



Generalitat de Catalunya
Departament de la Presidència
Secretaria General de l'Esport
Consell Català de l'Esport

Material didàctic

Àrea de fonaments biològics

Bloc comú - Nivell I
Període transitori
Ordre ECD 3310
(1,5 crèdit)
2005



Obra de l'Escola Catalana de l'Esport realitzada per Pepa Bertran i Culla i per Mònica Moro i Mesa

i la supervisió general del responsable de la Unitat de Programes i Currículums de l'Escola Catalana de l'Esport, Josep M^a Povill i Moliner.

Primer edició:

Disseny:

Dipòsit legal:

Cap part d'aquesta publicació, incloent-hi el disseny general i la coberta, no pot ser copiada, reproduïda, emmagatzemada o tramesa 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

- Introducció

- Continguts

Unitat didàctica 1. El cos humà

1. Funcions orgàniques
2. Les cèl·lules
 - 2.1. Tipus de cèl·lules
 - 2.2. Funcionament de la cèl·lula
3. Els teixits
 - 3.1. Tipus de teixits
 - 3.1.1. Teixit muscular llis
 - 3.1.2. Teixit muscular estriat
4. Els òrgans
5. Els sistemes i els aparells
 - 5.1. Relació entre els aparells, els sistemes i les funcions del cos humà
 - 5.2. El sistema nerviós
 - 5.3. El sistema endocrí
 - 5.4. L'aparell respiratori
 - 5.5. L'aparell digestiu
 - 5.6. L'aparell circulatori
 - 5.7. L'aparell excretor
 - 5.8. L'aparell reproductor
 - 5.9. L'aparell locomotor

Unitat didàctica 2. Les estructures i les funcions orgàniques

1. L'aparell circulatori
 - 1.1. La sang
 - 1.1.1. Composició
 - 1.2. El cor
 - 1.2.1. Anatomia
 - 1.2.2. L'excitació nerviosa del cor
 - 1.2.3. L'activitat rítmica o cicle cardíac
 - 1.2.4. La pressió arterial
 - 1.3. Els vasos i la circulació
 - 1.3.1. Circulació major
 - 1.3.2. Circulació menor
2. L'aparell respiratori
 - 2.1. Anatomia
 - 2.2. La ventilació pulmonar
 - 2.2.1. Inspiració
 - 2.2.2. Espiració
 - 2.3. Regulació nerviosa
 - 2.4. La funció respiratòria de la sang i la respiració interna
3. Metabolisme i alimentació

- 3.1. L'alimentació humana. Substàncies nutritives
 - 3.1.1. Hidrats de carboni
 - 3.1.2. Greixos
 - 3.1.3. Proteïnes
 - 3.1.4. Vitamines
 - 3.1.5. Aigua
 - 3.1.6. Minerals
- 3.2. El metabolisme
 - 3.2.1. El catabolisme
 - 3.2.2. L'anabolisme
 - 3.2.3. Equilibri entre anabolisme i catabolisme
- 3.3. Transport
 - 3.3.1. Hidrats de carboni
 - 3.3.2. Greixos
 - 3.3.3. Proteïnes
- 3.4. Emmagatzematge
4. L'aparell locomotor
 - 4.1. El sistema ossi
 - 4.1.1. Els ossos
 - a) Classificació
 - b) Components
 - c) Formació del teixit ossi
 - 4.1.2. Les articulacions
 - a) Classificació
 - b) Moviments articulars
 - 4.1.3. L'esquelet
 - a) El cap
 - b) La columna vertebral
 - c) La caixa toràcica
 - d) Extremitat superior
 - e) Extremitat inferior
 - 4.2. El sistema muscular
 - 4.2.1. Múscul estriat esquelètic
 - 4.2.2. Característiques funcionals dels músculs esquelètics
 - 4.2.3. Les fibres musculars
 - a) Innervació nerviosa i funcionament
 - 4.2.4. Bioquímica de la contracció muscular
 - 4.2.5. Biomecànica de la contracció muscular
 - a) Llindar d'estimulació
 - b) To muscular
 - 4.2.6. Principals grups musculars esquelètics
5. El sistema nerviós
 - 5.1. La neurona
 - 5.1.1. Funcionament de la neurona
 - 5.2. Receptors nerviosos
 - 5.3. Sistema nerviós central
 - 5.4. Sistema nerviós perifèric
 - 5.4.1. El sistema nerviós autònom
6. El sistema endocrí

Unitat didàctica 3. El desenvolupament corporal

1. Desenvolupament corporal de 0 a 6 anys
2. Desenvolupament corporal de 6 a 12 anys
 - 2.1. Factors del desenvolupament
3. Desenvolupament corporal de 12 a 18 anys. Adolescència
4. Desenvolupament corporal de 18 a 30 anys. Joventut
5. Desenvolupament corporal de 30 a 60 anys. Maduresa
 - 5.1. Dones
 - 5.1.1. Ginecologia
 - 5.2. Homes
 - 5.2.1. Urologia
 - 5.3. Ambdós sexes
6. Desenvolupament corporal a partir dels 60 anys. Vellesa

Unitat didàctica 4. Adaptacions funcionals a l'activitat física

1. L'aparell circulatori
 - 1.1. Paràmetres per mesurar l'activitat de l'aparell circulatori
 - 1.1.1. Freqüència cardíaca
 - 1.1.2. Freqüència cardíaca màxima
 - 1.1.3. Volum sistòlic
 - 1.1.4. Volum minut cardíac
 - 1.1.5. Pressió arterial
 - 1.2. Modificacions dels paràmetres de l'aparell circulatori per l'exercici físic
 - 1.2.1. Modificacions durant l'exercici físic
 - a) Exercicis aeròbics de càrrega moderada i intensa
 - b) Exercici estàtic
 - c) Modificacions a llarg termini en les persones entrenades
 - 1.3. Els efectes de l'entrenament en la sang
2. L'aparell respiratori
 - 2.1. Paràmetres per mesurar l'activitat respiratòria
 - 2.1.1. Freqüència respiratòria
 - 2.1.2. Volum respiratori
 - 2.1.3. Volum minut respiratori
 - 2.1.4. Consum d'oxigen
 - 2.1.5. Producció de CO₂
 - 2.1.6. Capacitat vital
 - 2.1.7. Consum màxim d'oxigen (VO₂max)
 - 2.2. Modificacions dels paràmetres respiratoris per l'exercici físic
 - 2.2.1. Modificacions durant l'exercici físic
 - 2.2.2. Modificacions a llarg termini
3. Valoració de les modificacions dels paràmetres cardiocirculatoris i respiratoris.
 - 3.1. Estat d'equilibri (steady state)
 - 3.2. Llindar anaeròbic
 - 3.3. Dèficit d'oxigen i deute d'oxigen
4. Nutrició i exercici físic
 - 4.1. Hidrats de carboni
 - 4.2. Greixos
 - 4.3. Proteïnes
5. Adaptació de l'aparell locomotor a l'exercici físic
 - 5.1. Esquelet

- 5.1.1. Ossos
- 5.1.2. Articulacions
- 5.2. Músculs
 - 5.2.1. Regulació de l'activitat muscular. Òrgans sensitius musculars
 - 5.2.2. Modificacions de les fibres musculars per l'entrenament regular
 - 5.2.3. Escalfament
 - 5.2.4. Estiraments
- 6. Sistema nerviós

INTRODUCCIÓ

El cos humà és una màquina que funciona i s'adapta als nostres requeriments. Com tota màquina, està formada per estructures molt diverses que acompleixen funcions molt específiques, i és aquest conjunt el que ens permet dur a terme accions cabdals com el moviment. L'assignatura de Fonaments de Biologia s'inicia amb un repàs, més o menys profund de termes com la cèl·lula, els teixits i els òrgans, per a posteriorment anar evolucionant cap als diferents sistemes i aparells que componen l'organisme. El desenvolupament corporal des del naixement fins a la vellesa també hi està present perquè el futur tècnic d'esport tingui uns coneixements bàsics de les peculiaritats de cadascun dels períodes de la vida; i d'aquesta manera, poder adaptar l'activitat d'acord al col·lectiu amb el que treballi. Finalment, les adaptacions dels sistemes i aparells a l'exercici físic, permetran conèixer els canvis que es produeixen en diferents paràmetres de mesura per així, poder adaptar l'exercici a les característiques del grup de treball.

Creiem, que les bases anatòmiques i fisiològiques que proporciona l'assignatura són la pedra de toc perquè el tècnic d'esport planifiqui, programi i controli l'activitat física que dugui a terme en la seva pràctica professional.

OBJECTIUS

1. Obtenir uns coneixements biològics bàsics que permetin comprendre l'estructura i el funcionament del cos humà.
2. Aplicar aquests coneixements biològics a l'activitat física i esportiva.
3. Adquirir una base biològica que permeti l'estudiant aprofundir l'estudi en el camp de l'entrenament esportiu i de la fisiologia de l'esport.

UNITAT DIDÀCTICA 1. EL COS HUMÀ

Introducció

El cos humà és un organisme complex i unitari integrat per molts components. La cèl·lula és la unitat bàsica del nostre cos essent en si mateixa un organisme autònom. Cèl·lules amb una mateixa estructura i funció s'agrupen formant teixits i aquests s'uneixen i es coordinen per a constituir els òrgans. Tanmateix, els diversos òrgans que treballen de manera conjunta per dur a terme una funció específica formen els aparells i sistemes del cos humà.

El coneixement d'aquestes estructures des d'un punt de vista anatòmic (visió morfològica) i fisiològic (de la funció que porten a terme) ens permetrà adquirir les bases necessàries per a comprendre l'estructura i el funcionament del cos humà.

Temari

1. Funcions orgàniques

Les funcions orgàniques, també anomenades **funcions vitals**, són el conjunt d'activitats dutes a terme pels sistemes i aparells que formen el cos humà. Algunes funcions orgàniques són: el moviment, la respiració i la nutrició.

El cos humà, és un sistema complex integrat per molts components. Com en altres organismes, el formen cèl·lules de diferents tipus.

2. Les cèl·lules

La cèl·lula és la **unitat bàsica** de tots els éssers vius. Es calcula que al cos humà hi ha més de cent tipus de cèl·lules.

2.1. Tipus de cèl·lules

Les cèl·lules es classifiquen segons el seu origen embriològic (d'allà on deriven) i segons les seves característiques morfològiques i funcionals. Els quatre tipus fonamentals són:

- cèl·lules epitelials
- cèl·lules conjuntives
- cèl·lules musculars (miocits o fibres musculars)
- cèl·lules nervioses (neurones)

2.2. Funcionament de la cèl·lula

La cèl·lula és la unitat bàsica del nostre cos. Independentment de les diverses especialitzacions que porta a terme en un organisme complex com és l'humà, reproduceix en petit, un veritable ésser viu autònom. Té efectivament les funcions i necessitats pròpies d'un organisme complex: s'alimenta, respira, es reproduceix, envelleix i mor.

La cèl·lula entra en contacte amb el medi extern gràcies a la membrana cel·lular. La membrana cel·lular és:

- el camí d'entrada dels nutrients, aigua, oxigen, minerals i d'altres elements necessaris
- el camí de sortida de les deixalles
- el mitjà de comunicació amb l'ambient extern.

La cèl·lula es compon generalment de 2 parts fonamentals:

- **El citoplasma:** en ell es troben les organel·les, estructures que realitzen les funcions cel·lulars.
- **El nucli:** aquí hi ha el material genètic. Està separat del citoplasma per la membrana nuclear i és el centre que controla la cèl·lula així com la seva reproducció.

Les organel·les del citoplasma desenvolupen funcions comparables a les que porten a terme els òrgans del cos humà. Les principals organel·les són:

El mitocondri: és l'anomenat magatzem d'energia de la cèl·lula. Extreu l'energia dels nutrients i l'oxigen per a dur a terme les funcions cel·lulars.

El lisosoma: és el sistema de digestió cel·lular. Permet a la cèl·lula eliminar substàncies nocives com per exemple els bacteris.

Reticle endoplasmàtic, aparell de Golgi i ribosomes: són els encarregats de sintetitzar substàncies cel·lulars.

Malgrat que la cèl·lula sigui un organisme autònom, necessita nodrir-se i oxigenar-se. Les cèl·lules del cos humà s'aprovisionen per a les seves necessitats de la sang. Aquest fluid, ric en oxigen i nutrients, arriba a les cèl·lules a través dels capil·lars que són la derivació més perifèrica dels vasos sanguinis. A la unitat 2: Les estructures i les funcions orgàniques, al punt corresponent a la circulació menor s'expliquen els diferents vasos sanguinis del nostre cos.

3. Els teixits

Les cèl·lules amb una estructura i funció similar s'agrupen formant teixits. Un teixit està format per un conjunt de cèl·lules, semblants en estructura i funció, i la substància que les envolta (substància intercel·lular).

3.1. Tipus de teixits

Hi ha quatre tipus bàsics de teixits: conjuntiu, epitelial, muscular i nerviós. Les cèl·lules epitelials constitueixen el teixit epitelial o de revestiment i com el seu nom indica, recobreix la superfície externa del nostre cos i la superfície interna dels òrgans buits.

Les cèl·lules d'un teixit, com per exemple les cèl·lules òssies, en unir-se amb la substància intercel·lular originen el teixit ossi que és un tipus de teixit conjuntiu. Les cèl·lules nervioses en estructurar-se donen lloc al teixit nerviós .

El teixit muscular pot ser de diferents tipus:

- Teixit muscular llis
- Teixit muscular estriat: esquelètic i cardíac

3.1.1. Teixit muscular llis

La musculatura llisa es troba als òrgans interns (tub digestiu, vasos sanguinis). Les seves cèl·lules tenen un sol nucli, són fusiformes (amb forma de fus) i estan innervades per nervis del sistema nerviós autònom (que és una part del sistema nerviós perifèric) essent responsables de la motilitat dels òrgans destinats a les funcions vegetatives. Les contraccions de la musculatura llisa són més aviat lentes i progressives i no depenen de la voluntat conscient de l'individu.

3.1.2. Teixit muscular estriat

Existeixen dues classes diferents de múscul estriat: el múscul estriat cardíac i el múscul estriat esquelètic. Les principals característiques diferencials d'aquest dos tipus de teixit muscular es recullen a la taula 1.

CARACTERÍSTIQUES	MÚSCUL LLIS	MÚSCUL CARDÍAC	ESTRIAT ESQUELÈTIC
Tipus de cèl·lules	Curtes, fusiformes	Moltes ramificacions	Llargues, cilíndriques
Nuclis per cèl·lula	Un de sol	Més d'un (polinucleades)	Més d'un (polinucleades)
Organització de les estructures contràctils	Aparentment desordenada	Sarcòmer	Sarcòmer
Automatisme	SÍ	SÍ	NO
Contracció	Involuntària	Involuntària	Voluntària
Innervació nerviosa	Vegetativa	Vegetativa	SNC: motoneurons
Funcions	Vegetatives	Bombejar sang	Moviment de l'esquelet

Taula 1: Característiques diferencials entre el teixit muscular llis, el teixit muscular esquelètic i el teixit muscular cardíac.

Les cèl·lules del teixit muscular s'anomenen **fibres musculars** per tenir forma allargada. El teixit muscular estriat es caracteritza perquè les seves cèl·lules vistes al microscopi presenten unes estries mentre que les fibres musculars llises no les presenten.

El teixit muscular cardíac, com el seu nom indica només es troba al cor; és de contracció involuntària controlada per un sistema d'estimulació, formació i conducció de l'excitació propi. Respecte a la seva contracció aquesta és intensa i ràpida i a més a més presenta absència de fenòmens de fatiga. Les seves fibres musculars tenen moltes ramificacions.

El teixit muscular estriat esquelètic també es denomina voluntari, forma els músculs de l'esquelet i pot ser activat o inhibit a voluntat de l'individu. Aquest teixit es veurà amb més detall al punt 5.2: Sistema muscular, de la unitat 2: Les estructures i les funcions orgàniques.

4. Els òrgans

Els òrgans estan formats per diferents teixits units entre sí i coordinats. Un exemple d'òrgan és el cor, en el qual, uns quants tipus de teixits s'uneixen per aconseguir la funció de proporcionar la força que empeny la sang als vasos sanguinis.

5. Els sistemes i els aparells

Els òrgans que treballen junts per dur a terme una funció específica constitueixen els diversos sistemes i aparells del cos humà. Així per exemple, les fosses nasals, la tràquea, els bronquis, la caixa toràctica i els pulmons formen l'aparell respiratori. Els aparells i sistemes del nostre cos desenvolupen les funcions essencials per al manteniment de la vida.

Aquests sistemes i aparells són: Taula 2

Sistema nerviós	Sistema endocrí
Aparell respiratori	Aparell digestiu
Aparell excretor	Aparell circulatori
Aparell reproductor	Aparell locomotor

<i>Taula 2: Els sistemes i els aparells del cos humà</i>
--

5.1. Relació entre els aparells, els sistemes i les funcions del cos humà

L'aparell digestiu redueix els aliments als seus components bàsics: sucres, proteïnes, greixos, aigua, sals minerals i vitamines, que en aquest estat, són transportats per la sang i captats per les cèl·lules.

Gràcies a la respiració, la sang es carrega d'oxigen i allibera l'anhídrid carbònic (CO₂) produït per les cèl·lules. L'anhídrid carbònic no és l'única deixalla cel·lular que ha de ser eliminada. N'hi ha d'altres que no són eliminades per la respiració sinó pels ronyons. Els ronyons són un filtre a través del qual passa la sang i n'elimina les substàncies nocives o supèrflues.

Cap de les funcions descrites fins al moment seria possible si la sang estigués quieta dins els vasos. Així, el cor fa possible la circulació sanguínia doncs és la bomba que impulsa la sang cap als vasos de manera que arriba i posa en relació totes les cèl·lules de l'organisme.

Totes les funcions vitals (respiració, circulació, eliminació de deixalles, digestió, assimilació dels aliments) necessiten energia perquè representen el treball de les diferents cèl·lules que constitueixen els òrgans. Aquesta energia és produïda per les mateixes cèl·lules aprofitant els aliments i l'oxigen. És d'aquesta manera que pot sobreviure la cèl·lula i l'organisme del qual forma part.

L'energia produïda per les cèl·lules es manifesta de manera molt evident en el moviment del cos. L'home, com els altres animals en general, es caracteritza per la capacitat de moure's voluntàriament dins l'ambient que l'envolta. Per aquest motiu, el cos humà disposa de l'aparell locomotor, és a dir de l'esquelet que forma l'estructura i dels músculs que li permeten el moviment.

El moviment voluntari permet a l'home actuar dins l'ambient en el qual viu però també ha de comprendre i respondre als estímuls que li arribin del seu entorn. Aquesta comunicació és possible gràcies al sistema nerviós. A través d'estructures diferents i complexes ens permet comprendre el medi exterior amb la vista, l'oïda i el tacte així com comunicar-nos fent ús del llenguatge i del moviment voluntari.

De fet, els diferents òrgans del nostre cos han de treballar de manera harmònica i han d'estar informats sobre què han de fer i quan. Per exemple, els ossos d'un nen han de saber quan i quant han de créixer en relació a l'edat. En les tasques de control intern, a més a més del sistema nerviós hi intervé el sistema endocrí que amb els seus òrgans anomenats glàndules produeix unes substàncies, les hormones que viatgen per la sang.

5.2. El sistema nerviós

Com hem dit, cada aparell o sistema té una funció clarament definida i aquestes estan coordinades de manera conscient o inconscient pel sistema nerviós.

El sistema nerviós és l'encarregat de rebre els estímuls, ja vinguin de l'exterior (òrgans sensitius: vista, olfacte, tacte, oïda i gust) o de l'interior del cos. Aquests estímuls els processa i emet les respostes necessàries.

Es divideix en dos: **sistema nerviós central** (rep els estímuls i origina accions voluntàries conscients) i **sistema nerviós perifèric** del qual forma part el sistema nerviós autònom que és qui regula les activitats de la vida vegetativa (fora del control voluntari de l'individu).

5.3. El sistema endocrí

El sistema endocrí segrega unes substàncies químiques: les **hormones**, produïdes per unes glàndules anomenades de secreció interna (per exemple el pàncreas que segrega insulina). Aquestes glàndules de secreció interna s'anomenen així perquè aboquen els seus productes directament a la sang dels capil·lars. Mitjançant les hormones aquest sistema regula diverses funcions de l'organisme com el creixement, el metabolisme i la reproducció.

5.4. L'aparell respiratori

L'aparell respiratori té la funció d'obtenir de l'atmosfera i passar a la sang les quantitats d'oxigen que necessiten tots els teixits corporals. Tanmateix, també elimina des de la sang a l'atmosfera l'anhidrid carbònic, que és el gas residual produït pels mateixos teixits com a conseqüència del metabolisme cel·lular.

5.5. L'aparell digestiu

Aquest aparell realitza la funció d'ingerir els aliments. Alguns d'aquests aliments han de ser descompostos en les substàncies químiques més simples (digestió) de manera que tots estiguin en condicions d'ésser absorbits per la sang i transportats a les cèl·lules per a la seva nutrició.

5.6. L'aparell circulatori

La sang circula per un conjunt de tubs o vasos que recorren tot l'organisme (aparell circulatori o cardiovascular); transporta les diferents substàncies produïdes pels òrgans o obtingudes de l'exterior per la respiració i la nutrició als teixits i aquests als òrgans excretors.

5.7. L'aparell excretor

Els òrgans excretors per excel·lència són els ronyons. També, malgrat que tenen d'altres funcions, són importants en aquesta funció excretora o d'eliminació els pulmons i la pell. Serveixen per eliminar els productes de desfet del metabolisme que es formen globalment al cos.

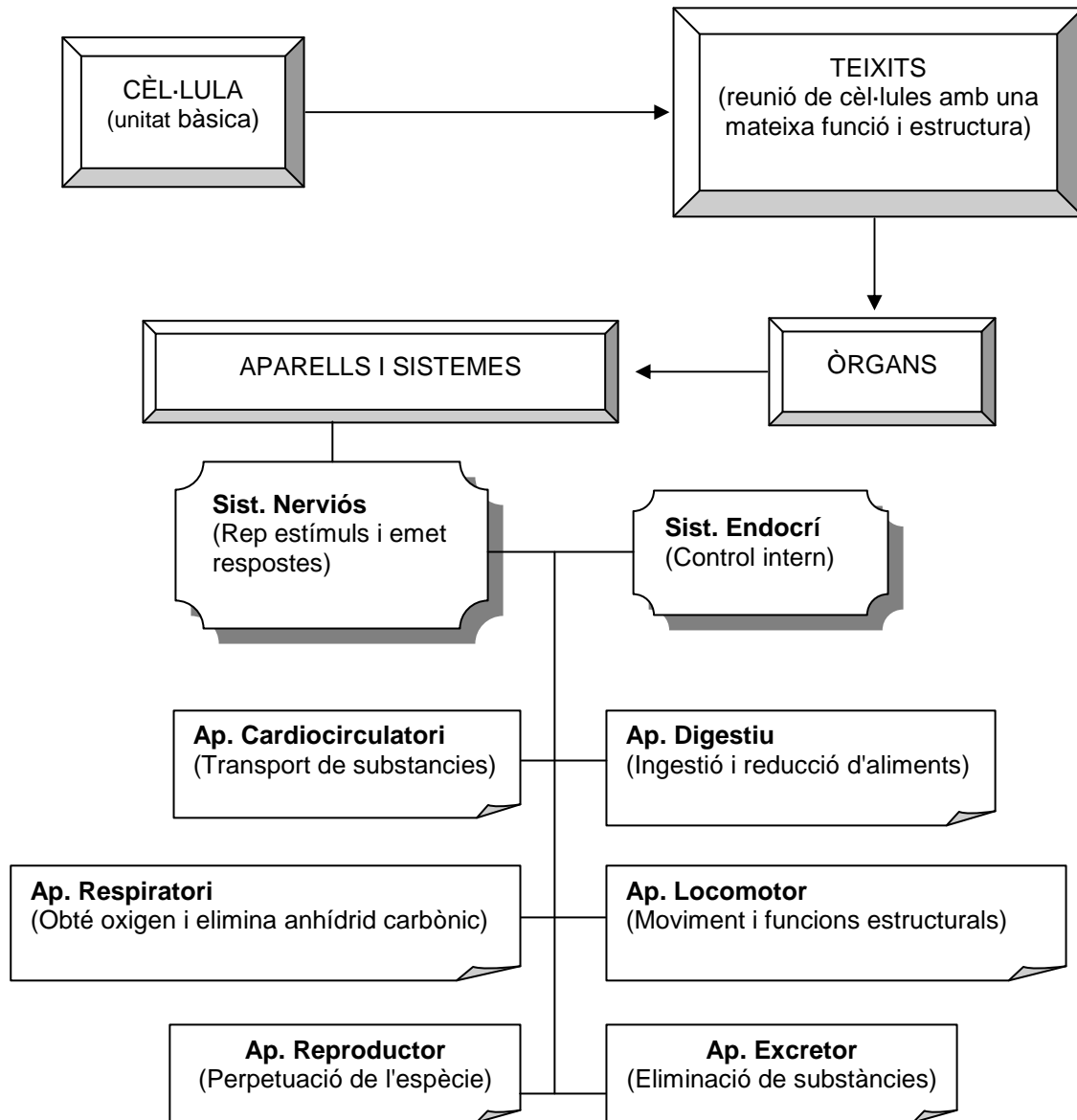
5.8. L'aparell reproductor

És l'encarregat de perpetuar l'espècie. Aquest aparell és diferent segons el sexe.

