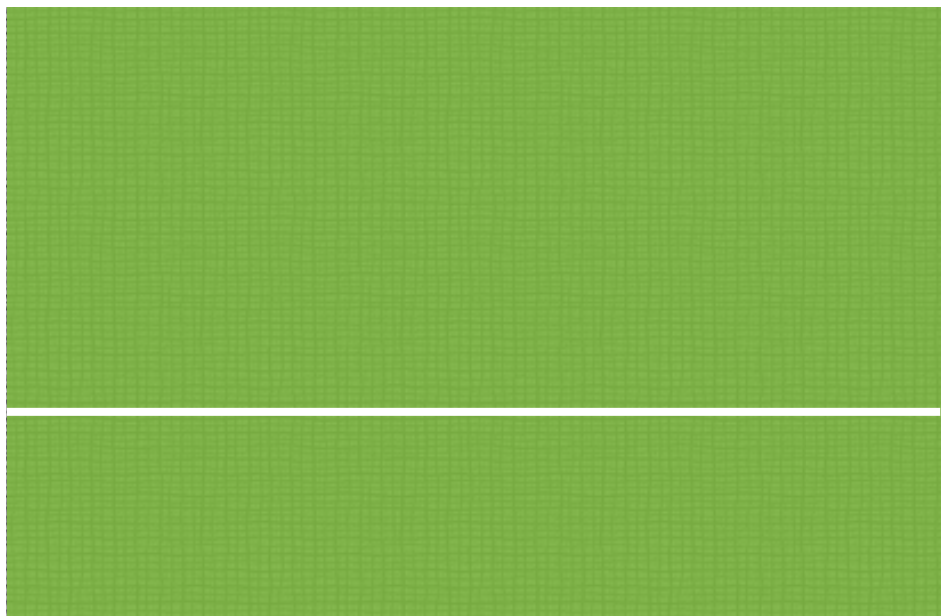




Fatiga en l'esport

Influència del grau d'entrenament en l'activitat física



Ha presentat el treball de recerca

FATIGA EN L'ESPORT

INFLUÈNCIA DEL GRAU D'ENTRENAMENT EN L'ACTIVITAT FÍSICA

En data: 3 de Desembre de 2015.

DEPARTAMENT DE CIÈNCIES

Signatura de la tutora del treball de recerca

Segell del Col·legi



Agraïments

A la Cristina Arjonilla, (fisioterapeuta) per donar-me la idea i per les seves grans aportacions al llarg del treball.

A la Universitat de Vic, per facilitar-me els seus laboratoris, i especialment a la Míriam Torras (especialista en dietètica i nutrició) pel seu rigor científic.

Al Club Patí Vic, per deixar-me utilitzar el gimnàs, i molt especialment a la Paquita i en Ramon pels esplèndids esmorzars pels voluntaris.

A la (tutora) per ajudar-me amb la planificació del treball i a posar-hi ordre.

Finalment, i molt especialment, als voluntaris: sense el seu sacrifici res hauria estat possible.



Índex

Agraïments	3
Índex	4
1. Introducció.....	6
2. Aproximació teòrica.....	8
2.1. Classificació dels esports	8
2.2. Fases de l'exercici físic	10
2.3. Tipus d'adaptacions a l'esport	12
2.3.1. Adaptacions circulatòries.....	12
2.3.2. Adaptacions cardíaques.....	15
2.3.3. Adaptacions respiratòries	19
2.3.4. Adaptacions en sang.....	20
2.3.5. Adaptacions del medi intern.....	21
2.3.6. Adaptacions metabòliques	23
2.4. Efectes de l'entrenament en l'exercici físic	24
2.5. Metabolisme energètic durant l'exercici físic.....	26
2.5.1 ATP, estructura i funció	27
2.6. Rutes metabòliques	29
2.6.1. Sistema fosfagen o via de la fosfocreatina	29
2.6.2. Fermentació Làctica.....	30
2.6.3. Respiració aeròbica	30
2.7. Substrats energètics durant l'activitat física	35
2.8. Acidosis i fatiga	37
2.8.1. Equilibri àcid-base	38
2.8.2. Amortiment dels ronyons	39
2.8.3. Efectes de la variació de pH en la funció muscular	40
2.9. pH de l'orina	41
2.9.1. Factors que poden influir en el PH de l'orina:	41



3. Com varia l'aparició de fatiga segons el grau d'entrenament en l'esport?	42
3.1. Experimentació	42
3.2. Caracterització de la mostra	43
3.3. Objectius	45
3.4. Hipòtesis	45
3.5. Disseny de l'experiment	47
3.5.1. Pre-experimentació	47
3.5.2. Paràmetres estudiats	50
3.5.3. Control de variables	54
3.5.4. Material	55
3.5.5. Protocol	58
3.6. Resultats i discussió	60
3.6.1 Resultats que caracteritzen la mostra estudiada	60
3.6.2. Gràfics pH.	62
3.6.3. Gràfics de pes	65
3.6.3. Gràfics de la Freqüència Cardíaca	67
3.6.5. Gràfics Pes-FC-pH	71
3.7 Conclusions	72
4. Bibliografia	74
5. Annexos	76



1. Introducció

L'exercici físic, és una activitat que tots els humans duem a terme, en major o menor grau. Tenim una tendència natural a realitzar esport, ja que ens aporta molts beneficis. Fer esport, produeix plaer, manté l'agilitat corporal, exerceix una influència psicològica i social molt beneficiosa etc... En canvi, la manca d'exercici físic, comporta una sèrie de problemes com per exemple obesitat i malalties metabòliques degeneratives. En resum, l'activitat física millora la salut física, psíquica i social, però com totes les coses, un excés en pot resultar perjudicial.

Degut a la seva gran importància en la nostra existència, és interessant conèixer els mecanismes fisiològics a partir dels quals es basa.

Durant l'activitat física, hi participen pràcticament tots els sistemes, aparells i òrgans del cos, però en aquest treball , ens centrarem en els aspectes metabòlics i adaptacions que tenen lloc en els diferents òrgans quan realitzem exercici físic de qualsevol naturalesa.

Aquestes adaptacions i canvis que es produeixen en el nostre cos en realitzar esport, poden ser espontanis i transitoris mentre es produeix l'esforç, o bé, si l'exercici és freqüent al llarg del temps, el nostres sistemes i aparells experimentaran canvis i adaptacions que facilitaran la resposta fisiològica del nostre organisme, quan realitzem activitat física novament. Aquest fet, permet que hi hagi persones que estiguin més entrenades o més adaptades a l'esport, i que per tant, puguin aguantar esforços de més durada i intensitat, i que en canvi, hi hagi persones que siguin més vulnerables a l'aparició de fatiga en realitzar un cert esforç.



Les adaptacions i canvis fisiològics van estretament relacionats amb la intensitat de l'esforç, i es tradueixen en reaccions metabòliques que condueixen a la fatiga, si l'exercici continua.

Determinar biològicament la fatiga no és fàcil, però com es veurà més endavant en el meu treball, existeixen mètodes i exàmens biològics per a detectar-la. Concretament, he provocat l'estat de fatiga dels voluntaris utilitzant un aparell de bicicleta estàtica i he analitzat la variació del seu pes, pH de l'orina i freqüència cardíaca

La finalitat de la meva experimentació, és estudiar la influència que té el grau d'entrenament, en la variació dels paràmetres esmentats anteriorment, en realitzar exercici físic, així com també identificar els principals indicis de fatiga muscular i entendre perquè apareixen.

Com podreu comprovar al llarg del treball, desenvolupo una base teòrica que em permet formular una hipòtesi principal: els individus més habituats a l'activitat física, superaran amb menys fatiga l'esforç, i això quedarà reflectit en una menor variació dels paràmetres estudiats.

Posteriorment passo a l'experimentació aplicant el mètode científic, buscant totes les correlacions de resultats possibles per extreure'n conclusions.

Finalment, m'agradaria que el tema d'aquest treball, pugui donar idees de cara a posteriors investigacions en aquest àmbit.



2. Aproximació teòrica

2.1. Classificació dels esports

Hi ha una enorme varietat d'esports que, la facultat de medicina de la Universitat Nacional del Nord Est d'Argentina, situada a Corrientes (UNNE) els classifica de formes diferents (figura 1):

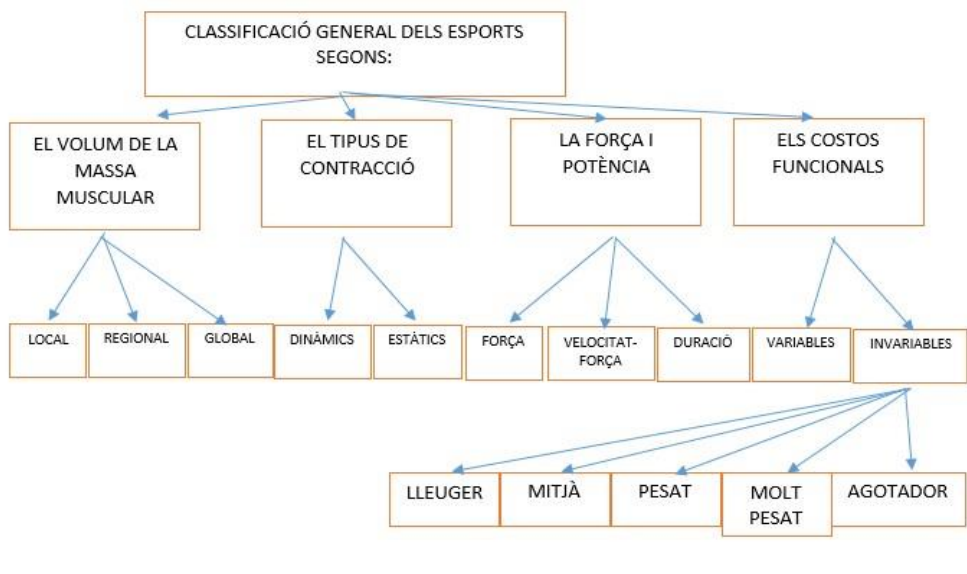


Figura 1. Classificació dels esports segons la facultat de medicina de la UNNE.

- Una forma de classificar els esports pot ser segons el volum de massa muscular que es veu implicada en l'exercici. Hi ha els exercicis locals, que involucren menys de 1/3 de la massa muscular total, els regionals, en què hi participa entre 1/3 i 1/2 d'aquesta, i els exercicis globals, en els quals s'hi veu implicada més de la meitat del volum de massa corporal de l'individu
- També es poden classificar segons el tipus de contracció. Hi ha els exercicis dinàmics o isotònics, que són aquells que provoquen la modificació de la mètrica del múscul, i que es subdivideixen en:
 - Concèntrics: quan la modificació de la mètrica és cap al centre del múscul.



- Excèntrics: quan la modificació és cap als extrems del múscul.
- I també hi ha els exercicis estàtics, que són aquells en els que predomina l'activitat anaeròbica. Aquests, sovint són d'escassa duració, i provoquen notables canvis funcionals en l'organisme.
- També es pot realitzar una classificació segons la força i la potència, on apareixerien tres tipus diferents d'esports:
 - Exercicis de força: són els exercicis en els que s'utilitza més del 50% de la capacitat de força de l'individu.
 - Exercicis de velocitat-força: són aquells exercicis en els quals s'utilitza entre un 30% i un 50% de la força de l'individu que el realitza.
 - Exercicis de duració: la força que exerceix l'individu en realitzar l'exercici, és mínima.

 - Finalment, es poden classificar tenint en compte els costos funcionals. D'aquesta manera, se'n diferencien dos grans grups:
 - Variables: en aquests exercicis no es pot dir quin és el gast energètic, perquè depèn de molts factors, ja que el moviment no es uniforme, sinó que pot variar. (ex: jocs esportius, jocs de combat...)

 - Invariables: l'estructura dels moviments és sempre igual, no hi ha res imprevist i tot està perfectament ordenat.

En els exercicis invariables, es pot predir el desgast energètic realitzat, per tant, es poden subdividir en: (Taula 1)



Taula 1. Classificació dels esports segons els costos funcionals.

EXERCICI FÍSIC	MET	VO ₂	FC	VMR	T°	LACT.
REPÒS	1	0,25	70	8	37	10-20
LLEUGER	6	1,5	120	35	37,5	20
MITJÀ	8	2	140	50	38	20-30
PESAT	10	2,5	160	60	38	40
MOLT PESAT	12	3,6	180	80	39	50-60
AGOTADOR	12	3	180	120	39	60

MET → (Metabolic Equivalent of Task), que fa referència al consum d'oxigen en ml/min per kg de pes.

VO₂ → Volum de consum d'oxigen

FC → Freqüència cardíaca.

VMR → (Volum Mínim Respiratori), és la quantitat d'aire que entra i surt de l'aparell respiratori.

T° → Temperatura en °C.

Lact → Producció de lactat.

Font: Adaptació d'una taula pertanyent a la classificació dels esports de la facultat de medicina de la UNNE.

2.2. Fases de l'exercici físic

Quan es realitza qualsevol exercici físic, segons la facultat de medicina de la UNNE, hi són presents les següents fases:

- 1- Fase d'entrada
- 2- Fase d'estabilització
- 3- Fase de fatiga
- 4- Fase de recuperació



Al començament d'un exercici físic, **hi ha una fase d'entrada**, en què té lloc el pas de la inactivitat o repòs, a l'activitat. No totes les funcions mecàniques del cos comencen simultàniament, com per exemple la pressió arterial, el volum d'oxigen transportat, la freqüència cardíaca... Aquesta etapa és majoritàriament anaeròbica, ja que hi ha un mal ajust entre l'oferta i la demanda d'oxigen. (ajust circulatori inadequat)

Després de la fase d'entrada, es produeix un 'punt mort', en què la capacitat de treball disminueix considerablement. Quan l'individu es troba en el punt mort (que té lloc en els primers minuts de l'activitat) la càrrega sembla esgotadora. Sovint s'experimenta dispnea¹, i per tant, es té una sensació de falta d'aire. Els factors que provoquen aquesta dificultat en el punt mort són l'acumulació de metabòlits en els músculs activats i a la sang, perquè possiblement, el transport d'oxigen és insuficient.

Seguidament, la dificultat cedeix, i apareix l'anomenat: segon alè. En aquest instant, és quan comença la **fase d'estabilització**. En aquesta fase d'estabilització o d'estat estable hi predomina l'activitat aeròbica, el cos va realitzant respiració cel·lular aeròbica, i sintetitzant ATP² per a la contracció muscular. Si es segueix realitzant activitat física i s'allarga molt aquesta fase d'estabilització o equilibri, es produeix la fatiga, degut a l'esgotament de les reserves de fosfocreatina³, glicogen⁴ muscular i es produeix l'acumulació d'àcid làctic.

Si s'allarga molta estona l'activitat física, o hi ha una intensitat de la càrrega molt alta, segurament, el cos entrarà en una **fase de fatiga**. En aquesta etapa, el cos experimentarà una sensació de cansament i dolor a certs punts

¹ Patologia consistent en la dificultat respiratòria o falta d'aire

² Trifosfat d'adenosina. És el nucleòtid de transferència energètica per excel·lència, ja que transporta energia química a l'interior de la cèl·lula pel metabolisme.

³ Molècula que emmagatzema energia al múscul esquelètic. S'utilitza per generar, de manera anaeròbica, ATP per realitzar exercicis molt intensos.

⁴ Polisacàrid de reserva energètica en els animals, format per llargues cadenes de glucosa que es troba principalment al fetge.



musculars, que impossibilitaran o dificultaran mantenir el mateix nivell esportiu o el rendiment esperat.

Finalment, un cop acabada l'activitat física, el cos entra en una **fase de recuperació**, on es va disminuint paulatinament la captació d'oxigen. Ràpidament, es torna a sintetitzar l'ATP, la fosfocreatina gastats, i es comença a saturar la mioglobina⁵ muscular. També, hi ha una recuperació més lenta, que consisteix en la resíntesis del glicogen consumit. Hi ha un augment d'insulina i glucagó en sang, per això la captació de glucosa del múscul, és 3 o 4 vegades major que abans de començar l'exercici físic.

2.3. Tipus d'adaptacions a l'esport

Durant l'exercici físic es produeixen una sèrie de modificacions i adaptacions en el nostre organisme, que permeten posar tots els sistemes i aparells a punt, per poder realitzar alguna activitat, amb més desgast energètic que en estat de repòs. Aquestes adaptacions es produeixen en el cos per suportar l'esforç físic i alleujar les situacions de fatiga.

- 1- Adaptacions circulatòries
- 2- Adaptacions cardíaques
- 3- Adaptacions respiratòries
- 4- Adaptacions en sang
- 5- Adaptacions en el medi intern
- 6- Adaptacions metabòliques

2.3.1. Adaptacions circulatòries

Durant l'exercici físic, els músculs que es contrauen necessiten més quantitat d'oxigen, per obtenir l'energia necessària per seguir realitzant l'activitat. Aquest requeriment d'oxigen, és satisfet per l'augment de l'aportació sanguínia als músculs, degut a que el cor bombeja més sang per minut, i

⁵ Proteïna que emmagatzema oxigen al múscul, molt abundant en mamífers aquàtics.



perquè existeixen una sèrie d'adaptacions circulatòries que desvien gran part del torrent sanguini dels teixits menys actius, als músculs més actius durant l'activitat física.

- Pressió sanguínia

Un dels ajustos més importants durant l'activitat física és l'augment de la pressió arterial, fet que també facilita augmentar el flux sanguini a través dels músculs. L'augment del volum sistòlic ⁶del cor fa que propulsi més volum de sang cap a l'artèria aorta durant la contracció del cor. Llavors, la distensió de les artèries ha d'augmentar, per poder rebre la major massa de sang provinent del cor. D'aquesta manera, s'aconsegueix fer arribar més quantitat de sang, i consegüentment més oxigen als músculs actius, i poden seguir tenint un bon rendiment.

