i les forces dels músculs als ossos.

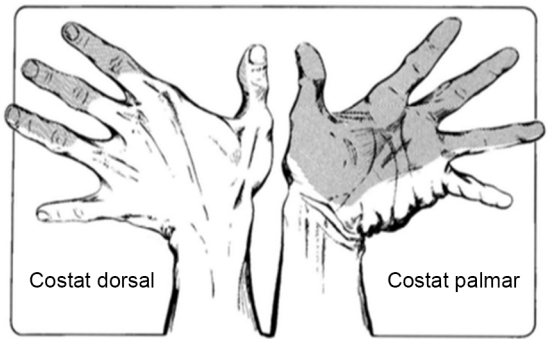
Quan girem o estirem una articulació de manera brusca, com a resposta a un traumatisme, algunes fibres dels tendons poden arribar a trencar-se, igual que una corda quan s'esfilegarsa. Aquesta lesió s'anomena distensió. El teixit lesionat pot tornar a lesionar-se fàcilment i, per tant, s'hi pot produir una lesió crònica.

Síndrome del túnel carpià

Els tendons flexors de les mans han de passar per un túnel rígid i llarg (2-3 cm) situat al canell i anomenat túnel carpià.

La síndrome del túnel carpià és una lesió causada per una pressió excessiva al nervi medià, el nervi del canell gràcies al qual disposem de sensibilitat i moviment en certes parts de la mà. Normalment provoca entumiment, formigueig i feblesa en mans i dits (sobretot polze, índex i dit del mig).





Font: Ortisa

Les parets del túnel estan formades pels ossos carpians del canell i recobertes per un lligament rígid que embolcalla els ossos del canell. Els tendons, al seu torn, estan recoberts d'una beina que conté un líquid lubrificant anomenat líquid sinovial. Els tendons llisquen cap enrere i cap endavant en la beina cada vegada que el múscul es contreu o es relaxa. Un tendó de la mà pot moure's com a màxim uns 5 cm dins de la beina (posició del dit totalment estesa o contreta). La lesió es produeix quan es realitzen en excés aquestes contraccions i relaxacions, la qual cosa provoca un fregament excessiu entre el tendó i la beina. Com a conseqüència es produeix un debilitament del tendó, dolor i augment de la calor, la qual cosa es tradueix en una inflamació del tendó.

Aquesta inflamació, que és una resposta protectora i natural del nostre organisme, que precedeix al procés de reparació, provoca una compressió del nervi medià, a causa de l'estretor de pas dels tendons pel canal que comparteix amb el nervi medià. Si aquest procés d'inflamació es produeix amb freqüència, s'acaben generant teixits fibrosos que, a la llarga, seran els responsables d'una lesió crònica. Això explica per què, amb l'ús crònic, la beina del tendó s'acaba espessint i impedeix el moviment del tendó, en particular en zones estretes com el canell.

2.6.5. Lesions a la bossa i als lligaments

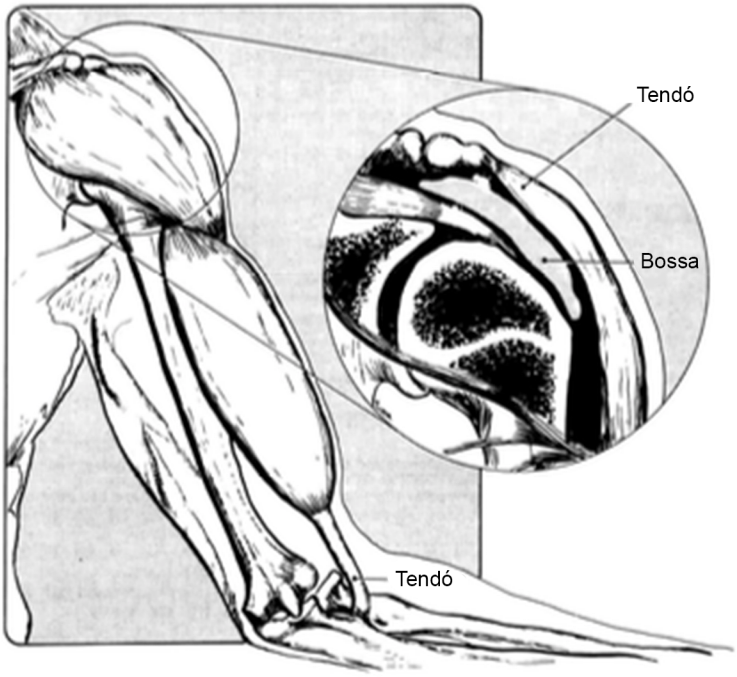
Els lligaments són fibres d'una gran resistència que connecten uns ossos amb uns altres formant una càpsula que tanca l'articulació. La superfície interior de la càpsula està folrada per un teixit fi i sensible: la membrana sinovial, que produeix un fluid anomenat líquid sinovial que la lubrica i nodreix. La funció d'aquesta càpsula és subjectar l'extrem dels ossos i permetre el lliure moviment de l'articulació dins d'un rang limitat.