5.9. Aparell locomotor

L'aparell locomotor, a més a més de funcions estructurals de suport i protecció té d'altres funcions com la locomoció o el moviment. Els òrgans que formen aquest aparell són els ossos amb les seves unions, les articulacions i els músculs esquelètics que li confereixen mobilitat.

Cal recordar que totes aquestes parts de l'organisme no funcionen mai soles. Hi ha connexions i interaccions entre les diverses parts i els diferents sistemes, l'organisme és un tot únic indissoluble.

Mapa conceptual

UNITAT DIDÀCTICA 2. LES ESTRUCTURES I LES FUNCIONS ORGÀNIQUES

Introducció

En aquesta segona unitat es desenvolupen l'aparell cardiocirculatori, el respiratori i el locomotor. De cadascun d'ells es fa una primera descripció anatòmica esmentant els òrgans que els componen per a passar després a la descripció fisiològica de funcionament. Així, l'aparell circulatori i respiratori són els encarregats de proporcionar nutrients i oxigen a tots els teixits de l'organisme; mercès al metabolisme el nostre cos extreu l'energia continguda als aliments i l'aparell locomotor (sistema muscular i sistema ossi) és el responsable del moviment. Finalment, el sistema nerviós i el sistema endocrí regulen i harmonitzen els òrgans i les funcions del nostre cos. Conèixer l'anatomia dels sistemes i aparells del cos, així com el seu funcionament en situació de repòs ens proporciona les bases necessàries per a assimilar les seves modificacions i adaptacions a situacions on hi ha un augment de requeriments com és per exemple l'esforç (unitat 4 de l'assignatura).

Temari

1 Aparell circulatori

Aquest aparell és l'encarregat de proporcionar els nutrients a totes les cèl·lules de l'organisme i de recollir-ne els productes de rebuig mitjançant la sang. Està format per: la sang, el cor i els vasos sanguinis.

1.1. La sang

La sang circula constantment pel sistema circulatori. La seva principal funció és actuar com a mitjà de dilució i transport, així els gasos respiratoris són transportats entre els pulmons i els teixits. L'oxigen és transportat des dels pulmons als teixits i l'anhidrid carbònic és portat des dels teixits als pulmons. Les substàncies nutritives que provenen de la digestió dels aliments arriben als teixits a través de la sang i gràcies a ella les deixalles arriben als òrgans excretors: els ronyons. A més a més de les funcions de transport, la sang porta a terme funcions de defensa.

1.1.1 Composició

La sang pot ésser definida com a un òrgan semifluid amb elements sòlids (45%) i substàncies líquides (55%). Aquest fluid és viscos, la part sòlida correspon a les cèl·lules sanguínies (glòbuls vermells, glòbuls blancs i plaquetes) mentre que la part líquida s'anomena plasma. Més del 99% de les cèl·lules són glòbuls vermells.

- Glòbuls vermells (eritròcits o hematies)

Els glòbuls vermells contenen l'**hemoglobina**, una substància a la qual s'uneix l'oxigen per a ésser transportat dels pulmons als teixits i l'anhidrid carbònic per a ésser transportat dels teixits als pulmons. L'hemoglobina té com a principal característica la capacitat de combinar-se de forma laxa i reversible a l'O₂, de manera que en arribar als teixits l'oxigen és alliberat fàcilment recollint aleshores l'anhidrid carbònic produït per les cèl·lules. Els glòbuls vermells, es produeixen al moll de l'os i la seva quantitat és de:

4,5 a 5 milions/mm³ en l'home

4 a 4,5 milions/mm³ en la dona

Un paràmetre important a l'hora de veure si les proporcions entre les cèl·lules i les substàncies

fluides de la sang són correctes és l'**hematòcrit** que no és res més que la part de la sang formada per cèl·lules i oscil·la entre el 40-45%.

- Els glòbuls blancs (leucòcits)

Tenen com a principal funció la defensa de l'organisme enfront de les agressions d'agents infecciosos i/o tòxics. Es formen al moll de l'os i als ganglis limfàtics i són transportats per la sang als llocs on hi ha inflamació proporcionant una defensa ràpida i enèrgica. En el cos la quantitat que n'hi ha és d'aproximadament $7000/\text{mm}^3$.

- Les plaquetes

Les plaquetes, juntament amb altres components de la sang, s'encarreguen de la coagulació de la sang quan, per exemple, es produeix una ferida.

- El plasma

És la part líquida de la sang (porció acel·lular), té un color groguenc i està format en part d'aigua on es troben dissoltes moltes substàncies. Aquesta quantitat d'aigua del plasma ha de ser sempre constant perquè la sang pugui acomplir eficaçment la seva funció de transport.

1.2 El cor

La sang, per a poder dur a terme la seva funció de transport, ha de circular. Això és possible gràcies a l'aparell circulatori que és un circuit tancat format per vasos de diferents mides i una bomba que és el cor

1.2.1 Anatomia

El cor està situat al centre de la caixa toràtica en posició asimètrica, entre els dos pulmons i a sobre d'un múscul anomenat diafragma. El seu volum normal és aproximadament el d'un puny.

És un òrgan muscular buit dividit en quatre cavitats: **dos aurícules** (superiors) i **dos ventricles** (inferiors). Les cavitats dretes no es comuniquen amb les esquerres; estan separades per uns tabics musculars. Cada aurícula es comunica amb el seu ventricle mitjançant unes vàlvules unidireccionals que només deixen circular la sang en un sol sentit (**vàlvules auriculoventriculars**). La vàlvula que comunica les cavitats esquerres és la vàlvula mitral, mentre que les dretes es posen en comunicació gràcies a la vàlvula tricúspide.

El cor està envoltat per tres capes: l'endocardi, el miocardi i el pericardi. **L'endocardi** és la capa interna i tapissa l'interior de les cavitats a més a més de constituir les vàlvules. La capa mitjana o **miocardi** és muscular i està formada per cèl·lules musculars cardíques. El **pericardi** és la capa externa i envolta el cor i l'arrel o inici dels grans vasos a manera de sac fibrós. El pericardi té dues fulles seroses (pericardi visceral i parietal), separades entre sí (cavitat pericàrdica) per una fina capa de fluid lubricant que permet que el cor es mogui lliurement.

La sang que arriba al múscul cardíac per a nodrir-lo ho fa a través d'una xarxa pròpia que són els **vasos coronaris**. Normalment hi ha 2 artèries coronàries: la dreta i l'esquerra. Aquestes proporcionen al miocardi l'oxigen i les substàncies nutritives necessàries a més a més d'endur-se les substàncies de rebuig. Són aquestes artèries les que en cas d'obstruir-se provoquen l'infart agut de miocardi.

1.2.2 L'excitació nerviosa del cor

El cor està format per musculatura estriada cardíaca, per tant la seva contracció no és voluntària, sinó que està regulada pel sistema nerviós vegetatiu.

El cor té un funcionament autònom, pot funcionar per ell mateix, tot i així per poder regular amb més eficàcia les seves contraccions està innervat pel sistema nerviós vegetatiu, tant pel sistema nerviós simpàtic com pel sistema nerviós parasimpàtic (nervi vague). Aquesta doble innervació en facilita la regulació, augmentant o disminuint la freqüència cardíaca (batecs per minut) segons les necessitats del cos (activitat muscular, factors climàtics, stress,...). El control d'aquesta doble

innervació ve regulada pel sistema nerviós central, concretament pel bulb raquídi.

El senyal elèctric surt del **nòdul sinusoïdal**, situat a l'aurícula dreta, i es transmet concèntricament per les parets de les aurícules, fent que les dues aurícules es contreguin simultàniament. Aquesta estimulació elèctrica, continua pel **fascicle de Hiss**, situat a la paret comuna dels dos ventricles, que es divideix en dues branques, una pel ventricle dret i l'altra pel ventricle esquerre. En arribar al vèrtex cardíac es divideixen en multitud de petites branques que es distribueixen per les parets lliures ventriculars. Aquesta xarxa s'anomena **fibres de Purkinje**. Com que les fibres ventriculars condueixen l'excitació bastant lentament, els ventricles no es contrauen fins que el batec auricular no s'ha acabat.

Aquesta activitat elèctrica es pot registrar amb l'electrocardiògraf: el resultat és l'electrocardiograma. Una sèrie d'ones indiquen el pas elèctric per les diferents estructures cardíques, la seva contracció i la seva relaxació. Serveix per valorar objectivament les modalitats i les característiques de difusió de l'estímul i de les contraccions cardíques.

1.2.3 L'activitat rítmica o cycle cardíac

El cycle cardíac és l'alternança cíclica de contracció i relaxació que permet al cor funcionar com una bomba.

L'activitat rítmica del cor consisteix en una fase de contracció, la **sístole**, i una de relaxament, la **diàstole**. La musculatura cardíaca, amb aquest moviment, actua com una bomba que empeny la sang cap als vasos, formats per les artèries, els capil·lars i les venes.

La sang entra per les **venes cava inferior i superior** a l'aurícula dreta i per la **vena pulmonar** a l'aurícula esquerra. La contracció de les fibres auriculars, la sístole auricular, provoca un augment de pressió fent que s'obrin les vàlvules ventriculars (mitral i tricúspide). La sang passa als ventricles i la contracció de les fibres ventriculars augmenta la pressió dins els ventricles provocant l'obertura de les vàlvules aòrtica i pulmonar per poder així impulsar la sang cap a les artèries (artèria aorta i artèria pulmonar).

Una sístole i una diàstole de les aurícules i dels ventricles constitueixen el **cycle cardíac**.

La freqüència a la que tenen lloc els cycles cardíacs és l'anomenada **freqüència cardíaca** que depèn entre d'altres coses, de les necessitats d'oxigen de l'organisme que també varia en funció del grau d'activitat física.

1.2.4 La pressió arterial

Com que el cor és una bomba pulsativa, la sang entra a les artèries de manera intermitent amb cada batec cardíac, causant a les artèries polsos de pressió. En condicions normals i en un adult jove, quan el pols és màxim, és a dir durant la sístole, la **pressió sistòlica** és al voltant de 120 mmHg; en el seu punt mínim, corresponent a la diàstole, la **pressió diastòlica** és d'uns 80 mmHg. La diferència entre les dues pressions d'aproximadament 40 mmHg és l'anomenada **pressió diferencial**.

1.3 Els vasos i la circulació

El sistema vascular és el conjunt de conductes pels quals circula la sang que bombeja el cor. Es divideix en circulació menor o pulmonar i circulació major o perifèrica connectades entre si.

1.3.1 Circulació major

Comença al ventricle esquerre des d'on la **sang arterial**, de color vermell intens i rica en oxigen passa a l'**artèria aorta**. Com que el cor és una bomba, la sang entra a les artèries de forma intermitent amb cada batec cardíac (generant, com ja hem dit, polsos de pressió). L'artèria aorta es va dividint en artèries més petites que es van dividint fins a convertir-se en **arterioles** amb capacitat contràctil. Les arterioles regulen l'aportació de sang al territori que d'elles depèn, d'acord amb les seves necessitats. Després de les arterioles vénen els **capil·lars** que es ramifiquen formant una veritable xarxa de contacte amb el teixit per a facilitar l'intercanvi de materials i gasos. Després d'irrigar els teixits els capil·lars es reuneixen formant les **venúles** i les

venes que transportaran la **sang venosa**, més fosca que la sang arterial, rica en anhídrid carbònic i pobra en oxigen. La reunió de les diferents venes formaran la **vena cava superior i inferior** les quals desemboquen a l'aurícula dreta del cor.

1.3.2 Circulació menor

Comença al ventricle dret i porta la sang venosa als pulmons gràcies a l'**artèria pulmonar**. Als pulmons es porta a terme l'intercanvi gasós: la sang venosa es desprèn de l'anhídrid carbònic que després serà expulsat amb la respiració i rep l'oxigen que es transforma en sang arterial. Les **venes pulmonars** són les encarregades de portar aquesta sang arterial a l'aurícula esquerra del cor.

Cal aclarir que la denominació artèria o vena no fa referència al tipus de sang que hi circula, sinó a la direcció respecte al cor. Per convenció, es diu artèria als vasos que surten del cor i envien la sang a la perifèria, i vena als vasos que arriben al cor i porten la sang des dels teixits.

Així els diferents tipus de vasos sanguinis són:

Les artèries que transporten sang a pressió cap als teixits. Per aquest motiu tenen unes parets resistents i capacitat contràctil.

Les arterioles que actuen com a vàlvules de control de la sang que arriba als capil·lars. Aquestes tenen una gran paret muscular i capacitat contràctil.

Els capil·lars que són els vasos sanguinis més petits i estan en contacte íntim amb els teixits. Tenen unes parets molt primes que permeten l'intercanvi de substàncies i líquids amb les cèl·lules.

Les vènules que reben la sang dels capil·lars.

Les venes que funcionen com a conductes per al transport de la sang dels teixits novament cap al cor. Tenen poca musculatura a la paret. Disposen d'unes vàlvules venoses que impedeixen la circulació de la sang en sentit contrari.

2 L'aparell respiratori

L'aparell respiratori té la funció essencial de proveir oxigen a tots els teixits vius de l'organisme i d'eliminar l'anhídrid carbònic que es produeix en els processos metabòlics d'oxidació.

Gràcies a l'**intercanvi gasós**, l'aire passa des de l'exterior a les zones d'intercanvi (alvèols pulmonars) als pulmons utilitzant les vies respiratòries. L'oxigen passa des dels alvèols pulmonars a la sang mentre que l'anhídrid carbònic passa de la sang als alvèols pulmonars.

2.1 Anatomia

L'aparell respiratori està format per: el nas, la cavitat bucal, la faringe, la laringe, la tràquea, els bronquis, els pulmons, els bronquiols i els alvèols pulmonars

Les fosses nasals, estretes, amb una gran irrigació capil·lar, amb pèls i entapissades amb una membrana mucosa amb cilis vibràtils i glàndules secretores de moc, porten a terme les següents funcions:

- Netejar l'aire inspirat per mitjà de la mucosa nasal i els cilis vibràtils que les recobreix
- Escalfar l'aire inspirat mercès a la sang dels capil·lars
- Humitejar l'aire inspirat gràcies a la mucosa nasal per evitar la irritació de la resta de components de l'aparell respiratori
- Percebre les olors amb les terminacions nervioses olfactives situades a la part superior

La cavitat bucal i les fosses nasals es comuniquen per la **faringe**, òrgan respiratori i digestiu a la vegada, doncs, per ella passen els aliments i l'aire; així durant la deglució, la inspiració i l'expiració s'interrompen permetent el pas d'aliments a la via digestiva sense entrar a la via respiratòria.

La faringe continua amb la **laringe** que és l'òrgan de la fonació i en ella es troben les cordes

vocals.

A continuació de la laringe es troba la **tràquea**. La tràquea és un tub d'entre 10 i 15 centímetres de llarg i està envoltada per anells cartilaginosa en forma de ferradura per donar-li consistència. A l'alçada de la punta de l'**estèrnium** la tràquea es divideix en dues branques que van als pulmons: el **bronqui dret** i el **bronqui esquerre** que després es subdivideixen varies vegades fins a formar els **bronquiols** que desembocaran als **alvèols pulmonars** que, gràcies a estar envoltats per una xarxa de capil·lars, faran possible l'intercanvi gasós.

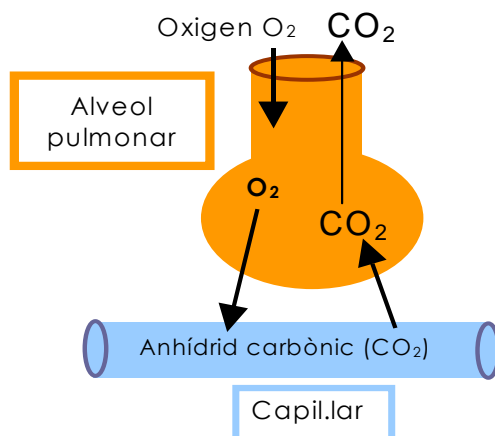


Figura 1: Intercanvi gasós: Difusió alveolocapil·lar

Els **pulmons** ocupen quasi tot l'espai toràcic i estan recoberts per una membrana molt fina: la pleura. La **pleura** té dues capes: una capa externa o parietal que recobreix la paret interna de la caixa toràcica i el diafragma i una capa interna o visceral en íntim contacte amb la superfície exterior dels pulmons. Entre aquestes dues capes hi ha un espai virtual, la **cavitat pleural** que exerceix una pressió negativa. La petita quantitat de líquid que hi ha a l'espai pleural evita el fregament durant la ventilació.

Els **alvèols pulmonars** estan formats per una capa de teixit molt prima i representen la massa principal del teixit pulmonar. L'intercanvi gasós és possible pel contacte entre els alvèols pulmonars i els capil·lars que els envolten com una xarxa. La superfície global del teixit dels alvèols pulmonars en un adult arriba als 130 m².

El **diafragma** és un múscul pla que separa la cavitat toràcica de la cavitat abdominal i té les seves fibres amb disposició radial. Aquest múscul, com veurem més endavant, juga un paper molt important en la ventilació pulmonar.

2.2 La ventilació pulmonar

La ventilació pulmonar, és a dir, l'entrada i sortida d'aire als pulmons es divideix en dos moviments essencials: la inspiració i l'expiració. El moviment de l'aire, igual que el dels fluids, es produeix per diferències de pressió. L'aire de l'exterior no entrarà als pulmons si aquests no tenen una pressió inferior a l'atmosfèrica i només sortirà quan hi hagi a l'interior dels pulmons una pressió superior a la de l'exterior. Aquestes diferències de pressió als pulmons les provoquen els moviments respiratoris.

2.2.1 Inspiració

Durant la inspiració augmenten tots els diàmetres del tòrax, tant horitzontals com verticals. L'augment del diàmetre vertical de la caixa toràcica, està provocat principalment per l'aplanament del múscul diafragma, la contracció de les seves fibres musculars fa que s'aplanï i se'n vagi cap a l'abdomen.

L'augment del diàmetre horitzontal de la caixa toràcica es deu principalment a la contracció dels

músculs intercostals externs que aixequen les costelles (les posen més horitzontals) i al mateix temps hi produeixen una lleugera rotació externa.

En la inspiració, s'amplia l'espai toràcic, els pulmons s'expandeixen i disminueix la pressió a l'interior de la caixa toràcica la qual cosa permet l'entrada d'aire des de l'exterior cap a les vies respiratòries. La inspiració és un moviment respiratori que suposa una despesa energètica.

2.2.2 Espiració

En repòs o en condicions d'esforç molt baixes durant l'inspiració les costelles tornen a la seva posició inicial i el diafragma es relaxa i puja en forma de cúpula cap a la cavitat toràcica. Aquests moviments passius provoquen una disminució del tamany de l'espai toràcic i juntament amb l'elasticitat de la caixa toràcica es produeix un augment de la pressió interior fent que l'aire sigui expulsat cap a l'atmosfera. L'inspiració que en repòs és un fenomen passiu, quan fem un esforç la podem reforçar amb la contracció dels músculs intercostals i la premsa abdominal. L'inspiració és un moviment respiratori que no suposa una despesa energètica.

Durant la respiració l'aire entra i surt dels alvèols pulmonars. Conseqüència de l'intercanvi gasós amb la sang, l'aire que surt té menor concentració d'oxigen i major concentració d'anhídrid carbònic que el que entra.

L'aire atmosfèric està format per:

Gas	Percentatge
Nitrogen	79%
Oxigen	21%
Anhídrid carbònic	0,03%

La **frequència respiratòria** que és el nombre de cicles inspiració-espiració per minut en un noutat és de 30-40 respiracions per minut. Aquesta freqüència va disminuint amb l'edat i cap als 14 anys és de 13-14 respiracions per minut com en els adults.

2.3 Regulació nerviosa

La regulació nerviosa de la respiració és molt complexa. Tots els músculs respiratoris són músculs estriats voluntaris. Això significa que els podem controlar voluntàriament ja sigui per augmentar la freqüència respiratòria (**taquipnea**), disminuir-la (**bradipnea**) o aturar la respiració (**apnea**). Malgrat aquest control voluntari, la respiració normalment està controlada pel **centre respiratori** (situat al bulb raquidi) que regula el ritme respiratori de forma totalment inconscient. Tanmateix, com que l'objectiu final de la respiració és conservar les quantitats d'oxigen i d'anhídrid carbònic en la sang constants, variacions d'aquestes substàncies provoquen modificacions de l'activitat respiratòria. A les grans artèries del tòrax i del coll, l'artèria aorta i l'artèria caròtida, existeixen uns receptors anomenats **quimiorreceptors** que davant variacions en la composició d'oxigen i anhídrid carbònic de la sang envien senyals al centre respiratori per regular l'activitat respiratòria davant aquests canvis.

2.4 La funció respiratòria de la sang i la respiració interna

Amb l'intercanvi gasós que té lloc als pulmons finalitza el que normalment coneixem com a respiració. A partir d'aquí és la sang l'encarregada de transportar els gasos respiratoris.

L'oxigen que arriba a la sang passa als glòbuls vermells i allà s'uneix de manera làbil amb l'hemoglobina. Aquesta unió làbil de l'oxigen amb l'hemoglobina és la que permetrà que, un cop als teixits, l'oxigen pugui ser alliberat de l'hemoglobina i passar a les cèl·lules.

3 Metabolisme i alimentació

L'organisme no només ha d'introduir des de l'exterior l'oxigen, sinó també els aliments dels quals extreu l'energia necessària per al propi manteniment i les substàncies precises per a la "construcció" d'estructures, teixits i òrgans. Les cèl·lules no poden utilitzar els aliments en l'estat que ingressen al nostre cos, aquests han de ser reduïts a components molt més simples.

El **metabolisme**, encarregat de regular la nutrició, és el conjunt de reaccions bioquímiques que tenen lloc a l'interior de la cèl·lula i que condueixen a la transformació dels diferents compostos. S'entén per **alimentació voluntària** introduir aliments al nostre organisme. La **nutrició** és el fet involuntari d'absorbir les substàncies nutritives a l'interior del cos humà.

3.1 L'alimentació humana. Substàncies nutritives

Normalment, l'alimentació humana és mixta, és a dir d'origen animal i vegetal amb petites quantitats de substàncies minerals. Malgrat que avui dia és àmpliament recomanada el que es coneix com a dieta mediterrània, encara existeixen diferències territorials pel que fa als hàbits alimentaris atribuïbles en gran part a diferències geogràfiques i socials. Així doncs, una alimentació equilibrada ha de contenir en diferent proporció les següents substàncies nutritives:

- **Principis immediats:** Hidrats de carboni (o glúcids), greixos (o lípids) i proteïnes (o pròtids). Així en una alimentació correcta cal mantenir les següents proporcions:
 - Hidrats de carboni: 55-60 %
 - Greixos: 15-20%
 - Proteïnes: 18-22%
- **Vitamines**
- **Aigua**
- **Minerals**

3.1.1 Hidrats de carboni

Estan formats per carboni, hidrogen i oxigen. La majoria són d'origen vegetal. Segons la seva estructura es divideixen en:

- **Monosacàrids** (glucosa, fructosa i maltosa)
- **Disacàrids** (sacarosa i lactosa)
- **Polisacàrids** (midó i glicogen). Es coneix com a "fibra" un polisacàrid molt abundant als vegetals, la cel·lulosa, que l'organisme humà no pot digerir i per tant no aporta energia. La seva funció és actuar com a residu afavorint el trànsit intestinal.