- Control del flux sanguini dels òrgans

Durant l'exercici físic, els músculs tenen més necessitats metabòliques, i per tant, necessiten que els arribi més sang. Per fer possible aquesta regulació del flux sanguini que arriba a alguns teixits durant l'activitat física, hi ha dos processos:

La vasodilatació ⁷ de les arterioles en els teixits més actius i la vasoconstricció ⁸compensatòria en teixits menys actius (com per exemple la pell).

El cor i el cervell, en canvi, són òrgans de vital importància que necessiten en tot moment una gran provisió de sang, i per tant, no participen en els processos de vasoconstricció compensatòria durant l'exercici físic.

⁶ Quantitat de sang propulsada pel ventricle esquerre durant una contracció.

⁷ Capacitat que tenen els vasos sanguinis de dilatar-se davant estímuls químics, amb la finalitat d'augmentar el flux sanguini i disminuir la pressió arterial.

⁸ Estrenyiment d'un vas sanguini que es manifesta amb una disminució del seu volum i de la seva estructura, amb la finalitat de disminuir el flux sanguini i augmentar la pressió arterial. És el procés contrari a la vasodilatació.



En estat de repòs, els vasos sanguinis dels músculs estan majoritàriament en vasoconstricció. Els processos per dilatar els vasos sanguinis dels músculs són generalment de dos tipus:

- Factors mecànics → compressions produïdes pels músculs en contracció
- Factors químics → diferents modificacions químiques locals que actuen de forma directa provocant la vasodilatació dels vasos sanguinis musculars. Alguns d'aquests agents modificadors són:
 - Falta de O_2 .
 - Augment de concentració de CO_2 i àcid làctic.
 - Alliberació de potassi intracel·lular.
 - Compostos d'adenina provinents de la desintegració de l'ATP.

En resum, quan el múscul està inactiu, les arterioles estan contraïdes, hi ha poca concentració de metabòlits i de CO_2 en el líquid intersticial i la demanda d'oxigen és baixa. Quan els músculs s'activen degut a que l'organisme comença a realitzar activitat física, la producció d'ATP dels mitocondris allibera molt CO_2 , i per tant n'augmenta la concentració en sang, així com també augmenta la concentració d'àcid carbònic (H_2CO_3). També, la producció anaeròbica d'ATP fa que es generi àcid làctic en la cèl·lula, (que surt a través de la membrana). La major concentració d'àcid làctic, i d'àcid carbònic provoca que hi hagi més H^+ lliures en el medi extracel·lular, i per tant, en disminueix el pH. També, la hidròlisi de l'ATP que s'ha dut a terme per obtenir energia, augmenta la concentració d'adenosina (nucleòtids d'adenina) en l'espai extracel·lular.

Tots aquests canvis són els factors que provoquen la vasodilatació de les arterioles dels músculs actius, que permeten satisfer les grans demandes metabòliques que tenen les cèl·lules musculars durant l'activitat física i, d'aquesta manera, es permet que l'individu pugui continuar realitzant esforç.



2.3.2. Adaptacions cardíaques

En els moments de repòs, els músculs emmagatzemen substàncies nutritives suficients com per iniciar l'exercici físic, i mantenir-lo, fins que s'acabin aquestes reserves, però no tenen capacitat d'emmagatzemar O_2 , i per tant, les necessitats de O_2 , han de ser satisfetes de les següents maneres:

- Augmentant el flux sanguini dels músculs actius - Desviant sang des de les zones menys actives.
- Augmentant el volum de sang bombejat pel cor per minut.
- Incrementant l'extracció de O_2 , de la sang.

Es considera que la resposta adaptativa més important és l'augment del volum de sang bombejat per minut (gràcies a un augment de volum sistòlic que es produeix a llarg termini, o a un augment immediat de la freqüència cardíaca), que és un dels factors que estableixen diferències de capacitat esportiva entre les persones.

El cor, participa de manera molt activa en la majoria d'aquests processos esmentats anteriorment, i per tant, té una funció de vital importància en el bon desenvolupament i adaptació a l'activitat física.

Les següents adaptacions cardíaques durant l'exercici físic, permeten satisfer les necessitats afegides de l'organisme durant aquests moments d'esforç:

Volum de sang bombejada per minut (VM)

El VM de persones en repòs, varia amb la postura. Quan estem drets, el VM sol ser de al voltant de 1-2 l/min lleugerament més baix que quan estem estirats que sol ser de 4-6 l/min. Aquest fet és degut a que quan estem drets, la influència de la gravetat disminueix, i el cor té més fàcil per fer arribar la sang a les diferents extremitats.

Durant l'exercici, augmenta de manera molt clara el VM, perquè les necessitats metabòliques són majors que en estat de repòs. Els esportistes



entrenats poden arribar a tenir un VM de més de 30l/min, mentre que en els no entrenats sol ser de 20l/min. Aquest augment de VM, és degut a l'augment del volum sistòlic, i l'augment de la freqüència cardíaca. El major increment en esportistes, passa per la capacitat de poder augmentar al màxim el volum sistòlic, ja que la freqüència cardíaca màxima, en exercicis extenuants, sol ser la mateixa per esportistes i no esportistes.

Regulació del Volum Sistòlic

Durant l'exercici, tenir un Volum sistòlic més gran podria ser causa d'omplir més completament el ventricle, o bé de buidar-lo completament, durant la contracció.

Es coneix, (Facultat de medicina de la UNNE) que el major volum sistòlic no es fruit d'omplir més el ventricle, sinó d'un buidatge més complet.

Per obtenir un major volum sistòlic, és necessari aconseguir un buidatge més complet del cor durant la contracció, això requereix un increment de la força de contracció del cor (anomenat efecte inotrópic positiu) que depèn dels impulsos nerviosos acceleradors del sistema simpàtic.

Amb la pràctica d'exercici físic periòdicament, a llarg termini, s'aconsegueix augmentar la força de contracció del cor, augmentar el volum sistòlic, i conseqüentment ser més resistents a la pràctica d'exercici físic retardant la sensació de fatiga. (Taula 2)

Taula 2. Influència de l'entrenament a l'esport en el volum sistòlic.

		Repòs	Exercici màxim
PERSONA NO ENTRENADA	Decúbit dorsal (panxa enlaire)	100mL	125mL
	Posició erecte (dret)	60-70mL	125mL



PERSONA MOLT ENTRENADA	Decúbit dorsal (panxa enlaire)	140-150mL	200mL
	Posició erecte (dret)	110-100mL	200mL

Font: Adaptació d'una taula pertanyent a l'anàlisi del volum sistòlic a càrrec de la UNNE.

Freqüència cardíaca

La freqüència cardíaca normal oscil·la entre 60 i 100 batecs per minut. És de 5 a 10 batecs major en dones que en homes. La freqüència cardíaca mitjana en repòs en homes és de **78**, mentre que la mitjana de les dones és de **84**. La freqüència cardíaca sol ser més baixa en individus que estan entrenats a l'esport que no pas en persones sedentàries.

Quan es passa d'estar en decúbit, a la posició erecte (quan ens aixequem) hi ha un lleuger increment de la freqüència cardíaca. Aquest fet és degut a que quan ens aixequem, hi ha una disminució del volum sistòlic, i el cor ha de batejar més vegades per minut, per bombejar la mateixa sang que en decúbit.

Durant l'exercici, hi ha un augment evident de la freqüència cardíaca, depenent en gran mesura de l'aptitud física del subjecte, la durada i la intensitat de l'exercici, però també de factors com del contingut emocional, la temperatura i la humitat de l'ambient.

La freqüència cardíaca màxima podria arribar a ser de 220 batecs/minut, amb el valor més alt als 10 anys d'edat. Llavors, la freqüència cardíaca màxima mitjana, descendeix un batec/min. cada any, donant lloc a un mètode per estimar la freqüència cardíaca màxima segons l'edat:

FC màx.= 220-Edat del subjecte

L'acceleració cardíaca comença a l'iniciar l'exercici, o fins i tot podria començar abans, amb la posada en tensió dels músculs, per acció del cervell.



Seguidament, va augmentant de manera gradual, fins al màxim nivell que pot aparèixer al cap de 4 o 5 min (tot i que pot ser molt variable).

La freqüència cardíaca màxima en la fase estable de l'exercici, té una relació molt estreta amb la quantitat de treball realitzat.

El tipus d'exercici influeix molt sobre l'increment d'aquesta variable, ja que té una major acceleració en exercicis de velocitat, comparat amb exercicis de força.

El temps requerit perquè la freqüència cardíaca es torni a estabilitzar en valors normals, depèn de la intensitat del treball, la duració, i la condició física del subjecte.

Els factors fisiològics que fan que es retardi la recuperació després de l'exercici, són la persistència de factors que augmenten la freqüència cardíaca, com per exemple l'augment de la temperatura corporal i la concentració d'àcid làctic en sang.

Regulació de la Freqüència cardíaca

La freqüència cardíaca es regula mitjançant fenòmens químics i nerviosos. L'impuls que excita el cor, és originat al nòdul sinusal⁹. El sistema nerviós té un paper molt important en la regulació de l'activitat del nòdul sinusal, i per tant, de la freqüència cardíaca.

El nòdul sinusal, té innervació ¹⁰de dos tipus:

- nervi vague, que disminueix la freqüència cardíaca.
- Nervis acceleradors o simpàtics, que augmenten la freqüència cardíaca.

⁹ Una de les estructures que componen el sistema de conducció elèctrica del cor. És on s'origina l'impuls elèctric que dona origen al batec cardíac.

¹⁰ Conjunt d'accions que exerceixen els nervis sobre els diferents òrgans, en aquest cas, sobre el cor.



En repòs, hi ha una acció constant del nervi vague, anomenada to vagal, que actua de fre de la freqüència cardíaca. Durant l'exercici, l'augment de la freqüència cardíaca és degut a una disminució de l'acció inhibidora del nervi vague.

En exercicis extenuants, l'increment de l'estimulació simpàtica agafa importància, mentre que en estat de repòs, o exercicis lleugers, la seva influència és poc significativa.

Factors addicionals com per exemple l'augment de la temperatura corporal, o la secreció d'adrenalina, també tenen una acció directa sobre el cor, augmentant-ne la freqüència cardíaca.

Finalment, també és influenciada pel cervell, ja que, quan ens trobem a punt de realitzar un exercici físic, el cervell provoca un augment de la freqüència cardíaca, de cara a començar a secretar grans quantitats de sang als músculs, que tindran molt desgast metabòlic durant l'esforç.

2.3.3. Adaptacions respiratòries

Consum de O₂

El consum normal d' O₂ d'un home adult en repòs és de 250ml/min. En condicions d'exercici màxim, aquest valor pot arribar a 3600 – 4000 ml/min en una persona no entrenada, i en una persona molt entrenada i habituada a l'exercici físic (per exemple un corredor de maratons masculí) aquest valor pot arribar a 5100ml/min.

La capacitat respiratòria màxima és el 50% més gran que la ventilació pulmonar que es té durant un exercici màxim. Això és degut a un element de seguretat natural, perquè l'organisme cedeixi ventilació addicional en casos d'exercicis a grans altures, ambients molt càlids, o anomalies en el sistema respiratori.



Efecte de l'entrenament sobre el VO₂ (Volum d'oxigen) màxim

El VO₂ és la quantitat màxima d'oxigen que un organisme pot metabolitzar per unitat de temps. És el volum màxim d'oxigen en sang que el cos podrà absorbir, transportar i consumir. Tenir un VO₂ màxim més gran, aporta clars avantatges de caràcter esportiu, ja que com més quantitat d'oxigen es pugui metabolitzar més es tardarà a arribar a la zona anaeròbica i a prolongar les conseqüències que l'acompanyen, principalment, la fatiga.

Amb períodes d'entrenament a l'esport d'entre 2 i 3 mesos, augmenta el 10% el VO₂ màxim. Els corredors de maratons, presenten un VO₂ màxim, un 45% superior a les persones no entrenades, però en part, aquest valor tan superior correspon a una determinació genètica, persones que tenen un major tamany toràcic i músculs respiratoris més forts.

Capacitat de difusió d'oxigen

Quan es realitza esport, s'incrementa al triple la capacitat de difusió d'oxigen (64mL/min) respecte l'estat de repòs (23mL/min).

Això és degut a què en repòs, el flux sanguini a través dels capil·lars dels pulmons és molt lent o nul, mentre que en l'exercici, l'increment del flux sanguini als pulmons fa que tots els capil·lars es trobin dilatats al màxim, fet que permet tenir una major superfície on l'oxigen es pot difondre.

2.3.4. Adaptacions en sang

Les adaptacions que es produeixen en les cèl·lules sanguínies durant la realització d'exercici físic, no són gaire rellevants pel que fa a determinar els límits de la nostra capacitat esportiva, però sí que cal fer referència a algunes modificacions, que apareixen en aquestes circumstàncies d'esforç:

- La concentració d'eritròcits (glòbuls vermells) augmenta pronunciadament durant els primers moments de l'activitat, com a



conseqüència de la transferència de líquid sanguini als músculs més actius.

- Un esforç extenuant, pot causar la destrucció de bastants glòbuls vermells, com a conseqüència de compressions capil·lars per la contracció muscular i l'augment de velocitat del flux sanguini. Aquest fet s'accentua molt en persones sedentàries, que practiquen de forma molt esporàdica esport.
- L'exercici de qualsevol naturalesa, augmenta la quantitat de leucòcits (glòbuls blancs). Aquest augment es produeix molt ràpidament i s'han registrat xifres de $35.000/\text{mm}^3$ quan els valors en repòs oscil·len entre $5.000/\text{mm}^3$ i $10.000/\text{mm}^3$. L'explicació més raonable d'aquest fet, és que gran part de les cèl·lules sanguínies que durant el repòs es mantenen adherides a les parets dels vasos sanguinis, són arrossegades a la circulació degut a l'augment de volum i velocitat del flux sanguini.
- L'exercici físic accentua la coagulació de la sang. Immediatament just després de realitzar exercici físic, s'escurça el temps de coagulació de la sang, fins a restablir-se en valors normals al cap de poques hores.

2.3.5. Adaptacions del medi intern

L'aigua corporal total del cos està determinada per un equilibri entre l'entrada d'aigua (la dels aliments, i la produïda durant el metabolisme) i la pèrdua d'aquesta, a través de l'orina i la suor. Tot i així, els dos factors més importants de regulació de l'aigua corporal total, són:

- La ingestió voluntària d'aigua, controlada per la sensació de set.
- Excreció d'orina, controlada per l'hormona ADH¹¹.

¹¹ L'hormona antidiürètica és una hormona que, estimulants la reabsorció d'aigua, fa que els ronyons conservin aigua mitjançant la concentració d'orina i la reducció del seu volum. La seva funció, per tant, es la regulació de fluids del cos.



Alteració de l'equilibri de fluids durant l'activitat física

En la realització d'esport, sovint s'experimenta una deshidratació, provocada per la transpiració (obertura dels porus de la pell i sortida d'aigua per a refrigerar el cos), l'expiració d'aire humit i per la dificultat de la reposició d'aigua durant l'exercici.

Durant l'activitat intensa, especialment en un clima càlid, la pèrdua d'aigua pot arribar a valors molt grans, fins a un 8% del pes inicial. Això provoca un descens en el rendiment, que es manifesta per l'augment de la temperatura rectal, de la freqüència cardíaca i de l'esgotament precoç.

Funció renal durant l'exercici físic

El flux sanguini renal sol ser menor durant l'activitat física, la magnitud d'aquesta disminució es relaciona amb la intensitat de l'exercici i el grau d'esgotament produït.

Durant l'exercici, l'excreció renal d'aigua disminueix, ja que és regulada per la hormona ADH, que capta estímuls com per exemple l'estrès produït per l'esport, i a continuació, la pèrdua d'aigua del cos per transpiració.

Com a conseqüència, hi ha una disminució de la velocitat de formació de l'orina, degut als següents factors:

- Disminució del filtrat glomerular per la reducció del flux sanguini renal.
- Augment de la reabsorció tubular del líquid filtrat, per a la major secreció d'ADH.

A més de la conservació d'aigua corporal, els ronyons tenen una altra funció molt important:

Eliminen l'àcid del cos (àcid làctic i àcid pirúvic) produïts per l'exercici físic molt intens. Aquest fet, es demostra **mesurant el pH de la orina, que s'acidifica de manera significativa durant l'exercici físic, i després d'aquest.**



2.3.6. Adaptacions metabòliques

Metabolisme muscular

Durant l'exercici físic, s'utilitza energia per poder contraure els músculs contínuament. Aquesta energia, s'obté de la hidròlisi de l'ATP. Per tant, de cara a realitzar un exercici físic, és necessari tenir grans quantitats d'ATP.

Durant l'esport, es consumeix entre 100 i 1000 vegades més ATP que en estat de repòs, i per tant, s'esgotaria molt ràpidament, si no hi haguessin mecanismes molt eficaços per a la regeneració d'ATP de manera constant. Hi ha diverses fonts per obtenir aquesta biomolècula en els humans:

- a) Conversió de fosfocreatina a ATP
- b) Generació d'ATP mitjançant fermentació làctica
- c) Generació d'ATP mitjançant la respiració aeròbica

Al principi d'un exercici físic, si es comença de manera intensa, les cèl·lules no disposen de suficient ATP per satisfer el desgast energètic que aquest exercici suposa, i conseqüentment, es produeixen els processos esmentats anteriorment (a,b i c) per tal d'obtenir grans quantitats d'ATP.