Quan una articulació gira més enllà del seu rang normal, algunes fibres poden arribar a trencar-se o fins i tot deixar-se anar de l'os. Llavors es produeix un **esquinç**.

La resistència dels lligaments

És molt difícil que un lligament es trenqui o esquinci per complet, tret que s'hagi sotmès a un violent impacte que també fracturarà l'os. Les fibres de lligament que han sofert un esquinç o trencament per sobreestirament o per realització de tasques repetitives contribueixen a la inestabilitat de l'articulació, ja que augmenta el risc que es torni a produir una altra lesió en aquestes fibres. Els lligaments trencats o lesionats requereixen setmanes o fins i tot mesos per a la seva recuperació completa, a causa de l'escàs reg sanguini que els és subministrat.

Quan un lligament està sotmès a fricció, un dispositiu lubrificant denominat bossa o protegeix l'estructura del fregament contra l'os. La bossa és una bossa plana, petita i plena de fluid, recoberta per una membrana sinovial. Està situada en aquelles àrees en què s'exerceix pressió repetidament durant el moviment de diferents parts del cos, com el colze, l'espatlla i el genoll.



Particularitats

Els tendons de les espatlles, els colzes i els avantbraços tenen les seves pròpies beines protectores, que, juntament amb la bossa, proporcionen l'amortiment necessari per reduir la fricció d'aquestes parts mòbils del cos.

Una de les bosses més importants està situada entre els tendons de les espatlles i l'extrem de l'húmer, que serveix com a amortidor per als tendons quan es desplacen sobre l'estructura òssia cap endavant i cap enrere. Cadascuna de les bosses situades a les espatlles canvia de forma amb el moviment de les articulacions de les espatlles.

Quan un tendó es torna aspre/rugós a causa del seu ús crònic o excessiu, s'irrita la bossa adjacent i s'inflama. Aquest fenomen es denomina **bursitis** i és molt semblant a la inflamació que pateixen les beines dels tendons.

La bursitis impedeix el moviment dels tendons a la zona situada al voltant de l'articulació i, per tant, en limita la mobilitat.

Els trastorns per trauma acumulat (CTD) fan referència a una categoria de símptomes i senyals físics produïts per lesions cròniques musculoesquelètiques, i la seva causa sembla estar relacionada amb alguns aspectes dels treballs

repetitius. La principal diferència que hi ha entre els CTD i els esquinços o distensions és que aquests últims, normalment, són el resultat d'un fet aïllat, incloent-hi les lesions produïdes per una caiguda o una relliscada; és a dir, les causades per un trauma agut.

Al contrari que les causes d'esquinços o distensions, hi ha molt poques característiques que indiquin l'aparició d'un CTD. Per aquest motiu molts operaris realitzen la seva tasca durant anys exposats a treballs que comporten microtraumatismes i no arriben a reconèixer que la realització de la seva tasca hagi contribuït a la formació d'aquests trastorns. Aquesta serà la principal raó de la dificultat de detecció dels CTD i de l'avaluació dels riscos de les distensions cròniques.

El dolor localitzat i la inflor són símptomes característics tant dels CTD com dels esquinços i distensions. Aquesta simple reacció és la resposta del cos per protegir els teixits: la inflor i el dolor tendeixen a restringir el moviment dels membres i, d'aquesta manera, forcen el malalt a reposar fins que es recuperi.