Els hidrats de carboni són la principal font d'energia de l'organisme humà. Les reserves d'hidrats de carboni al nostre cos es troben en els sucres de la sang, el glicogen del fetge i el dels músculs.

3.1.2 Greixos

Els greixos tenen la mateixa composició química que els hidrats de carboni però amb una estructura diferent. Malgrat aquesta estructura diferent, durant el metabolisme els uns es transformen en els altres. Els greixos es troben principalment en els aliments d'origen animal però també hi ha greixos d'origen vegetal sobretot a les llavors (nous, llavors de girasol, olives...). Els greixos líquids són anomenats **olis**. Els greixos també constitueixen una important font d'energia per a l'organisme.

Una petita part dels greixos que arriben al nostre cos, intervé en la construcció de les estructures cel·lulars i una gran part queda emmagatzemada al teixit adipós subcutani acomplint funcions de termoregulació. Aquests magatzems poden mobilitzar-se o ésser utilitzats quan s'esgoten les reserves de sucre.

3.1.3 Proteïnes

Les proteïnes són unes grans molècules formades per la unió de nombroses molècules més petites anomenades **aminoàcids**. Aquests a la vegada estan formats per carboni, oxigen, hidrogen i nitrogen fonamentalment; en algunes proteïnes hi ha fòsfor, sofre i altres elements. Les fonts principals de proteïnes són la carn, el peix, els ous, la llet i els llegums. Les proteïnes juguen un paper fonamental en la construcció dels teixits de l'organisme, només s'utilitzen per aconseguir energia en situacions extremes o s'hi s'ingereixen més quantitats de les necessàries.

3.1.4 Vitamines

Les vitamines són substàncies orgàniques sense valor energètic però indispensables pel nostre organisme. Intervenien en diversos processos metabòlics com per exemple el creixement. La seva carència provoca quadres patològics anomenats **avitaminosi**. Les vitamines són d'origen vegetal i l'home se n'ha de proveir (excepte de la vitamina D) amb l'alimentació. Les vitamines es classifiquen segons la seva solubilitat en l'aigua o els greixos:

- Solubles en l'aigua (hidrosolubles): vitamines del complex B i vitamina C.
- Solubles en greixos (liposolubles): vitamines A, D, E i K.

Les vitamines liposolubles només poden ingressar al nostre cos a partir dels aliments que contenen greixos. La necessitat diària de vitamines és de pocs mil·ligrams o fins i tot menys per vitamina, així una alimentació variada i fresca proporciona generalment totes les vitamines que necessitem en quantitat suficient. Només en determinades condicions augmenten aquestes necessitats com per exemple durant l'embaràs, quan es pateixen malalties infeccioses o en els esportistes. Els fenòmens de carència o excés vitamínics, es reconeixen perquè presenten un conjunt de símptomes diferents del que seria una malaltia habitual.

3.1.5 Aigua

L'aigua és un component químic essencial a l'organisme, és indispensable perquè totes les reaccions bioquímiques tenen lloc en solució hídrica, a més a més, té una important funció de transport. D'altra banda, l'aigua a compleix la funció de regular la temperatura corporal per tal que es mantingui relativament constant gràcies al procés de la sudoració i la conducció de la calor. Qualsevol disminució del contingut hídric del cos provoca la sensació de set, que desapareix quan es restableix el contingut d'aigua normal al cos.

3.1.6 Minerals

Les sals minerals són components com el sodi, calci, ferro, magnesi, potassi i petites quantitats d'altres elements (coure, manganès, zinc, iode, fluor, sofre, etc.). Les sals minerals es troben als aliments d'origen vegetal i animal. El calci, per exemple, participa en la formació del teixit ossi i de les dents, intervé en els processos de coagulació de la sang, en la contracció muscular i en el sistema nerviós. El ferro es troba a la molècula d'hemoglobina dels glòbuls vermells.

3.2 El metabolisme

Metabolisme és el conjunt de reaccions bioquímiques que tenen lloc a l'interior de la cèl·lula per transformar els diferents compostos. Consta de dues fases ben diferenciades: l'anabolisme i el catabolisme.

3.2.1 El catabolisme

Consisteix en la transformació de substàncies orgàniques complexes en molècules senzilles generant energia en forma d'ATP. Aquest ATP s'utilitza per a la construcció de teixits (anabolisme) o bé com a despesa energètica per mantenir les funcions vitals i l'activitat física del cos humà.

3.2.2 L'anabolisme

Consisteix en la construcció de matèria orgànica complexa a partir de les molècules senzilles que hi ha al citoplasma cel·lular consumint els ATP's obtinguts al catabolisme.

3.2.3 Equilibri entre anabolisme i catabolisme

A l'organisme hi ha d'haver un equilibri entre anabolisme i catabolisme; aquest equilibri metabòlic no és estàtic i s'adapta en tot moment a les seves necessitats. Hi ha **equilibri metabòlic** quan l'aportació d'aliments és equivalent aproximadament a les necessitats energètiques. En condicions normals, a un pes constant correspon un equilibri metabòlic. Així un augment de pes indica un augment en la ingestió de menjar, al contrari una disminució del pes corporal tradueix una alimentació insuficient respecte a les necessitats.

L'energia que s'allibera en les reaccions energètiques del metabolisme normalment es mesura en **calories**. Una calor es defineix com la quantitat de calor necessària per fer pujar un litre d'aigua de 14'5 a 15'5 graus de temperatura a una pressió normal. Quan es parla d'alimentació, la mesura que normalment s'utilitza és la de **quilocaloria** (1000 calories)

3.3 Transport

La funció de transport consisteix en la conducció de les substàncies d'un lloc a l'altre a l'interior del propi organisme per a dur a terme les funcions vitals. Aquesta funció es porta a terme a través del **medi intern**. El medi intern és el conjunt de líquids que el nostre organisme té a fora de les cèl·lules (per exemple la sang).

3.3.1 Hidrats de carboni

A través de la vena porta, els productes finals de la digestió dels hidrats de carboni, els sucres senzills, arriben al fetge a on una gran part es sintetitza en forma de glicogen i s'emmagatzema mentre que la resta es troba a la sang de la circulació major en una quantitat constant (de 80 a 120 mg/ml) regulada per l'hormona insulina.

3.3.2 Greixos

La major part dels greixos, un cop absorbits, no van al fetge, passen als vasos limfàtics. Això fa que després d'una alimentació rica en greixos els vasos sanguinis no estiguin sobrecarregats d'aquestes substàncies. Una petita part d'aquests greixos s'utilitzarà en l'anomenat metabolisme estructural encarregat de la formació i reparació de membranes cel·lulars.

3.3.3 Proteïnes

Les proteïnes, a través de la circulació major, arriben al fetge. Bàsicament intervien en la formació de noves proteïnes pròpies. Una alimentació molt rica en proteïnes fa que una petita part sigui transformada en hidrats de carboni o en greixos i es pugui utilitzar en el metabolisme energètic.

3.4 Emmagatzematge

En repòs, una part de la glucosa queda emmagatzemada als músculs en forma de glicogen. Aquest glicogen serà utilitzat per aconseguir energia per a la contracció muscular. Si en l'alimentació existeix un excés d'hidrats de carboni, una part pot transformar-se en greixos i quedar emmagatzemada com a reserva energètica

4 L'aparell locomotor

L'aparell locomotor de l'home és el conjunt d'òrgans que mantenen l'equilibri i permeten el moviment del cos. A aquest li donen forma, estructura i protecció. Aquest aparell té dos components:

- Component passiu: el sistema ossi

- Component actiu: el sistema muscular

4.1 El sistema ossi

El sistema ossi consta d'ossos i articulacions i té funcions de: protecció, sosteniment i moviment. La **funció protectora** consisteix a defensar els òrgans interns del nostre cos de les agressions exteriors. Així, per exemple, el crani, protegeix el cervell i la caixa toràctica protegeix els òrgans del tòrax (el cor i els pulmons).

La **funció de sosteniment** consisteix a oferir estabilitat als òrgans i situar el cos a l'espai.

La **funció de moviment** és possible gràcies a l'acció coordinada dels músculs que es troben inserits als ossos, així la seva contracció i relaxació provoca el moviment del cos o d'alguna de les seves parts.

4.1.1 Els ossos

Els ossos són òrgans durs i resistents, dotats, encara que mínimament, de flexibilitat i elasticitat. En l'esquelet es distingeixen diferències sexuals. Els ossos del sexe masculí són generalment més robustos i modelats donat que la musculatura és més potent. La diferència sexual més evident és a la pelvis; a la dona és més ampla en estar preparada per a l'embaràs i el part.

a) Classificació

Els ossos segons la seva forma poden classificar-se en :

- **Ossos llargs:** la longitud és superior al gruix i a l'amplada. La seva part central s'anomena **diàfisi** mentre que els seus extrems són les **epífisis** (l'epífisi proximal és la que està més a prop del centre del cos i epífisi distal la que es troba més allunyada). Exemples d'ossos llargs són: el fèmur, l'húmer i la tibia.
- **Ossos plans:** l'amplada i la longitud són semblants i sempre superiors al gruix. Aquest tipus d'ossos delimiten cavitats i protegeixen els òrgans que contenen. Un exemple d'ossos plans són els ossos del crani.
- **Ossos curts:** les tres dimensions, longitud, amplada i gruix són similars. Exemples d'ossos curts són els ossos de la mà i les vèrtebres de la columna vertebral.

Les superfícies dels ossos poden ser totalment llises o presentar irregularitats que segons les seves característiques s'anomenen apòfisi, espina, tuberositat, línia, cresta o eminència.

b) Components

Els tres components principals dels ossos són :

- **El periosti:** és una membrana rica en vasos sanguinis, vasos limfàtics i vies nervioses que recobreix la superfície externa de l'os. La seva capa externa té una funció bàsicament protectora i la capa interna és la que conté els vasos i les fibres nervioses. És a la capa interna on hi ha unes cèl·lules òssies (**osteoblasts**) que són les encarregades del creixement dels ossos i de la seva reparació en cas de trencament (fractures), doncs poden formar os nou. Així el periosti no només protegeix l'os sinó que l'alimenta, el fa créixer i el repara en cas de lesions.
- **El teixit ossi:** Aquí es troben les cèl·lules òssies envoltades d'un material calcificat (la matriu òssia) que proporciona a l'os la seva duresa característica. La matriu òssia està formada per proteïnes, com el col·lagen i minerals, com les sals de fosfat càlcic. El teixit ossi vist al microscopi presenta dos tipus d'estructura:
 - **Os compacte:** format per lamel·les òssies disposades concèntricament que envolten un canal anomenat de Havers per on passen els vasos sanguinis que nodreixen l'os. L'os compacte el trobem a la diàfisi dels ossos llargs i a la part externa dels ossos plans i curts.
 - **Os esponjós:** està organitzat en fines columnes de teixit anomenades trabècules disposades de manera semblant als pilars de sosteniment d'una construcció amb maons. Les trabècules permeten a l'os resistir les diferents càrregues de pressió o

tracció generades pel propi pes o pel moviment. Aquesta estructura trabecular s'ha demostrat que s'adapta als principis de l'estàtica i la dinàmica. L'os esponjós el trobem a la part interna dels ossos curts i plans i a les epífisis dels ossos llargs.

- **El moll de l'os:** Es troba a les cavitats internes dels ossos i pot ser vermell o groc.
 - **Moll de l'os vermell:** es troba a les cavitats delimitades per les trabècules òssies de l'os esponjós. Mentre l'individu viu és l'encarregat de fabricar les cèl·lules de la sang que a través dels vasos passen al corrent sanguini. En el fetus, el nou-nat i el nen petit tots els ossos tenen moll de l'os vermell, doncs són èpoques de màxim creixement. Posteriorment, en l'adult, només queda moll de l'os vermell en alguns ossos del tronc i del crani.
 - **Moll de l'os groc:** és la transformació del moll de l'os vermell durant el creixement del nostre cos. Està format bàsicament per greix i no produeix cèl·lules sanguínies. El trobem a les diàfisis dels ossos llargs.

c) Formació del teixit ossi

El teixit ossi es forma a través de dues vies:

- **Ossificació directa:** a partir del teixit conjuntiu formant-se l'os membranós o de revestiment com és la clavícula, el crani o els ossos de la cara.
- **Ossificació indirecta:** a partir del cartílag, primer es forma un os cartilaginós que progressivament va sent substituït per teixit ossi.

Els punts on comença l'ossificació són els **nuclis d'ossificació**. Als ossos llargs entre la diàfisi i l'epífisi hi ha una capa de cartílag: el **cartílag de creixement**. Aquest permetrà la formació d'os i per tant el seu creixement fins a assolir les dimensions definitives en l'etapa adulta. Un cop finalitzat el creixement el cartílag serà absorbit i substituït per teixit ossi. Una fractura o sobrecàrregues excessives d'aquest cartílag durant el creixement pot alterar el desenvolupament normal de l'os.

4.1.2 Les articulacions

Els ossos estan units entre sí mitjançant les articulacions. Aquestes són el mecanisme que permet que dos ossos diferents i independents es puguin moure recíprocament.

a) Classificació

Des del punt de vista anatòmic es divideixen en dues grans categories:

- **Articulacions fixes (sinartrosi)**

Són articulacions per continuïtat, amb molt poca o sense mobilitat. Exemples d'aquest tipus d'articulacions són les dels ossos del cap.

- **Articulacions mòbils (diartrosi)**

Són articulacions amb diverses possibilitats de moviment i en elles els ossos es posen en contacte a través de superfícies llises recobertes de cartílag. Exemples d'aquestes articulacions són l'articulació escàpulo humeral de l'espatlla en la que el cap de l'húmer, en forma d'esfera, gira en totes direccions dins la cavitat articular de l'escàpula.

Els components d'una diartrosi són:

- Les superfícies articulars
- La membrana sinovial i el líquid sinovial
- Els lligaments
- La càpsula articular

Les **superfícies articulars** són les zones de contacte dels ossos i entre elles hi ha un petit espai, l'**espai articular**. Aquestes superfícies llisquen l'una sobre l'altra gràcies al **cartílag articular** que les recobreix i al **líquid sinovial** que les lubrifica. Els cartíl·lags articulars o hialins són resistents a la pressió i elàstics assegurant el lliscament de les superfícies articulars tot evitant el desgast que comportaria el contacte directe entre els dos ossos. Les diartrosis estan envoltades

per una càpsula fibrosa, la **càpsula articular** formada per teixit conjuntiu fibrós i elàstic. La part interna de la càpsula és la **membrana sinovial**, aquesta està molt irrigada i és qui segrega el líquid sinovial. Els ossos que formen una articulació estan subjectes entre sí per fibres de teixit molt resistent anomenades **ligaments**. Els lligaments poden trobar-se dins la càpsula articular essent per tant **intraarticulars** o bé per fora essent **extraarticulars**.

b) Moviments articulars

Les diartrosis són articulacions que poden fer tres tipus de moviment: el lliscament, la rotació i el moviment angular.

Cada vegada que les superfícies articulars llisquen l'una sobre l'altra, sense perdre el seu paral·lelisme, tenim un **moviment de lliscament**.

El **moviment de rotació** es dona quan un segment ossi gira sobre el seu eix vertical mantenint-se en contacte amb la superfície articular de l'altre segment ossi amb el qual s'articula. Els moviments de rotació poden ser en dos sentits:

- **Rotació interna:** quan el sentit de gir del segment ossi és en direcció cap al centre del cos.
- **Rotació externa:** quan el sentit de gir del segment ossi és cap a l'exterior del centre del cos.

El **moviment angular** pren com a referència els diferents plans del cos humà.

En el pla frontal poden donar-se els moviments de [CMR fig. 70 pàg. 85]:

- **Abducció:** cada vegada que un os s'allunya de l'eix vertical del cos.
- **Adducció:** cada vegada que un os s'apropa a l'eix vertical del cos.

En el pla sagital es produeixen dos tipus de moviment:

- **Flexió:** l'os que es mou forma un angle amb l'os amb el que s'articula.
- **Extensió:** l'os que es mou es situa sobre el mateix pla de l'os amb el qual s'articula.

A més a més dels tres moviments anomenats també és possible el **moviment de circumducció** que no és més que la combinació de diversos moviments angulars.

4.1.3 L'esquelet

El conjunt de tots els ossos del nostre cos constitueix l'esquelet. **L'esquelet axial** (l'eix del nostre cos) està format pels ossos del cap, coll i tronc. Des d'aquí surten les 4 extremitats: dues superiors i dues inferiors que formen l'anomenat **esqueletapendicular**. Les extremitats superiors s'uneixen a l'esquelet axial mitjançant el que s'anomena cintura escapular, mentre que les extremitats inferiors ho fan gràcies a la cintura pelviana.

a) El cap

L'esquelet del cap el formen el **crani** i els **ossos de la cara**. Tots els ossos del cap, a excepció de la mandíbula, s'articulen per articulacions fixes que no tenen cap tipus de moviment.

b) La columna vertebral

És l'eix longitudinal del cos humà. Consta de 33 o 34 ossos curts irregulars, les **vèrtebres** que s'articulen entre si gràcies al **disc intervertebral** (fibrocartíleg que augmenta la mobilitat i l'elasticitat d'aquestes articulacions).

La columna vertebral en l'home té forma de "S" itàlica i s'hi distingeixen curvatures fisiològiques en el pla sagital: les **lordosis** i les **cifosis**. Les lordosis són curvatures de convexitat anterior i n'hi ha dues, una a nivell cervical i una a nivell lumbar. Les cifosi són curvatures de convexitat posterior i també n'hi ha dues, una a nivell dorsal i una a nivell sacre. Aquestes curvatures de la columna vertebral existeixen per motius d'equilibri i de resistència a més a més d'esmorteir els cops que es transmeten per tot l'eix longitudinal del cos.

Poden existir variacions patològiques de les curvatures de la columna vertebral en el pla frontal i aquestes s'anomenen **escoliosis**.

Les vèrtebres, malgrat ésser diferents en funció de la posició que ocupen al llarg de la columna

vertebral, tenen unes característiques comunes. La seva part anterior és el **cos vertebral** i la part posterior amb forma d'anell s'anomena **arc vertebral**. La superposició de tots els arcs vertebrals crea un canal, el **canal vertebral o medul·lar** per on passa la **medul·la espinal**. Entre els espais que hi ha entre vèrtebra i vèrtebra surten cap enfora els nervis espinals que aniran a innervar les diferents zones corporals. L'arc vertebral es continua endarrere amb una prolongació anomenada **apòfisi espinosa**, als costats del cos vertebral hi ha les **apòfisi transverses** i per sobre i per sota d'aquestes hi ha les **apòfisis articulars**.

La columna vertebral és la base de tot el sistema esquelètic, a més a més de sostenir el cap amb el segment cervical, permet els seus moviments de flexió, extensió, rotació, i torsió. És el suport de les costelles que formen la caixa toràctica i dels dos membres superiors amb el segment dorsal; proporciona al cos la màxima capacitat de flexió i torsió al segment lumbar i finalment s'uneix amb la pelvis al segment sacre transmetent als membres inferiors tot el pes de la part superior.

c) La caixa toràctica

Està formada per les **vèrtebres dorsals** o toràctiques, dotze parells de **costelles** i l'**estèrnum**.

Les costelles són ossos llargs i plans doblegats en forma d'arc i units per darrera a les vèrtebres toràctiques. Per davant els set primers parells de costelles s'uneixen per cartílags propis a l'estèrnum, els tres parells següents estan units al cartílag de la costella superior i els dos darrers parells tenen l'extremitat anterior lliure per això s'anomenen costelles flotants.

d) Extremitat superior

La **cintura escapular** és l'encarregada d'unir l'extremitat superior al tronc i està formada a cada costat per un os anterior: la **clavícula** i un os posterior: l'**escàpula**.

La clavícula s'articula per un extrem amb l'estèrnum i per l'altre amb l'escàpula. L'escàpula està unida a les costelles per lligaments i músculs que permeten a l'espatlla una gran mobilitat. La cavitat glenoïdal de l'escàpula és la superfície esfèrica i còncava que permet l'articulació del cap de l'húmer formant l'articulació escàpulohumeral.

El membre superior consta de tres regions: braç, avantbraç i mà.

El braç només té un os: l'húmer. L'avantbraç té dos ossos llargs: el radi i el cúbit. El braç i l'avantbraç s'articulen pel colze on arriben aquests tres ossos: húmer, radi i cúbit.

L'avantbraç s'articula amb la mà pel canell. A la mà hi ha 8 ossos curts que formen el carp i s'articulen per dalt amb el cúbit i el radi i per sota amb el metacarp (esquelet del palmell de la mà) format per 5 ossos llargs. Al metacarp s'uneixen els ossos dels dits, les falanges. Cada dit té tres falanges (primera o proximal, segona o medial i tercera o distal) exceptuant el polze que només en té dues.

e) Extremitat inferior

Els membres inferiors s'uneixen al tronc gràcies a la **cintura pelviana o pelvis**. La pelvis està formada pels ossos ilíacs i l'extrem distal de la columna vertebral: el sacre i còccix. Aquests ossos estan units formant una estructura circular en forma d'embut que sosté el tronc i l'uneix amb els membres inferiors.

Cada os ilíac està format per tres ossos: l'ili, l'isqui i el pubis que es fusionen en un sol os en arribar a la pubertat. En el punt on s'uneixen aquests tres ossos es forma una cavitat articular, l'acetàbul de forma esfèrica per permetre l'articulació del cap del fèmur formant l'articulació coxofemoral.

El membre inferior es divideix en tres regions: cuixa, cama i peu. L'os de la cuixa és el fèmur i és l'os més llarg i més pesat del nostre cos. La part distal del fèmur s'articula amb els ossos de la cama gràcies a l'articulació del genoll. A la cama hi ha dos ossos, la tibia i el peroné que per la seva part distal i gràcies a l'articulació del turmell entren en contacte amb el peu. Al peu hi trobem els ossos del tars que s'articulen amb la tibia i el peroné, davant d'ells es troben els

metatarsians en nombre de 5, que s'articularan amb les falanges dels dits del peu.

4.2 El sistema muscular

El sistema muscular és el component actiu de l'aparell locomotor. Gràcies al seu lligam amb l'esquelet, la musculatura esquelètica és capaç de moure el cos i mantenir-lo en equilibri en diferents posicions. Els ossos permeten la inserció dels músculs que els mouen (mercès a les articulacions) o dels que els fixen en una posició determinada. Els ossos poden ser fixats pels músculs en una posició mitjançant dos tipus de contracció:

- **Contracció dinàmica:** amb moviment.
- **Contracció estàtica:** de fixació.

La contracció muscular consisteix en l'escurçament de les cèl·lules del teixit muscular (fibres musculars), el que es tradueix en una disminució de la seva longitud proporcional al grau de tensió muscular desenvolupat. Aquesta disminució de longitud és conseqüència de la capacitat del múscul per transformar l'energia química en energia mecànica dins la cèl·lula muscular.

Hi ha dos tipus de teixit muscular: Teixit muscular llis i teixit muscular estriat; aquesta distinció es basa en característiques anatòmiques i funcionals.

4.2.1 Múscul estriat esquelètic

El teixit muscular esquelètic és el més abundant del conjunt de la musculatura corporal (al nostre cos hi ha 434 músculs esquelètics que representen el 40% del pes total en l'home i el 30-32% en la dona). Aquests músculs estan formats per unes cèl·lules anomenades fibres musculars que tenen forma de fus i més d'un nucli (polinuclears). Les fibres musculars es disposen paral·lelament i continuen amb les fibres dels tendons que és la part final del múscul mitjançant la qual s'insereix en l'os.

Els músculs estriats esquelètics són de contracció voluntària, doncs estan innervats pel sistema nerviós central. La seva contracció és més ràpida i més intensa que la dels músculs llisos i poden presentar fenòmens de fatiga. De fet, la contracció aïllada d'una sola fibra muscular dura tan sols uns milisegons als que segueixen un període de repòs abans de començar una nova contracció. Així, l'estat de contracció d'un múscul ve determinat pel nombre de fibres musculars que en aquell precís moment es troben en contracció.

Durant l'activitat muscular, sempre hi ha fibres musculars en contracció i en relaxació doncs aquestes actuen de manera asincrònica per poder mantenir una activitat muscular continuada. De tota manera, el que varia és la proporció de fibres en un estat o altre, i aquesta proporció pot augmentar o disminuir d'acord amb les necessitats funcionals d'aquell múscul.