Recuperació posterior a l'exercici

La recuperació després de l'exercici, és un fenomen purament biològic. El que passa als nostres teixits, un cop hem acabat de realitzar exercici físic, és el següent:

Metabolisme de la glucosa

Com hem vist, per realitzar un exercici físic de llarga durada, es consumeixen grans quantitats de glucosa en sang, així com també molt glicogen emmagatzemat als músculs i al fetge. Per tal de recuperar-nos, i poder realitzar més esforços, cal tornar a disposar de reserves de glicogen. La



insulina¹² es manté en nivells molt alts, per tal de que la glucosa entri al teixit muscular i hepàtic, i el fetge no n'alliberi més. Aquesta glucosa que penetra en el teixit muscular i hepàtic, s'unirà per formar glicogen. D'aquest procés de formació de glicogen, estimulat degut als grans nivells d'insulina després de realitzar esport, s'anomena **glicogenogènesis**.

També, hi ha alts nivells de glucagó¹³, que provoquen l'entrada de substrats no carbohidrats, (com per exemple: el piruvat¹⁴ o l'àcid làctic¹⁴) al fetge, i posteriorment, aquest els transforma en glucosa.

Aquest procés, que pot ser estimulat pel glucagó, s'anomena **gluconeogènesis**

2.4. Efectes de l'entrenament en l'exercici físic

L'entrenament a l'esport, comprèn el perfeccionament de l'habilitat, la força i la resistència. Per a l'interès del treball, ens centrarem amb la resistència.

L'entrenament de resistència augmenta la capacitat aeròbica màxima. Aquest fet, condiciona altres variables de capacitat esportiva molt importants, com per exemple el VM (volum de sang bombejada pel cor per minut), i la diferència de O₂ arterio-venosa¹⁵.

¹² Hormona de caràcter proteic que fa que les cèl·lules del fetge, dels músculs i del teixit adipós captin la glucosa de la sang, que aquesta sigui emmagatzemada en forma de glicogen al fetge i als músculs, i que s'aturi l'ús de greix com a font d'energia. Estimula la glicogenogènesis.

¹³ Hormona de caràcter proteic que eleva el nivell de glucosa en sang, el contrari de la insulina, que l'abaixa. Fa penetrar substrats no carbohidrats al fetge per sintetitzar glucosa, i per tant, estimula la gluconeogènesis (formació de glucosa a partir de substrats no carbohidrats) ¹⁴ Àcid orgànic amb múltiples funcions biològiques, principalment que pot ser transformat en glucosa en la gluconeogènesis. Aporta energia a les cèl·lules quan hi ha presència de oxigen, en canvi fermenta per produir **àcid làctic** en un medi anaeròbic.

¹⁴ Àcid orgànic que apareix en la fermentació làctica, és a dir en l'obtenció d'energia per les cèl·lules musculars durant un exercici molt intens, que és anaeròbic.

¹⁵ La diferència arterio-venosa, és la quantitat d'oxigen que es pot extreure de les artèries, per a poder metabolitzar-lo. Com més gran sigui, més disponibilitat aeròbica tindran les cèl·lules dels músculs més actius.



També, l'entrenament de resistència augmenta les dimensions i número de mitocondris per gram de múscul, el nivell de activitat enzimàtica mitocondrial per gram de proteïna mitocondrial, la capacitat del múscul de oxidar les grasses, hidrats de carboni i cetones, així com també la capacitat de generar ATP. En definitiva, el resultat final de tots aquests canvis, és un augment de la capacitat d'extracció i metabolització de l'oxigen que transporten les artèries (major capacitat aeròbica), i degut a aquesta major capacitat aeròbica, la disminució de la producció d'àcid làctic a qualsevol càrrega de treball donada. Aquesta reducció de producció d'àcid làctic, reduirà els indicis de fatiga en l'organisme, i es podrà seguir realitzant esforç amb el mateix rendiment.

A nivell cardiovascular, l'efecte de l'entrenament es caracteritza per una disminució de la freqüència cardíaca i de la pressió arterial, i per un augment del volum sistòlic del cor per a una càrrega de treball determinada. (Taula 3)

Taula 3. Efecte de l'entrenament sobre els òrgans i les seves funcions

Efecte de l'entrenament sobre els òrgans i les seves funcions		
	ÒRGAN O FUNCIÓ	EFFECTE
Òrgans locomotors	Força dels ossos i lligaments	Increment
	Amplada dels cartílags de les articulacions	Increment
	Massa muscular	Increment
	Número de cèl·lules musculars	Sense efecte
	Força muscular	Increment
	Quantitat de ATP i fosfocreatina muscular	Increment
	Activitat enzimàtica anaeròbica al múscul	Increment
	Activitat de enzims oxidatius al múscul	Increment
	Quantitat de mioglobina al múscul	Increment
	Densitat de capil·lars al múscul	Increment



Circulació	Volum cardíac	Increment
	Pes del cor	Increment
	Densitat de capil·lars al cor	Increment
	Volum sanguini i hemoglobina total	Increment
Flux cardíac	En estat de repòs	Sense efecte
	Exercici màxim	Increment
Freqüència cardíaca	En estat de repòs	Descens
	Exercici moderat	Descens
	En exercici màxim	Descens
Volum Sistòlic	En repòs	Increment
	Exercici moderat	Increment
	En exercici màxim	Increment
Extracció de oxigen	En repòs	Sense efecte
	En exercici màxim	Increment
Concentració de àcid làctic	En repòs	Sense efecte
	Exercici moderat	Descens
Flux sanguini al múscul	Exercici moderat	Descens
	Exercici màxim	Increment
Ventilació pulmonar	En repòs	Sense efecte
	Exercici moderat	Descens
	En exercici màxim	Increment
Capacitat de difusió	En repòs	Sense efecte
	Exercici moderat	Sense efecte
	En exercici màxim	Increment

Font: Adaptació d'una taula de la facultat de medicina de la UNNE, a càrrec del Dr. Guillermo Firman.

2.5. Metabolisme energètic durant l'exercici físic

El moviment del cos humà, s'inicia a partir d'una contracció muscular. Per poder contraure's, el múscul transforma energia química, que prové dels aliments, en energia mecànica i en calor, amb una gran eficiència energètica. El moviment, per tant, és un procés que requereix energia. L'energia que utilitza el múscul per funcionar és sempre la mateixa, però



s'obté de diferents formes, tal com veurem a l'apartat de les rutes metabòliques

El cos humà, requereix energia per poder moure's gràcies a les contraccions musculars, però, a més, és necessària una aportació energètica continua per mantenir les funcions vitals de l'organisme (respiració, circulació sanguínia.. i en general, el funcionament de tots i cadascun dels òrgans i sistemes). Per establir aquestes necessitats energètiques del nostre organisme, s'utilitza el terme Metabolisme Total que inclou tant les necessitats energètiques pel manteniment de les funcions vitals (metabolisme basal) com les necessitats energètiques per moure'ns, ja sigui per activitats quotidianes, o activitats específiques de caràcter esportiu.

Metabolisme Total= metabolisme basal + E. Activitats quotidianes + E. Activitats esportives.

La unitat de mesura de l'energia que s'utilitza habitualment en processos metabòlics de l'organisme, és la calorïa.

Una calorïa és l'energia necessària per augmentar la temperatura d'1 gram d'aigua de 14,5°C a 15,5°C.

Per fer-se una idea, les necessitats energètiques de joves entre 15 i 17 anys de vida activa però NO esportiva, es troben de forma general en 2.150cal/dia en noies, i 2.900cal/dia en nois. Realitzant activitat física específica es consumeix una quantitat raonable de calorïes, per exemple si practiquem tennis durant 90 minuts, la despesa energètica seria de 550 calorïes, i si caminem durant 90 minuts, seria de 270 calorïes.

2.5.1 ATP, estructura i funció

Perquè es dugui a terme qualsevol treball biològic, les cèl·lules requereixen energia. Aquesta energia, s'obté de la degradació d'un compost anomenat Adenosina Trifosfat (Figura 2), que es transforma en Adenosina difosfat,



alliberant un fosfat, i energia útil (Figura 4). Com que tota l'energia s'obté de l'ATP, tots els aliments ingerits s'han de degradar en diferents reaccions bioquímiques per sintetitzar finalment molècules d'ATP.

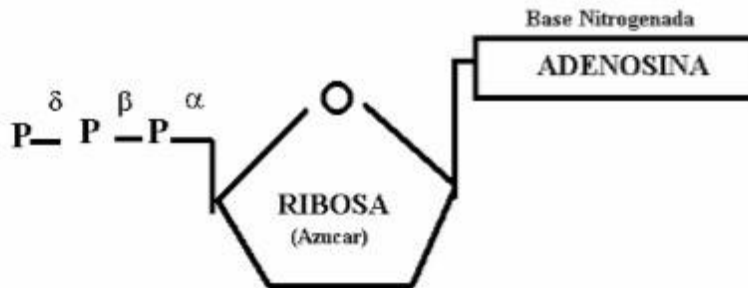


Figura 2. Estructura d'una molècula d'ATP.

Es tracta de un compost químic en el qual hi ha lligat tres components: base nitrogenada d'adenina,

- Base nitrogenada → Adenina
- Monosacàrid de 5 àtoms de carboni → Ribosa

3 molècules d'Àcid Fosfòric

Quan la cèl·lula necessita energia l'ATP es lisa pel seu enllaç δ alliberant energia i transformant-se en ADP. La quantitat de energia que allibera és molt petita i s'exhaureix ràpidament. Per això, la cèl·lula realitza el procés invers, transforma l'ADP + P en ATP, utilitzant l'energia que s'obté de la degradació dels nutrients. (Figura 3)

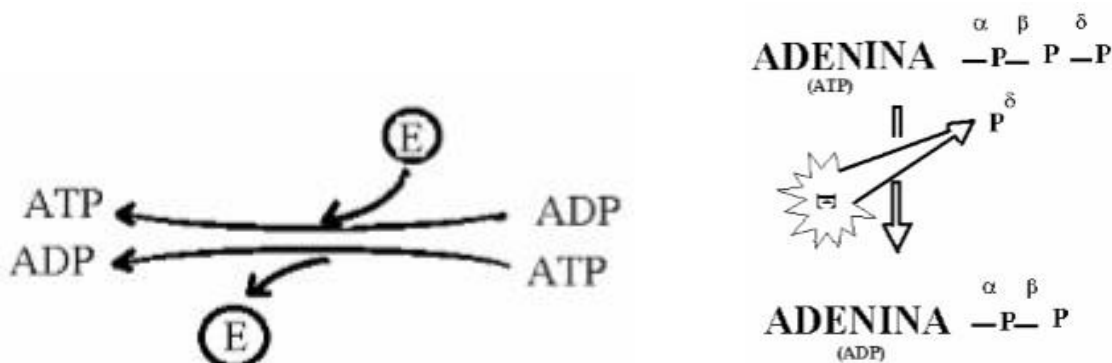




Figura 3. Síntesi de ATP a partir de Figura 4. Procés de trencament de ADP, i el seu procés invers. l'enllaç δ de la molècula d'ATP.

2.6.Rutes metabòliques

L'organisme té tres vies per produir l'energia necessària per formar ATP, dues que no necessiten oxigen (o vies anaeròbiques), i una altra que requereix presència d'oxigen (o via aeròbica).

Una de les vies anaeròbiques no produeix àcid làctic, és la via alàctica, sistema fosfagen o via de la fosfocreatina.

Una altra sí que produeix àcid làctic: és la fermentació làctica.

Finalment, la via aeròbica és la respiració cel·lular aeròbica.

2.6.1. Sistema fosfagen o via de la fosfocreatina

La fosfocreatina és una substància química que s'emmagatzema a les cèl·lules musculars. Aquest sistema permet alliberar energia amb una gran rapidesa, i és l'utilitzat pel començament d'un esforç, o per mantenir aquest esforç a la màxima intensitat durant uns 10 o 15 segons. Després d'aquest temps, aquest sistema esgota la seva capacitat de produir energia, i s'ha d'esperar que es restauri.

La fosfocreatina, es desdobla en una molècula de creatina i una altra de fosfat inorgànic alliberant energia, la qual serà utilitzada per sintetitzar ATP.(Figura 5)

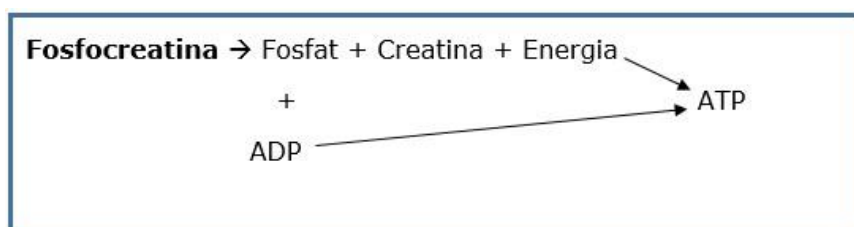


Figura 5. Obtenció d'ATP a partir de la fosfocreatina.



Font: Tesis Doctoral: 'Repercusiones renales del ejercicio físico intenso' a càrrec de Antonio López, universitat de medicina Màlaga, 1997.

2.6.2. Fermentació Làctica

Aquesta via metabòlica consisteix en la degradació de glucosa per produir energia per la resíntesis de l'ATP. Tal com indica el seu nom, es realitza en absència d'oxigen. Quan la glucosa es degrada sense presència d'oxigen, es produeix **àcid làctic**, el qual en acumular-se en sang i teixits produeix fatiga, que pot impedir el manteniment de l'esforç durant més temps.

La disponibilitat energètica d'aquest sistema és ràpida, tot i així menor que el sistema explicat anteriorment, però en canvi, produeix més energia. (per cada 180 grams de glicogen, es poden resintetitzar 3 mols de ATP). (Figura 6)

Amb la fermentació làctica l'organisme obté energia suficient per realitzar esforços d'intensitat elevada que duren entre 30 segons i 2 minuts.

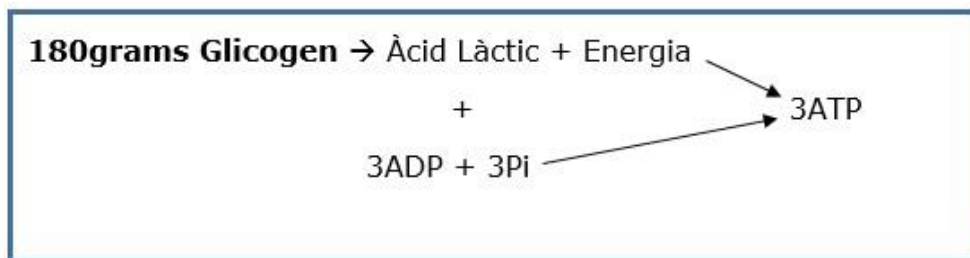


Figura 6. Obtenció d'ATP mitjançant la fermentació làctica, a partir de la degradació de 180gr de glicogen.

Font: Tesis Doctoral: 'Repercusiones renales del ejercicio físico intenso' a càrrec de Antonio López, universitat de medicina de Màlaga, 1997.

2.6.3. Respiració aeròbica

La respiració aeròbica o fosforilació oxidativa és la via metabòlica en què el glicogen (o la seva unitat elemental, la glucosa) es desdobla en altres compostos més senzills, donant com a resultat final la producció de: aigua, diòxid de carboni, i energia suficient per formar 39 mols de ATP, però en presència d'oxigen suficient. Aquesta ruta metabòlica, produeix més energia que les dues anteriors.



complementaris (Taula 4). Aquests processos no es poden estudiar de manera aïllada, ja que la participació d'un sempre està associada al nivell d'activitat dels altres. La importància de cada un d'ells, depèn de la intensitat i la duració de l'exercici.

Per un exercici màxim de molt poca duració (segons) , l'organisme disposa de el sistema fosfagen, que es el que produeix ATP més ràpidament. Si l'exercici intens perdura, s'utilitzarà la fermentació làctica o la respiració cel·lular aeròbica segons el volum d'oxigen màxim de l'individu (que depèn del grau d'entrenament a l'activitat física). Per tant, en un individu que tingui un volum d'oxigen màxim més petit, més ràpidament tindrà insuficiència d'oxigen, conseqüentment haurà d'obtenir l'energia en condicions anaeròbiques (fermentació làctica) i això farà que produeixi grans quantitats d'àcid làctic.

Taula 4. Sistema principal d'aportació energètica en funció de la duració de l'activitat física intensa.

DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD FÍSICA INTENSA	SISTEMA PRINCIPAL DE APORTE ENERGÉTICO
Hasta 15 segundos	Sistema fosfàgeno
De 15 a 30 segundos	Sistema fosfàgeno + glucolisis anaeròbica
De 30 segundos a 2 minutos	Glucolisis anaeròbica
De 2 a 3 minutos	Glucolisis anaeròbica + fosforilación oxidativa
De 3 a 30 minutos	Fosforilación oxidativa (glucògeno)
Más de 30 minutos	Fosforilación oxidativa (ácidos grasos)

Font: Taula que apareix en la tesis Doctoral: 'Repercusiones renales del ejercicio físico intenso' a càrrec de Antonio López, universitat de màlaga, 1997.

Independentment del tipus d'esforç realitzat, els tres sistemes energètics contribueixen a la producció d'energia necessària pel treball muscular, no obstant, no actuen per igual.



Unes activitats impliquen major contribució del sistema aeròbic (esforços de tipus aeròbic) mentre que d'altres requereixen una major contribució dels sistemes anaeròbics (esforços de tipus anaeròbic) (Taula 5).

Taula 5. Àrees d'exercici segons el sistema d'aportació energètic.

AREA	SISTEMA DE APORTE E.	FRECUENCIA CARDIACA	INTENSIDAD	DURACION	ACIDOSIS ac. Lactico	EJEMPLOS
1	ATP-PC	_____	95-100 %	HASTA 30 SEG.	_____	C. VELOCIDAD. 60, 100 M. SALTOS Y LANZAMIENTOS.
2	ATP-PC ANAROBICA LACTICA	MAXIMA	85-95 %	DE 30 SEG. A 1 MIN 30 SEG.	MAX.	C. 200 Y 400 M. NATACION 100 M
3	ANAROBICA LACTICA V. AEROBICA	170 PPM	80 %	DE 1 MIN. 30 SEG A 3 MIN.	MEDIANA O BAJA	C: 800 Y 1.500 M. NAT. 200 Y 400 M. ASALTOS BOXEO (3m) Y LUCHA (2 m)
4	V. AEROBICA	< 170 PPM	< 70 %	> 3 MIN.	BAJA	MARCHA, MARATON, ESQUI DE FONDO NAT. 1500 M.

