



**XVI Premi PRBB al millor treball de recerca en  
Ciències de la Salut i de la Vida**

**2021**

**Treball guanyador del 5è premi**

**Trencant el mite: forçant la resposta Fight or  
Flight del sistema nerviós simpàtic per a millorar  
el rendiment esportiu en natació**

**David Pedrós Gámez**

**Tutora: Ester Taló**

**Institut Manuel de Pedrolo (Tàrrrega)**

# TRENCANT EL MITE:

Forçant la resposta Fight or Flight del sistema nerviós simpàtic per a millorar el rendiment esportiu en natació



# ÍNDEX

Introducció.....	3
1. Part teòrica.....	5
1.1. Sistema Nerviós Autònom.....	5
1.1.1. Sistema Nerviós Simpàtic.....	5
1.1.2 Sistema Nerviós Parasimpàtic.....	7
1.2. Glàndula suprarenal.....	8
1.3. Catecolamines.....	9
1.3.1. Efectes de les catecolamines en el metabolisme.....	9
1.3.2. Biosíntesi de catecolamines.....	10
1.4. L'adrenalina.....	10
1.4.1. Adrenalina com a neurotransmissor.....	11
1.4.2. Adrenalina com a hormona.....	11
1.4.3. Adrenalina com a fàrmac.....	12
1.5. Noradrenalina.....	12
1.5.1. Noradrenalina com a neurotransmissor.....	13
1.5.2. Noradrenalina com a hormona.....	13
1.6. Dopamina.....	13
1.6.1. Dopamina com a hormona.....	14
1.7. Casos en què el cos allibera catecolamines.....	14
1.7.1. Els estressors.....	14
1.8. Efectes de l'adrenalina en cos humà.....	15
1.9. Procés d'alliberació d'adrenalina en <i>fight or flight</i> .....	17
1.9.1 Fase inicial.....	17
1.9.2 Fase intermèdia.....	17
1.9.3 Fase final i recuperació.....	17

1.10. Àcid làctic.....	18
1.10.1. Efectes de l'àcid làctic.....	19
1.10.2. Eliminació de l'àcid làctic i el cicle de Cori .....	19
1.10.3. Àcid làctic i adrenalina.....	19
2. Treball de camp.....	20
2.1. Natació.....	21
2.2. Disseny experimental.....	22
2.3. Metodologia a seguir.....	26
2.4. Anàlisi de dades .....	28
2.4.1. Introducció a l'estadística .....	28
2.4.2. Obtenció de resultats .....	29
2.5. Realització i resultats de l'experiment.....	32
2.5.1. Primer bloc de sessions .....	32
2.5.2. Segon bloc de sessions .....	36
2.5.3. Tercer bloc de sessions .....	41
2.5.4. Resultats conjunts de sèries de 50 m amb 10±1" entre l'aigua freda i l'esprint.....	43
Conclusions.....	44
Discussió.....	46
Agraïments.....	48
Fonts d'informació.....	49
Annexos .....	53

# INTRODUCCIÓ

Des que tenia 9-10 anys que practico natació a nivell de competició, tant català com nacional, i sempre m'ha agradat anar més enllà, ja sigui aplicant coneixements de física (lleis de Newton, per exemple) o de biologia que em permetessin entendre què estava passant quan jo nedava, el què m'ha permès progressar de forma més ràpida. En un futur m'agradaria estudiar el doble grau d'INEF i fisioteràpia, per a convertir-me no només en entrenador sinó per a fer ciència en el món de l'esport, fet que em sembla molt interessant i necessari per ajudar a valorar una mica més l'esport d'elit.

Fa poc més d'un any el meu exentrenador em va explicar que havia llegit un estudi que comentava que als EUA alguns nedadors d'elit es llençaven aigua freda just abans de nedar perquè això, segons semblava, feia que el cos alliberés adrenalina i millorava el rendiment en proves curtes.

Vaig parlar-ho amb diferents entrenadors de natació i alguns em van comentar que n'havien sentit a parlar, però no sabien si tenia base científica darrera o era una simple afirmació sense fonament.