Fins i tot quan els músculs estan en repòs, persisteix cert grau de contracció que varia segons els moments i les persones. Aquest grau de contracció residual del múscul esquelètic és involuntari i inconscient i es denomina **to muscular**

4.2.2 Característiques funcionals dels músculs esquelètics

Els músculs esquelètics tenen mides i formes diferents. En un múscul esquelètic hi distingim dos components:

- **Component muscular:** part carnosa, cos muscular que és el teixit muscular estriat.
- **Component no muscular** (diverses formacions de teixit conjuntiu) que el formen:
 - **Tendons:** formacions terminals blanquinoses dels músculs esquelètics mitjançant les quals s'uneixen als ossos (insercions).
 - **Aponeurosi:** làmines planes de teixit conjuntiu presents en alguns músculs que actuen envoltant-los i mantenint compacte el cos muscular. També serveixen per a la inserció òssia.

- **Epimisi, perimisi i endomisi:** formacions conjuntives de recobriment del múscul complet i dels seus components.
- **Elements vasculars, conductes limfàtics i terminacions nervioses.**

Els músculs esquelètics tenen dues extremitats mitjançant les quals s'enganxen als ossos que s'anomenen **insercions**.

El múscul complet està envoltat per l'epimisi i és el resultat de la unió de fascicles musculars recoberts pel perimisi. Els fascicles musculars estan formats per fibres musculars recobertes per l'endomisi. Les fibres musculars són la reunió de moltes miofibril·les que a la vegada estan formades pels miofilaments.

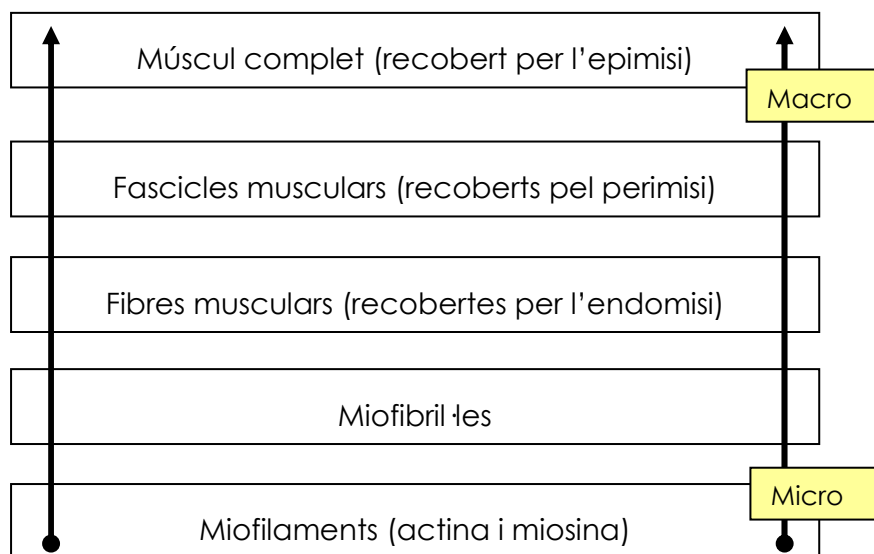


Figura 2: Estructura del múscul estriat

La força d'un múscul és la resultant de la força contràctil de les fibres que el formen. Les fibres, quan es contreuen a conseqüència d'un estímul, produeixen un escurçament del cos muscular que provoca una tracció del punt d'inserció mòbil que es transmet als ossos i determina el moviment.

El tipus de moviment depèn de múltiples factors com són: el tipus d'articulació, la relació entre múscul i os, la intervenció d'altres músculs, l'acció de la gravetat, d'altres forces externes i del tipus de contracció muscular.

El múscul es pot inserir a l'os directament o bé a través d'un **tendó** que té com a principals característiques la resistència i el fet de no ser extensible. La unió del tendó amb l'os és tan forta que en cas de forces de tracció extremes sobre la seva estructura provocaran abans el trencament de l'os que la del tendó.

Els tipus principals de contracció muscular són:

- **Contracció muscular isomètrica:** quan la longitud del múscul roman constant durant la contracció. En aquest cas no existeix escurçament muscular. En aquest tipus de contracció la força desenvolupada pel múscul augmenta progressivament en el temps fins a assolir un valor màxim. Si no s'atura la contracció, la força va disminuint progressivament a conseqüència dels efectes de fatiga. Aquest tipus de contracció la presenten sobretot els músculs curts.
- **Contracció muscular concèntrica:** és aquella contracció que ocorre quan es produeix una disminució en la longitud (escurçament) del conjunt del sistema muscular.
- **Contracció muscular excèntrica:** són contraccions musculars que es produeixen amb el múscul elongat respecte a la seva longitud de repòs.

Des del punt de vista biomecànic, els ossos es poden comparar amb palanques: l'articulació és el suport i el múscul la font de potència.

Respecte a un determinat moviment els músculs poden ser de dos tipus:

- **Músculs sinèrgics o agonistes:** la seva activitat produeix el moviment.
- **Músculs antagonistes:** aquells que durant l'execució del moviment es relaxen gradualment. La seva acció és contrària al múscul actiu durant el moviment.

Posem per exemple el moviment de flexió del braç: el bíceps serà el múscul agonista mentre que el tríceps serà l'antagonista.

A més a més, basant-nos en els moviments que realitzen els músculs també es poden classificar en **flexors** (com per exemple el bíceps que flexiona el braç) i **extensors** (com el tríceps que exten el braç). També hi ha determinats músculs que separen un membre de l'eix frontal del cos i s'anomenen **abductors**, els que l'aproximen són els **adductors**, els que efectuen moviments de rotació són els rotadors.

Els **esfínters** són els músculs que disminueixen el diàmetre d'una apertura mentre que els **dilatadors** són els que l'eixamplen.

4.2.3 Les fibres musculars

Dins un mateix múscul esquelètic no totes les fibres musculars són iguals, en funció de la seva coloració es distingeixen en fibres vermelles i d'altres més blanques. Així les seves principals característiques són:

- **Fibres vermelles o fibres ST:** es troben fonamentalment als músculs posturals (com per exemple els músculs llargs de l'esquena), són fibres curtes, envoltades de molts capil·lars sanguinis i tenen molts mitocondris. Tenen molta mioglobina (pigment semblant a l'hemoglobina) capaç d'emmagatzemar oxigen. Són fibres de contracció lenta però preparades per a dur a terme un treball muscular perllongat.
- **Fibres blanques o fibres FT:** es troben fonamentalment als músculs que requereixen una contracció ràpida i intensa però cauen ràpidament en fatiga. Són més llargues que les fibres ST i tenen menys mitocondris.

Tots els músculs tenen un percentatge de fibres blanques i de fibres vermelles determinat genèticament que a més a més varia d'un individu a un altre. Aquesta dotació, en funció del tipus d'exercici que porti a terme una persona pot modificar-se.

CARACTERÍSTIQUES	Fibres ST	Fibres FT
Altres denominacions	Fibres de contracció lenta Fibres tipus I Fibres vermelles	Fibres de contracció ràpida Fibres tipus II Fibres blanques
Velocitat de contracció	Lenta	Ràpida
Durada de la contracció	Llarga (sostinguda)	Curta (aïllada)
Característiques estructurals	Diàmetre petit Mitocondris molt abundants Reticle endoplasmàtic poc desenvolupat	Diàmetre gran Pocs mitocondris Reticle endoplasmàtic molt desenvolupat
Característiques metabòliques	Sobretot aeròbies	Sobretot anaeròbies
Activitat funcional	Manteniment de la postura	Contraccions intenses aïllades

Taula x: Principals característiques de les fibres musculars FT i ST

En els espais que queden entre els fascicles musculars hi ha una xarxa de vasos sanguinis que aporten nutrients al múscul així com les fibres nervioses que els exciten.

a) Innervació nerviosa i funcionament

Cada neurona motora que surt de la medul·la espinal acostuma a innervar varies fibres musculars. Totes les fibres musculars que estan innervades per la mateixa fibra nerviosa s'anomenen **unitat motora**. Aquesta fibra nerviosa té un sol axó que en arribar a les fibres musculars es ramifica i estimula varies fibres musculars. Aquestes terminacions nervioses s'introdueixen a la fibra muscular i estableixen l'anomenada **unió neuromuscular o placa motora**. Així l'impuls nerviós que baixa per l'axó d'un nervi motor es divideix per arribar a les fibres musculars que innerva provocant primer l'excitació i després l'acció.

El **principi del tot o res** regeix la resposta a un impuls nerviós, les fibres musculars només s'exciten si aquest estímul és superior a una certa intensitat anomenada **llindar d'estimulació**.

La distribució de les fibres musculars d'una mateixa unitat motora fa que es pugui mantenir una contracció gràcies a contraccions i relaxacions successives degudes als impulsos que es generen rítmicament en les diferents unitats motores. Aquest fenomen també permet que la contracció dels músculs es faci sense sotracs.

Hi ha diferents sistemes de control que regulen perfectament la força que fan els músculs a cada contracció. Així als tendons i a les càpsules articulars hi ha uns receptors que quan són estirats enèrgicament per un escurçament del múscul generen impulsos que poden arribar a inhibir l'impuls nerviós que havia originat la contracció.

La força i la velocitat de la contracció d'un múscul depenen del sincronisme amb què s'activen totes les seves fibres; concretament la força de la contracció muscular depèn del nombre de fibres activades a la vegada i la velocitat dels moviments depèn de la rapidesa amb què es succeeixen les contraccions musculars respecte a l'impuls nerviós inicial.

4.2.4 Bioquímica de la contracció muscular

La contracció de la fibra muscular es produeix gràcies a l'**ATP** (trifosfat d'adenosina). L'ATP sovint se l'anomena moneda d'intercanvi energètic. L'ATP és una molècula d'alt contingut energètic doncs disposa d'enllaços amb grups fosfòrics rics en energia que n'alliberen una important quantitat en hidrolitzar-se (trençar-se). Així l'ATP en alliberar un grup fosfòric es transforma en ADP (difosfat d'adenosina) i allibera tanmateix l'energia necessària per a la contracció muscular.

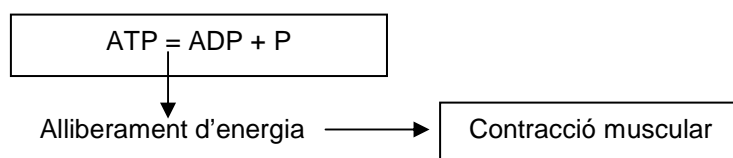


Figura X: Esquema de la bioquímica de la contracció muscular

Les vies per a l'obtenció de l'ATP necessari per a dur a terme la contracció muscular poden classificar-se segons el següent esquema:

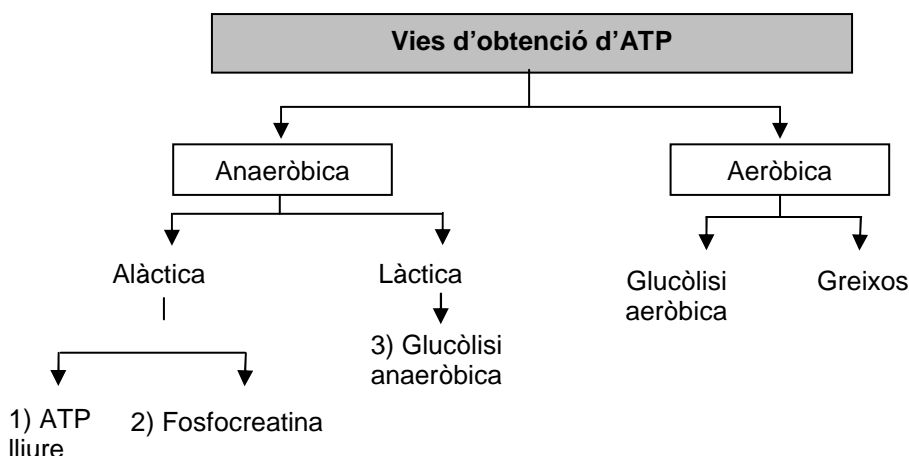


Figura X: Vies d'obtenció d'ATP per a la contracció muscular

- **ATP lliure:** Malgrat ésser l'ATP l'únic compost capaç de subministrar energia a la contracció muscular, el contingut d'ATP de la fibra muscular és molt limitat. Això significa que l'ATP present al múscul únicament pot garantir el subministrament energètic per a un curt període de temps. Si, com és habitual, la contracció muscular ha de durar més que aquest curt període de temps, es fa imprescindible procedir a una contínua síntesi de l'ATP a mesura que es va utilitzant.
- **Fosfocreatina:** La síntesi de l'ATP es porta a terme a partir de l'ADP i del grup fosfòric però és necessària energia per a tornar a formar l'enllaç amb el grup fosfòric. Així el primer procés de síntesi té lloc a partir d'unes substàncies acumuladores d'energia com la fosfocreatina, que es divideix en creatina i fosfat proporcionant a l'ADP el grup fosfòric necessari per resintetitzar l'ATP. De tota manera les reserves de fosfocreatina muscular també són limitades i per tant s'ha de recórrer a d'altres processos capaços de resintetitzar l'ATP. És a dir, una vegada esgotades les reserves d'ATP i de fosfocreatina el múscul utilitza

d'altres combustibles per a l'obtenció d'energia.

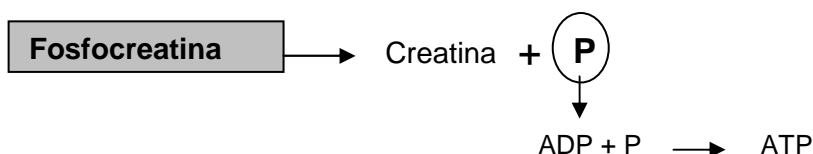


Figura X: Obtenció d'ATP a partir de fosfocreatina

- **Glucòlisi anaeròbica**, (procés de degradació de glucosa a piruvat) té lloc sense presència d'oxigen, per tant és una degradació anaeròbica. D'altra banda, quan la quantitat de piruvat és superior a les quantitats que poden ingressar als mitocondris de les fibres musculars, aquest s'acumula al citoplasma cel·lular i es converteix parcialment en àcid làctic. L'acumulació de piruvat i àcid làctic al citoplasma cel·lular suposa un augment del grau d'acidesa de la cèl·lula que pot arribar a interferir en el seu funcionament normal. Així la degradació de piruvat a àcid làctic és procés anaeròbic (sense oxigen) làctic (amb producció d'àcid làctic).
- **Degradació dels greixos** en presència d'oxigen (aeròbicament) té lloc als mitocondris a l'interior de la cèl·lula. En primer lloc els àcids grassos es descomponen en una molècula més elemental que és l'acetat i aquest, gràcies a un conjunt de reaccions químiques anomenades cicle de Krebs, es descomposa en anhídrid carbònic (CO₂) i perd els seus electrons. Aquests electrons passen pel que es coneix com la cadena respiratòria i després es barregen amb l'oxigen. En aquest procés de degradació aeròbica dels àcids grassos s'acaba produint aigua (H₂O). Aquest pas dels electrons per la cadena respiratòria proporciona l'energia necessària per activar el fosfat permetent la resíntesi de l'ATP.
- **Glucòlisi aeròbica**. El piruvat obtingut en la glucòlisi anaeròbica, entra als mitocondris cel·lulars i es fragmenta en acetat. Aquest acetat, a l'igual que el produït en la degradació dels greixos s'incorporarà al cicle de Krebs i acabarà donant CO₂ i H₂O. Per tant es tracta de la glucòlisi aeròbica, en presència d'oxigen

En resum, els mecanismes fonamentals per resíntetitzar ATP són de dos tipus:

- Mecanisme aeròbic
- Mecanisme anaeròbic: làctic i alàctic

El **mecanisme aeròbic** és capaç de degradar a anhídrid carbònic i aigua els dos combustibles principals del nostre cos: els greixos i la glucosa. Com que necessita oxigen, aquest mecanisme està subjecte a l'activitat del sistema cardiovascular que és qui transporta l'oxigen dels pulmons als teixits.

El **mecanisme anaeròbic làctic** és capaç de degradar la glucosa a piruvat i àcid làctic sense participació de l'oxigen. Aquest mecanisme és l'únic sistema de resíntesi d'ATP de que disposen les cèl·lules que no tenen mitocondris com ara els glòbuls vermells i les fibres musculars blanques que en tenen en poques quantitats. És un mecanisme que es pot activar ràpidament i per la destrucció de grans quantitats de glucosa s'obtenen grans quantitats d'ATP de forma ràpida.

Recordar que davant necessitats ràpides d'ATP per a dur a terme activitats físiques de molta intensitat i molt curta durada, la fibra muscular utilitza les seves reserves d'ATP i fosfocreatina sense necessitat de consumir oxigen i sense producció d'àcid làctic. Aquest darrer mecanisme per aquestes característiques és l'anomenat **mecanisme anaeròbic alàctic**.

En condicions extremes i poc usals la degradació de proteïnes també pot proporcionar energia

per a resintetitzar l'ATP.

4.2.5 Biomecànica de la contracció muscular

El **temps de latència** és el temps que transcorre des de l'excitació nerviosa (arribada de l'impuls nerviós) fins a que es produeix l'escurçament muscular (la contracció). Aquest temps és necessari per què l'impuls nerviós es difongui des del punt d'estímul i per a què s'alliberi l'energia necessària per a la contracció. Aquest temps de latència es modifica segons que el múscul es refredi (augment del temps de latència) o s'escalfi (disminució del temps de latència). Això és degut a què els processos bioquímics que hi tenen lloc depenen de la temperatura. Per aquest motiu, abans de qualsevol activitat física és necessari un període d'escalfament que disminuirà el temps de latència i augmentarà la velocitat de contracció muscular.

Un cop s'inicia la contracció muscular activa es produeix l'anomenat **temps de contracció** que correspon a la difusió de l'estímul des del lloc d'excitació a totes les fibres musculars. Seguidament ve el **període de relaxació** en el qual les fibres musculars tornen al seu estat inicial.

a) Llindar d'estimulació

Si sobre el múscul actuen molts estímuls d'intensitat creixent, la força de contracció resultant augmenta. Com hem dit, el múscul està format per moltes unitats motores i cada una d'elles té el seu propi **llindar d'estimulació** (nivell a partir del qual un estímul provoca contracció). Si l'estímul aplicat es de baixa intensitat només s'excitaran aquelles unitats motores amb baix llindar d'estimulació; si la força de l'estímul augmenta, la reacció muscular de resposta que es produeix es reforça doncs s'afegeixen d'altres unitats motores amb llindar d'estimulació més alt. Aquest fet permet graduar la força i la direcció de la resposta muscular durant l'activitat.

En funció de quan s'apliqui l'estímul poden donar-se diferents situacions:

- Si després d'un primer estímul se'n aplica un altre abans que acabi la fase de relaxació obtenim **dues contraccions separades**, essent la segona d'intensitat superior a la primera.
- Si després del primer estímul, el segon s'aplica tan a prop com sigui possible de la contracció produïda pel primer, la segona contracció es suma a la primera aconseguint un escurçament molt més gran i per tant un augment considerable de la força de contracció. Aquesta propietat del múscul es coneix com a **efecte de sumació**.
- Si un múscul és estimulat repetidament amb una freqüència d'estimulació alta i per tant l'interval entre els estímuls de contracció és inferior al període de contracció, es produeix una contracció perllongada. Aquest tipus de contracció s'anomena **contracció tetànica**. Una disminució posterior de la freqüència d'estimulació donarà lloc a la successió de contraccions simples aïllades.

La freqüència d'estímuls necessària per a provocar contracció tetànica depèn del tipus de musculatura, els músculs ràpids necessiten una freqüència d'estímul més alta que els músculs lents. En gairebé qualsevol mena de moviment esportiu hi intervenen les contraccions tetàniques.

b) To muscular

Fins i tot quan els músculs estan en repòs, persisteix un cert grau de contracció que varia segons els moments i les persones. Aquest grau de contracció residual del múscul esquelètic és involuntari i inconscient i es denomina **to muscular**.

El to muscular fa una funció de sosteniment: possibilita les diferents posicions que adopta el cos o les seves parts en l'espai. El to muscular esquelètic està controlat per via reflexa. Els músculs, per vies sensibles, envien estímuls contínuament a determinades zones del sistema nerviós central, aquest estímuls s'elaboren i tornen als músculs per les vies motores. La freqüència d'estímuls enviada pel sistema nerviós és molt baixa i la despesa energètica de les contraccions musculars necessàries per mantenir el to muscular també és molt baixa.

El to disminueix durant la son a causa de la poca activitat dels centres nerviosos, també es pot

donar una disminució del to muscular en un estat de fatiga.

4.2.6 Principals grups musculars esquelètics

Tronc: pectorals, deltoides, musculatura abdominal (recte de l'abdomen)

Extremitats superiors: bíceps, tríceps, pronadors i supinadors.

Extremitats inferiors: quàdriceps, adductors i isquiotibials.

5 El sistema nerviós

El sistema nerviós és l'encarregat de rebre els estímuls provinents de l'exterior i de l'interior del cos humà i d'emetre les respostes oportunes. Exerceix el control de les funcions de l'organisme.



Té una estreta relació amb els òrgans dels sentits (ull, oïda) els quals recullen la informació de l'entorn i la transmeten al cervell que és qui elabora les respostes. Així, per exemple, un estímulo lluminós com un llum vermell que excita la retina de l'ull pot significar la indicació d'aturar-se d'un semàfor.

Tanmateix, el sistema nerviós regula les activitats dels diferents òrgans del nostre cos: la contracció muscular, les reaccions cardiovasculars, el metabolisme, etc.

El sistema nerviós pot dividir-se en dues parts:

- **Sistema nerviós central**
- **Sistema nerviós perifèric:**
 - Motor
 - Sensitiu
 - Sistema nerviós autònom: simpàtic i parasimpàtic.

5.1 La neurona

La unitat funcional i estructural del sistema nerviós és la cèl·lula nerviosa o neurona.

La neurona consta d'una part central, el cos cel·lular i moltes prolongacions o terminacions. Com d'altres cèl·lules del nostre cos té un nucli i un citoplasma. Té uns elements característics que són les **neurofibril·les** que es prolonguen per les terminacions i són les responsables de transmetre els impulsos. La prolongació més llarga del cos cel·lular s'anomena neurita o **axó** i normalment només n'hi ha un. Les prolongacions més curtes i molt ramificades s'anomenen **dendrites**. Les dendrites estan en contacte directe amb el cos cel·lular i són punts de pas de l'excitació nerviosa cap a les cèl·lules del voltant, és a dir, connecten les neurones entre sí.

L'axó està format per citoplasma i neurofibril·les i al seu extrem hi ha les terminacions nervioses que són les que condueixen els impulsos provinents dels òrgans dels sentits o bé per exemple en direcció als músculs.

Les neurones poden classificar-se en:

- **Neurones motores:** porten els impulsos motors del centre a la perifèria (eferents).
- **Neurones sensibles:** porten els estímuls de les terminacions nervioses dels òrgans dels sentits o receptors al centre (aferents).

Diversos axons units en fascicles formen els nervis, aquests axons estan units per teixit conjuntiu però individualitzats. Hi ha nervis que només contenen axons de neurones motores i d'altres que només contenen axons de neurones sensibles però la majoria tenen axons motors i

sensitius per la qual cosa se'ls anomena nervis mixtos.

Els axons poden ser mielínics o amielínics; els mielínics estan envoltats per una beina formada per una substància blanca i grassa (la mielina) que s'anomena beina de **mielina**. Les funcions de la beina de mielina són augmentar la velocitat de conducció de l'impuls nerviós i protegir els axons que envolta. Els amielínics no tenen la beina de mielina. La majoria dels nervis sensitius i motors del sistema nerviós perifèric tenen fibres mielíniques mentre que els axons no mielínics són característics de les fibres nervioses del sistema nerviós autònom.

5.1.1 Funcionament de la neurona

Les terminacions d'una fibra nerviosa (les dendrites) entren en contacte amb el cos cel·lular o les terminacions nervioses d'una altra neurona mitjançant la **sinapsi** que és el sistema de comunicació entre dues neurones. Així les terminacions sinàptiques tenen al seu interior vesícules amb substàncies químiques que en arribar l'impuls nerviós són alliberades i estimulen la membrana de l'altra neurona. Per tal que l'impuls nerviós sigui transmès, aquest ha de superar el llindar d'estimulació de la neurona, és a dir ha de ser d'una intensitat suficient. D'aquesta manera l'impuls nerviós es va propagant de neurona a neurona. Aquesta transmissió es fa sempre en una sola direcció.

5.2 Receptors nerviosos

Els nervis a mesura que s'acosten a la perifèria es van ramificant cada vegada més; els axons acaben en unes estructures que segons la seva funció poden ser receptores o efectores. Les terminacions nervioses sensibles als estímuls són receptores i es divideixen en exteroceptives, enteroceptives i propioceptives.