Font: Tesis Doctoral: 'Repercusiones renales del ejercicio físico intenso' a càrrec de Antonio López, universitat de màlaga, 1997.

En la taula 5 apareixen 4 àrees diferenciades segons els principals sistemes que aporten l'energia:

- 1- Exercicis de 0 a 30 segons, via principal i quasi exclusiva és la de l'ATP emmagatzemat i el sistema fosfagen.
- 2- Exercicis entre 30 segons i 1,5 minuts, les vies principals són el sistema fosfagen i la glucòlisis anaeròbica.
- 3- Exercicis entre 1,5 minuts i 3 minuts, les vies principals són la glucòlisis anaeròbica, i la glucòlisis aeròbica.
- 4- Exercicis de més de 3 minuts, la via principal és la glucòlisis aeròbica.

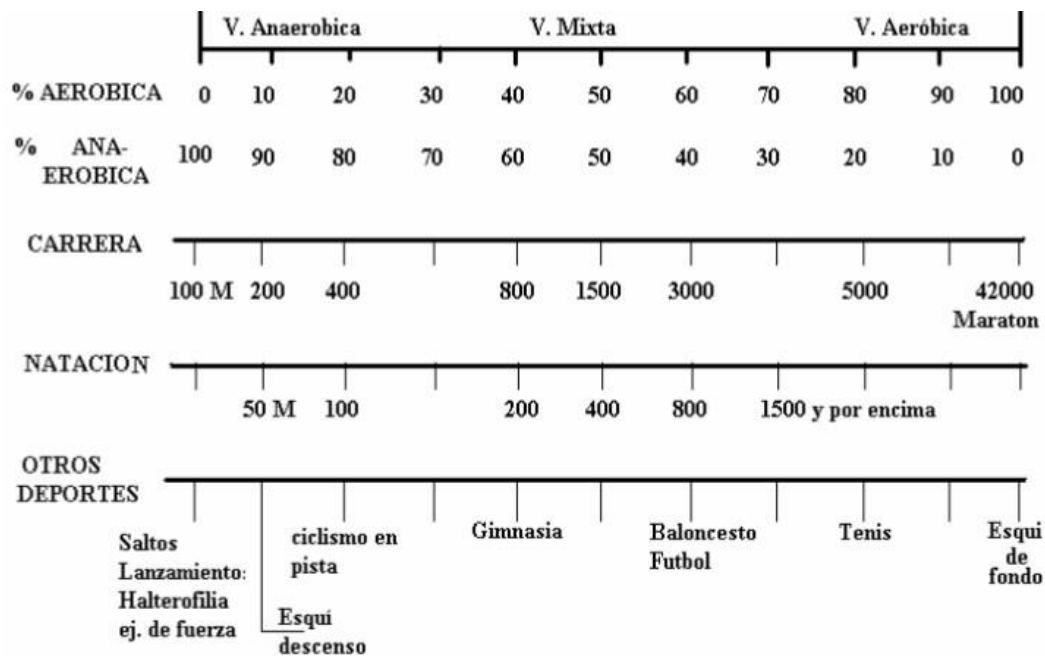


Figura 9. Aportació energètica de les diverses vies en diferents proves i esports.

Font: Taula pertanyent a la tesis Doctoral: 'Repercusiones renales del ejercicio físico intenso' a càrrec de Antonio López, universitat de Màlaga, 1997.

Totes les distribucions dels diferents graus d'aportació dels sistemes energètics s'han establert per exercicis d'alta intensitat, ja que per exemple, si iniciem una carrera contínua molt suau, la primera aportació prové de l'ATP muscular però els requeriments d'energia són molt baixos, i la síntesis d'ATP es cobreix de seguida mitjançant la via aeròbica, de forma que als dos minuts no s'haurà realitzat una aportació significativa a través de la via anaeròbica làctica, no s'haurà acumulat àcid làctic, i no es produirà fatiga muscular.

Per tant, es podria establir una distribució de les principals vies metabòliques que aporten energia diferent a la Taula 4, Taula 5, i Figura 9, no tant en funció de la durada, sinó de la intensitat de l'esforç.

- **En repòs** → l'única activitat muscular és la de mantenir el to, aquesta es realitza mitjançant la via aeròbica, utilitzant com a substrat energètic els àcids grassos.
- **Exercici lleuger** → augmenta la demanda d'ATP que es cobreix a través de l'ATP muscular, i aquest es resintetitza a través de la via aeròbica,



gracies a l'aportació d'oxigen de la mioglobina, i el reajustament cardiovascular que s'haurà produït, que augmenta el flux sanguini del múscul.

- **Exercici moderat** → A l'iniciar-se aquest exercici, la demanda d'ATP és suficientment alta perquè s'activin les vies anaeròbiques, es consumeix la fosfocreatina, i s'acumula una mica d'àcid làctic, però ràpidament, després de l'adaptació cardiocirculatoria la via aeròbica substitueix les altres dues, elimina l'àcid làctic, i es pot mantenir el sistema en equilibri durant hores.
- **Exercici pesat** → la demanda d'ATP no es pot cobrir de forma aeròbica, i s'activen les dues vies anaeròbiques. L'ajustament cardiovascular es retarda, (ja que hi ha els vasos musculars col·lapsats) i quan es produeix, malgrat l'aportació d'ATP de la via aeròbica, es segueix produint àcid làctic, i es produirà fatiga.
- **Exercicis màxims** → duren pocs segons, no hi ha temps a que es produeixi l'ajustament cardiocirculatori. L'aportació energètica és gairebé exclusivament del sistema fosfagen. En exercicis una mica més prolongats, s'activa la via anaeròbica làctica, i al cap de pocs minuts, el nivell d'àcid làctic en sang, obliga l'individu a parar-se.

2.7. Substrats energètics durant l'activitat física

Els aliments són la font principal d'energia pel treball muscular a través dels seus principis immediats:

- 1- Els hidrats de carboni (o carbohidrats)
- 2- Les grasses
- 3- Les proteïnes



- 1- Els hidrats de carbó procedents de l'alimentació es transformen en glucosa dins de l'organisme, essent transportada a través de la sang fins als músculs i el fetge, on s'emmagatzema en forma de glicogen. Quan els dipòsits hepàtics i musculars estan plens, els hidrats de carboni addicionals es transformen en grasses (triglicèrids) i es dipositen al teixit adipós.
- 2- Les grasses digerides procedents dels aliments, es transporten al teixit adipós i al teixit muscular, i s'emmagatzemen directament en forma de triglicèrids.
- 3- Les proteïnes digerides es degraden en aminoàcids, que són utilitzats per construir i reparar teixits, a més, al fetge, poden actuar com a precursors de la glucosa (gluconeogènesis) i s'emmagatzemen com a glicogen, o bé, s'utilitzen en aquell moment per produir energia.

Els diferents substrats disponibles s'utilitzen en una proporció que depèn de la intensitat i duració de l'exercici, entre d'altres factors.

Pels esforços curts i intensos l'organisme usa la glucosa continguda en les cèl·lules musculars. Si la demanda d'energia dura més de 30 segons, la glucosa que transporta la sang també pot entrar a les cèl·lules musculars i ser utilitzada.

A mesura que la durada de l'esforç augmenta, el glicogen emmagatzemat en les cèl·lules musculars es transforma en glucosa i s'empra com a combustible. Quan aquesta aportació de glucosa es fa insuficient, el fetge (que emmagatzema la major quantitat de glicogen de l'organisme) fa una contribució dels seus dipòsits energètics, convertint glicogen en glucosa, i alliberant-la al torrent sanguini.

Aquest augment de la contribució dels hidrats de carboni com a substrat energètic, és important principalment a intensitats d'exercici físic superiors al 75% del consum màxim d'oxigen. Si el fetge i els músculs tenen poques



reserves de glicogen, per una dieta baixa en carbohidrats, l'esgotament apareix de manera precoç.

Quan l'esforç arriba al voltant dels 30 minuts de duració, els àcids grassos lliures de la sang adquireixen més importància com a combustible energètic. Aquests, arriben a les cèl·lules musculars a on es metabolitzen per obtenir energia, o bé es dipositen en les cèl·lules musculars en forma de triglicèrids.

Avui en dia, es creu que aquests dipòsits intramusculars de triglicèrids són un substrat importantíssim durant l'exercici de resistència. En exercicis de més de 2 hores, els carbohidrats cedeixen el lloc a les grasses, com a combustible dominant. També, si encara augmenta més la durada de l'exercici, creix també la contribució de les proteïnes com a combustible.

En els exercicis molt prolongats, o quan els dipòsits de glicogen estan esgotats, les proteïnes aporten substrats al fetge, per produir glucosa mitjançant el cicle de Cahill, o el cicle de l'alanina-glucosa.

2.8. Acidosis i fatiga

El manteniment del pH del medi intern de l'organisme, és de vital importància pels éssers vius. Les reaccions metabòliques generen una gran quantitat d'àcids, però tot i així, la concentració d'ions Hidrogen $[H^+]$ romandrà dins d'uns límits relativament estrets. Això és degut a:

- L'acció de determinats amortidors fisiològics que actuaran de forma immediata, impedit grans canvis en la concentració de ions hidrogen.
- Els mecanismes de regulació pulmonar i renal, que són en última instància els responsables del manteniment del pH intern.

Gràcies a aquest poder de regulació, el pH es manté molt proper als valors de repòs en un ampli rang d'intensitats d'exercici, no obstant, a partir d'una determinada intensitat, el pH comença a baixar. La caiguda del pH sanguini és la principal conseqüència d'una major dependència del metabolisme



anaeròbic làctic (glucòlisis anaeròbica), i es correspon principalment als increments d'àcid làctic observats amb intensitats altes d'exercici.

La resposta dels organismes als esforços d'alta intensitat, segueix sent un aspecte que causa preocupació en la comunitat científica, així com també als entrenadors i als esportistes. A diferència dels altres tipus d'esforços, en els esforços màxims, existeix una limitació de la capacitat de mantenir l'esforç màxim, associant la seva finalització a la fatiga muscular, especialment als músculs més actius durant l'exercici, la qual cosa genera disfuncions i molèsties que culminen amb la parada de l'exercici.

La fatiga muscular es manifesta per un descens de la capacitat de realitzar força i es dona en contraccions màximes o submàximes. Està definida com una incapacitat per mantenir els requeriments de l'exercici, o la força generada, i és provocada, en gran part, per un descens del pH intramuscular.

Donat que el metabolisme del teixit muscular durant l'exercici físic de molta intensitat produeix productes àcids, hi ha un descens del pH dels músculs que s'exerciten. Per tant, la fatiga muscular està associada amb un ràpid increment en la producció d'àcids metabòlics. La tolerància dels individus als esforços d'intensitat màxima, pot estar limitada per la capacitat de l'organisme per controlar el descens de pH intracel·lular (múscul) i extracel·lular (sang). En definitiva, els esforços d'intensitat molt elevada, produeixen un desequilibri àcid-base en l'organisme, el qual posseeix sistemes per lluitar contra aquesta acidosis (sistema buffer) . Podem suposar que una bona capacitat per controlar l'acidosis, és a dir, una bona capacitat buffer de l'organisme, millorarà el rendiment, i retardarà l'inici de la fatiga muscular.

2.8.1. Equilibri àcid-base

Quan parlem de la regulació de l'equilibri àcid-base, ens referim a la regulació de la concentració d'ions hidrogen $[H^+]$ en els líquids corporals. Aquesta concentració és expressada amb el símbol pH:



$\text{pH} = 1/\log[\text{H}^+] \rightarrow$ el valor de pH és igual a 1 dividit entre el logaritme de la concentració d'ions hidrogen. Per tant, un augment en la concentració d'ions hidrogen produirà un pH més baix, contribuint a un estat d'acidosis. Pel contrari, un pH alt, produirà alcalosis, com a conseqüència d'una baixa concentració d'ions hidrogen.

És fonamental mantenir els nivells de pH estables en els nostres líquids extracel·lulars (per exemple: la sang) ja que un desajust cap a una o altra banda, pot provocar sèries conseqüències per l'organisme.

Per evitar estats d'acidosis o alcalosis que puguin alterar el seu funcionament normal, l'organisme disposa de sistemes per esmorteir els canvis en la concentració d'ions hidrogen. En primer lloc, tots els líquids corporals tenen sistemes tampó, que són esmorteïdors àcid-bàsics químics, que es combinen immediatament amb qualsevol àcid o base. Si la concentració d'ions hidrogen canvia de forma més pronunciada, el sistema respiratori és estimulat modificant la velocitat de la ventilació pulmonar, fent canviar la intensitat d'eliminació del diòxid de carboni dels líquids corporals, i això fa que el pH es torni a restablir en valors normals. Quan el pH s'allunya molt del normal, els ronyons eliminen una orina àcida o bàsica i conseqüentment es reajusten els valors d'ions d'hidrogen dels líquids corporals.

2.8.2. Amortiment dels ronyons

Orientant aquesta aproximació teòrica a la finalitat del treball, ens centrarem únicament amb els sistema de regulació del pH dels ronyons, per tal d'obtenirne un coneixement suficient com per entendre la fase d'experimentació del treball.

La seva acció tarda més que la dels altres sistemes reguladors de pH de l'organisme, però és la més potent, i molt important per conservar la concentració d'ions hidrogen dels líquids corporals. L'acidosi és regulada mitjançant l'eliminació de l'excés dels ions hidrogen a través dels túbuls



renals, mentre que l'alcalinitat és compensada amb l'eliminació dels ions bicarbonat.

La regulació del pH es torna progressivament més difícil quan els ions d'hidrogen augmenten per la producció de CO₂ i àcid làctic, com succeeix en el cas de realitzar un exercici físic d'alta intensitat, on la via principal de producció d'energia és la fermentació làctica. És llavors quan la pertorbació de l'equilibri àcid-base dels músculs, es considera el factor principal limitant del rendiment, i per tant, causant de la fatiga muscular.

2.8.3. Efectes de la variació de pH en la funció muscular

Tal i com he comentat anteriorment, la contracció muscular intensa provoca un desajustament en l'equilibri àcid-base de l'organisme, ja que incrementa la producció d'àcid làctic, al cobrir les necessitats energètiques mitjançant la fermentació làctica. Això ens condueix a un descens de pH dels músculs més actius, provocant la fatiga muscular per acidosis metabòlica.

Els nivells d'àcid làctic intracel·lular i extracel·lular augmenten en funció de la durada de l'exercici d'alta intensitat. A més, la recuperació està relacionada amb una ràpida renovació de l'àcid làctic i dels ions hidrogen des de les cèl·lules musculars.

Podem afirmar, doncs, que l'exercici d'alta intensitat està clarament limitat per l'acidosis intracel·lular que es produeix pel desajust electrolític i pels àcids metabòlics generats a partir de la degradació de la glucosa en absència d'oxigen (fermentació làctica) provocant una reducció del rendiment, principalment basat en la inhibició de l'enzim Miosina ATPasa¹⁶, el qual reduiria la producció d'energia, i inhibiria els processos de contracció muscular.

¹⁶ La Miosina és una ATPasa, és a dir una proteïna que hidrolitza l'ATP per formar ADP i Pi, reacció que proporciona energia per a la contracció muscular.



2.9. pH de l'orina

El pH de l'orina pot variar de 4,5 a 9, però el rang ideal es troba entre 5,8 i 7,2. El nostre cos estarà funcionant en un interval saludable si aquest en l'orina és d'entre 6 i 6,5 al matí, i entre 6,5 i 7 al vespre.

Al matí, el pH de l'orina sol ser més àcid, i la seva tendència és cap a basificar-se a mesura que avança el dia.

El grau d'acidesa de l'orina, indica com està treballant el cos per mantenir el pH adequat a la sang. L'orina pot proporcionar una imatge bastant acurada de la química del cos, ja que els ronyons filtren les sals d'esmoreïment de regulació de pH, i proporcionen valors basats en el que el cos està eliminant.

2.9.1. Factors que poden influir en el PH de l'orina:

- Dormir → el pH de l'orina al matí, segurament donarà un valor més àcid que el de la resta del dia. Aquest fet és degut a que es redueix la ventilació pulmonar durant la nit.
- Salut dels ronyons → la salut dels ronyons afecta el grau d'acidesa o basicitat de l'orina. Uns ronyons en mal estat, poden no realitzar de manera correcta la filtració glomerular, i per tant, no actuar de forma eficaç com a amortidor àcid-base del medi intern de l'individu. D'aquesta manera, el subjecte presentaria una acidesa diferent a la d'un subjecte amb ronyons en bon estat.
- Després de menjar → després de menjar, el pH pot estar massa influenciat per l'acidesa dels aliments que hem ingerit en l'àpat, per tant, si realitzem la mesura en aquestes circumstàncies, probablement obtindrem una mesura potencialment inexacta.



- Alguns medicaments → alguns medicaments també afecten el pH de l'orina.
- Dieta → s'hauria de menjar una dieta equilibrada dies abans d'una anàlisi d'orina, ja que una dieta sobrecarregada en qualsevol d'aquests grups d'aliments (cítrics, verdures, làctics, o carn) faria variar els resultats de l'anàlisi de pH de l'orina.

3.Com varia l'aparició de fatiga segons el grau d'entrenament en l'esport?

3.1. Experimentació

El fet o problema que motiva a realitzar aquesta experimentació, és el fet constatat de que no totes les persones tenen el mateix grau de sensibilitat a l'esforç físic. És clar, que hi ha persones que poden aguantar molta més estona realitzant activitat física, és a dir, que en aquests individus, els indicis de fatiga apareixen més tard.