Per la seva importància, ens centrarem en les lesions dels braços i, en aquest sentit, podem identificar, des del punt de vista anatòmic, tres tipus de lesions bàsiques en el braç. Les analitzem seguidament:

- trastorns en els tendons
- trastorns nerviosos
- trastorns neurovasculars

2.6.6. Trastorns en els tendons

Els trastorns en els tendons i les seves beines són lesions molt comunes; solen donar-se prop de les articulacions, on els tendons es freguen amb els lligaments i ossos propers. Els símptomes més freqüents són la sensació de dolor en el tendó, molèsties a l'hora de realitzar moviments específics i sensibilitat en tocar. Rarament es manifesta la presència de calor localitzada. La recuperació sol ser lenta i, si la causa que el provoca no s'elimina, aquestes lesions es cronifiquen.

Tendinitis

La tendinitis és una inflamació del tendó que es produeix quan un múscul/tendó es tiba repetidament. Si es continua amb l'esforç, alguna de les fibres que constitueixen el múscul pot esfilegar-se o esquinçar-se. El tendó es torna més

espès, desigual i irregular. En tendons sense beines, com els de l'espatlla, l'àrea lesionada es calcifica. Si els teixits no disposen del temps suficient per recuperar-se, els tendons es poden afeblir permanentment.

Tenosinovitis

La tenosinovitis és una lesió repetida induïda en la beina sinovial. Amb excessives repeticions, la beina serà estimulada per produir quantitats excessives de líquid sinovial. L'excessiva acumulació de fluid provoca inflor i dolor a la beina.

Exemple

Quan se sobrepassa el límit d'entre mil cinc-centes i dues-centes repeticions per hora, s'observen a les mans símptomes que indiquen la irritació de la beina del tendó.

Si la superfície del tendó s'irrita i es torna vasta o rugosa i si, a més, la beina s'inflama i continua pressionant el tendó, es produeix tenosinovitis estenòsica[6]. Aquest trastorn afecta els tendons del canell i els de la base del dit polze. Aquests tendons estan connectats als músculs en el revers de l'avantbraç que, com ja hem comentat, contreuen i estiren el dit polze cap enrere i cap a fora.

(6)La pressió progressiva de la beina s'anomena estenosis.

La malaltia de Quervain

Aquest és el nom que es dona comunament a la tenosinovitis estenòsica, ja que va ser aquest físic francès el primer que va descriure aquest tipus de lesió.

La tenosinovitis estenòsica es deu a l'excessiva fricció que hi ha entre dos dels tendons del dit polze i la seva beina comuna. La fricció repetitiva provoca un espessiment anormal de la beina fibrosa, fet que dona com a resultat la limitació en el moviment dels tendons. La combinació de moviments, com ara el gir de la mà i un fort aferrament (aquesta combinació és similar a l'escorriment de la roba), provocarà suficient pressió en els tendons com per causar la tenosinovitis estenòsica.

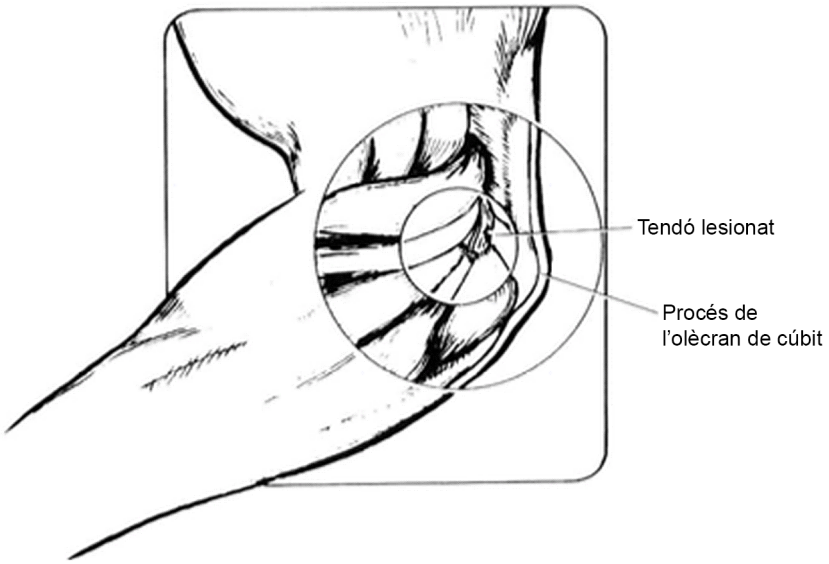
En general, els tendons flexors i les beines del revers de la mà són els llocs més comuns on es produeixen els CTD.