Les **exteroceptives** són receptors excitats pels canvis en el medi ambient exterior com, per exemple, els òrgans terminals del tacte, els de la sensibilitat a la calor, al dolor, els de la vista, oïda i olfacte. Les **enteroceptives** estan situades als òrgans viscerals i s'exciten per canvis en el medi intern de l'organisme, són les responsables de fenòmens com la gana, la son, la set, etc.

Les **propioceptives** estan situades als músculs, tendons i articulacions, s'exciten per canvis en la posició del cos, en la tensió dels músculs, i juguen un paper molt important en la regulació de la posició del cos i en l'execució harmònica i coordinada dels moviments.

5.3 Sistema nerviós central

El sistema nerviós central (SNC) està constituït per dues parts ben diferenciades: el cervell i la medul·la espinal.

El **cervell** es troba situat a la cavitat cranial, vist lateralment presenta solcs i circumvolucions característiques que delimiten els lòbuls cerebrals: frontals, parietals, temporals i occipitals corresponents als dos hemisferis cerebrals. Per sota del lòbul occipital i temporal es troba el cerebel. En secció longitudinal del cervell per la seva porció central apreciem el tronc cerebral constituït pel mesencèfal, la protuberància i el bulb raquidi que es continua cap avall per la medul·la espinal.

El cervell és el centre general de regulació de l'organisme. La majoria de les activitats del cos les regula, les integra i les controla el cervell. Així, la majoria dels estímuls sensitius arriben al cervell essent el lloc d'on surten els impulsos que arriben als músculs i a les glàndules per exemple. El cervell fa que l'home tingui consciència del temps, de l'espai, de les persones i de les coses.

El cervell és el centre de la sensibilitat doncs verifica les sensacions o percepcions provocades pels receptors; a més està connectat amb els òrgans dels sentits per vies nervioses i és el centre de les accions voluntàries.

El cervell és també el centre de les emocions, tots els sentiments i desitjos que influeixen en el comportament humà estan lligats a l'activitat cerebral. Tots els processos mentals superiors com l'aprenentatge, la memòria, el pensament, etc. són possibles gràcies a l'activitat superior del cervell.

El **cerebel** malgrat no originar els moviments voluntaris, és el responsable de la regulació i

coordinació d'aquests moviments. Joga un paper molt important en el manteniment del to muscular i intervé en l'equilibri del cos. Té gran importància en el comandament i integració dels moviments musculars voluntaris com per exemple activitats com escriure a màquina o tocar el piano així com en el reforçament de contraccions musculars.

La **medul·la espinal** recorre la major part del canal vertebral a l'interior de la columna vertebral. Entra en contacte amb el cervell a través del bulb raquídi i acaba a l'altura de les vèrtebres lumbars. En ella s'originen els nervis espinals que abandonen la medul·la pels orificis vertebrals transportant informació sensitiva i impulsos motors predominantment. La medul·la espinal acaba en l'anomenada cua de cavall.

Les dues funcions principals de la medul·la espinal són l'activitat reflexa i la conducció de l'impuls nerviós.

Un **reflex** és una contracció muscular involuntària que provoca el sistema nerviós com a resposta a un estímul que supera el seu llindar, aquesta resposta pot ser per exemple un moviment. Així si s'estimula un receptor es provoca una excitació que arriba a la medul·la a través de les fibres sensitives, aquesta excitació passa a les motoneurons que faran arribar l'impuls als òrgans efectors. Així doncs, els centres nerviosos superiors no controlen aquests reflexos.

5.4 Sistema nerviós perifèric

Aquesta part del sistema nerviós està formada bàsicament pels nervis i plexes nerviosos que connecten els òrgans receptors i efectors amb el cervell i la medul·la espinal. Aquests nervis poden ser motors, sensitius o formar part del sistema nerviós autònom.

Els **nervis sensitius** són els encarregats de recollir i transportar les informacions sensitives recollides pels receptors nerviosos sensibles als estímuls.

Els **nervis motors** són els responsables de transmetre la resposta emesa pel sistema nerviós central.

5.4.1 El sistema nerviós autònom

La majoria dels nostres òrgans interns treballen independentment de la nostra voluntat. Així el sistema nerviós autònom (o vegetatiu) és l'encarregat de regular i controlar els òrgans interns, les glàndules i els vasos sanguinis. Afecta estructures amb activitats involuntàries i automàtiques. Per exemple, és el responsable de la constricció i dilatació dels vasos sanguinis, del ritme i la intensitat dels batecs cardíacs, i de l'activitat muscular i glandular de l'aparell digestiu. També té un paper molt important en la regulació dels canvis d'estat emocional que provoquen variacions en el cos.

Es divideix en **sistema simpàtic i parasimpàtic** que generalment tenen efectes oposats en els òrgans que innerven. Així el simpàtic intensifica l'activitat dels òrgans mentre que el parasimpàtic l'alenteix.

6 El sistema endocrí

El sistema endocrí és l'encarregat del control fi de les funcions de l'organisme humà. Aquest sistema està format per una sèrie de glàndules que segreguen unes substàncies químiques anomenades **hormones**. Les anomenades glàndules de secreció interna, aboquen les hormones a la sang que les transporta als òrgans als quals estan destinades. Una vegada les hormones arriben a l'òrgan, entren en contacte amb les cèl·lules transmetent la seva informació. Aquesta comunicació entre les hormones i les cèl·lules dels òrgans pot comparar-se amb una clau i el pany d'una porta, a la superfície de les cèl·lules, existeixen uns receptors que reconeixen un determinat tipus d'hormones i només aquell, igual que un pany només pot obrir-se amb una sola clau. Quan els receptors reconeixen les hormones es produeixen una sèrie d'esdeveniments bioquímics que modifiquen l'activitat d'aquella cèl·lula, induint per exemple la producció d'una substància. D'altra banda, la glàndula que ha produït l'hormona s'assabentarà de l'acció d'aquesta pel producte fruit de la unió entre receptor i hormona.

Les principals funcions regulades per mecanisme hormonal al nostre cos són:

- **El creixement:** regulat principalment per la **hipòfisi** i la **tiroide**. La hipòfisi és una petita glàndula situada al cervell mentre que la tiroide es troba situada al coll. Algunes cèl·lules de la hipòfisi produeixen l'hormona del creixement (GH) que estimula el desenvolupament dels ossos i del cos en general. La tiroide mitjançant la producció de les hormones tiroïdals controla l'harmonia del creixement però també el metabolisme.
- **La reproducció i el desenvolupament sexual** depenen de les hormones segregades pels ovaris i els testicles.
- **La porció endocrina del pàncreas i les glàndules suprarenals** controlen funcions metabòliques com la regulació de la concentració de sucre a la sang i funcions fisiològiques com la pressió sanguínia.

Les hormones del nostre cos i les seves funcions queden recollides a la taula següent:

GLÀNDULA	HORMONA	FUNCIÓ
HIPÒFISI	GH	Estimula l'anabolisme proteic, mobilitza les reserves lipídiques, determina hiperglucèmia, accelera el creixement ossi i somàtic.
	TSH	Augmenta i regula la secreció d'hormones tiroïdals.
	ACTH	Estimula la producció de cortisol i de les altres hormones suprarenals.
	FSH	En la dona, en edat reproductora, estimula l'ovulació. En l'home, regula la fase inicial de la formació dels espermatozoides.
	LH	En la dona en edat reproductora, estimula l'ovulació i la secreció d'estrògens i progesterona a l'ovari. En l'home, regula l'espermatogènesi i la producció de testosterona.
	Prolactina	Desenvolupament mamari i secreció làctia.
SUPRARRENAL	Cortisol	Estimula el metabolisme glucídic, proteic i lipídic.
	Aldosterona	Regula l'equilibri hidrosalí i la concentració de sodi i potassi
TESTICLES	Testosterona	Estimula el creixement i el desenvolupament dels òrgans genitals i les característiques sexuals secundàries, estimula el creixement de la massa muscular i el desenvolupament somàtic.
	Estrògens	Estimulen el creixement i

OVARIS		desenvolupament dels òrgans genitals femenins i de les característiques sexuals secundàries, promouen el desenvolupament en llargada dels ossos i regulen el cicle sexual femení.
	Progesterona	Regula el cicle sexual femení.
TIROIDE	Tiroxina	Recanvi energètic, termoregulació, acció reguladora sobre el creixement somàtic.
	Calcitonina	Regula el metabolisme del calci i del fòsfor.
PARATIROIDE	Paratohormona	Regula el metabolisme del calci i del fòsfor a nivell renal i ossi.
PÀNCREAS ENDOCRÍ	Insulina	Regula la glucèmia i afavoreix l'ús de la glucosa a totes les cèl·lules de l'organisme.
	Glucagó	Mobilitza la glucosa emmagatzemada a les cèl·lules i l'aboca a la sang fent pujar la glucèmia.

Les hormones **insulina i glucagó** segregades pel pàncrees són les encarregades de regular el nivell de glucosa a la sang. Així la seva funció és oposada, mentre la insulina afavoreix el consum de glucosa per part de les cèl·lules doncs hi facilita la seva entrada, el glucagó afavoreix la sortida de glucosa de les cèl·lules cap a la circulació sanguínia fent augmentar la concentració a la sang. És a dir, aquestes dues hormones actuen en funció de la concentració de glucosa a la sang (glucèmia), així:

Hiperglucèmia: excés de glucosa a la sang, actuarà la insulina fent entrar glucosa a les cèl·lules.

Hipoglucèmia: manca de glucosa a la sang, actuarà el glucagó afavorint la sortida de glucosa de les cèl·lules cap a la sang.

Resum

L'aparell circulatori, encarregat de proporcionar nutrients a totes les cèl·lules de l'organisme i de recollir-ne els productes de rebuig, està format per la sang, el cor i els vasos sanguinis.

La sang, mitjà de dilució i transport, és un òrgan semifluid amb elements sòlids (glòbuls blancs, glòbuls vermells i plaquetes) i substàncies fluides (plasma).

El cor és la bomba que impulsa la sang, està format per quatre cavitats: dues aurícules i dues ventricles que es comuniquen gràcies a les vàlvules auriculoventriculares; té funcionament autònom, el senyal elèctric surt del nòdul sinusoïdal situat a l'aurícula dreta, continua pel fascicle de Hiss i acaba a les fibres de Purkinje situades a les parets lliures ventriculars. Aquest mecanisme d'excitació provoca el cicle cardíac, és a dir l'alternància rítmica de sistole i diàstole que converteix el cor en una bomba. La freqüència a la que tenen lloc els cicles cardíacs és la freqüència cardíaca.

Els vasos sanguinis són els conductes per on circula la sang i es divideix en circulació major i

circulació menor. La circulació major comença al ventricle esquerre des d'on surt l'artèria aorta i des d'aquí es distribueix la sang rica en oxigen per tot l'organisme mitjançant vasos sanguinis que van disminuint el seu diàmetre; la sang venosa pobra en oxigen és recollida dels teixits per capil·lars que formaran venes fins arribar a l'aurícula dreta del cor a través de les venes caves superior i inferior. La circulació menor comença al ventricle dret i porta la sang venosa als pulmons gràcies a l'artèria pulmonar, la sang ja oxigenada arribarà a l'aurícula esquerra a través de la vena pulmonar.

L'aparell respiratori aporta oxigen a tots els teixits de l'organisme i elimina l'anhídrid carbònic que es produeix en els processos metabòlics; està format pel nas, la boca, la faringe, la laringe, la tràquea i els pulmons. Els alvèols pulmonars estan en íntim contacte amb els capil·lars sanguinis i és aquí on té lloc l'intercanvi gasós. La ventilació pulmonar té dos moviments essencials la inspiració i l'expiració, que mitjançant canvis de pressió provoquen el moviment de l'aire. El nombre de cicles inspiració-expiració en un minut és l'anomenada freqüència respiratòria.

El metabolisme, és l'encarregat de regular la nutrició. Les substàncies nutritives presents als aliments són els hidrats de carboni, els greixos, les proteïnes, les vitamines, l'aigua i els minerals. Així, una alimentació equilibrada ha de contenir, en diferents proporcions, aquestes substàncies nutritives. El metabolisme consta de dues fases ben diferenciades: l'anabolisme (construcció) i el catabolisme (transformació).

L'aparell locomotor, responsable de mantenir l'equilibri i el moviment del cos està format per un component passiu (el sistema ossi) i un component actiu (el sistema muscular).

El sistema ossi consta d'ossos i d'articulacions i té funcions de protecció, sosteniment i moviment. Els ossos es classifiquen segons la seva forma (ossos llargs, plans i curts) i tenen tres components principals: el periosti, el teixit ossi (os compacte i os esponjós) i el moll de l'os (vermell i groc). Les articulacions des d'un punt de vista anatòmic poden ser fixes (sinartrosi) o mòbils (diartrosi); les diartrosi poden fer moviments de lliscament, rotació (interna – externa) i moviment angular (abducció – adducció, flexió - extensió). El conjunt dels ossos del nostre organisme constitueix l'esquelet; l'esquelet axial correspon als ossos del cap, coll i tronc mentre que l'esquelet apendicular fa referència a les quatre extremitats.

Gràcies al lligam entre l'esquelet i la musculatura esquelètica **el sistema muscular** és capaç de moure el cos i mantenir-lo en equilibri en diferents posicions. Els components del múscul esquelètic són el component muscular (part carnosa) i el component no muscular que són els tendons, aponeurosi, epimisi, perimisi, endomisi, elements vasculars, conductes limfàtics i terminacions nervioses. Els músculs en contreure's poden fer-ho de manera isomètrica, concèntrica o excèntrica. Dins un mateix múscul esquelètic podem distingir dos tipus de fibres musculars: les fibres ST o de contracció lenta i les fibres FT o de contracció ràpida; aquestes fibres tenen característiques diferencials. Recordar que els músculs esquelètics reben la seva innervació a través de l'anomenada unitat motora i que la contracció muscular segueix el principi del tot o res. Aquesta contracció muscular requereix energia que prové de la transformació de l'ATP en ADP. Les vies per a l'obtenció d'aquest ATP són de dos tipus: el mecanisme aeròbic i el mecanisme anaeròbic. El primer mecanisme degrada els greixos i la glucosa en anhídrid carbònic i aigua en presència d'oxigen. El mecanisme anaeròbic làctic degrada la glucosa en piruvat i àcid làctic sense la participació de l'oxigen, únic mecanisme de resíntesi d'ATP per a les cèl·lules que no disposen de mitocondris. Finalment el mecanisme anaeròbic alàctic és l'utilitzat en situacions que es necessiten quantitats ràpides d'ATP i la fibra muscular utilitza les seves reserves d'ATP i fosfocreatina. Pel que fa a la biomecànica de la contracció muscular és important tenir en compte els conceptes de temps de latència, temps de contracció i període de relaxació. Tanmateix el lligam d'estimulació del múscul és el nivell a partir del qual un estímul

provoca contracció muscular.

El sistema nerviós, encarregat de rebre estímuls de l'exterior i de l'interior del cos humà i emetre respostes pot dividir-se en dues grans parts: el sistema nerviós central i el sistema nerviós perifèric (motor, sensitiu i autònom). La unitat funcional i estructural del sistema nerviós és la neurona; el sistema de comunicació d'aquestes cèl·lules és la sinapsi. Els nervis a mesura que s'acosten a la perifèria van ramificant-se fins acabar en unes estructures que segons la seva funció poden ser receptores o efectores. El sistema nerviós central està constituït pel cervell i la medul·la espinal, el sistema nerviós perifèric l'integren els nervis motors i sensitius. El sistema nerviós autònom (part del sistema nerviós perifèric) es divideix en sistema simpàtic i parasimpàtic que generalment tenen efectes oposats en els òrgans que innerven.

El sistema endocrí, encarregat del control fi de les funcions de l'organisme, està format per glàndules que secreten hormones que en arribar a l'òrgan diana transmetran la seva informació. A mode d'exemple citar les hormones insulina i glucagó, segregades pel pàncrees, i amb funcions oposades.

UNITAT DIDÀCTICA 3. EL DESENVOLUPAMENT CORPORAL

Introducció

El desenvolupament corporal des del naixement fins a la vellesa condiciona la pràctica de l'activitat esportiva. Cal tenir en compte els canvis morfològics, així com els psicològics. Aquesta unitat s'interrelaciona amb la psicopedagogia.

Temari

1. Desenvolupament corporal de 0 a 6 anys

El **pes** al naixement oscil·la entre 2500 i 4500 grams, essent la mitjana de pes d'un nounat normal al voltant dels 3500 grams. L'augment de pes durant el primer any de vida és molt gran, així el pes del naixement es duplica cap al 5è mes de vida, es triplica a l'any i es quadruplica cap als dos anys.

La **talla** en néixer és aproximadament de 50 cm i cap a l'any el nen mesura al voltant dels 75 cm. Fins als 4 anys la velocitat de creixement estatural és molt ràpida, és a partir d'aquesta edat i fins a la pubertat que es produeix un creixement constant de 5-6 cm/any.

- 25 cm el primer any
- 12 cm del 1er al 2on any
- 8-9 cm del 2on al 3er any
- 7 cm del 3er al 4rt any

2. Desenvolupament corporal de 6 a 12 anys

El període que va dels 6 als 12 anys és de fonamental importància per aconseguir un regular desenvolupament físic i psíquic de l'individu.

Superada la fase de creixement més veloç, que va des del naixement fins als 2 anys aproximadament, el nen continua desenvolupant-se més lentament i es prepara per al salt de la fase puberal.

Aquestes fases es desenvolupen en tots els nens, així com els mecanismes fisiològics que desencadenen el creixement.

Tanmateix, l'experiència quotidiana ens demostra l'existència de notables diferències individuals. No tots els nens tenen la mateixa estatura o el mateix pes a la mateixa edat. Per aquesta raó, per establir si un nen està creixent regularment no és suficient, per exemple, mesurar la seva alçada, sinó que cal saber quins són els límits dins dels quals aquesta pot oscil·lar normalment.

L'auxologia, que és la branca de la medicina que estudia el creixement, utilitza mitjans que consisteixen en avaluar el desenvolupament físic tenint en compte la variabilitat individual. Per exemple, pel que fa a l'estatura, s'han fet unes "**corbes estàndards**"; gràfics amb els quals es pot seguir el curs del creixement, d'una criatura amb relació a l'edat, al sexe i a la població a què pertany.

En aquests gràfics es defineix una "**àrea de normalitat**"; els valors que es troben per damunt i per sota d'aquesta àrea es consideren anormals per l'edat del subjecte. El fet que la "normalitat" es representi amb una àrea i no amb una línia, depèn de la variabilitat de la qual hem parlat.

L'estatura d'un nen de 6 anys, per exemple, pot estar entre els 110 i els 120 cm; la d'un nen de 11 anys entre els 134 i els 148 cm.

Des del moment en què el creixement estatural depèn també de la població a què es pertany, l'estatura d'una criatura es pot determinar correctament només amb els gràfics que han estat elaborats sobre els valors de la població de la qual prové el nen: no es pot establir si l'estatura del nen català és normal utilitzant una corba estàndard construïda a partir d'una població del nord d'Europa.

Un altre paràmetre interessant en la valoració del creixement estatural és la "taxa de creixement", o bé la velocitat amb la qual el nen augmenta la seva estatura. També en aquest cas valen els conceptes expressats en relació a la variabilitat individual: hi ha una gamma de velocitats de creixement que poden ser considerades normals, expressades gràficament com una àrea. Pel que fa al pes, la variabilitat encara es més àmplia.

El pes d'un subjecte depèn no només de l'edat, sinó de l'estatura i de diversos factors ambientals. Amb la mateixa edat i la mateixa estatura, un nen pot pesar més que un altre, per exemple, per un contingut més gran de teixit adipós, d'aigua o de teixit muscular.

L'estatura i el pes no són els únics aspectes que es modifiquen durant el creixement. Observant un seguit de croquis que representen el cos humà en diverses edats, del naixement a la maduresa s'observa immediatament que el nen difereix de l'adult no solament en les dimensions, sinó també en les proporcions entre diferents parts del cos.

Per exemple, als primers anys de vida, el cap és proporcionalment més gran en relació al tronc i s'acosta més a les dimensions del cap de l'adult; al mateix temps el tronc és relativament més llarg que les extremitats i s'acosta més que aquestes a les dimensions definitives.

Les diferents proporcions assumides pel cos durant el creixement es deriven del fet que la velocitat d'augment del llarg i de l'ample no és igual per a tots els segments del cos.

El procés de creixement, a més, comporta l'evolució dels diversos sistemes i òrgans, que s'han d'adaptar a les diferents exigències d'un organisme en creixement.

- **Teixit muscular.** Paral·lelament a l'augment de la massa muscular, augmenta la força. La màxima velocitat de desenvolupament de la massa muscular i de la força es produeix a l'època de la pubertat, quan també l'estatura i el pes presenten un increment ràpid. No obstant això, la màxima velocitat de desenvolupament de la massa muscular té lloc quan aquesta ha superat el seu punt de velocitat de creixement. L'augment progressiu de les dimensions del cos i de la massa muscular requereix que paral·lelament creixin els òrgans que han d'alimentar aquesta massa.

El creixement muscular és una mica més lent que el creixement dels ossos, es per aquest motiu que aquestes edats els nens pateixin dolors muscular i adoptin actituds posturals incorrectes. Cal treballar els estiraments i corregir aquestes actituds posturals per tal d'evitar lesions posteriorment.

- **Sistema cardiorespiratori:** El cor i els pulmons es desenvolupen seguint un curs semblant al de l'estatura: els pulmons augmenten tant d'ample com de llarg mentre que al cor augmenten els diàmetres.
- **Teixit ossi:** El creixement estatural és determinat per l'augment de la longitud dels diversos segments ossis. En el nen, els ossos no estan completament formats: al naixement els ossos llargs estan constituïts només pel cos de l'os i pel teixit cartilaginós, a una o a les dues extremitats.

Aquests nuclis cartilaginosa són substituïts per teixit ossi durant el creixement, que es desenvolupa en el seu context mitjançant l'aposió de material inorgànic com les sals de

calci: aquests nuclis ossis prenen el nom de nuclis d'ossificació o de creixement.

Amb la pubertat, aquests nuclis queden definitivament lligats al cos de l'os i el creixement estatural es bloqueja.

L'estudi radiològic dels nuclis d'ossificació en diversos segments ossis, especialment els de la mà i els del canell, constitueix un ajut. vàlid per determinar el grau de maduració òssia del nen, és a dir, si la seva "edat òssia" correspon a la seva edat cronològica.

- **Teixit adipós:** El teixit adipós subcutani es comporta d'una manera particular. Augmenta durant els tres primers anys de la vida per disminuir després lleugerament fins a l'edat de 8 anys aproximadament.
D'aquesta època en endavant, el desenvolupament del greix subcutani dels homes és diferent del de les dones. En els primers augmenta fins a l'inici de l'adolescència, per després disminuir a la fase puberal, amb relació al pes i l'estatura.
En les dones, en canvi, l'augment del greix subcutani no disminueix en la fase puberal, sinó que prossegueix ininterrompudament fins a l'edat madura i més enllà.
- **Aparell limfàtic:** L'aparell limfàtic és constituït per un conjunt de vasos i teixits amb la funció particular de produir i fer circular les cèl·lules per defensar l'organisme contra els agents estranys. Els òrgans que formen part del sistema limfàtic són: les amígdales, que es troben a la gola; el timus, que es troba al tòrax; la melsa, que és situada a l'abdomen; i els nòduls limfàtics, que estan disseminats per tot el cos, lligats per una densa xarxa de vasos, anomenats "limfàtics", pels quals circula la limfa, un líquid especial semblant al plasma.
El sistema limfàtic està relativament més desenvolupat durant la infantesa que a la maduresa. Tots els seus components creixen fins a l'adolescència per disminuir més tard.
- **Aparell reproductor:** El seu creixement és mínim fins a la pubertat, i s'accelera molt durant la fase puberal.
- **Sistema nerviós central:** Creix ràpidament als primers anys de vida, per arribar a la fi del segon any al 75% de les dimensions que tindrà a l'edat adulta.[fi text a]

2.1. Factors de desenvolupament

La formació d'un organisme humà adult, funcionalment i estructuralment harmònic, és un procés complex que no es pot desenvolupar correctament sense un mecanisme regulador intern. El creixement de l'organisme humà està determinat tant per factors genètics transmesos hereditàriament pels pares com per factors ambientals.