En aquesta experimentació, es vol comprovar objectivament, que les persones entrenades tenen una major resistència a l'esforç físic, que les persones que no estan habituades a aquesta mena d'esforços.

Per fer possible l'estudi d'aquest problema experimental, es van analitzar les dades següents de cada individu:

- El pes abans i després de realitzar l'activitat física.
- L'alçada de tots els participants, per poder calcular posteriorment l'índex de massa corporal.



- La freqüència cardíaca dels subjectes abans de l'exercici, durant l'escalfament, mentre es realitzava l'esforç i durant el temps de recuperació posterior a l'activitat.
- El pH de l'orina abans de l'activitat, 30 minuts després d'haver realitzat l'esforç, i en algunes persones, també 2 hores després.
- Finalment, es va demanar als individus que responguessin unes qüestions referents a un test subjectiu de la intensitat de l'esforç.

3.2. Caracterització de la mostra

Es va realitzar l'experiment amb una mostra de 27 persones, alguns practicants habituals d'exercici, i d'altres no, que van estar disposats a realitzar l'estudi al gimnàs del Club Patí Vic, situat a Vic, 08500, a l'Avinguda d'Olimpia 15.

L'estudi es va efectuar durant el mes de juliol, quan els subjectes ja havien acabat les seves respectives pràctiques esportives.

Entre els subjectes hi havia 20 nois i 7 noies, de 16 i 17 anys, tots nascuts l'any 1998.

Tots eren estudiants, i realitzaven 2 hores setmanals d'educació física al centre escolar, a més dels seus esports extraescolars.

Per dur a terme l'experiment, s'ha seleccionat una mostra de persones amb les quals es pugui aconseguir homogeneïtzar una sèrie de variables control (principalment l'edat, entre altres) i d'aquesta manera poder centrar-nos en una variable independent, **el grau d'entrenament a l'activitat física**.

La intenció és poder classificar la mostra de persones en tres grups, segons si són molt actius esportivament, si fan pràctica moderada d'esport, o si tenen hàbits de vida sedentaris.



D'entrada, apareix un primer problema: el grau d'entrenament a l'activitat física, és una variable molt subjectiva, i per poder treballar amb aquesta variable, l'hem de quantificar.

Per tal de quantificar el grau d'entrenament en l'activitat física, calcularem les calories consumides habitualment cada setmana, realitzant pràctica esportiva.

Per calcular les calories que consumeix cada persona realitzant diferents esports, utilitzarem una taula de despesa en l'activitat física de la Generalitat de Catalunya, on apareixen el grau de intensitat (en kcal/kg·min) per a cada tipologia d'esport. (Annex 1)

Els valors que surten com a MET's (Metabolic Equivalent Task) són kcal/kg de pes/h. Per tant, per obtenir el càlcul de despesa energètica s'ha de calcular el número de MET's pel pes de l'individu i les hores d'activitat física que ha realitzat en una setmana ordinària.

Un cop ja calculada la despesa energètica que té cada individu durant una setmana ordinària, es classifica la mostra de persones en 3 grups: Molt Actius, Actius Moderats, i Sedentaris.

Els esports que realitzaven els individus eren : bàsquet, ciclisme, futbol, escalada, hockey, atletisme, gimnàs, tennis, arts marcial i dansa.

Després de calcular les quilocalories que consumeix cada individu cada setmana de manera ordinària durant la pràctica d'activitat esportiva extraescolars, surten les següents dades:

Tots, tenen un consum de quilocalories durant la pràctica esportiva extraescolar en una setmana d'entre 0 i 5310 kcal.

Els individus que consumeixin entre 0 i 1040 kcal/setmana, es troben en el grup **Sedentari** (29% de la mostra total).

Pertanyen al grup **Actius Moderats** aquells que consumeixin entre 1040 i 2960 kcal/setmana (33% de la mostra total)



Finalment, els individus que consumeixen entre 2960 i 5310 kcal/setmana, corresponen al grup de **Més Actius** (38% de la mostra total).

3.3. Objectius

L'objectiu principal d'aquesta investigació experimental és **comprovar de manera objectiva, la influència de la preparació a l'activitat física habitual, en la variació de diferents paràmetres fisiològics mitjançant l'anàlisi d'aquests abans, durant i després de l'activitat física.**

3.4. Hipòtesis

Les hipòtesis en relació a l'estudi dels diferents paràmetres analitzats, són les següents:

- 1- El pH de l'orina disminuirà com a conseqüència de la realització de l'esforç. La mostra d'orina prèvia a l'activitat física, serà més bàsica que la mostra d'orina posterior a l'exercici, que tindrà un grau d'acidesa superior.
- 2- La variació d'acidesa de l'orina (pH final-pH inicial) tindrà una correlació amb les calories cremades per setmana. Es preveu que la variació d'acidesa serà major, en valor absolut, en els individus del grup sedentari, menor en el grup moderat, i encara més petita, en el grup compost pels esportistes més actius.
- 3- Com més gran sigui la freqüència cardíaca mitjana, i com més gran sigui la variació de freqüència cardíaca dels individus, major serà la variació d'acidesa de l'orina, en valor absolut.
- 4- La freqüència cardíaca prèvia a l'experimentació serà menor en els individus pertanyents al grup més actiu, major en el grup d'actius moderats, i finalment, serà encara més gran en les persones que componen el grup de més sedentaris.



- 5- La freqüència cardíaca màxima que assolirà cada individu durant l'esforç, serà per norma més gran en els individus del grup sedentari, menor en el grup moderat, i encara més petita en el grup de més actius. També, s'establirà aquesta mateixa relació amb la freqüència mitjana durant la realització de l'exercici físic.

- 6- Hi haurà una pèrdua de pes en realitzar l'activitat física acordada per l'experiment, producte de la deshidratació, mitjançant la suor i l'alè. Aquesta deshidratació estarà relacionada amb el grup al qual pertanyin els individus. Es preveu que serà major en el grup més sedentari, més petita en els moderats i finalment, mínima en els més actius.

- 7- Hi haurà correlació entre l'IMC dels individus, i la seva pèrdua de pes en realitzar l'exercici físic.

- 8- Hi haurà relació entre la valoració subjectiva de la intensitat de l'esforç i el grup al qual pertanyen, essent amb una valoració més gran els individus sedentaris, valors més petits pels moderats, i encara menors en els més actius.

- 9- Es creu que hi haurà una correlació entre la valoració subjectiva de la intensitat de l'esforç, amb la freqüència cardíaca i la variació de l'acidesa de l'orina. Com més gran sigui el valor de la intensitat de l'esforç, més gran serà la freqüència cardíaca, i més gran serà també la variació de pH de l'orina en valor absolut.



3.5. Disseny de l'experiment

3.5.1. Pre-experimentació

A l'hora de confeccionar el protocol, es van presentar un seguit de dubtes, ja que no tenia cap referència d'algun treball semblant que s'hagués realitzat amb una màquina de bicicleta estàtica.

Els principals dubtes que van aparèixer abans de dissenyar el procediment, van ser:

- **PREGUNTA 1:** Quina càrrega d'exercici s'ha de realitzar, per tal de que sigui un exercici que puguin aguantar la majoria de subjectes, però que sigui suficientment intens com per fer canviar els paràmetres que seran objecte d'estudi?
- **PREGUNTA 2:** En quin moment de l'experimentació s'han d'efectuar les recollides d'orina?
- **PREGUNTA 3:** Realment varia el pH de l'orina fent esport? De quin ordre és la variació? (podré fer servir un pHmetre normal, o necessitaré un pHmetre molt precís?)

Per aclarir els dubtes esmentats anteriorment, es va realitzar una preexperimentació:

Es va estudiar 3 subjectes, amb diferents graus d'entrenament o d'adaptació a l'activitat física. (Taula 6)

Taula 6. Característiques de la mostra de la Pre-experimentació

	SEXE	ESPORT	KCAL/SETMANA	PERTANYERIA A:
A	NOI	FUTBOL	3124	MOLT ACTIUS
B	NOI	FUTBOL	2754	MODERATS
C	NOIA	/	0	SEDENTARIS



L'aparell de bicicleta estàtica disposava d'un velocímetre, que indicava la velocitat a la qual estaves pedalant en revolucions per minut (rpm).

També, disposava d'un cronòmetre, per tal de controlar el temps de l'exercici físic.

Finalment, com a caracterització important, tenia 10 nivells de força o resistència diferents, augmentant de l'1 al 10, i cada cop s'havia de fer més força per moure els pedals.

1. La primera prova, va consistir en: **5 MINUTS, NIVELL DE FORÇA 6, 90RPM.**

Els subjectes B i C, no van poder completar la prova, degut a que van trobar que era un exercici massa extenuant.

El subjecte A, va aconseguir completar la prova amb èxit.

D'aquesta prova, es va concloure que calia reduir la intensitat de càrrega física de la investigació.

2. Segona prova: **5 MINUTS, NIVELL DE FORÇA 5, 80 RPM** Es van obtenir els següents resultats:

Taula 7. Resultats Pre-experimentació

	PROVA COMPLETADA	PH INICIAL	PH 30 MIN.	PH 1 H.
A	SÍ	6,6	6,3	6,5
B	SÍ	5,9	5,7	5,8
C	NO	6,2	--	--

L'aparell oferia un nivell de força tant alt, que al subjecte C, li costava molt fer anar els pedals, i demostrava un cansament muscular als quàdriceps,



sense experimentar gran fatiga a nivell general. Calia disminuir la força de resistència que oferia la bicicleta.

En referència als nivells de pH, va quedar reflectit, tal com després es va confirmar amb la informació de la xarxa, que els valors d'acidesa més extrems que presentava l'orina dels participants, es trobava al voltant de 20-30 minuts d'haver realitzat l'esforç.

3. Finalment, es va realitzar: **5 MINUTS, NIVELL DE FORÇA 3, 80 RPM.**

Taula 8. Resultats Pre-experimentació

	PROVA COMPLETADA	PH INICIAL	PH 30 MIN.
A	SÍ	6,3	6,3
B	SÍ	6,2	6
C	SÍ	5,7	5,6

Amb aquestes condicions, els tres subjectes, amb diferents característiques, van aconseguir superar la prova, de manera relativament còmode, experimentant tot i així variacions en l'acidesa de la seva orina.

Per tant, es van obtenir les següents respostes a les qüestions que es plantejaven abans d'efectuar la pre-experimentació:

RESPOSTA 1: l'esforç físic consistirà en pedalar 5 minuts al nivell de força

3, amb un mínim de 80 revolucions per minut, ja que és una intensitat i durada que serà tolerada per la majoria dels subjectes, però suficientment intensa com per fer variar algunes dècimes el pH de l'orina en els individus que acumulin més fatiga.

RESPOSTA 2: el moment en què l'orina presenta més acidificació és al cap de 30 minuts. Per tant, la recollida es farà a tots els individus, 30 minuts després de realitzar l'esforç. Tot i així, en alguns subjectes també se'ls



analitzarà l'orina al cap de 2 hores, per poder extreure conclusions de com varia l'acidesa de l'orina en aquest període.

RESPOSTA 3: s'ha comprovat amb aquesta pre-experimentació que sí que s'aconsegueix una variació del pH de l'orina quan es realitza exercici físic moderat. En els individus que no els suposi una gran fatiga la intensitat de càrrega escollida, se'ls presentarà una variació de pH molt petita, i per aquest fet, es decideix que és més adient per a una bona anàlisi de l'orina, utilitzar un pHmetre amb 2 decimals (va ser proporcionat gràcies a la UVIC).

3.5.2. Paràmetres estudiats

Al llarg de tota la investigació, es van analitzar, preguntar, o mesurar, diferents paràmetres o variables dels subjectes que van participar en la prova.

Dades demogràfiques

Es va anotar en una llibreta dissenyada per a aquesta finalitat, el nom de tots els participants, i un número, que es el número que identifica aquell subjecte en tota la investigació, ja que les dades proporcionades i mesurades dels participants, es mantenen totalment anònimes.

També, es va registrar l'any de naixement i el seu sexe.

Hàbits dietètics

Els subjectes van contestar una sèrie de preguntes referents als seus hàbits dietètics. Més concretament, se'ls va passar un qüestionari (anomenat Kidmed) que valora el grau de proximitat de la dieta de cada individu, a la dieta mediterrània. Hi ha una sèrie de preguntes, que tenen cada una un valor, i que segons com les respons, obtens un índex de Kidmed o un altre, amb la seva corresponent explicació (Annex 2).



Dades mèdiques d'interès

Es va preguntar si els subjectes que participaven en l'experiment tenien alguna malaltia cardiovascular, metabòlica, i si tenien una bona salut renal.

També, es va confirmar que cap dels participants que van assistir a la prova, hagués pres cap medicament abans de realitzar-la, ja que és un dels factors que influeix en el pH de l'orina.

Mesures antropomètriques

Es va mesurar el pes. Els subjectes, abans de realitzar la prova es van col·locar a sobre la balança, descalços, amb pantalons esportius i samarreta màniga curta. La balança donava el valor en quilograms i amb un sol decimal.

També, es va mesurar l'alçada dels participants. Per a fer-ho, es va utilitzar una cinta mètrica. Es va situar els participants en posició anatòmica, amb el cap recte, els talons junts, i els braços penjant naturalment, realitzant una inspiració profunda en el moment de la lectura.

Un cop mesurats els dos paràmetres antropomètrics esmentats anteriorment, n'apareixen, alguns de derivats d'aquests:

- Índex de massa corporal (IMC), o índex de Quetelet:

L'índex de massa corporal és una mesura d'associació entre la massa i la talla d'un individu, que es calcula mitjançant la següent expressió matemàtica:

$$\text{IMC} = \text{Peso (kg)} / \text{talla}^2 \text{ (m)}$$

- Superfície corporal (SC), segons la fórmula de Du Bois:

En fisiologia i medicina, l'àrea de superfície corporal és la mesura o càlcul de la superfície del cos humà. Per la majoria de propòsits, la SC és millor indicador metabòlic que el pes, degut a que està menys afectat per la massa de teixit adipós normal. El càlcul de la SC, és més simple



que moltes mesures de volum. Es calcula mitjançant la següent expressió matemàtica:

$$SC = \text{Pes}_{0,425} \times \text{Talla}_{0,725} \times 71,84$$

El pes en kg, la talla en cm, i la superfície corporal en cm².

Determinacions analítiques: PH orina

- a) Orina basal: es va fer una recollida d'orina prèvia a l'exercici, per conèixer el pH de l'orina dels subjectes en condicions basals, és a dir, prèvies a l'activitat física que realitzarien. Aquesta primera recollida, es va realitzar al voltant de les 10:00h, a tots els individus, en estat de dejú.
- b) Orina després de la prova (30min): es va fer una altra recollida, 30 minuts després de realitzar l'exercici físic, també en estat de dejú, però amb diferents graus d'hidratació.
- c) Orina després de la prova (2h): finalment, l'última recollida d'orina va ser 2 hores després de finalitzar el test físic, havent esmorzat tots els individus el mateix:
 - Entrepà de pernil salat.
 - Suc de taronja.

Pel que fa a la identificació i la conservació de les mostres, aquestes, un cop recollides van ser emmagatzemades i refrigerades a 4°C, fins el moment de l'anàlisi, i identificades mitjançant el codi numèric de cada subjecte i el moment de recollida de la mostra (a, b, o c).

Test subjectiu de Fatiga: ESCALA DE BORG

Aquest test va consistir en proporcionar als subjectes, al finalitzar l'exercici, una escala per valorar la intensitat de l'esforç. L'escala de Borg, és un d'aquests testos, que s'ha utilitzat amb bastant èxit per regular la intensitat d'un entrenament, ja que evita la necessitat d'un recompte exacte del pols, i proporciona una mesura de la intensitat de l'esforç. Consisteix, en què



l'individu valori, mitjançant un nombre de l'escala de Borg, la percepció que ha tingut de fatiga, és a dir, la intensitat de l'esforç que ha realitzat. L'escala és la següent:

- 0-4 adormit, inactiu.
- 5-7 absoluta absència d'esforç.
- 8-9 molt, molt lleuger
- 10-12 lleuger
- 13-14 moderat
- 15-16 dur
- 17-19 molt dur
- 20 esforç màxim

Mesura de la freqüència cardíaca

Durant la realització de l'experimentació, es va registrar la freqüència cardíaca dels subjectes. Més concretament, es va estudiar:

- Freqüència cardíaca basal, just abans de començar l'experiment, amb el subjecte relaxat, assegut a sobre l'aparell de bicicleta estàtica.
- Freqüència cardíaca durant l'escalfament (pedalar durant 1 minut a velocitat mínima) cada 30 segons. (total de 2 mesures)
- Freqüència cardíaca principal de l'activitat física, amb intervals de 30 segons. (total de 12 mesures)
- Freqüència cardíaca de relaxació, mentre el subjecte seguia pedalant, però a velocitat molt reduïda, amb intervals de 30 segons. (total de 2 mesures)
- Freqüència cardíaca de recuperació, amb el subjecte assegut, relaxat, respirant fons, a una altra sala d'on s'havia realitzat l'exercici físic. Mesures preses amb intervals de 30 segons. (total de 10 mesures)



3.5.3. Control de variables

En tota investigació experimental, s'han de mantenir controlades totes les variables que poden influir en els resultats de l'experiment, i que no formen part de la variable dependent ni independent.