Si la beina del tendó del dit està prou inflada, de manera que el tendó es bloqueja a la beina, l'esforç que es realitzi per moure el dit causarà estirades; a aquest estat es denomina dit en gallet, i és en el revers dels dits on és més habitual que es produeixi aquesta lesió. Aquest desordre s'associa sovint amb l'ús d'eines de mànecs o agafadors amb vores afilades i pronunciades.

Un quist gangliòtic és una altra de les lesions que poden tenir lloc a la beina dels tendons. La beina afectada s'infla amb fluid sinovial i produeix l'aparició d'un embalum sota la pell, sovint a la zona del canell.

Aquests quists, plens de líquid, poden aparèixer, desaparèixer o canviar de mida. En general, no requereixen tractament, però si el quist provoca dolor, impedeix treballar o té un aspecte inacceptable, es pot tractar o extirpar quirúrgicament.

Trobem tendons desembeinats a les articulacions del colze i de l'espatlla. El colze és particularment vulnerable a la tendinitis pel desequilibri entre els músculs grans de l'avantbraç i la petita àrea d'inserció en l'epicòndil de l'húmer. Els músculs extensors del dit, que estan vinculats amb el colze, controlen el moviment del canell i de la mà. Quan els tendons són forçats o estan sotmesos a continus sobreesforços, comencen a irritar-se i a produir dolor des del colze fins a l'avantbraç; aquest estat s'anomena **epicondilitis lateral**, lesió associada a activitats en les quals s'utilitza el braç en moviments de llançaments o de cops, per aquest motiu aquesta lesió es coneix també amb el nom de **colze de tennista**, colze de jugador de bitlles o colze de llançador.



L'epicondilitis mitjana està associada a tasques que, al mateix temps, requereixen repetides i intenses rotacions de l'avantbraç i doblegament dels canells; per aquest motiu es coneix com a colze de golfista, encara que la majoria de la gent que la pateix no hagi agafat un pal de golf en tota la seva vida.

Als tendons de les espatlles, la lesió més comuna és la tendinitis del múscul rotatori. Aquest múscul consta de quatre tendons que s'uneixen en l'articulació i proporcionen la principal font d'estabilitat i mobilitat de l'espatlla. Els tendons del múscul rotatori giren el braç endins i enfora. En la realització d'aquests moviments, els tendons dels músculs rotatoris passen per un petit passatge ossi entre l'húmer i l'acromi (protuberància òssia). La bossa serveix, per als tendons, de protectora de la protuberància òssia.

Les lesions a les espatlles s'associen amb tasques que requereixen que el colze se situï en posicions elevades i que imprimeixin pressió en els tendons de l'espatlla i a la bossa. El desgast que es produeix quan es fan moviments per sobre del cap contribueix a l'espessiment dels tendons i de la bossa, la qual cosa pot donar lloc a la síndrome de l'espatlla gelada, caracteritzada per un dolor sever i una deterioració funcional. L'espatlla sovint és blanc de lesions degeneratives en articulacions i d'artritis reumatoide.

Trastorns nerviosos

Els CTD nerviosos sorgeixen quan es realitzen activitats repetitives que exposen els nervis a les pressions de les vores punxegudes de superfícies de treball, eines, o dels tendons, ossos i lligaments contigus.