- **Factors genètics:** El pes dels factors hereditaris és del tot evident si es considera la diversitat de les característiques físiques (per exemple, l'estatura) que hi ha a les diferents races i poblacions i fins i tot a nivell de grup familiar. L'estatura que assoleixen els nens quan són adults, de fet, es pot preveure, aproximadament considerant la dels pares. El sistema esquelètic i el creixement estatural es troben molt més lligats a l'herència que, per exemple, el creixement ponderal. Les proporcions entre les diverses parts del cos estan també permanentment influenciades per factors genètics.
- **Factors endocrins:** El sistema endocrí desenvolupa una funció particularment rellevant en els processos de creixement. Les glàndules endocrines directament relacionades són: la hipòfisi, la tiroide, les suprarenals i les gònades (testicles i ovaris).
La hipòfisi segrega, entre altres, l'hormona del creixement, la GH que provoca el creixement de les masses musculars, dels òrgans en general i dels ossos. La GH és una hormona "anabolitzant", és a dir, una hormona que provoca i promou la utilització dels aliments per a la construcció de les estructures cel·lulars. En canvi, la degradació dels aliments amb fins

energètics es produeix amb la intervenció essencial d'altres hormones, anomenades somatomedines, produïdes pel fetge i per altres òrgans.

La hipòfisi també segrega hormones que estimulen l'activitat de la tiroide, de les glàndules suprarenals i de les gònades.

La tiroides intervé en el creixement mitjançant la producció de l'hormona tiroxina, que actua en particular sobre el desenvolupament del sistema nerviós central i de l'esquelet.

Les suprarenals i les gònades entren en joc sobretot al moment de la pubertat. Les hormones masculines (andrògens) i les femenines (estrògens i progesterona), produïdes per les gònades i les glàndules suprarenals, tenen nombrosos efectes metabòlics, determinen el desenvolupament dels caràcters sexuals secundaris i modifiquen la distribució del greix subcutani i de la massa muscular proporcionant al cos l'aspecte típicament masculí o femení.

Les hormones sexuals provoquen també la unió dels nuclis d'ossificació epifisaris amb el cos de l'os, i la detenció del creixement estatural, que assoleix així, després de la pubertat, les dimensions adultes. En cas de pubertat anticipada, tal i com s'observa en alguns subjectes, l'estatura final és generalment més baixa del previst.

L'ambient extern influeix també de diverses formes i modalitats en el desenvolupament físic.

- **Alimentació:** Un factor essencial en el creixement és, òbviament, una adequada alimentació. El creixement dels òrgans i aparells és degut a la multiplicació i a l'augment de volum de les cèl·lules que els componen. Les cèl·lules són constituïdes per proteïnes, greixos i altres components que l'organisme necessita rebre de l'exterior mitjançant l'alimentació. Els processos de síntesi de noves estructures cel·lulars requereixen, a més a més, energia.

Durant el desenvolupament els aliments han de realitzar la doble funció de proveir energia i materials per a la construcció de l'organisme, però també per a la seva supervivència i per al desenvolupament de les activitats físiques.

La quota d'energia utilitzada per a la nutrició depèn de les dimensions del cos i de la quantitat d'activitat física. Si l'alimentació és insuficient, la creixença serà alentida, fins a detenir-se en cas de greu desnutrició. Això passa perquè energia i constituents s'utilitzen per a la supervivència de l'organisme, i el creixement està penalitzat més o menys greument. Durant el creixement és necessària una aportació calòrica més gran del que es podria calcular amb relació al pes i l'estatura del nen, especialment en aquelles fases caracteritzades per un desenvolupament ràpid, com la primera infància i la pubertat.

L'aspecte energètic no és l'únic que ens ha de preocupar en la dieta d'una criatura. Una alimentació greument desequilibrada, per exemple, pobra de proteïnes, encara que sigui adequada des del punt de vista calòric, porta a danys no més importants en el pla del creixement.

Són ben coneguts els trastorns del creixement provocats per una alimentació escassa, per exemple, en proteïnes, vitamina A o iode.

Aquestes consideracions podrien fer pensar que la sobrealimentació accelera el desenvolupament, però no és necessàriament així. A més, la sobrealimentació causa obesitat i els problemes que se'n deriven superen els avantatges d'una ajuda eventual al creixement.

- **Factors socioeconòmics:** Naturalment, les condicions alimentàries estan estretament lligades a les socioeconòmiques. A totes les poblacions s'ha observat que els nens de classes socials altes són més alts amb relació als nens de classes socials menys acomodades.

La diferència entre les classes socials es fa notar no només en la quantitat de l'alimentació, sinó també en la qualitat. L'alimentació de les classes més pobres és rica en carbohidrats i pobra en proteïnes. Això explica el fet, aparentment contradictori, que l'obesitat estigui més present en les classes baixes.

El desenvolupament deficitari dels nens més pobres depèn també d'altres factors ambientals no relacionats amb l'alimentació.

Les pitjors condicions higièniques, les poques atencions sanitàries, el tamany de les famílies i l'elevat percentatge de treball en els menors d'edat són condicions que comprometen la salut i

el creixement del nen de les classes més pobres.

Condicions psicològiques adverses, a més a més, poden condicionar negativament el desenvolupament físic del nen. Aquest efecte es relaciona amb una menor secreció de l'hormona del creixement, i recórrer a una subministració terapèutica d'aquesta hormona no és suficient per a un procés normal de creixement.

El nen ha de viure, per tot això, envoltat d'un ambient que pugui oferir-li tots els elements necessaris per al seu desenvolupament.

- **Activitat física:** És un element important. A més dels efectes formatius de la personalitat i de la capacitat motora del nen, l'activitat física té també un pes important en el desenvolupament físic.

En el **desenvolupament de l'esquelet**, s'ha demostrat la influència de l'activitat física en l'amplada i la densitat dels ossos. El teixit ossi dels atletes és molt més ric en components minerals i més robust que el d'un individu que no practica cap activitat física.

Probablement, aquest efecte és la causa de les contraccions musculars i dels factors relatius a la circulació i a l'augment de pes.

L'activitat física, però, no sembla tenir cap efecte en la maduració esquelètica.

A l'època del desenvolupament cal evitar una càrrega excessiva sobre els ossos que encara s'estan formant, per tal de no provocar petits traumes i lesions en les articulacions i en els nuclis de creixement.

L'activitat física regular sembla que no té efectes rellevants en el desenvolupament estructural del nen.

En el **desenvolupament muscular:** L'aparell muscular és el més beneficiat per una adequada activitat física. Amb un exercici regular s'obté no només un augment de la massa muscular, sinó també una optimització dels processos metabòlics que porten a la producció d'energia: augmenta, de fet, la capacitat d'utilitzar sucres i oxigen.

Desenvolupament cardío-respiratori: A aquestes modificacions del metabolisme muscular corresponen unes modificacions, en la mateixa direcció, de l'aparell circulatori.

Els pulmons augmenten la capacitat respiratòria i el cor optimitza la seva capacitat funcional i el seu volum. S'obté, en definitiva, un augment del "potencial aeròbic", que es pot definir com la capacitat d'utilitzar i assumir de forma òptima l'oxigen. Durant la infància el potencial aeròbic augmenta encara que no es faci activitat física. Amb el temps, el seu increment és afavorit per l'esport.

Desenvolupament del teixit adipós: L'activitat física regular és la responsable de l'augment de la massa muscular i "magra", actuant en contra del greix que disminueix. L'efecte aprimador de l'activitat motora es coneix bé. Els adipòcits, és a dir, les cèl·lules que constitueixen el teixit adipós, durant l'edat evolutiva es multipliquen: la multiplicació dels adipòcits s'afavoreix amb l'excés d'alimentació.

Els subjectes que s'han engreixat durant la infància tenen un nombre més gran d'adipòcits respecte dels individus normals; en edat adulta una dieta o l'activitat motora poden reduir el volum dels adipòcits però no el seu nombre; per aquest motiu les obesitats sorgides durant la infància o durant la pubertat són especialment resistents.

Del que hem dit fins ara es desprèn clarament la importància de l'educació motora en el desenvolupament del nen. A més està experimentalment provada la persistència de les modificacions introduïdes per l'activitat fisicoesportiva fins i tot en edat adulta, particularment si aquesta es continua fent.

Queda per determinar, finalment, la quantitat d'esport necessària per a un desenvolupament físic correcte: de fet, hi ha moltes variacions en el pla individual. Tots els nens necessiten un mínim d'activitat física regular, però no es pot determinar a priori quin ha de ser l'esforç tant físic com temporal que cal adoptar per fer evidents i permanents els efectes sobre el desenvolupament.

El que sí està clar és que com més tard, els nens, s'especialitzin esportivament millor. Evites la descompensació músculoesquelètica i a nivell motor i psicològic és molt més enriquidor provar

diferents especialitats esportives per poder triar, durant l'adolescència, quin tipus d'esport t'agrada més i per quin presentes més habilitat.

3. Desenvolupament corporal de 12 a 18 anys. Adolescència

Des dels 6 fins als 12 anys, el creixement i l'evolució del cos dels nens i les nenes s'assembla i té el mateix ritme; en canvi, entre els 11 i els 14 anys, el desenvolupament de les noies és molt més ràpid. Al final de la preadolescència, els dos sexes estan completament diferenciats.

En aquest darrer estadi evolutiu, alguns sistemes i aparells, com ara el locomotor i el respiratori, presenten una evolució ràpida.

D'altres, presenten un desenvolupament intens; per exemple, tots els òrgans de l'aparell reproductor.

Encara n'hi ha d'altres, com poden ser algunes glàndules, que continuen creixent fins a la pubertat i que després entren en regressió.

- **Desenvolupament esquelètic:** Pel que fa a les proporcions del cos, a l'inici d'aquest període hi ha un augment més lent del creixement del pes.

L'augment de l'estatura el determina de manera particular l'allargament de les extremitats (braços i cames), més que no pas del tronc: per això es produeixen desequilibris de les proporcions del cos que són típiques de l'adolescència.

La diferenciació entre els sexes es palesa també en les proporcions del cos.

A les noies se'ls eixampla la pelvis, mentre que els nois la conserven reduïda; en canvi, pel que fa a l'espatlla els passa el contrari: la de les noies es queda petita i la dels nois es fa ampla.

La mà dels nois es torna més ampla i muscularment forta, però en general en tots dos sexes les mans i els peus creixen d'una manera desproporcionada respecte als avantbraços i les cames.

El diferent ritme de desenvolupament dels segments corporals determina desequilibris que poden repercutir també en les extremitats homòlogues; això pot provocar una inadequació en el sistema corporal i una inseguretat en la imatge de si mateix, amb tots els problemes psicològics que se'n deriven. Cal estar atén en aquestes edats a les malalties alimentàries: anorèxia i bulímia, molt freqüents en els ambients esportius, motivats per diversos factors on el tècnic esportiu hi té un paper important.

A més a més, el cos de l'adolescent pot presentar mal-leabilitat en l'esquelet i una insuficiència muscular transitòria; tot plegat afavoreix el fet que sorgeixin alteracions morfològiques.

En aquesta edat, i sense una adequada profilaxi (com, per exemple, l'exercici físic), es poden corregir lentament o bé potser agreujar factors externs, com per exemple les posicions incorrectes als seients de l'escola, portar pesos excessius (carteres pesades en posicions no simètriques, o bé sempre a la mateixa banda), factors hereditaris i constitucionals tenen una importància prioritària.

- **Desenvolupament del teixit adipós:** En aquest període hi ha una disminució del teixit adipós subcutani, especialment a les extremitats i de manera més evident en el cas dels nois.

- **Desenvolupament muscular:** La musculatura esquelètica es desenvolupa en particular amb l'allargament de les fibres musculars. Aquest creixement es troba sota la influència del control hormonal i pot influir favorablement l'activitat física. El creixement de la musculatura de les extremitats inferiors es tan fort que arriba fins a més del 50% de la massa muscular.

Fins als 13 anys, el desenvolupament muscular avança paral·lelament en tots dos sexes i després disminueix en les noies.

Amb l'augment de la massa muscular creix també la força muscular.

Les noies assoleixen abans que els nois el moment en què desenvolupen la màxima força muscular, per causa de la seva maduració sexual més precoç.

- **Desenvolupament del sistema cardiovascular:** El sistema cardiovascular té un desenvolupament continu. El volum absolut del cor augmenta, independentment de l'edat cronològica, sobretot entre els 12 i els 15 anys.

La freqüència cardíaca s'estabilitza, encara que la totalitat del sistema cardiovascular mostri una certa fragilitat i capacitat de regulació als diversos graus d'esforç, no pas precisa, encara.

Aquesta fragilitat és més accentuada en les noies.

Això es deu al fet que el sistema nerviós vegetatiu s'estabilitza gradualment. D'altres causes són de naturalesa psicofísica, com ara els estats d'ànim, els estats emocionals, que són típics d'aquesta edat.

A mesura que la maduració avança, hi ha una disminució de la freqüència cardíaca en repòs i quan hi ha un esforç.

- **Desenvolupament de l'aparell respiratori:** La ventilació pulmonar està relacionada estretament amb el nivell de desenvolupament de l'aparell respiratori. El ritme de creixement accelerat de les vies aèries, dels alvèols i del teixit pulmonar representa la base orgànica damunt la qual es fonamenta l'augment de la capacitat funcional de l'aparell respiratori, és a dir, de la ventilació pulmonar.

També l'aportació d'oxigen als teixits, valorada segons el criteri més significatiu, que és el consum d'oxigen per minut, mostra un augment constant. Hi ha notables diferències entre els dos sexes. El creixement del màxim consum d'oxigen és semblant fins als 13 o 14 anys. Pel que fa als nois, el creixement dura fins als 18-19 anys i més lentament fins als 20-22, mentre que en el cas de les noies que

no s'entrenen, es produeix un estancament.

- **Activitat física:** Cal remarcar que, en general, tots els paràmetres que mesuren la funcionalitat del sistema cardiovascular en els subjectes entrenats és més gran que no pas la dels subjectes no entrenats.

La capacitat d'adaptació funcional i estructural del sistema cardiovascular a la càrrega física és molt àmplia.

També hi ha fortes reaccions d'adaptació a l'aparell respiratori. La mecànica respiratòria es manifesta més econòmica: efectivament, disminueix la freqüència respiratòria sota un esforç, mentre la respiració és més profunda.

També els processos metabòlics canvien amb els processos generals de creixement.

A l'inici de la pubertat, la capacitat aeròbica encara no s'ha desenvolupat prou; es reforça gràcies a la funcionalitat més gran dels sistemes cardiovascular i respiratori.

La capacitat anaeròbica es forma més tard, i en aquesta fase encara és insuficient en tots dos sexes.

Per tant, és oportú de limitar l'ús de les càrregues físiques anaeròbiques làctiques.

- **Desenvolupament del sistema nerviós:** El sistema nerviós central, que ja ha assolit un desenvolupament elevat, completa la seva maduració justament en el període de la pubertat.

S'obté un augment de la rapidesa de moviments, que posteriorment és accelerada per una activitat física ben dirigida. En aquest període, dels 11 als 14 anys, s'estabilitza i s'afina sobretot la coordinació de l'activitat muscular, malgrat els problemes que poden sorgir a causa dels canvis de les proporcions del cos i per causa de l'augment de certs pressupòsits condicionals com, per exemple, la força.

Pel que fa al sistema nerviós vegetatiu, podem observar una debilitat momentània deguda a les grans transformacions orgàniques i funcionals en tots els nivells dels òrgans interns, pensem en el canvi de l'aparell reproductor, que té un paper importantíssim en el desenvolupament vegetatiu

Aquestes transformacions causen ràpides variacions d'humor i alternances en el rendiment intel·lectual i esportiu.

4. Desenvolupament corporal de 18 a 30 anys. Joventut

Aquesta etapa és l'etapa de la plenitud. Tots els aparells i sistemes estan en el màxim del seu rendiment. No hi ha canvis físics, les diferències més importants es deuen al fet de ser sedentari o esportista, tot i que les diferències venen més marcades per la càrrega genètica i per la història esportiva de cada persona.

En aquesta etapa cal remarcar l'abandonament de l'esport per un número important de

persones.

5. Desenvolupament corporal de 30 a 60 anys. Maduresa

En aquesta etapa de la vida els canvis morfològics, són en general, poc significatius. Els canvis més importants són de tipus psicològic.

Aquests canvis són diferents segons el sexe.

5.1. Dones

El fet de l'entrada de la dona en el mercat laboral ha contribuït a què alguns canvis o estats, es realitzin en aquest tram d'edat. La doble jornada laboral al lloc de treball i a casa impliquen unes patologies físiques i psíquiques que antigament no eren tan freqüents. Per altra banda ens trobem amb un tipus de dona més activa, més culta i amb cura del seu cos. Es per això que dins del món esportiu cada vegada sigui més important el paper de la dona.

5.1.1. Ginecologia

Actualment en la franja dels 30/35 anys es concentra un major número de parts.

El fet de l'embaràs es un fet normal, però que a certes edats implica una major probabilitat de què el fetus pateixi alteracions genètiques. Aquests embarassos són controlats molt més estretament que quan l'embaràs és a edats més joves.

La menopausa, es quan la dona deixa d'ovular i per tant no té la menstruació. No hi ha una edat fixa per a la menopausa, però en general es a partir dels 50 anys. La menopausa comporta en algunes dones:

- **Sequedat vaginal:** dolor en realitzar el coït. Això es soluciona amb cremes vaginals. Més facilitat per contraure infeccions.
- **Osteoporosi:** la osteoporosi és una malaltia que consisteix en què el calci no es diposita al teixit ossi, fent que els ossos es tornin més fràgils. No es una malaltia exclusiva de les dones, però sí que proporcionalment hi ha més dones que homes que la pateixen. Diversos estudis han demostrat que l'activitat física regular pot prevenir i fins i tot disminuir l'osteoporosi.

El càncer de mama: el major nombre de casos de càncer de mama es donen en aquestes edats. Es per aquest motiu que a partir dels 35 anys en la revisió ginecològica anual s'inclou una mamografia.

5.2. Homes

En els homes, igual que en les dones en aquesta etapa de la vida, els canvis són molt més importants en l'aspecte social i professional. Podríem dir que aquesta etapa és l'etapa de la consolidació laboral. A nivell físic:

5.2.1. Urologia

A partir dels 40 anys, els homes han de controlar la pròstata, doncs el càncer de pròstata es desenvolupa majoritàriament a partir d'aquestes edats.

Tot i que és molt variable a partir dels 50 anys disminueix la potència sexual, no en qualitat sinó en quantitat.

5.3. Ambdós sexes

Els canvis morfològics són mes patents en homes/dones sedentaris, i més freqüents com més grans són:

- L'atròfia muscular es molt més important, i això comporta menys força i dolors musculars freqüents.
- Postures o actituds posturals errònies que es cronifiquen i produeixen dolor a l'aparell locomotor i per tant una pitjor qualitat de vida. Aquestes postures venen donades pel món laboral de cada persona i per l'atròfia muscular. Això es pot veure en els canvis de les curvatures de la columna vertebral.
- Canvis en la distribució del teixit adipós, donen la forma típica de l'abdomen i els malucs

segons siguin homes o dones.

- Disminució del temps de reacció davant d'un estímul
- Disminució de la coordinació musculonerviosa
- Disminució de la capacitat de consumir oxigen (VO₂max), aquest paràmetre disminueix tant en sedentaris com en esportistes, però la disminució en els sedentaris és molt més significativa.
- Presència de malalties pròpies de l'edat: diabetis, infarts de miocardi, stress, hipercolesterolèmia, varius.

Cal anar en compte amb les persones que de joves havien practicat un esport i s'incorporen de nou a la pràctica esportiva. El seu esquema mental recorda els moviments que feia abans, i en intentar tornar a fer-ho poden fer-se mal.

Sempre s'ha de sol·licitar un certificat mèdic, però en aquests trams d'edat és imprescindible.

6. Desenvolupament corporal a partir dels 60 anys. Vellea

No hi ha cap teoria que expliqui l'envelliment per si sola, probablement és la suma de diferents teories:

Teoria cel·lular: alteracions neuronals

Teoria sistema: alteracions sistema immunològic

Teoria genètica: mort cel·lular programada

Etapas de l'envelliment:

maduresa avançada, 45-60 anys

senectut. 60-75 anys

senilitat, més de 75 anys

Aquestes etapas són relatives, estan sotmeses a factors individuals i socials.

L'envelliment provoca canvis en el cos humà i a aquests canvis es reflecteixen tant en l'aspecte físic com en les reaccions físiques i psicològiques.

Els beneficis de l'exercici físic són tan espectaculars, que l'esport en aquesta etapa de la vida cada vegada està més difós.

Resum

Des del moment de la concepció fins a la senectut hi ha canvis morfològics i psicològics que determinen tant la nostra manera de ser com de fer.

- 0 a 6 anys: L'augment de pes durant els primers anys de vida és molt gran (al 5è mes de vida es duplica el pes del naixement). Fins als 4 anys de vida la velocitat de creixement estatural és molt ràpida.
- 6 a 12 anys: Aquesta etapa es caracteritza pel creixement harmònic de tots els aparells i sistemes del cos. Cada persona creix a un ritme i a una velocitat determinada fins al màxim, que està condicionat genèticament i per factors de desenvolupament: alimentaris, socioeconòmics i exercici físic.
Al final d'aquesta etapa les nenes estan més desenvolupades que els nens, això és degut a un desenvolupament del sistema reproductor més ràpid.
- 12 a 18 anys: És l'etapa de l'adolescència. Els canvis que provoca el desenvolupament de l'aparell reproductor i el creixement no tant harmònic de certes parts del cos, provoquen inestabilitats emocionals característiques d'aquestes edats.

Les noies aconsegueixen el màxim de força muscular.

- 18 a 30 anys. És l'època de l'esclat de les funcions orgàniques. Els nois aconsegueixen el màxim de força muscular. Per altra banda és el tram d'edat on hi ha més abandonament de la pràctica regular d'exercici físic.
- 30 a 60 anys: Els canvis més importants, funcionalment, els tenen les dones amb la

menopausa. En general és una etapa que es caracteritza per la disminució del consum d'oxigen. Això comporta una disminució de les capacitats musculars. En les persones que practiquen exercici físic regular aquesta disminució és molt menys important que en les persones sedentàries.

Cal remarcar que en aquestes edats, són freqüents les malalties d'origen metabòlic (diabetis, hiperuricèmia, hipercolesterolinèmia..) i altres, per tant és important un control mèdic abans de començar un pla d'exercici físic i un seguiment de control.

- A partir dels 60 anys: La vellesa es caracteritza per una disminució important de la regeneració cel·lular, provocant una disminució de la funcionalitat dels aparells i sistemes del cos humà. L'exercici físic provoca una millora espectacular dels paràmetres físics, però cal tenir en compte les condicions de seguretat.

UNITAT DIDÀCTICA 4. ADAPTACIONS FUNCIONALS A L'ACTIVITAT FÍSICA

Introducció

El coneixement de l'adaptació del cos humà als diferents esforços de l'activitat física, és la clau per poder entrenar i obtenir els objectius planificats. Per una part aprofitar els beneficis que comporta i per l'altra evitar els perills que suposa el desconeixement d'aquestes adaptacions per a una bona programació. Aquesta unitat s'interrelaciona amb Fonaments de l'activitat física i esportiva.

Temari

1. L'aparell circulatori

1.1. Paràmetres per mesurar l'activitat de l'aparell circulatori

Els paràmetres que s'utilitzen per a mesurar l'activitat de l'aparell circulatori són:

- Freqüència cardíaca (FC)
- Freqüència cardíaca màxima (F_{max})
- Volum sistòlic (VS)
- Volum minut cardíac o cabal cardíac (VMC)
- Pressió arterial (PA)

1.1.1. Freqüència cardíaca:(FC)

És el nombre de cicles cardíacs que hi ha en un minut.

$\text{Nombre de cicles cardíacs / minut} = \text{Freqüència cardíaca}$

Es mesura contant el nombre de batecs en les artèries durant un minut. Per realitzar la mesura cal posar els dits índex i cor sobre l'artèria radial i contar els batecs durant un minut. També es pot utilitzar un pulsòmetre.

És un dels paràmetres més fàcil i econòmic de mesurar, i per això s'utilitza com a test de camp. Aquest paràmetre s'utilitza tant per a mesurar la intensitat de l'exercici físic com per mesurar el temps de recuperació, que és un bon indicatiu de l'estat d'entrenament d'una persona.