Per aconseguir aquest fet, s'han tingut en compte els següents aspectes:

- Les persones van assistir a la prova dormint una quantitat d'hores semblant i raonable, (entre 7 i 10 hores) ja que dormir, afecta al grau d'acidesa de l'orina del matí següent.
- La mostra de persones tenia un edat semblant, (tots nascuts l'any 1998) per tal de que tinguin una salut renal equivalent, i per tant, no pugui influir en els valors d'acidesa renal.
- Tots els subjectes van assistir a l'experimentació en dejú, sense haver esmorzat, i un cop acabat l'esforç, es va donar a tots els individus el mateix esmorzar, per tal de que l'alimentació no influís en les diferències de pH que presentarien els individus en la recollida d'orina, 2 hores posterior a l'experiment.
- Els individus que haguessin ingerit algun medicament ho haurien hagut de notificar, ja que la seva ingestió pot fer variar de manera considerable els valors de pH de l'orina, i en aquest cas, l'experiment ja no s'hagués considerat com a vàlid.
- Finalment, es va procurar de guardar el conjunt de les mostres en les mateixes condicions de temperatura (4°C, excepte pocs casos excepcionals, dels quals ja se'n detallarà la informació), ja que una temperatura excessivament alta, pot significar facilitar el



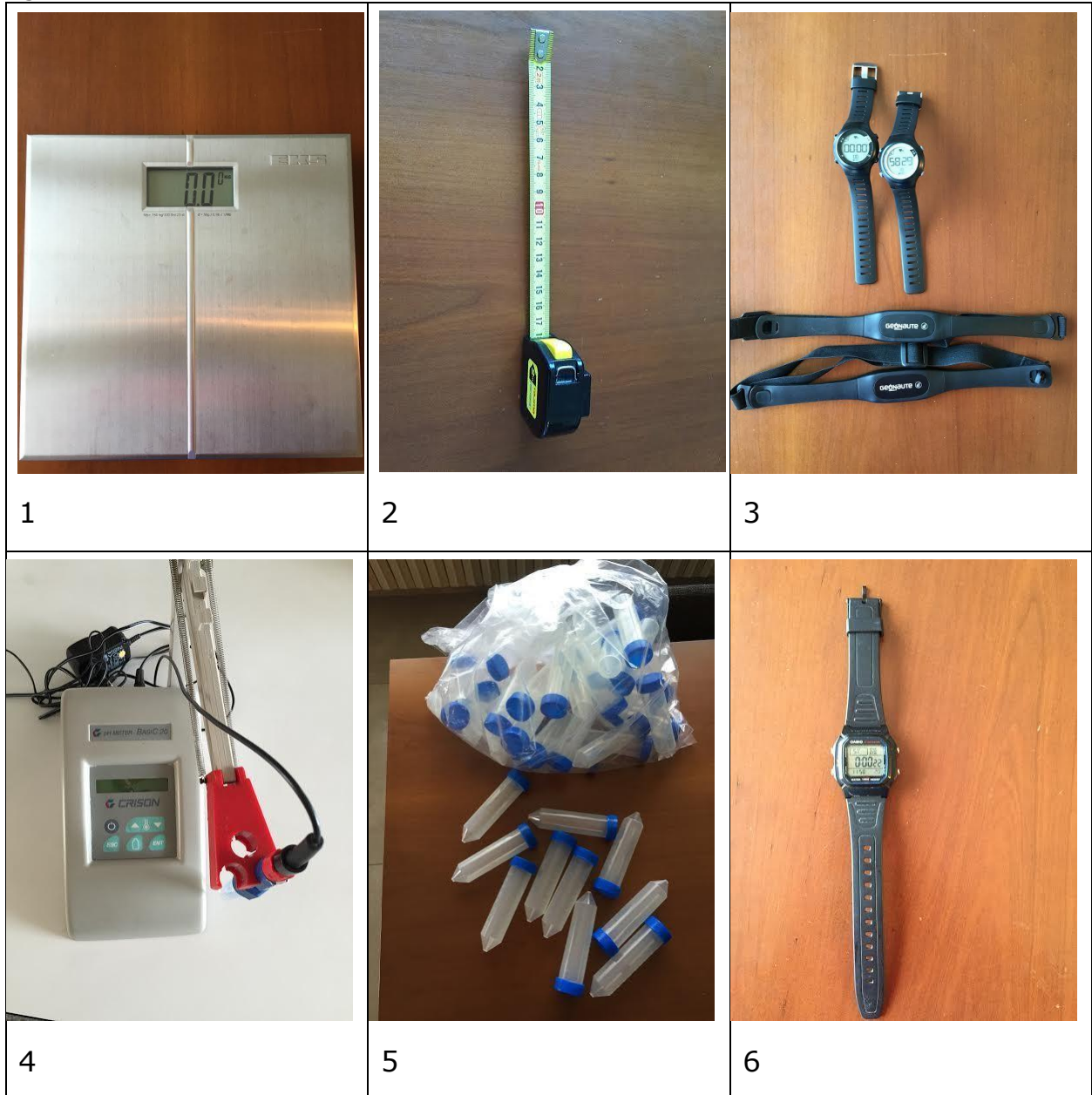
desenvolupament de bacteris en l'orina, que basifiquen de manera molt considerable el medi.

3.5.4. Material

Balança (1), cinta mètrica(2), 2 pulsòmetres (3), pH metre(4), vasos de plàstic per a la recollida d'orina (5), cronòmetre (6), aparell de bicicleta estàtica (7), permanent (8), vasos de plàstic per a l'anàlisi d'orina (9), aigua destil·lada (10), agitador magnètic (11), mosques magnètiques amb vareta imant (12), guants de làtex (13).



Figura 9. Material





7



8



9



10



11



12



13

3.5.5. Protocol

Planificació i organització de l'experimentació:

Es pretén estudiar la influència de la preparació física habitual, en la variació d'alguns paràmetres de fisiologia esportiva, bàsicament, el pH de l'orina, la freqüència cardíaca, pes i alçada.

Disposem d'una mostra de 27 persones, que estan en l'etapa de l'adolescència, amb graus d'entrament diferent a l'activitat física.

El protocol que es va seguir per satisfer els objectius en la experimentació va ser el següent:

La prova es va realitzar a cada persona, un dia entre la primera i la segona setmana de juliol, al gimnàs del CLUB PATÍ VIC.

Els subjectes van arribar al voltant de les 10h del matí, sense haver esmorzat, i es dirigien als vestidors. En aquest moment, es va realitzar la primera recollida d'orina, en condicions basals, i es va anotar el número que corresponia a l'individu.

Llavors, es van guiar al gimnàs, on allà, un rere l'altre, tots els participants seguien el mateix protocol:



1. En primer lloc, es van realitzar les mesures antropomètriques i es van anotar a la taula de resultats.
2. Un cop asseguts al seient de l'aparell de bicicleta estàtica, es va col·locar un pulsòmetre el pit dels subjectes, i se'ls va mesurar la freqüència cardíaca abans de començar l'exercici físic, que també es va anotar al full de recollida de dades.
3. En aquest moment, s'iniciava la part central de l'experimentació, on els subjectes començaven a pedalar, primer 1 minut pedalant a velocitat mínima (escalfament) llavors 5 minuts a 80rpm al nivell de força 3 (esforç), i finalment havien de pedalar 1 minut a velocitat mínima (inici de la recuperació) . es va anotar la corresponent freqüència cardíaca cada mig minut.
4. Un cop acabat l'esforç, el subjecte que l'havia realitzat es dirigia a una segona sala, on es relaxava, i anava anotant la freqüència cardíaca, durant la seva recuperació.
5. Quan havien transcorregut 5 minuts, el subjecte ja es podia treure el pulsòmetre, es tornava a mesurar el pes i se li demanava que respongués el test subjectiu de la intensitat de l'esforç (escala de Borg).
6. Finalment, es donava 2 pots d'anàlisi als individus, que serien per dipositar l'orina al cap de 30 minuts, i al cap de 2 hores.
7. Un cop acabada l'experimentació, es donava esmorzar als participants, per assegurar que tots mengessin el mateix, i ja havien acabat la col·laboració.



Un cop recollides totes les mostres d'orina de tots els 27 participants, es van refrigerar a 4°C.

Dues setmanes més tard, al laboratori de la facultat politècnica de Vic, es realitzaven les anàlisis corresponents, i es van recollir tots en una taula per facilitar-ne el seu estudi. (Annex 3)

3.6. Resultats i discussió

3.6.1 Resultats que caracteritzen la mostra estudiada

Tant nois com noies tenien la mateixa edat, tots nascuts l'any 1998. Es van trobar diferències segons sexes per l'alçada, el pes, l'índex de massa corporal i la superfície corporal. (Taula 9)

Taula 9. Dades antropomètriques dels participants segons el seu sexe.

	TOTAL (n=27)	NOIS (n=20)	NOIES (n=7)
ALÇADA (cm)	175,6±8,0	178,6±6,2	167,0±6,2
PES (kg)	62,9±8,9	65,2±7,6	53,8±5,3
ÍNDEX DE MASSA CORPORAL (kg/m²)	20,3±2,3	20,7±2,4	19,1±1,5
SUPERFÍCIE CORPORAL (m²)	1,77 ±0,14	1,83±0,11	1,60±0,1

Les dades d'aquesta taula s'expressen com: mitjana ± desviació típica.

Taula 10. Grup on pertanyen els individus segons el seu sexe.

	Sedentaris	Moderats	Actius
Nois	N=4	N=6	N=10
Noies	N=4	N=3	N=0



Mentre que gran part dels nois es troba en el grup d'actius, la majoria de noies es situa en el grup de sedentaris i moderats. No hi ha cap noia que tingui un desgast suficient de kilocalories/setmana realitzant activitat física extraescolar com per ser considerada dins del grup actius. Aquesta taula, indica que els nois fan més esport/setmana que les noies.

Taula 11. qualitat de la dieta en funció del sexe.

	Dieta bona	Dieta millorable	Dieta dolenta
Nois	N= 8 → 40% dels nois	N=11 → 55% dels nois	N=1 → 5% dels nois
Noies	N=5 → 71% de les noies	N= 2 → 29% de les noies	N=0 → 0% de les noies

Les noies estudiades tenen molt millor alimentació, segons el KIDMED (grau d'adherència a la dieta mediterrània). No hi ha cap noia amb una dieta que es desajusti molt de la dieta mediterrània, i només 2, que tinguin una dieta regular.

Taula 12. Dades fisiològiques inicials segons el sexe

	Nois	Noies
FC mitjana inicial (batecs/min)	86,8	88,0
PH mitjà inicial	6,08	5,97

Els nois presenten una freqüència cardíaca inicial menor que les noies, (1,2 batecs menys), i un pH inicial 0,11 unitats més bàsic.



3.6.2. Gràfics pH.

Taula 13. Mitjana de variació de pH segons el sexe i el grup.

		TOTAL					
		-0,09					
Mitjana Δ pH	NOIS			NOIES			
	-0,08			-0,13			
	SEDENTARIS	MODERATS	ACTIUS	SEDENTARIS	MODERATS	ACTIUS	
	-0,03	-0,09	-0,09	0,02	-0,28	/	

Les taules mostren com la tendència total del pH de l'orina és acidificar-se en realitzar esport, ja que la mitjana de la variació total de pH és negativa (-0,09) el pH no canvia a gran escala, (gairebé una dècima) per tant, va ser encertat utilitzar un pHmetre precís. Les noies, van presentar major variació de pH que els nois, probablement, no degut al fet que són noies, sinó que, en general, pertanyen a grups més sedentaris que els nois, i les persones menys entrenades (pertanyen a grup sedentari i moderat) presenten més variació de pH de l'orina. Aquest fet és degut probablement a que tenen una menor capacitat aeròbica, i de seguida ja experimenten falta d'aire, i les seves cèl·lules fan més fermentació làctica. Tot i així, els resultats no es corresponen del tot amb el que hauria d'haver passat, ja que en els grups més sedentaris hi hauria d'haver una major variació de pH de l'orina. Les dades d'aquesta taula són poc fiables, ja que hi ha massa poca mostra estudiada per a cada grup.

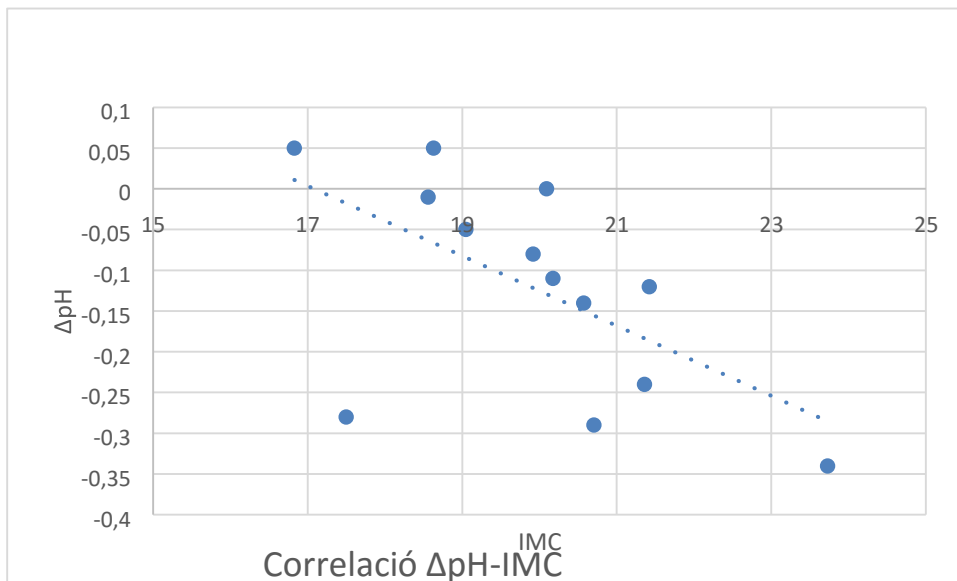


Figura 11. Variació del pH de la orina en funció de l'índex de massa corporal. La Gràfica mostra una correlació positiva entre l'IMC i la variació de pH de l'orina en valor absolut del conjunt d'individus. A mesura que augmenta l'IMC, les variacions de pH de l'orina també són majors, en valor absolut. Aquest fet és degut a que l'IMC va estretament relacionat amb el grau d'entrenament que tenen els individus, i, com més gran és l'IMC, probablement realitzen menys esport, i això fa que tinguin una major variació del pH de la orina, tal i com queda reflectit en la Figura 11.

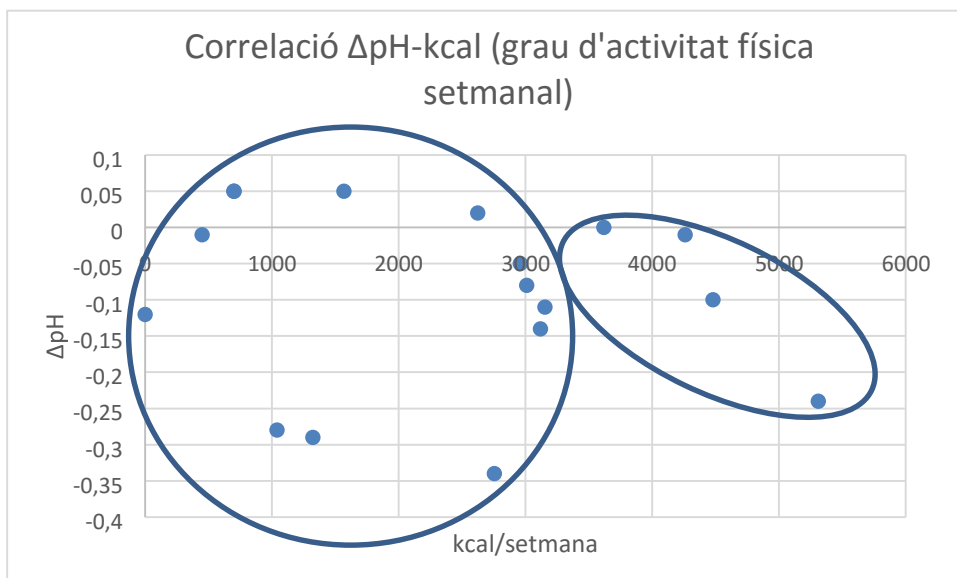


Figura 12. Variació de pH de l'orina en funció del consum de kcal/setmana realitzant activitat física extraescolar.



Aquesta distribució mostra com a mesura que augmenten les kcal consumides per setmana realitzant activitat física, (és a dir, com més gran és el grau d'entrenament en l'activitat física) menor és la variació de pH de l'orina. (Figura 12)

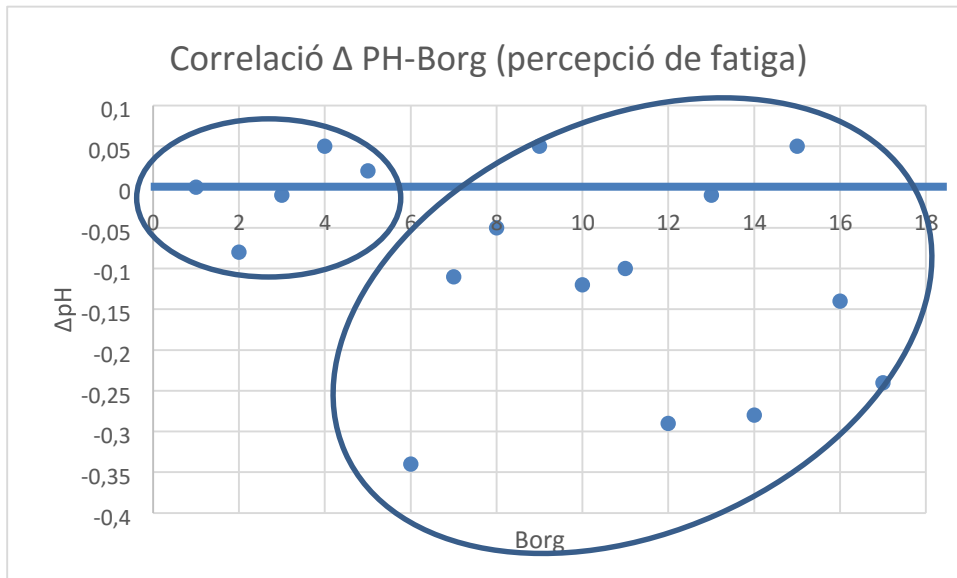


Figura 13. Variació del pH de l'orina en funció del número assignat a l'escala de Borg.