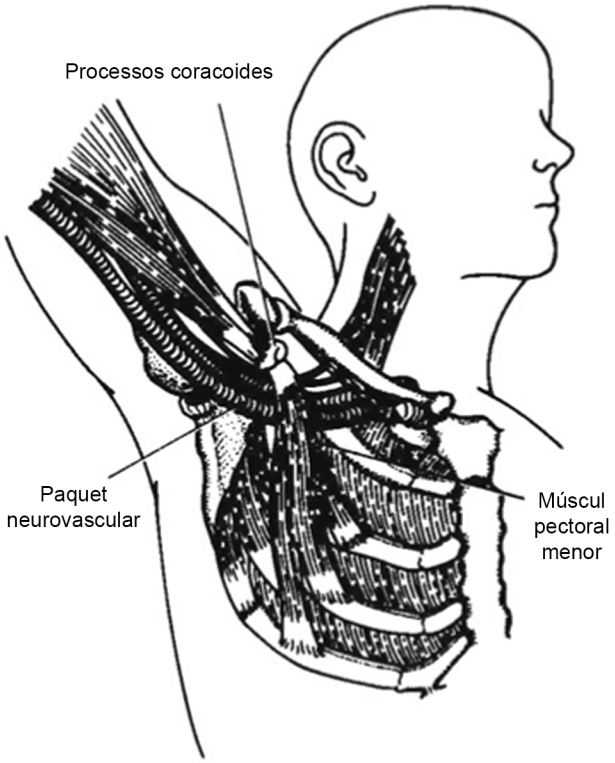
Exemple

Un treballador assegut recolza el braç i l'espatlla, inclinant l'avantbraç, contra la vora de la superfície de treball. En aquesta posició, es pressiona el nervi cubital al seu pas pel colze

i, en conseqüència, s'experimenta un entumiment i un formigueig al dit petit de la mà, la mateixa sensació que quan l'os del colze rep un cop. És l'anomenat colze de la telefonista.

Trastorns neurovasculars

Alguns CTD afecten tant els nervis com els vasos sanguinis adjacents. Un dels més comuns és la síndrome de la sortida toràcica (compressió dels nervis i els vasos sanguinis entre el coll i l'espatlla, el feix de fibres neurovasculars), que afecta l'espatlla i la part superior del braç. Els seus símptomes són similars als de la síndrome del túnel carpià, entumiment als dits de la mà. El braç sembla que s'adormi i el pols al canell pot afeblir-se.



Abducció en moure el colze lluny del cos; el feix neurovascular és estirat sota el múscul pectoral, com passa quan una corretja s'estira en una corriola.

El feix de fibres neurovasculars, també anomenat *plexe braquial*, consisteix en una xarxa de grans artèries i venes que es troben sota la protuberància anomenada coracoides, que subministra sang a tot el braç. Si activitats o postures que imposen excessiva pressió en aquests vasos sanguinis obstrueixen la circulació en aquesta zona, els tendons, lligaments i músculs adjacents es veuen privats d'oxigen i nutrients, la qual cosa comporta un estat isquèmic que retarda la recuperació del múscul i limita la durada de l'activitat amb aquest.

Activitats o postures perjudicials

Tirar les espatlles cap avall i cap enrere, igual que quan un soldat està formant.

Transportar una llitera, motxilla o maleta.

Realitzar tasques que requereixin un abast per sobre del nivell de l'espatlla.

Certes malalties cròniques i defectes congènits, com l'arteriosclerosi, la costella cervical o els músculs anormals, produeixen efectes similars.

La síndrome de vibració professional

La síndrome de vibració professional, també coneguda com a dit blanc o fenomen de Raynaud, es caracteritza per episodis periòdics de dit blanc a causa del complet tancament de les artèries digitals.

Exemples d'activitats causants de la síndrome de vibració

Un fort aferrament i un perllongat ús d'eines vibratòries, com els martells pneumàtics, les serres de cadena o els moledors de materials.

Els símptomes més comuns de la síndrome de vibració professional són els següents:

- entumiment intermitent i formigueig als dits
- empal·lidiment (color cendrós) i refredament de la pell
- pèrdua de sensibilitat i control als dits i a les mans

2.6.7. Factors no professionals associats amb els CTD

Com ja hem apuntat, certes activitats esportives, com esports de raqueta i llançaments, i algunes aficions com teixir, fer costura o tocar algun instrument musical, han estat associades amb el desenvolupament de tendinitis, tenosinovitis, trastorn degeneratiu a les articulacions i trastorns als nervis. A més, accidents traumàtics que provoquin fractures dels ossos de les extremitats superiors també poden predisposar la persona a molts d'aquests trastorns. I no podem oblidar la influència d'algunes malalties, com l'artritis reumàtica, la hipertensió, la diabetis, els trastorns produïts per tiroides, els trastorns renals, la gota o l'alcoholisme i, en el cas de les dones, a més, l'embaràs, l'ús d'anticonceptius orals o la cirurgia ginecològica.