Cada persona té una freqüència cardíaca determinada, que varia en determinades condicions, però no hi ha una freqüència cardíaca considerada normal.

La freqüència cardíaca depèn:

- Edat: en el naixement la FC és de 140/min aproximadament, disminuint progressivament amb l'edat.
 - Sexe: en la dona i com a valor mitjà és de 5 a 10 batecs /min. superior en l'home
 - Talla: per raons hemodinàmiques, la FC és més alta en les persones de talla baixa.
 - Posició espacial: Els canvis de posició modifiquen la FC. Augmenta un 10% aproximadament en posició assegut, i un 20-30% en posició dreta respecte a la posició estirada.
 - Temperatura ambiental: pot augmentar amb temperatures altes.
 - Emocions i estímuls d'alarma visuals i acústics: Poden provocar un augment important de la FC.
 - Digestió: Els valors de la FC augmenten aproximadament a les 3 hores posteriors a un àpat. Això és degut a l'augment d'irrigació de l'àrea esplànica, com a conseqüència de la digestió i de l'absorció de nutrients.
 - Son: Durant el son profund, la FC pot disminuir uns 10 batecs/min.
 - Ritmes circadianis: La FC varia durant el dia, donant valors més alts per la tarda.
- Quan la freqüència cardíaca està per sobre dels valors habituals s'anomena taquicàrdia, i quan

està per sota dels valors habituals, s'anomena bradicàrdia.

1.1.2. Freqüència cardíaca màxima: (FCMax)

És la màxima freqüència cardíaca a la que es recomana arribar durant un esforç. Els atletes d'elit a vegades la sobrepassen sense alterar el seu rendiment.

Aquest paràmetre s'utilitza com a mesura de seguretat, tant durant l'activitat física com a les proves mèdiques.

A major freqüència cardíaca, el temps diastòlic és tant curt que la sang no pot entrar dins les aurícules, i per tant el mecanisme resulta ineficaç.

$$\text{FCMax} = 220 - \text{edat}$$

1.1.3. Volum sistòlic: (VS)

És la quantitat de sang expulsada en cada contracció ventricular.

1.1.4. Volum minut cardíac o cabal cardíac: (VMC)

És la quantitat de sang expulsada pels ventricles en un minut

$$\text{VMC} = \text{VS} \times \text{FC}$$

Tots aquests paràmetres es modifiquen segons l'activitat o funció que realitzi el cos humà: en els àpats, per ansietat, quan la temperatura ambiental es superior als 30°C, durant l'exercici muscular....

Els quimiorceptors que hi ha a l'artèria aorta, mesuren la quantitat d'O₂ i CO₂, i si hi ha un excés de CO₂ o un dèficit d'O₂ envien l'informació al bulb raquidi. Aquest en funció de les necessitats provocarà un augment del volum sistòlic i de la freqüència cardíaca, per tant un augment del volum minut cardíac.

↓O ₂	quimiorceptors aòrtics	bulb raquidi	augment del Volum minut cardíac
↑CO ₂			

1.1.5. Pressió arterial

És la pressió que produeix el cor per impulsar la sang pels vasos sanguinis. Es mesura en mm de mercuri, amb un aparell anomenat tensiòmetre. Es mesuren 3 valors de la pressió sanguínia:

Pressió sistòlica (Psist o màxima): És la pressió de la sang deguda a la força de la sístole cardíaca.

Pressió diastòlica (Pdias o mínima): És la pressió de la sang deguda a les resistències perifèriques (gravetat, bomba muscular...).

Pressió diferencial (Pdif): És la diferència entre els anteriors valors de pressió.

Quan ens mesuren la pressió ens donen les dades per exemple, 140/70. Això vol dir que la Pressió sistòlica és de 140 mmHg i la Pressió diastòlica és de 70 mmHg.

1.2. Modificacions dels paràmetres de l'aparell circulatori per l'exercici físic

L'esforç físic comporta un augment de l'activitat muscular i per tant del metabolisme muscular. L'aparell circulatori s'adapta a les necessitats energètiques dels músculs, segons que el tipus d'esforç sigui de curta durada (anaeròbic) o de llarga durada (aeròbic). Aquesta adaptació es dona tant en el moment de l'activitat muscular, com a llarg termini si es fa un entrenament continu. Aquests canvis del rendiment de l'aparell circulatori és un dels objectius de la millora de la condició física.

Per poder valorar els canvis produïts i per tant l'eficàcia de l'entrenament s'utilitzen els paràmetres que mesuren l'activitat cardíaca.

1.2.1. Modificacions durant l'exercici físic

a) Exercicis aeròbics de càrrega moderada i intensa

- F.C. Augmenta durant l'activitat física. Aquest augment es deu a la necessitat de metabòlits energètics pels músculs (oxigen i nutrients), i per tant el cor ha d'anar més ràpid per poder oferir més ràpid el material energètic i recollir les deixalles metabòliques. Aquest increment de la freqüència cardíaca està regulat pel sistema nerviós central i pel sistema endocrí. Les freqüències cardíques màximes poden arribar als 200 batecs per minut. En valors superiors, el temps diastòlic és tan curt que no permet un reemplenament ventricular adequat i, per tant, el mecanisme resulta ineficaç. Si bé, esportistes ben entrenats poden assolir freqüències cardíques superiors als 210 batecs/min, sense problemes, milloren el rendiment. Si la càrrega de treball és constant, arriba un moment que la FR no augmenta, s'estabilitza, fins al final de l'exercici físic.
 - VS. Augmenta degut a l'increment del retorn de sang al cor a través de les venes (retorn venós), afavorit pel paper de bomba que fan els músculs en activitat sobre les venes, per la mobilització de sang dels òrgans no implicats i per un increment de la capacitat contràctil del cor. Tot això provoca una dilatació dels ventricles, i un volum sistòlic més alt. Si la càrrega de treball es constant, arriba un moment que el VS no augmenta, s'estabilitza, fins al final de l'exercici físic.
- VMC. Augmenta degut a l'augment de la freqüència cardíaca i a l'augment del volum sistòlic. En condicions d'esforç màxim, es pot arribar a valors 5 a 6 vegades superiors als normals. En general els augments registrats són directament proporcionals a la magnitud de l'esforç efectuat, sobretot en exercicis d'intensitat moderada a mitjana. En els esforços intensos o molt intensos es pot perdre aquesta relació, produint-se una disminució, el que obliga a aturar immediatament l'activitat.
 - P.art. Augmenta fins i tot abans de començar l'activitat. És degut a la vasoconstricció dels vasos arterials en els teixits i a una vasodilatació en els teixits actius. Aquests canvis provoquen canvis importants en els valors tensionals, essent el de la pressió diferencial (Pdif) el que augmenta més, a conseqüència de l'augment de la Psist i la disminució de la Pdiast.

Repòs	Exercici moderat	Exercici intens
FC 70batecs/minut	FC 120 batecs/min	FC 160 batecs/min
VS 80 ml	VS 160 ml	VS 190 ml
VMC 5,5 l/min	VMC 20l/min	VMC 30l/min

b) Exercici estàtic

- FC. Augmenta però menys que en el treball dinàmic.
- P art. Augmenta molt més que en el treball dinàmic. Això es produeix degut a l'efecte mecànic de compressió realitzat pels músculs sobre els vasos sanguinis. Aquesta insuficient aportació de reg sanguini provoca la fatiga muscular molt més aviat i una recuperació més lenta.

c) Modificacions a llarg termini en les persones entrenades.

Les modificacions dels paràmetres per mesurar l'activitat cardíaca, es comencen a notar a les tres setmanes d'entrenament aeròbic amb càrregues d'intensitat mitjana o moderada.

En abandonar l'entrenament, aproximadament als 15 dies es recuperen els valors inicials.

La valoració d'aquests paràmetres es fa comparant-los amb els d'abans d'iniciar l'entrenament i

en repòs.

- FC repòs. Disminueix. L'augment del volum dels ventricles, del volum sistòlic i l'adaptació dels vasos sanguinis fan possible que amb menys batecs per minut s'expulsi la quantitat de sang necessària.
- VS. És superior a la d'un subjecte d'edat i estructura semblants però no entrenat. Aquest augment es deu fonamentalment a l'increment de la capacitat contràctil del cor.
- VMC. Augmenta sobretot per l'augment del VS.
- Part. En general l'entrenament no afecta la Part en repòs a les persones menors de 30 anys, si el seu nivell d'aptitud és normal i no té alteracions de la Part. En canvi a les persones de mitjana edat o grans que segueixen un pla d'entrenament aeròbic, la Part disminueix considerablement. Aquesta dada és important quan es treballa amb col·lectius de gent gran, per l'efecte beneficiós que això comporta.

Paràmetres	Durant l'exercici aeròbic	Entrenats
FC	↑↑↑	↓↓
VS	↑	↑↑↑
VMC	↑↑	↑
Part dif	↑	< 30 anys no modifica > 30-40 anys ↓

1.3. Els efectes de l'entrenament en la sang

La major part dels canvis es deuen sobretot a una gran concentració de sang en els òrgans que l'emmagatzemen (melsa, fetge) provocada per l'excitació del nervi simpàtic. Es per això que hi ha un augment de cèl·lules sanguínies. Els canvis més significatius són:

- Augment dels eritròcits un 10%, en exercici aeròbics. Aquest canvi és a llarg termini. En alçades superiors als 2000 metres d'alçada, o en situacions de dèficit d'oxigen aquesta modificació és molt més ràpida. Les modificacions produïdes per l'alçada s'utilitzen per a preparar competicions a curt termini, el fet d'augmentar el nombre d'eritròcits pot fer augmentar el rendiment físic.
- Augment de l'hemoglobina, com a conseqüència de l'augment dels eritròcits. Aquest augment comporta una millora de la capacitat de transport d'oxigen, sempre que hi hagi una dieta equilibrada i no existeixin dèficits de ferro.
- Augment de certes formes de glòbuls blancs. En general el sistema immunitari és molt més eficaç en persones que entrenen regularment. Aquest augment s'utilitza com a eina terapèutica en aquelles persones que presenten dèficits immunitaris lleus.
- Augment de plaquetes, provocant una disminució del temps de coagulació.

En situacions de temperatures ambientals altes i exercici intens s'ha de tenir cura d'una bona hidratació, doncs la pèrdua de suor pot provocar un augment de la densitat de la sang i per tant dificultats en el sistema circulatori. Així com lesions produïdes per l'excés de calor: cop de calor i deshidratació.

En exercicis anaeròbics làctics de càrregues molt intenses i de curta durada (curses de velocitat, aixecament de pesos..) els canvis són molt menys importants. Hi ha un augment de la concentració d'àcid làctic a la sang molt important, degut al metabolisme anaeròbic.

2. L'aparell respiratori

2.1. Paràmetres per mesurar l'activitat respiratòria

Els paràmetres que s'utilitzen per a mesurar l'activitat de l'aparell respiratori són:

- Freqüència respiratòria (FR)

- Volum respiratori o volum corrent (VC)
- Volum minut respiratori (VMR) o ventilació pulmonar
- Consum d'oxigen (VO_2)
- Producció d'anhidrid carbònic (CO_2)
- Capacitat vital (CV)
- Consum màxim d'oxigen (VO_{2max})

2.1.1. Freqüència respiratòria (FR)

És el nombre de moviments respiratoris complets (inspiració/ espiració) per unitat de temps. En l'adult en repòs es de 12-16 mov/min. Es mesura contant el nombre de vegades que inspira una persona durant un minut. Es recomana fer-ho de manera que la persona no ho sàpiga, perquè involuntàriament es respira més ràpid.

L'augment de la freqüència respiratòria s'anomena **taquipnea** i la disminució **bradipnea**. L'absència de moviments respiratoris s'anomena **apnea**. El temps d'apnea és molt curt, ja que la respiració torna a funcionar encara que la vulguem aturar. El mateix passa amb la taquipnea, al cap de pocs minuts la respiració recupera el ritme normal.

Això és degut al control del sistema nerviós central, pel bulb raquidi. Els receptors que hi ha a l'artèria aorta i caròtida, són sensibles als canvis químics produïts per les alteracions dels gasos sanguinis. L'augment de CO_2 i els canvis de Ph (més àcid), especialment, provoquen que el bulb raquidi estimuli els músculs inspiratoris, amb el resultat d'una inspiració profunda i la normalització de la respiració.

2.1.2. Volum respiratori (VR) o volum corrent (VC)

És la quantitat d'aire que s'intercanvia en un moviment respiratori. Els valors més freqüents en l'adult en repòs és de 0,3-0,5 litres.

2.1.3. Volum minut respiratori (VMR) o ventilació pulmonar

És la quantitat d'aire que s'intercanvia per unitat de temps.

$$VMR = VR \times FR$$

En adults en repòs és de 6- 8l/min

2.1.4. Consum d'oxigen (VO_2)

És la quantitat d'oxigen que es consumeix per minut. En adults en repòs és de 250 ml/min.

2.1.5. Producció de CO_2

És la quantitat de CO_2 produïda per minut. En adults en repòs és de 200 ml/min.

2.1.6. Capacitat vital (CV)

És la màxima quantitat d'aire que cap en els pulmons. Es mesura amb un aparell anomenat espiròmetre. Per mesurar-la cal fer una inspiració màxima forçada i seguidament una espiració màxima forçada.

2.1.7. Consum màxim d'oxigen (VO_{2max})

És la màxima quantitat d'oxigen que pot consumir cada persona.

Aquest paràmetre s'utilitza molt per mesurar la capacitat aeròbica dels esportistes, tant per analitzar els mètodes d'entrenament aeròbic o per la detecció de nous talents o assessorament de l'esportista. Hi ha diversos mètodes per mesurar-lo.

Analitzant el consum d'oxigen en càrregues progressives creixents, es comprova que els valors

de la VO_2 augmenta fins a un punt que s'estabilitza, aquesta estabilització s'anomena "steady state" o altiplà, el valor aconseguit en aquest punt ens indica el consum màxim d'oxigen (VO_{2max}).

Els valors de la VO_{2max} poden expressar-se de dues maneres diferents:

- . mil·límetres d'oxigen consumits per quilogram de pes de la persona per minut ($ml/Kg^{-1}/min^{-1}$)
- . litres d'oxigen consumit per minut (l/min)

Tot i que s'utilitzen les dues expressions, es recomana la primera: $ml/Kg^{-1}/min^{-1}$. L'expressió l/min, no té en compte la massa total de la persona. És evident que els valors de la VO_{2max} d'una persona de 70 Kg de pes, és superior a una altra persona de 50 Kg de pes, per la senzilla raó que 70 kg de massa consumeixen més quantitat d'oxigen que 50 kg.

Els valors de la VO_{2max} depenen de diferents factors:

- Constitució genètica.

Les persones amb un predomini de fibres musculars ST (o fibres lentes o fibres vermelles) tenen una VO_{2max} més elevada, degut al metabolisme aeròbic d'aquestes fibres.

- Massa muscular en moviment

Com més grups musculars s'impliquin en el moviment, major serà el valor del VO_{2max} .

Per tant quan es valori l'aptitud física aeròbica d'una persona per mitjà de la VO_{2max} , cal programar un exercici en que hi hagi el major nombre de músculs implicats. Per poder comparar els valors resultants entre diferents persones sempre s'ha d'utilitzar el mateix tipus d'exercici.

- Edat.

Els valors màxims s'obtenen entre els 18 i 25 anys. A partir dels 40 anys hi ha una disminució gradual, que serà més important en persones sedentàries.

- Sexe.

L'home té una VO_{2max} superior a la dona entre un 5-10%, en els mateixos grups d'edat.

2.2. Modificacions dels paràmetres respiratoris per l'exercici físic

2.2.1. Modificacions durant l'exercici físic

Durant l'exercici físic aeròbic de càrrega moderada i duració llarga, les modificacions que realitza l'aparell respiratori, es deuen a la necessitat de poder subministrar l'oxigen als grups musculars en moviment, i expulsar el CO_2 resultant del metabolisme cel·lular. Aquestes modificacions són paral·leles a les modificacions del sistema cardiocirculatori

- Freqüència respiratòria: augmenta fins a 30-50mov/min

- Volum respiratori: augmenta fins a 3- 4 l/min.

- Volum minut respiratori: augment 100-120 l/min fins a un màxim de 150 l/min en esforços molt intensos, en esportistes ben entrenats poden arribar als 200l/min. Aquest increment del VMR depèn de la intensitat de la càrrega, amb càrregues baixes el VMR s'estabilitza abans que si la càrrega és molt intensa.

Aquest increment no és immediat, triga entre 1-3 minuts. Durant aquest temps, que l'organisme segueix en moviment però amb una aportació insuficient d'oxigen: dèficit d'oxigen. (unitat 3). Aquest dèficit d'oxigen origina que en acabar l'exercici físic, el VMC segueixi incrementat, doncs cal restituir aquest dèficit per mitjà dels substrats energètics

Si l'exercici és de curta durada i d'intensitat molt alta (anaeròbic), no hi ha fase de "steady state", l'increment es exponencial.

- Consum d'oxigen, augmenta. La necessitat d'energia en els músculs en activitat, provoca un augment del consum d'oxigen. Aquest augment és més important en les persones entrenades que en les sedentàries.

- Producció de CO_2 . Augmenta com a conseqüència de l'augment del metabolisme cel·lular en els músculs en activitat.

- Capacitat vital. Augmenta. La necessitat d'oxigen i l'excés de CO_2 provoca, per via nerviosa central, una contracció intensa dels músculs inspiratoris, provocant un eixamplament de la cavitat toràcica i com a conseqüència un desplegament dels alvèols pulmonars augmentant la

quantitat d'aire en el seu interior.

- Consum màxim d'oxigen ($VO_2\max$). No es modifica durant l'exercici físic.

Aquests augments en la majoria dels paràmetres s'estabilitzen al cap de pocs minuts 1-3 min, "steady state", i en finalitzar l'exercici físic retornen als valors de repòs.

Repòs	Exercici moderat	Exercici intens
FR 12-16/min	FR 20-30 /min	FR 40-50/min
VR 0,3-0,5 l	VR 1,5-2 l	VR 3-4 l
VMR 6-8 l/min	VMR 50 l/min	VMR 150l/min

2.2.2. Modificacions a llarg termini

Les modificacions degudes a un entrenament constant, són les més interessants de cara a una millora de la condició física i per tant a un millor rendiment físic.

Aquestes modificacions es deuen a una millor economia respiratòria provocada per diferents factors:

- . millor difusió de gasos alveolocapil·lars
- . una millor capacitat de transport de la sang
- . un millor aprofitament de l'oxigen en els teixits (capacitat de consum d'oxigen)

Els paràmetres respiratoris en persones entrenades en repòs comparades amb les d'abans d'iniciar el pla d'entrenament són:

- . FR: Disminueix
- . VMR: Disminueix

. CV: Augmenta en esports aeròbics. L'augment de força dels músculs inspiratoris degut a l'entrenament, igual que la resta de musculatura estriada, provoca una millor eficiència respiratòria. Tot i així la CV no s'hauria de considerar un indicador del nivell d'entrenament. Els atletes que tenen una capacitat vital relativament baixa també poden arribar a donar grans rendiments, ja que hi ha altres factors que influeixen en la disponibilitat d'oxigen i en el rendiment.

$VO_2\max$: Augmenta un màxim del 20-40% en esports aeròbics. Aquest augment s'explica per diferents factors, com una millor perfusió dels gasos i per un % de fibres musculars tipus intermedi que es modificarien a fibres musculars ST. Tot i que hi ha autors que no hi estan d'acord en aquest últim motiu.

En els paràmetres mesurats durant l'exercici físic en persones entrenades amb exercicis màxims es produeixen les següents modificacions:

- FR: augmenta
- VMR: augmenta
- CV: augmenta
- Consum d'oxigen: augmenta

Paràmetres	Sedentaris	Entrenats	
	exercici físic	repòs	exercici físic intens
FR	↑↑	↓	↑
VR	↑	↑	↑
VMR	↑↑	↓	↑
CV	↑	↑↑	↑

Consum màxim d'O ₂ (VO ₂ max)	→	↑ un 20% com a màxim	↑
--	---	----------------------	---

Totes aquestes modificacions estan estretament relacionades amb les modificacions de l'aparell cardiocirculatori. Si durant l'exercici físic l'augment del nivell de ventilació no va acompanyat d'un augment del VMC i d'una bona distribució de la massa sanguínia a la musculatura en acció, no s'arriba a cap alt rendiment. Això és el que passa en moltes malalties cardiovasculars. Aquest exemple evidencia l'estreta relació que hi ha entre els dos sistemes.

3. Valoració de les modificacions dels paràmetres cardiocirculatori i respiratori.

En els capítols anteriors s'han vist les modificacions dels diferents paràmetres cardiorespiratoris.

En aquest veurem com les dades d'aquestes modificacions serveixen per poder valorar tant la millora de la condició física com per programar l'entrenament. Els tests de camp estan explicats en els fonaments de l'activitat física i esportiva.

3.1. Estat d'equilibri (steady state)

Tot esforç físic comporta un augment de l'activitat muscular i el corresponent augment del metabolisme muscular per poder aconseguir l'energia (ATP) necessària per seguir mantenint l'esforç.

En condicions anaeròbiques aquest metabolisme pot funcionar durant molt poc temps, doncs l'obtenció d'ATP per aquesta via és molt curta (segons) i l'acumulació d'àcid làctic provoca fatiga. Quan l'esforç físic és de llarga durada i intensitat moderada es necessita un subministrament d'oxigen superior per poder obtenir l'energia necessària, i el cos humà s'adapta per poder subministrar l'oxigen necessari a les cèl·lules musculars per tal de poder utilitzar la via aeròbica, que és més rendible quant a l'obtenció d'energia (ATP) y no acumula àcid làctic.

L'activitat muscular arriba immediatament al nivell necessari per a cada càrrega alta, gràcies al control nerviós. Però el sistema cardiovascular i el sistema respiratori necessiten un període d'adaptació més llarg, necessiten més temps per poder cobrir les demandes d'aprovisionament de sang dels teixits que intervenen en l'activitat muscular.

Quan aquestes demandes musculars estan resoltes s'estabilitza l'adaptació dels sistemes cardiorespiratori, sempre que la intensitat del treball sigui constant. Aquest estat d'equilibri entre les demandes musculars i el subministrament de metabòlits per aconseguir energia és el que s'anomena estat d'equilibri o "steady state".

Alguns dels paràmetres estudiats, quan el treball és d'intensitat constant, arriben a un punt on no augmenten, s'estabilitzen.

Quan el treball és d'intensitat creixent no s'arriba mai al "steady state". Els valors dels paràmetres cardiorespiratoris arriben al màxim individual i finalment s'ha d'interrompre l'exercici per fatiga, deguda a l'acumulació d'àcid làctic en les fibres musculars.

3.2. Llindar anaeròbic

En el múscul en repòs o amb una activitat física moderada, el subministrament energètic es per via aeròbica. Quan la intensitat és superior, cal obtenir ATP per poder seguir l'esforç. Les fibres musculars que en aquest moment es contrauen, utilitzen la via anaeròbica en primer lloc i la via aeròbica en segon lloc. Si la intensitat del treball va augmentant, el nombre de fibres que es contrauen també i per tant l'acumulació d'àcid làctic anirà augmentant a mida que augmentem la intensitat

Es defineix com a llindar anaeròbic la potència de treball, expressada en % sobre la VO₂max, en la que hi ha un component anaeròbic suficient com per provocar augments d'àcid làctic en la sang.

En treballs d'intensitat constant, aquest punt coincideix amb el punt d'estabilització dels paràmetres cardio-pulmonars.

El valor del llindar anaeròbic depèn de característiques individuals, i per un mateix esportista, del seu nivell d'entrenament.

Aquesta dada és important per poder calcular el % de VO_2 max que s'està utilitzant en aquest moment i calcular així la intensitat del treball per a la millora del rendiment físic.

Hi ha diversos tests per poder calcular aquest llindar. Hi ha tests per a calcular-ho directament i que es realitzen als laboratoris de medicina de l'esforç amb maquinària específica: analitzadors de gasos, mesura de lactats a la sang... Per poder calcular-ho cal seguir uns protocols, on la intensitat va augmentant progressivament en fraccions de temps iguals.

Però també es pot calcular indirectament amb tests de camp. Per exemple amb el test de Conconi, la bateria eurofit, la course navette.....

L'entrenament aeròbic regular pot augmentar fins a un 20-40% els valors de la VO_2 max, aquest augment s'explica per una millor perfusió dels gasos i per un % de fibres musculars tipus intermedi que es modificarien a fibres musculars ST. Tot i que hi ha autors que no estan d'acord en aquest últim motiu.