Pel que fa a la Figura 13, es veu com, els individus que assignaven valors més grans a l'escala de Borg, és a dir, que tenien la percepció d'estar més fatigats, realment van presentar una variació de pH de l'orina major, que és un indicador biològic de fatiga. Va coincidir bastant la percepció subjectiva de fatiga, amb l'indicador biològic que es va analitzar. Això es degut a que quan es produeix àcid làctic als músculs en grans quantitats, es té una sensació de cremor molt desagradable, que va ser percebuda pels individus que llavors van assignar un valor major a l'escala de la percepció subjectiva de la fatiga.



3.6.3. Gràfics de pes

Δpes	TOTAL					
	-0,22					
	NOIS			NOIES		
	-0,21			-0,24		
	SEDENTARIS	MODERATS	ACTIUS	SEDENTARIS	MODERATS	ACTIUS
-0,10	-0,38	-0,14	-0,30	-0,15		

Taula 14. Mitjana de la variació del pes en funció del sexe i del grup.

Les noies van tenir una pèrdua de pes com a conseqüència de l'esforç realitzat, més gran que no pas la que van tenir els nois. Els resultats que s'expressen en la taula 14 són deguts a que la majoria de noies pertanyen al grup sedentari i moderat, és a dir, estan menys entrenades a l'exercici físic, i pateixen més canvis en els aparells del seu cos, com per exemple, un augment més rellevant de la temperatura corporal, fet que comporta suar més i tenir una major pèrdua de pes.

En els grup sedentari, hi hauria d'haver hagut més variació de pes, una mica menor en el grup moderat, i encara més petita en el grup actiu. Malgrat que s'observa una petita tendència cap aquest fet, les dades d'aquesta taula no són gaire fiables ja que al classificar tant la mostra, aquesta queda massa reduïda en alguns apartats.

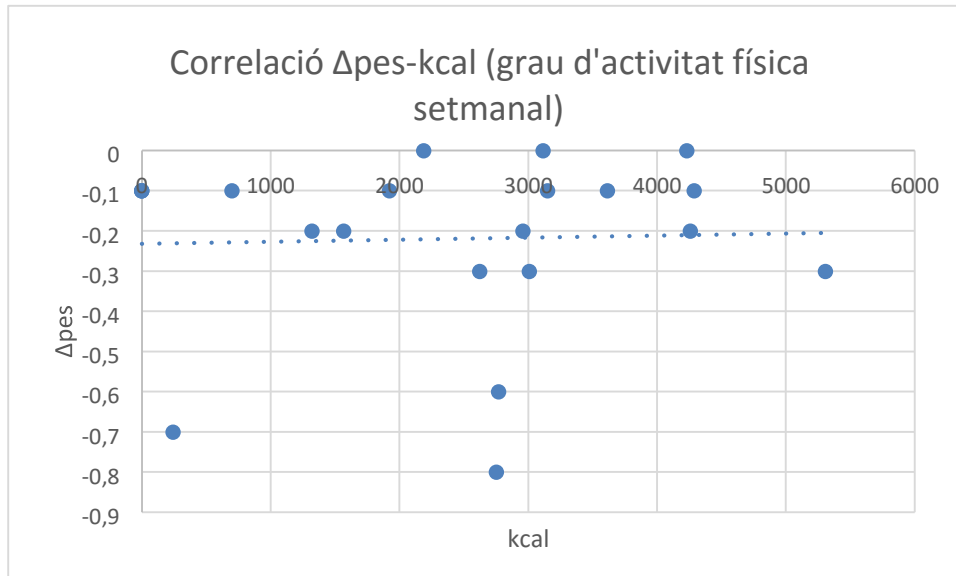


Figura 14. Pèrdua de pes en funció de les kcal consumides per setmana realitzant activitat física extraescolar.

La variació o pèrdua de pes en els individus menys entrenats (realitzen menys kcal/setmana en activitat física extraescolar) va ser major que no pas en els individus més adaptats a l'esport. (Figura 14)

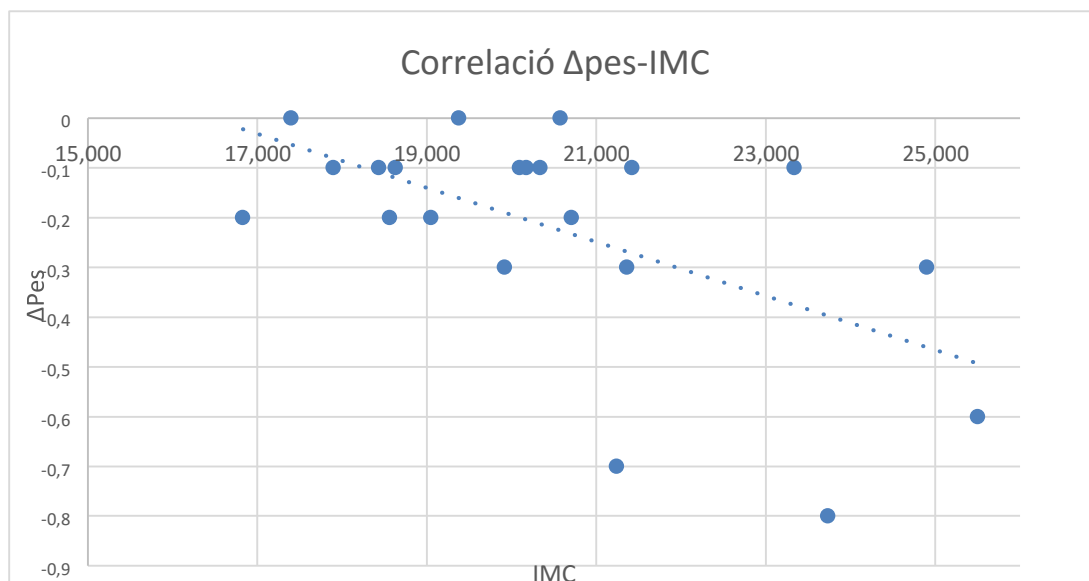


Figura 15. Pèrdua de pes en funció de l'IMC.

Aquesta correlació (Figura 15) reflexa que com més gran és l'IMC, més pèrdua de pes van experimentar els individus que van realitzar la prova. Probablement, aquesta major variació de pes, és deguda a que els individus que presenten major IMC, també són majoritàriament sedentaris, i el fet de



no estar adaptats a la pràctica d'exercici físic, és el causant de que suïn més, i pateixin una major pèrdua de pes.

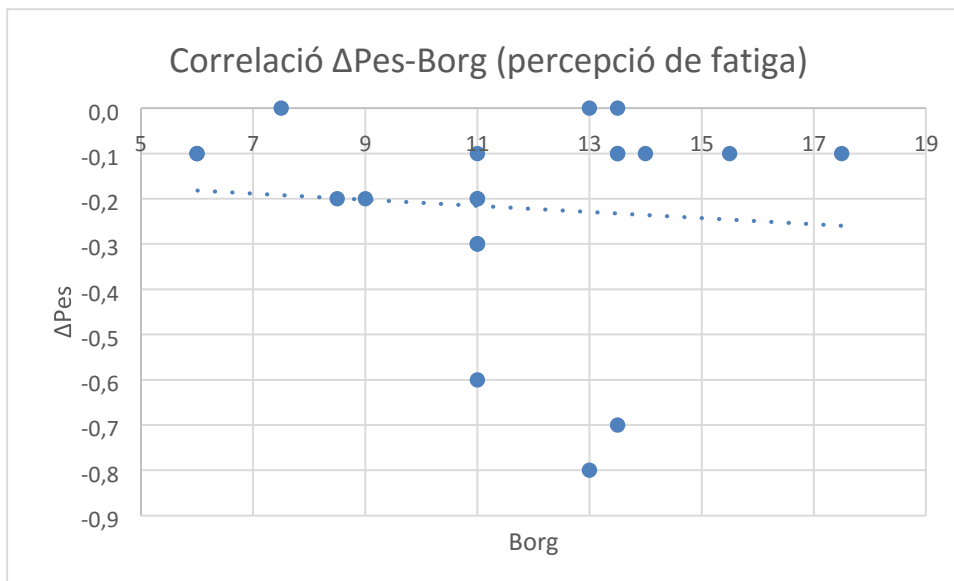


Figura 16. Pèrdua de pes en funció del valor donat a l'escala de Borg.

Els individus que van tenir una percepció més gran de fatiga, van ser els que van patir una pèrdua de pes major. Aquests resultats (Figura 16) s'expliquen ja que el fet de suar més, és degut a un gran augment de la temperatura corporal, que ens provoca una sensació desagradable, que es pot atribuir a la fatiga.

3.6.3. Gràfics de la Freqüència Cardíaca

Taula 15. Mitjana i increment de la freqüència cardíaca en funció del grup al qual pertanyen els individus i el sexe.

TOTAL						
\bar{X}_{FC}	141,6					
	NOIS			NOIES		
	136,5			156,1		
	SEDENTARIS	MODERATS	ACTIUS	SEDENTARIS	MODERATS	ACTIUS
	144,4	157,1	121,0	165,7	143,3	
\bar{X}_{FC}	NOIS I NOIES					
	SEDENTARIS	MODERATS	ACTIUS			



	155	152	121			
ΔFC	TOTAL					
	76,81481481					
	NOIS			NOIES		
	70,7			94,28571429		
	SEDENTARIS	MODERATS	ACTIUS	SEDENTARIS	MODERATS	ACTIUS
79,5	71,6666667	66,6	92,25	97		
ΔFC	NOIS I NOIES					
	SEDENTARIS	MODERATS	ACTIUS			
	86	80	67			

Pel que fa a l'estudi de la freqüència cardíaca, les noies van presentar valors més grans tant de freqüència cardíaca mitjana com d'increment de la freqüència cardíaca, ja que les dones per naturalesa tenen una freqüència cardíaca major, i a més, en el meu treball, la majoria de noies pertanyien a grups menys actius que els nois.

També, la taula 15, mostra que, com més entrenats estan els individus a l'activitat física, (bastant-me en el grup al qual pertanyen) més petita és la seva freqüència cardíaca mitjana, i l'increment de freqüència cardíaca. Això, tant en aquesta taula 15, com en el conjunt de gràfics de continuació que il·lustren l'estudi de la FC, és degut a que els individus entrenats, tenen l'aparell cardíac més fort, i una contracció del cor permet bombejar més sang (major volum sistòlic) cap als músculs, que no pas els individus no entrenats.

Al tenir un major volum sistòlic, necessiten bombejar menys vegades el cor per tal d'assolir el mateix volum de sang bombejada per minut, d'aquí s'explica aquesta diferència de batecs/minut entre els individus més entrenats, i els menys adaptats a l'activitat física.

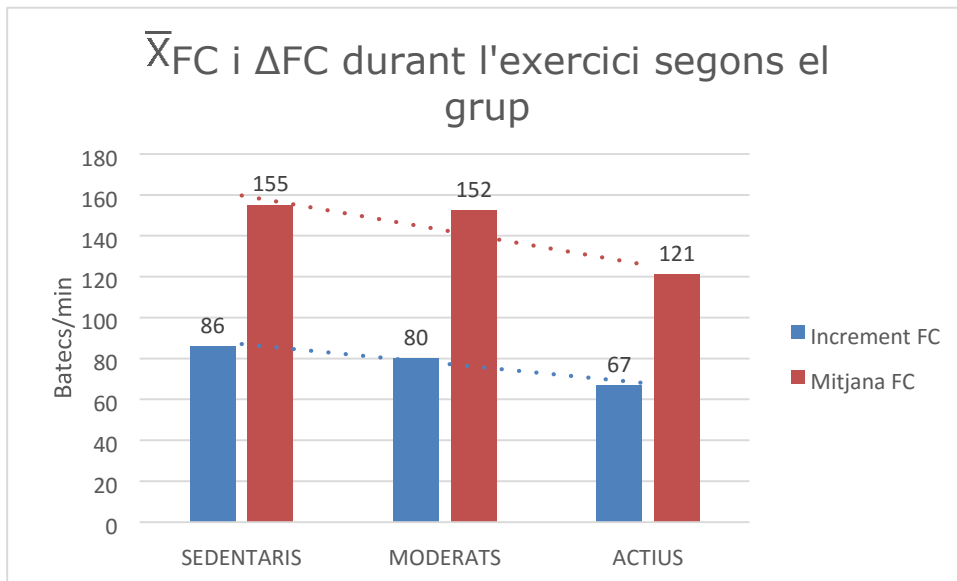


Figura 17. Freqüència cardíaca segons el grup al qual pertanyen els individus

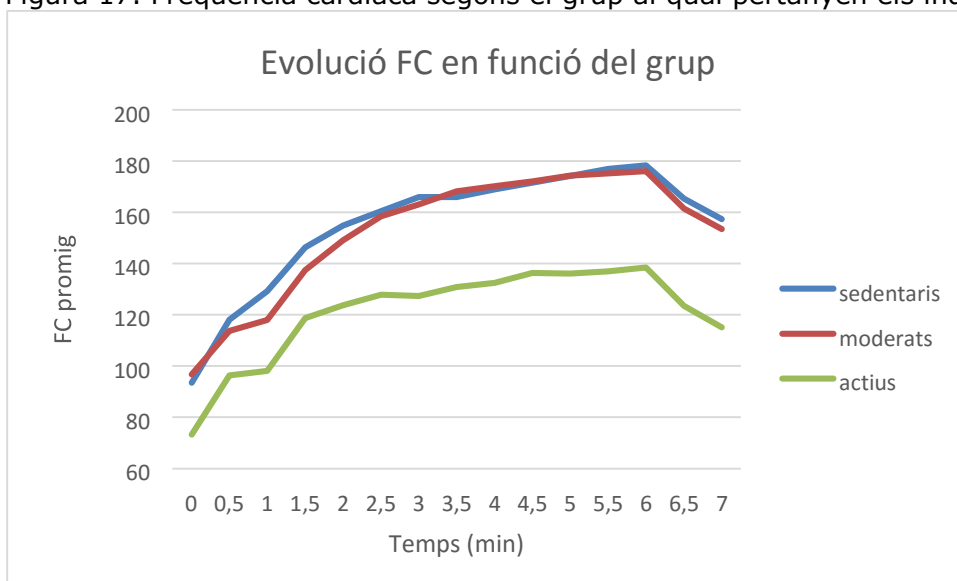


Figura 18. Evolució de la FC promig en funció del grup al qual pertanyen els individus

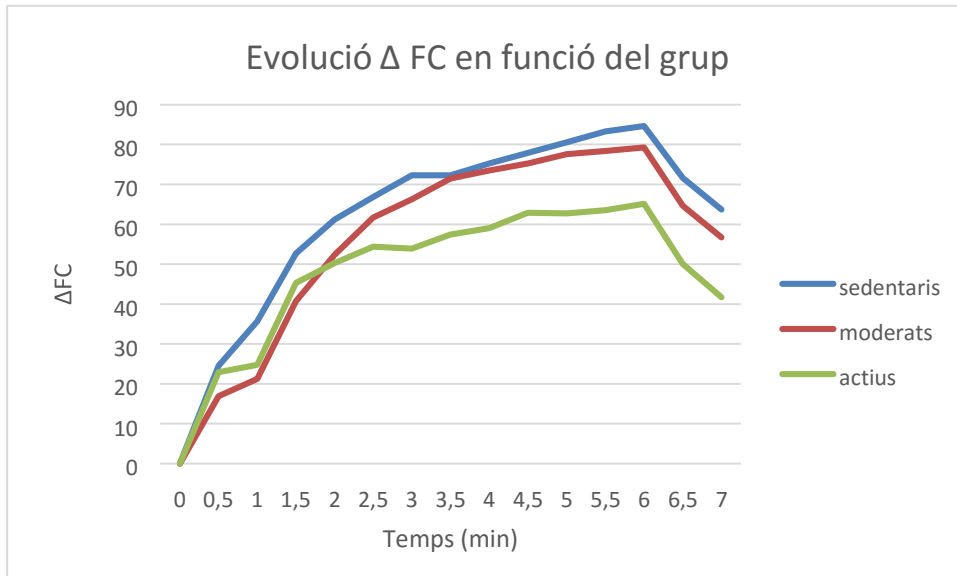


Figura 19. Evolució de la variació de la FC en els tres grups.

Les figures 17,18, i 19 es corresponen amb les dades de la Taula 15, i en mostren una altra perspectiva, més visual i entenedora.

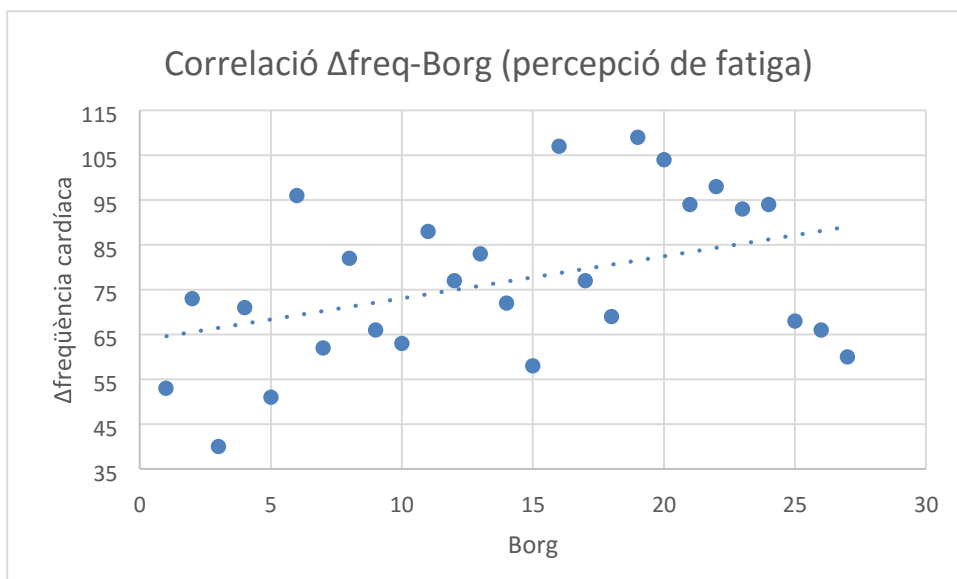


Figura 20. Variació de la freqüència cardíaca en funció de l'escala de Borg. Aquesta gràfica (figura 20) mostra que, com més gran va ser la percepció de fatiga per part dels subjectes estudiats, realment més augment de la freqüència cardíaca al llarg de l'esforç van tenir.