A vegades, és difícil distingir clarament entre factors professionals i no professionals. En aquests casos, pot ser necessari controlar les condicions de treball i revisar els símptomes que indiquen altres treballadors que realitzen una tasca similar. En general, per controlar aquests trastorns, s'han d'identificar primer els factors de risc abans de dur a terme qualsevol mesura correctiva. A més, controlant els esforços realitzats en les tasques que causen CTD i formant els treballadors sobre els factors no professionals que hi influeixen, la freqüència amb què es produeixin aquest tipus de trastorns podrà reduir-se.

Resum

Amb la industrialització dels processos productius i l'augment de l'automatització industrial, cada dia hi ha més llocs de treball en cadenes de muntatge. Des de la Revolució Industrial, hem passat d'un treball pesat físicament a treballs amb menys esforç, però amb més requeriments de precisió, repetibilitat i absència de descansos.

Aquesta evolució del treball ha comportat un augment de les lesions i baixes per trastorns musculoesquelètics, la qual cosa es tradueix en un problema social i econòmic que afecta les persones i les empreses.

Es fa necessari, per tant, disposar d'ergònoms que dissenyin els llocs de treball segurs i saludables. En aquest material es fa un repàs general de la metodologia d'actuació de l'ergònom i el seu paper en l'empresa.

Un dels aspectes fonamentals en l'adaptació de llocs de treball és l'antropometria, per al disseny a mesura d'eines i llocs de treball. De gran utilitat per ergònoms i fabricants, enginyers, etc.

Des del punt de vista de la biomecànica, hem de conèixer les forces que actuen en els nostres músculs, ossos i articulacions quan es dissenyen tasques que requereixen adoptar postures extremes o manipular pesos. Un mal disseny acabarà provocant lesions.

Les lesions de tipus musculoesquelètic triguen setmanes, o fins i tot mesos, a manifestar-se i, sovint, passen desapercebudes, la qual cosa fa que es converteixin en lesions cròniques. Hi ha multitud de lesions associades a trastorns musculoesquelètics, sobretot en extremitats superiors. En aquest material es fa un repàs de les més freqüents i s'analitza el seu origen i la seva evolució.

Bibliografia

Carmona Benjumea, A. (2001). «Datos antropométricos de la población laboral española». *Prevención, Salud y Trabajo* (núm. 14, pàg. 22-35). CNMP (INSHT).

Frick, H.; Stark, D.; Leonhardt, H. (1981). *Manual de anatomía humana*. Barcelona: Omega.

García Benavides, F.; Ruiz Frutos, C.; García, A. M. (2004). *Salud laboral: conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales* (2a. ed.). Madrid.

INSHT (1997). Reial decret 39/1997, pel qual s'aprova el Reglament dels Serveis de Prevenció.

Llaneza Álvarez, F. J. (2009). *Ergonomía y psicología aplicada. Manual para la formación del especialista* (14a. ed.). Valladolid: Lex Nova.

McCormick, E. J. (1980). *Ergonomía*. Barcelona: Gustavo Gili.

Mondelo, P. R.; Gregori, E.; Blasco, J.; Barrau, P. (1999). *Ergonomia I. Fonaments* (3a. ed.). Barcelona: Edicions UPC.

Mondelo, P. R.; Gregori, E.; Blasco, J.; Barrau, P. (1999). *Ergonomia III. Disseny de llocs de treball* (3a. ed.). Barcelona: Edicions UPC.

Niebel, B.; Freivalds, A. (2001). *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo* (10a. ed.). Mèxic: Alfaomega.

Nogareda, S. (2008). *Ergonomía* (5a. ed.). Madrid: Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball.

Oficina Internacional del Treball (2006). *Introducción al estudio del trabajo* (4a. ed.). Ginebra: OIT.

Ramírez, C. (1991). *La ergonomía y la productividad*. Mèxic: Limusa.

Salvendy, G. (1997). *Handbook of human factors and ergonomics*. Nova York: John Wiley and Sons.

Singleton, W. (1967). «Ergonomics in Systems design». *Ergonomics* (vol. 10, pàg. 541-548).

UNE-EN 10053 (2009). *Seguridad en Máquinas. Parte 3. Límites de fuerza recomendados para la utilización de máquinas.*.