Per tant, amb aquesta millora també millora el llindar anaeròbic.

3.3. Dèficit d'oxigen i deute d'oxigen

Com hem vist fins ara, el cos humà s'adapta a les necessitats energètiques del múscul utilitzant el sistema cardiorespiratori com a mitjà de transport i captació d'oxigen. Tot i així hi ha una petita descoordinació entre la demanda d'oxigen, a les fibres musculars, i el subministrament d'aquest per part de l'aparell cardiorespiratori. Durant aquest petit interval 1-3 min, les fibres musculars utilitzen les vies anaeròbiques, però també en petita proporció, vies aeròbiques. Per poder utilitzar aquestes vies les fibres musculars utilitzen l'oxigen "prestat" d'altres teixits, provocant el dèficit d'oxigen.

Aquest dèficit d'oxigen es retorna en finalitzar l'exercici físic, en el període de recuperació.

La mesura d'aquest dèficit d'oxigen a l'inici de l'exercici com la del deute d'oxigen al acabar l'exercici, és important per saber el grau d'anaerobiosi a què s'ha arribat durant l'exercici físic.

El deute d'oxigen, és el consum d'oxigen després d'acabar l'exercici físic i que correspon al pagament del dèficit d'oxigen, més el consum d'oxigen que es seguirà produint per mantenir el sistema cardiorespiratori.

Quan acabem un exercici intens, la freqüència cardíaca i la respiratòria encara segueixen augmentades, això serveix per retornar el Dèficit d'oxigen i per subministrar l'energia necessària a l'aparell cardiorespiratori. La suma d'aquestes necessitats d'oxigen és el que anomenem deute d'oxigen.

Segons la intensitat i la durada del exercici, el deute serà més gran o més petit. Tot i així cal retornar a l'organisme els nutrients energètics que s'han utilitzat. El metabolisme per si sol ho retorna, però no oblidem que per a una bona recuperació també cal hidratar-se i ingerir aliments rics en hidrats de carboni.

El deute d'oxigen té 2 fases:

- El deute alàctic:

S'ha de restituir la fosfocreatina i l'ATP musculars. Aproximadament cal 2,5l d'oxigen i entre 2-3 min en general.

També cal restituir l'oxigen "prestat" dels teixits i reserves d'oxigen. Uns 3,5l d'oxigen i entre 4-7 min.

- El deute làctic

Aquest deute el trobarem en aquells exercicis en que s'hagi superat el llindar anaeròbic.

Cal resintetitzar l'àcid làctic i el glicogen muscular. Per poder fer-ho es necessita energia (ATP), i la seva recuperació triga entre hores i dies.

Per a un tècnic d'esport aquestes dades són importants a l'hora de programar diferents tipus d'exercici, ja que cal tenir en compte el temps de recuperació.

En aquests últims anys, estan tenint molt bona acollida els exercicis en circuit, perquè en cada estació està calculat el temps de recuperació per la zona del cos que s'ha treballat.

Molts i diferents estudis confirmen que en aturar l'exercici físic no s'ha de fer de cop. Cal fer exercicis de baixa intensitat per mantenir l'aparell cardiorespiratori activat per poder subministrar l'oxigen i així restituir més ràpidament el dèficit.

4. Nutrició i exercici físic

La dieta de l'esportista, no ha de ser diferent a la de les altres persones. Tot i així per a esportistes que fan competició hi ha unes dietes adaptades al tipus d'esport, el tipus de competició (horari, per etapes, per equip, individuals..). Aquestes dietes s'expliquen més àmpliament en el capítol d'higiene. Així com la importància de la hidratació durant l'activitat física com a mitjà termoregulador.

Els requeriments nutricionals de l'esportista, els oligoelements i els macroelements, han de tenir en compte el metabolisme individual i el metabolisme de les cèl·lules musculars. En aquest capítol farem referència als nutrients com a font d'energia i com s'utilitzen selectivament en l'esforç.

Ens referim als nutrients energètics com aquells nutrients utilitzats per a la producció d'ATP durant l'exercici: hidrats de carboni, greixos i proteïnes.

Recordem que es pot utilitzar l'energia alliberada (ATP) per a la descomposició d'aquests nutrients per via aeròbica, i que els hidrats de carboni són l'única font d'energia per a la formació d'ATP per via anaeròbica (glucolisi anaeròbica)

4.1. Hidrats de carboni

Formats per carboni, hidrogen i oxigen (CHO), d'origen vegetal. En una dieta equilibrada es recomana que el 50% siguin hidrats de carboni.

Són la principal font d'energia del cos humà.

Les reserves d'hidrats de carboni en l'organisme són :

- els sucres de la sang, que es mantenen constants a través de mecanismes hormonals: La insulina i el glucagó.
- el glicogen emmagatzemat al fetge
- el glicogen emmagatzemat als músculs
- en forma de greix al teixit adipós

En els individus no entrenats, la reserva d'hidrats de carboni arriba a uns 250 gr. en canvi, els atletes entrenats en especialitats esportives de resistència tenen una reserva de glicogen que duplica o triplica aquesta quantitat..

Les reserves de glicogen es consumeixen durant l'esforç físic per obtenir energia i després es reconstitueixen durant la fase de recuperació.

En un esforç de curta durada i intensitat elevada, la necessitat energètica es cobreix quasi exclusivament pels hidrats de carboni. Una de les raons és que per un esforç breu i intens la producció d'ATP és bàsicament anaeròbica: Glicòlisi anaeròbica.

A mida que augmenta la durada i la intensitat és més baixa (esports de resistència), els hidrats de carboni són fonamentals durant els període inicial i sobretot en sprintar (en acabar l'exercici) o en els augments d'intensitat.(Recordar llindar anaeròbic).

Durant el període intermig s'utilitzen principalment els greixos com a nutrients energètics.

La importància dels hidrats de carboni durant l'exercici de llarga durada es demostra pel fet que l'esgotament de les reserves intramusculars d'hidrats de carboni coincideix quasi sempre amb l'esgotament muscular, encara que el múscul disposi d'una gran quantitat de greix com a combustible.

En el període de recuperació si no hi ha una restitució d'aquests hidrats de carboni a través de la

dieta es pot arribar a la síndrome de sobreentrenament o fatiga crònica.

El procés de recuperació es divideix en dues fases.

. Fase ràpida: es transformen en glicogen, la glucosa, els greixos i eventualment les proteïnes. Pot durar fins a deu hores.

. Fase lenta: la restitució es fa pels aliment ingerits. Pot durar fins a 48 hores.

4.2. Greixos

Formats per carboni, hidrogen i oxigen (CHO), d'origen animal i algunes llavors (nous, olives, llavors de gira-sol..). En una dieta equilibrada es recomana que el 25% siguin greixos.

Són la segona font d'energia del cos humà. Tenen a més a més funció termoreguladora.

Les reserves en el cos humà són il·limitades, majoritàriament en el teixit adipós subcutani. En les persones sedentàries, els hidrats de carboni es transformen en greixos.

Els greixos són poc digeribles; frenen els moviments peristàltics intestinals i, per tant, s'estan bastant temps al tub digestiu. Per això els greixos s'han d'ingerir, com a mínim cinc hores abans d'un esforç físic.

En els esforços de llarga durada, els greixos es consumeixen en els processos metabòlics d'oxidació, perquè s'ha exhaurit una part de les reserves d'hidrats de carboni. Això es el que passa, per exemple, en la cursa lenta, a una intensitat relativament baixa, al cap d'una hora. Si la intensitat de l'esforç és molt alta, es metabolitzen preferentment els hidrats de carboni.

D'això es dedueix que l'entrenament d'individus adiposos, per a perdre pes i volum, l'esforç ha de ser, si és possible, de llarga durada i d'una intensitat relativament baixa (cursa lenta, natació, ciclisme..).

En realitat les dues fonts energètiques s'utilitzen simultàniament en diferent proporció segons la durada de l'exercici.

4.3. Proteïnes

Les proteïnes estan formades per carboni, hidrogen, oxigen i nitrogen (CHON), d'origen animal (carn, peix, llet i derivats) i llegums.

En una dieta equilibrada es recomana un 15% de proteïnes, amb un màxim del 18%.

No es consideren nutrients energètics, amb l'excepció de desnutrició molt important (anorexia, vagues de fam, ..) o en esforços molt intensos com la marató on es poden arribar a consumir un 10% de proteïnes.

En els últims anys s'han posat de moda les dietes hiperproteiques, sobretot en l'esport de la musculació i derivats. Aquestes dietes no fan augmentar la massa muscular, ni ofereixen cap avantatge respecte a la dieta equilibrada. El que si s'ha demostrat és que aquestes dietes poden emmalaltir els ronyons i provocar hiperuricèmies (gota).

L'explicació de l'error dietètic de les dietes hiperproteiques és que el nitrogen, element imprescindible per a formar proteïnes, no es pot emmagatzemar en el cos humà. L'única excepció és en el cas de les dones embarassades, que l'utilitzen per a poder formar el fetus.

Hi ha nombrosos estudis per a poder determinar quin tipus de dieta, és la més rendible quant a obtenir millor rendiment físic. Tots, sense excepció han demostrat que la dieta rica en hidrats de carboni (50% de la dieta total) augmenta el temps de resistència, la fatiga es presenta quasi el doble de temps després respecte a dietes riques en greixos o proteïnes.

5. Adaptació de l'aparell locomotor a l'exercici físic

5.1. Esquelet

L'esquelet, tant en la seva part fixa (ossos) com en la seva part mòbil (articulacions), presenta petites modificacions degudes a l'exercici físic regular. Aquestes modificacions depenen de la intensitat de l'exercici, del sòl on es practica i de la tècnica correcta en executar l'exercici. En aquest capítol no tractarem de patologia, sinó dels beneficis de l'exercici físic.

5.1.1. Ossos

L'entrenament regular provoca un augment de la massa mineral òssia. Aquests augment de la densitat ve provocat per un augment del dipòsit de calci.

Això s'utilitza per tractar les malalties que presenten una disminució de la densitat òssia, com l'osteoporosi.

Per altra banda, en els nens, cal calcular bé la intensitat de l'exercici per no ossificar els nuclis de creixement, i endarrerir-lo. El creixement en esforços continuats de càrregues intenses pot aturar el creixement, per exemple en gimnastes, una vegada deixats els entrenaments el creixement es restableix arribant a la talla normal.

5.1.2. Articulacions:

La flexibilitat es defineix com al rang d'amplitud de moviment d'una o varies articulacions, es a dir per moure's fins d'uns límits naturals. Aquests els constitueixen, la disposició òssia de l'articulació, els lligaments que la reforcen, la càpsula fibrosa, i els músculs i tendons que la creuen. És un factor del rendiment esportiu que ve determinat per l'edat, el sexe, l'entrenament, per característiques antropomètriques i per factors genètics.

La flexibilitat, un dels objectius de l'exercici físic, millora considerablement amb l'exercici físic.

La millora es deu bàsicament a l'augment de l'elasticitat dels sistemes múscultendinosos, i un augment de la mobilitat articular.

Els exercicis de flexibilitat específics per a cada articulació, provoquen un augment de l'arc de moviment de l'articulació. Això implica una millora en l'eficiència del moviment esportiu i en conseqüència del moviment quotidià.

Aquests exercicis cal que siguin realitzats amb una tècnica acurada i respectant la realitat de cada persona, per evitar lesions dels components de les articulacions mòbils. Per exemple: distensions lligamentoses, dolor articular..

5.2. Músculs

La musculatura estriada, segons el tipus d'exercicis físics que es realitzen, es modifica en major o menor grau.

Aquestes variacions dependran de l'objectiu i característiques de l'exercici físic: si és un exercici de resistència cardiorespiratòria, si és de força muscular, si és aeròbic o anaeròbic làctic o alàctic.

Per altra banda, l'escalfament i els estiraments previs a la realització de qualsevol exercici muscular, ens determinaran una millor eficàcia motora i una prevenció de lesions.

Per poder comprendre millor, la regulació dels músculs davant l'exercici físic, cal estudiar la regulació de l'activitat muscular.

5.2.1. Regulació de l'activitat muscular. Òrgans sensitius musculars:

Els òrgans sensitius musculars, els fusos musculars i els òrgans tendinosos de Golgi, estan relacionats amb la sensació cinestèsica; la noció de la posició del cos. També intervenen en el control dels moviments voluntaris i reflexos.

Els fusos musculars estan situats en les fibres musculars especials denominades fibres intrafusals. Al voltant de la porció central del fus hi ha envoltant-lo un nervi sensitiu. Quan el fus s'estira, es generen impulsos nerviosos en el nervi sensitiu i aquest envia informació relativa al ritme i a la magnitud de l'estirament al sistema nerviós central. De forma automàtica, a través dels nervis, torna la informació respecte a la quantitat d'unitats motrius que s'han de contraure per tal d'obtenir un moviment uniforme.

Per exemple: Quan s'intenta aixecar per primer cop un objecte, el múscul s'estira. Si l'objecte es pesat, l'estirament serà intens i moltes unitats motrius participaran en l'aixecament de l'objecte. Si l'objecte pesa poc, solament entraran en joc algunes unitats motrius.

Aquest fusos també participen en el desenvolupament d'aptituds motrius. Sota el control de

l'escorça motriu del cervell, els extrems dels fusos es poden contraure. Actuen com una molla. Quan passa aquest fenomen la porció central del fus s'estira. La informació al sistema nerviós central serà la mateixa respecte a la quantitat apropiada d'unitats motrius que s'hauran de contraure.

Els òrgans tendinosos de Golgi estan situats als tendons; també són sensibles als estiraments. Però, en estar situats en els tendons, s'estiren quan el múscul es contrau. L'informació que envien els òrgans de Golgi al sistema nerviós central es refereix a la força de contracció. Quan la contracció és tant forta que pot provocar una lesió, la informació que torna del sistema nerviós central provoca una relaxació muscular. La importància d'aquest reflex és evident, no solament protegeix una lesió muscular, sinó que subministra informació respecte a l'activitat muscular.

5.2.2. Modificacions de les fibres musculars per l'entrenament regular:

- Exercicis de resistència cardiopulmonar o aeròbics:

Com vam veure en els capítols de les adaptacions de l'aparell cardiocirculatori i en el respiratori, les adaptacions que sofreixen són bàsicament per poder subministrar l'energia necessària per a poder realitzar més contraccions musculars.

En el múscul estriat les modificacions bàsiques són:

- . Una millor eficàcia en la regulació de la contracció, per a una millor coordinació neuromuscular

- . Una millor eficiència muscular: per cada gest, només utilitzarem les fibres necessàries, per tant només s'utilitzarà l'energia necessària.

- . Una millor adaptació a la fatiga, les fibres musculars s'adapten a l'augment d'àcid làctic, presentant dolor muscular una mica més tard que en els no entrenats. El nombre de capil·lars augmenta i pot arribar més sang en els territoris en activitat.

- . Un augment de la força muscular en aquells grups musculars que s'entrenen. Aquest augment de la força muscular s'acompanya d'una hipertrofia de les fibres musculars (augment del volum de la fibra muscular). En l'exercici aeròbic, l'hipertrofia es veurà més en les fibres ST o vermelles.

- . Una disminució del volum de les cèl·lules adiposes, el múscul es veu més definit.

- . Una disminució del temps de recuperació, la millor perfusió capil·lar, permet recuperar abans l'estat de repòs.

- Exercicis amb peses:

Els exercicis dinàmics amb resistència també produeixen hipertrofia muscular. Aquest augment del volum del múscul, és molt més exagerat que en l'anterior punt. Això es deu a l'augment del nombre de fibres musculars, com a resultat del fenomen de partició longitudinal de les fibres. Aquesta partició és fisiològica, normal, i està provocada per la necessitat de nodrir les fibres hipertrofiades. Quan les fibres s'hipertrofien molt, augmenten el volum i la difusió de nutrients es veu compromesa. La partició de les fibres s'acompanya d'un augment de la xarxa capil·lar i dels nervis motors, per tant les noves fibres són completament normals. El resultat d'aquest entrenament és un augment de la força resistència i un augment important del volum muscular.

Cal vigilar que aquesta hipertrofia no sigui molt, molt, exagerada, doncs pot provocar lesions tendinoses i fins i tot fractures òssies per arrencament.

La resta és igual que en l'anterior punt.

- Exercicis anaeròbics:

En l'actualitat hi ha pocs entrenaments que es basin en la millora de la condició física, únicament amb exercicis anaeròbics purs. Tot i així els esportistes que practiquen esports anaeròbics, presenten hipertrofia en les fibres musculars FT o blanques. Si són exercicis aeròbics làctics, augmenta l'adaptació a l'acumulació d'àcid làctic.

La resta és igual que en els anteriors punts.

5.2.3. Escalfament muscular

Sempre s'han de realitzar exercicis d'escalfament abans de començar un exercici físic. El motiu és que l'escalfament augmenta la temperatura corporal i la dels músculs, facilitant l'activitat enzimàtica, i per tant el metabolisme dels músculs estriats. L'augment de la temperatura muscular fa augmentar la irrigació sanguínia, i per tant l'aportació d'oxigen i de nutrients.

Per altra banda l'escalfament fa disminuir el temps de latència de la contracció muscular.

Realitzar moviments musculars de gran intensitat sense escalfament, pot provocar lesions musculars i un retard en la coordinació cardiorespiratoria.

Aquest escalfament s'ha de basar en moviments de baixa intensitat i com més grups musculars hi hagi implicats millor.

Recordar que en acabar l'entrenament o la competició cal fer moviments suaus per pagar el dèficit d'oxigen.

5.2.4. Estiraments musculars

Cal realitzar moviments d'estirament sempre abans de l'entrenament o de la competició.

Aquests estiraments han d'implicar tots els músculs i articulacions del cos.

El motiu per a realitzar els estiraments és per acostumar els sistemes reguladors musculars a l'activitat que realitzarem. Preparem al múscul per a la contracció de les fibres musculars, per l'augment de tensió tendinosa i per la tensió dels teixits de les articulacions.

6. Sistema nerviós

Un entrenament sistemàtic provoca canvis en el sistema nerviós. Tots aquests canvis provoquen una millora de totes les funcions i, per tant, una millora del rendiment físic.

En els individus entrenats es constata, bàsicament:

- una millora de l'equilibri i de l'economia dels processos nerviosos. Tot i que aquesta millora és evident a totes les edats, en les persones grans és espectacular.
- el desenvolupament d'automatismes. La repetició de moviments per adquirir una tècnica correcta, provoca l'adquisició de l'automatisme del moviment. No cal pensar per fer-ho bé.
- una adaptació òptima i més ràpida respecte a la característica de la càrrega, per l'activació del simpàtic. Segons el tipus de càrrega, el sistema cardiorespiratori s'adapta a les necessitats energètiques. Amb l'entrenament s'aconsegueix que aquesta adaptació sigui més acurada i ràpida.
- una disminució important dels temps de recuperació i de retorn als nivells normals després de l'esforç, per acció frenadora del parasimpàtic.
- més economia en les funcions de l'organisme, per la regulació vagotònica
- un augment de les capacitats funcionals del sistema nerviós i, per tant, de tot l'organisme.

Resum

L'aparell circulatori presenta modificacions dels paràmetres davant l'exercici físic i degut a l'entrenament. Aquestes modificacions, es produeixen per poder facilitar més ràpidament l'oxigen i els nutrients a les cèl·lules musculars en activitat.

En aquest capítol es defineixen els paràmetres que s'utilitzen per a poder mesurar l'activitat de l'aparell circulatori, així com les modificacions que hi ha durant l'exercici físic i les degudes a l'entrenament regular.

Paràmetres	Durant l'exercici aeròbic	Entrenats
FC	↑↑↑	↓↓↓

VS	↑	↑↑↑
VMC	↑↑	↑
Part dif.	↑	< 30 anys no modifica > 30-40 anys ↓

La sang també té modificacions degudes a la pràctica esportiva, que són més importants quan aquesta és realitzada a alçades superiors als 2000 metres sobre el nivell del mar.

L'aparell respiratori presenta modificacions dels paràmetres davant l'exercici físic i degudes a l'entrenament. Aquestes modificacions, es produeixen per poder facilitar més ràpidament i amb més quantitat l'oxigen a les cèl·lules musculars en activitat.

Els paràmetres que s'utilitzen per a poder mesurar l'activitat de l'aparell respiratori, així com les modificacions que hi ha durant l'exercici físic i les degudes a l'entrenament regular.

Paràmetres	Sedentaris	Entrenats	
	exercici físic	repòs	exercici físic intens
FR	↑↑	↓	↑
VR	↑	↑	↑
VMR	↑↑	↓	↑
CV	↑	↑↑	↑
Consum màxim d'O ₂ (VO ₂ max)	→	↑ un 20% com a màxim	↑

En tot moviment muscular, la contracció de les fibres musculars ve donada per la intensitat del moviment. Com més intens és, més fibres musculars es contrauen. Tenint en compte el procés metabòlic de les fibres musculars: primer anaeròbic i després aeròbic, es pot saber en quin moment i a quina intensitat s'utilitza majoritàriament una via o una altre; i, d'aquesta manera poder programar individualment, un entrenament més eficaç.

L'estat d'equilibri ens indica quan la intensitat es constant, en quin moment s'estabilitzen els paràmetres cardiorespiratoris per aquella intensitat.

El líndar anaeròbic ens indica en quina potència de treball, expressat en % sobre la VO₂max, hi ha un component anaeròbic suficient com per provocar augments d'àcid làctic en la sang. Per poder calcular-ho la intensitat ha de augmentar progressivament i en fraccions de temps determinades.

El dèficit d'oxigen és la quantitat d'oxigen que s'utilitza quan encara no tenim tot el sistema cardiorespiratori adaptat a l'esforç.

El deute d'oxigen és la quantitat d'oxigen que es consumeix després d'un exercici físic, per retornar els materials energètics (FC, ATP, O₂, Glicògen...) que s'han utilitzat durant el temps que ha trigat el sistema cardiorespiratori en aportar els materials energètics a les fibres

musculars i per corregir el dèficit d'oxigen de l'inici de l'exercici físic més l'oxigen necessari per poder mantenir l'aparell cardiorespiratori en freqüències respiratòries i cardíques elevades.

La nutrició equilibrada és la millor font d'energia per a l'esportista. Una dieta que segueixi els paràmetres equilibrats: 50% d'hidrats de carboni, 25% de greixos i entre el 15 i 18% de proteïnes, es la millor fórmula per a aconseguir els objectius.

Els hidrats de carboni són la primera font d'energia, tant en la via anaeròbica com en l'aeròbica, en el començament de l'exercici físic i durant els canvis d'intensitat en els esforços de llarga durada i intensitat moderada. En els esforços d'intensitat elevada i una durada inferior (glicòlisi anaeròbica) és l'únic combustible que s'utilitza.

Els greixos són la segona font d'energia. S'utilitzen, majoritàriament aproximadament al cap d'una hora d'un esforç de llarga durada i intensitat moderada. Cal tenir en compte aquesta dada pels que realitzen esport per aprimar-se. Una de les funcions primordials dels greixos són la termoregulació. Aquestes dues fonts d'energia s'utilitzen simultàniament en diferents proporcions segons la durada de l'exercici.

Les proteïnes no tenen un caràcter energètic, sinó plàstic, s'utilitzen com a font energètica en casos de desnutrició greu i en esforços molt intensos. Les dietes hiperproteïques que s'utilitzen per a crear massa muscular, no tenen cap sentit, a part de poder emmalaltir.

L'aparell locomotor, els ossos, les articulacions i els músculs, s'adapten a l'entrenament. Els ossos augmenten la massa mineral òssia, les articulacions augmenten la mobilitat i els músculs i tendons guanyen flexibilitat i s'hipertrofien (augmenten el volum). La musculatura s'hipertrofia més si l'entrenament es realitza amb peses. A més a més hi ha una millora de la coordinació neuromuscular, una millor eficiència energètica i un retorn a la normalitat més ràpid.

BIBLIOGRAFIA DE L'ASSIGNATURA

EDWARD L. FOX .Fisiologia del deporte. Ed. Panamericana. 1991

BARBANY J.R. .Fisiologia del esfuerzo. Generalitat de Catalunya. INEF. 1986

Rohen,J.W.; Yokochi, C.; (1984) Atlas fotográfico de anatomía humana. Barcelona: Ediciones Doyma.

Guyton, A.C. (1985) Tratado de fisiología médica. Madrid: Interamericana

CD-Rom Enciclopedia de los seres vivos. El cuerpo humano