3.6.5. Gràfics Pes-FC-pH

Aquesta gràfica (figura 21) mostra que hi ha una gran correlació entre aquestes dues variables estudiades en aquest treball de recerca. És una relació directament proporcional (si es treballa en valors absoluts), ja que com més pèrdua de pes experimenta un individu, més és el seu descens de pH de l'orina.

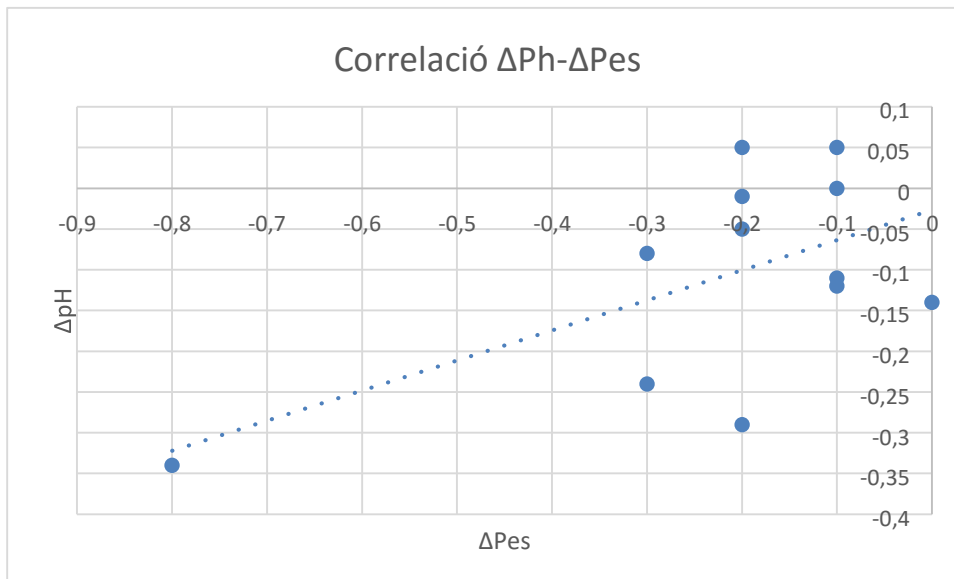


Figura 21. Correlació entre la pèrdua de pes i el descens del pH de la orina.

Aquesta gràfica, reflexa un aspecte que no s'havia tingut en compte a l'hora de confeccionar el protocol i el control de variables de treball. Mostra que possiblement, el descens de pH de l'orina és degut, a part de, com a conseqüència de la producció d'àcid làctic mitjançant la fermentació làctica, també degut a la deshidratació que ha provocat l'esforç, i que s'aprecia en la pèrdua de pes dels individus. Com més pes s'ha perdut, significa que s'ha evaporat més aigua del nostre cos, i per tant, que la orina serà menys diluïda. El fet de que l'orina estigui menys diluïda, fa que el pH d'aquesta sigui més àcid. Per tant, ens hem adonat de que un factor que influeix també en l'acidesa de l'orina és el grau de dilució en aigua, i per tant, també influirà la quantitat d'aigua que s'hagi pogut ingerir durant l'experiment. De cara a millorar aquest treball, hi hauria d'aparèixer una nova variable control, que seria que tots els



individus haurien de haver ingerit la mateixa quantitat d'aigua abans de l'esforç, per tal de que l'orina, estigués diluïda de forma semblant.

3.7 Conclusions

Generals

- El pH de la orina s'acidifica en realitzar exercici físic d'elevada intensitat.
 - La hidratació dels individus influeix molt en el pH de l'orina.
- El descens de pH de la orina és conseqüència de l'àcid làctic format mitjançant la fermentació làctica en condicions anaeròbiques, i de la deshidratació de l'organisme en forma de suor.

Segons el grau d'entrenament

- Els individus que subjectivament perceben més fatiga, experimenten una variació més gran en el pH de la orina, en el pes, i en la freqüència cardíaca.
- Els individus menys entrenats a l'activitat física, pateixen una pèrdua de pes major en realitzar esforços.
- Els individus més entrenats a l'activitat física, tenen la freqüència cardíaca inicial i mitjana més petita, i una menor variació de la freqüència cardíaca en realitzar exercici físic.
- Les persones menys entrenades a l'activitat física presenten major acidificació en el pH de la orina.
- Els individus menys entrenats a l'activitat física, presenten un Índex de Massa Corporal major.



Segons el sexe

- La Freqüència cardíaca en condicions basals és més gran en noies que en nois.
- Els nois presenten major alçada, pes, Índex de Massa Corporal i Superfície Corporal que les noies.
- Els nois fan més activitat física extraescolar que les noies.
- Les noies tenen una alimentació més adherida a la dieta mediterrània que els nois.



4. Bibliografía

Articles:

- MANZANARES, JESÚS. "Interpretación del Análisis Básico de orina en el deportista"
- LÓPEZ, ANTONIO. "Repercusiones renales del ejercicio físico intenso" Málaga, Noviembre de 1997.
- FIRMAN, GUILLERMO. "Fisiología del ejercicio físico"
- Jiménez-Herranz E ; Ramos-Álvarez JJ; Montoya Miñano JJ ; SegoviaMartínez JC; López-Silvarrey FJ; Calderón-Montero FJ "Estudio del equilibrio ácido base durante la realización de un test de campo máximo en futbolistas profesionales". Villanueva de la Cañada.

Pàgines d'Internet:

- INTERMEDICINA. Avances médicos, interés general.
http://www.intermedicina.com/Avances/Interes_General/AIG05.html
[07.08.2015]
- INSTITUTO DE MEDICINA DE CUBA. Adjuntos.
<http://www.imd.inder.cu/adjuntos/article/299/El%20Lactato%20y%20su%20papel%20en%20el%20equilibrio%20acido-base.pdf>
[15.08.2015]
- EF DEPORTES.
<http://www.efdeportes.com/efd149/aproximacionhttp://www.efdeportes.com/efd149/aproximacion-teorica-sobre-la-fatiga-y-el->



[sobreentrenamiento.htmteorica-sobre-la-fatiga-y-el-sobreentrenamiento.htm](#) [04.09.2015]

- ES ACADEMIC. Diccionario medico.
http://www.esacademic.com/dic.nsf/es_mediclopedia/22409/ácido
[26.07.2015]
- WORD REFERENCE. <http://www.wordreference.com/>
[01.06.201512.11.2015]

Fonts Orals:

- Míriam Torres Moreno.
- Cristina Arjonilla Molina.



5. Anexos

TAULA DESPESA ENERGÈTICA EN L'ACTIVITAT FÍSICA

Guia de prescripció d'exercici físic per a la salut (PEFS)
Generalitat de Catalunya, 2007.

Activitat física (AF)	Despesa energètica				Intensitat		Habitual	
	kcal/kg/min	kcal/h	kJ/h	w/m ²	VO ₂ , ml/kg/min	MET	Hores	Kcal
AF basal								
Dormir	0,017	73	306	47	3,5	1,0	8,00	584
AF domèstica i/o laboral								
Estar relaxat	0,018	76	316	49	3,6	1,0	2,00	151
Recolzar-se de costat	0,019	78	326	50	3,7	1,1	2,00	156
Llegir	0,021	89	372	57	4,2	1,2	1,00	89
Menjar assegut	0,021	90	377	58	4,3	1,2	1,00	90
Jugar a cartes	0,021	90	377	58	4,3	1,2	2,00	180
Estar assegut	0,022	92	383	59	4,4	1,2	6,00	549
Parlar	0,025	104	437	67	5,0	1,4	1,00	104
Estar dret	0,025	106	443	68	5,0	1,4	2,00	212
Escriure	0,027	113	474	73	5,4	1,5	4,00	454
Escombrar	0,031	130	545	84	6,2	1,8	2,00	260
Mecanografiar	0,037	155	650	100	7,4	2,1	4,00	622
Rentar plats	0,037	155	650	100	7,4	2,1	1,00	155
Afaitar-se	0,037	156	653	100	7,4	2,1	0,10	16
Conduir un cotxe	0,042	174	729	112	8,3	2,4	1,00	174
Netejar les sabates	0,046	192	803	124	9,1	2,6	0,08	16
Dutxar-se	0,047	199	831	128	9,5	2,7	0,08	17
Vestir-se	0,049	207	866	133	9,9	2,8	0,08	17
Rentar-se	0,050	210	879	135	10,0	2,9	0,20	42
Pintar parets	0,050	210	879	135	10,0	2,9	4,00	840
Conduir una moto	0,051	213	892	137	10,2	2,9	1,00	213
Fer el llit	0,053	222	928	143	10,6	3,0	0,30	67
Fer bricolatge	0,054	228	954	147	10,9	3,1	2,00	456
Netejar els vidres	0,057	239	1000	154	11,4	3,3	2,00	478
Rentar la roba	0,057	240	1004	155	11,4	3,3	1,00	240
Netejar el terra	0,061	256	1069	165	12,2	3,5	1,00	256
Planxar la roba	0,062	258	1081	166	12,3	3,5	1,00	258
Passar l'aspiradora	0,067	281	1177	181	13,4	3,8	0,50	141
Practicar la jardineria	0,067	282	1180	182	13,4	3,8	2,00	564
Treure la pols	0,070	294	1230	189	14,0	4,0	1,00	294
Conduir una bicicleta (14 km/h)	0,100	420	1757	270	20,0	5,7	1,00	420
Baixar escales	0,101	425	1779	274	20,2	5,8	0,02	7
Pujar escales	0,227	953	3989	614	45,4	13,0	0,02	16
Fer un treball de laboratori	0,035	147	615	95	7,0	2,0	6,00	882

Activitat física (AF)	Despesa energètica				Intensitat		Habitual	
	kcal/kg/min	kcal/h	kJ/h	w/m ²	VO ₂ ml/kg/min	MET	Hores	Kcal
AF domèstica i/o laboral (continuació)								
Fer de granger	0,056	235	984	151	11,2	3,2	6,00	1.411
Fer de mecànic	0,060	252	1.054	162	12,0	3,4	6,00	1.512
Fer de fuster	0,065	273	1.142	176	13,0	3,7	6,00	1.638
Fer de pagès (plantar i cavar)	0,069	290	1.213	187	13,8	3,9	6,00	1.739
Fer de paleta	0,070	294	1.230	189	14,0	4,0	6,00	1.764
Fer de pagès (transportar sacs)	0,083	349	1.459	224	16,6	4,7	6,00	2.092
Fer de jardiner	0,086	361	1.511	233	17,2	4,9	6,00	2.167
Treballar amb pic i pala	0,095	399	1.669	257	19,0	5,4	6,00	2.394
Fer de pagès (segar sense màquines)	0,098	412	1.722	265	19,6	5,6	6,00	2.470
Talar arbres i tallar fusta	0,107	449	1.880	289	21,4	6,1	6,00	2.696
AF lleure i/o esport								
Billar	0,026	109	454	70	5,2	1,5	1,00	109
Petanca	0,052	218	914	141	10,4	3,0	2,00	437
Golf	0,070	295	1.234	190	14,0	4,0	3,00	885
Ping-pong	0,071	297	1.241	191	14,1	4,0	1,00	297
Natació	0,071	300	1.255	193	14,3	4,1	1,00	300
Gimnàstica	0,071	300	1.255	193	14,3	4,1	1,00	300
Natació recreativa	0,085	359	1.500	231	17,1	4,9	1,00	359
Bitlles	0,098	412	1.722	265	19,6	5,6	1,00	412
Voleibol	0,101	423	1.770	272	20,1	5,8	1,00	423
Equitació	0,107	449	1.880	289	21,4	6,1	1,00	449
Ballet	0,110	462	1.933	298	22,0	6,3	1,00	462
Esquí aquàtic	0,114	480	2.008	309	22,9	6,5	1,00	480
Tennis	0,115	482	2.017	310	23,0	6,6	1,50	723
Natació estil esquena	0,116	486	2.033	313	23,1	6,6	1,00	486
Natació estil braça	0,119	501	2.095	322	23,8	6,8	1,00	501
Bicicleta	0,121	510	2.134	328	24,3	6,9	3,00	1.530
Basquetbol	0,124	519	2.171	334	24,7	7,1	1,00	519
Natació estil lliure (crol)	0,130	545	2.279	351	25,9	7,4	1,00	545
Futbol	0,133	558	2.333	359	26,6	7,6	1,50	837
Alpinisme	0,141	594	2.485	383	28,3	8,1	1,00	594
Esquí moderat	0,142	596	2.495	384	28,4	8,1	3,00	1.789
Handbol	0,143	600	2.510	386	28,6	8,2	1,50	900
Patinatge	0,143	600	2.510	386	28,6	8,2	1,00	600
Rem	0,143	600	2.510	386	28,6	8,2	1,00	600

Annex 2

Cuestionario KIDMED

Adherencia a la DIETA MEDITERRÁNEA en la infancia	Puntos
Toma una fruta o un zumo natural todos los días.	+1
Toma una 2ª pieza de fruta todos los días.	+1
Toma verduras frescas (ensaladas) o cocinadas regularmente una vez al día.	+1
Toma verduras frescas o cocinadas de forma regular más de una vez al día.	+1
Consume pescado con regularidad (por lo menos 2-3 veces al a semana).	+1
Acude una vez o mas a la semana a un centro de comida rápida (<i>fast food</i>) tipo hamburguesería.	-1
Le gustan las legumbres y las toma más de 1 vez a la semana.	+1
Toma pasta o arroz casi a diario (5 días o más a la semana)	+1
Desayuna un cereal o derivado (pan, etc)	+1
Toma frutos secos con regularidad (al menos 2-3 veces a la semana).	+1
Se utiliza aceite de oliva en casa.	+1
No desayuna	-1
Desayuna un lácteo (yogurt, leche, etc).	+1
Desayuna bollería industrial, galletas o pastelitos.	-1
Toma 2 yogures y/o 40 g queso cada día.	+1
Toma golosinas y/o caramelos varias veces al día	-1

Valor del índice KIDMED

≤ 3: Dieta de muy baja calidad




4 a 7: Necesidad de mejorar el patrón alimentario para ajustarlo al modelo mediterráneo.



≥ 8: Dieta mediterránea óptima

Fuente:

Serra Majem L, Ribas Barba L, Ngo de la Cruz J, Ortega Anta RM, Pérez Rodrigo C, Aranceta Bartrina J. Alimentación, jóvenes y dieta mediterránea en España. Desarrollo del KIDMED, índice de calidad de la dieta mediterránea en la infancia y la adolescencia. In: Serra Majem L, Aranceta Bartrina J, editores. Alimentación infantil y juvenil. Masson; 2004(reimpresión). p. 51-59

	INICIAL	ESCALFAMENT										FREQUÈNCIA PART PRINCIPAL					RECUPERACIÓ			
1	64	73	84	104	107	110	101	107	113	114	117	114	115	93	88					
2	89	113	130	145	144	150	149	155	156	160	158	158	162	146	129					
	82	97	99	106	114	113	115	115	114	118	122	122	122	114	110					
4	73	93	89	119	120	128	135	135	140	138	142	144	140	122	109					
5	106	123	120	139	135	148	153	153	157	157	154	150	156	139	133					
6	90	123	123	140	155	165	169	174	175	180	182	185	186	173	168					
7	98	114	120	124	130	130	139	143	144	152	155	160	157	150	145					
8	111	130	138	157	163	174	178	187	185	187	192	193	193	187	184					
9	102	120	125	145	153	157	161	164	166	162	168	167	166	159	140					
10	73	87	86	111	122	120	123	124	131	134	134	136	136	121	114					
11	77	90	97	129	138	143	145	150	152	161	160	164	165	141	134					
15	85	105	107	124	131	142	150	144	143	148	157	162	160	148	134					
16	65	107	101	120	128	132	134	139	140	143	142	144	148	136	133					
19	108	146	145	157	167	168	169	166	173	170	180	177	176	164	160					
20	135	134	142	147	160	170	181	186	189	190	190	191	192	183	179					
22	69	85	120	139	145	150	152	162	163	167	167	171	176	141	131					
23	98	110	115	133	148	152	158	163	165	168	170	173	175	163	152					
26	67	100	95	123	123	131	126	133	136	134	128	130	129	113	108					
27	74	105	105	141	160	167	172	174	177	179	180	182	183	170	163					
28	83	95	94	119	148	161	165	173	176	181	183	186	187	179	175					
29	80	112	125	145	155	160	160	167	166	170	172	174	172	148	136					
30	88	115	143	153	157	173	178	180	180	182	183	185	186	179	168					
31	65	76	80	112	125	139	142	147	153	153	158	157	157	122	114					
32	102	140	148	166	173	173	185	180	187	187	185	188	196	187	179					
34	124	135	146	166	175	180	182	178	184	187	186	190	192	183	178					
35	59	89	80	109	111	115	110	118	110	117	118	117	125	121	100					
36	84	114	120	121	130	136	135	132	132	144	140	140	143	127	126					

 actius
 sedentaris
 moderats

 noies
 nois