El següent que vaig fer va ser buscar articles, ja fossin científics o periodístics, que parlessin del tema o relacionessin l'aigua freda amb qualsevol mena de millora en el rendiment esportiu. Per frustració meva no vaig trobar gran cosa.

Així doncs, com a persona amb esperit científic que em considero i, motivat per la falta d'informació al respecte i la passió com a nedador de fons amb ganes de millorar la seva velocitat, vaig decidir aplicar el mètode empíric en el meu nou problema i començar a fer proves pel meu compte.

Inicialment vaig començar a provar-ho en competicions poc importants i, a poc a poc, vaig anar-ho implementant també en les més importants. En el meu cas vaig millorar la meva marca en tots els casos en què em vaig llençar aigua freda abans de competir, però realment va ser l'augment d'adrenalina el causant d'aquests resultats? I era cosa meva o a tothom li causaria el mateix efecte beneficiós?

Aquestes dues últimes preguntes van acabar d'encendre la meva curiositat i quan havia d'escollir el tema del meu Treball de Recerca vaig decidir, encarar el meu treball en la línia de desmentir o corroborar aquest mite de la natació.

Tot i això la decisió va ser difícil, ja que durant l'any 2020 vaig ser un dels seleccionats per formar part del programa "Bojos per la Nutrició" (programa inclòs dins del programa de "Bojos per la Ciència" impulsat per la Fundació Catalunya-La Pedrera) amb la possibilitat de tenir el meu Treball de Recerca portat per un professional en nutrició de l'Hospital Universitari de Bellvitge.

Finalment em vaig decidir per aquest tema mogut per les meves dues grans passions: la ciència i la natació.

# 1. PART TEÒRICA

## 1.1. SISTEMA NERVIÓS AUTÒNOM

El sistema nerviós autònom (SNA) és l'encarregat d'organitzar i controlar les funcions involuntàries de l'individu com el batec del cor, la respiració o l'alliberament d'hormones. Aquest està compost pel **sistema nerviós simpàtic** (SNS) i pel **sistema nerviós parasimpàtic** (SNP), els quals tenen funcions oposades.

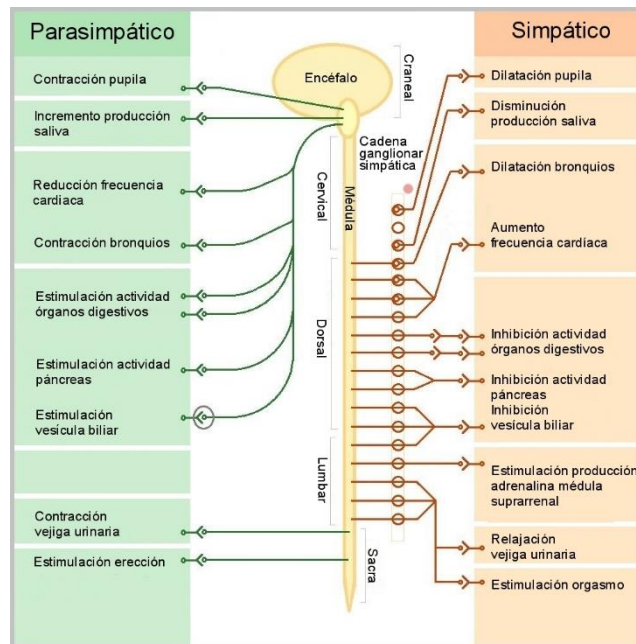


Figura 1: Comparació del SNP i del SNS.

Font: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b0/The\\_Autonomic\\_Nervous\\_System\\_esp.jpg/675px-The\\_Autonomic\\_Nervous\\_System\\_esp.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b0/The_Autonomic_Nervous_System_esp.jpg/675px-The_Autonomic_Nervous_System_esp.jpg)

### 1.1.1. Sistema Nerviós Simpàtic

El SNS és la branca del SNA encarregada tant de la resposta de "lluita o fugida" (*fight or flight*), sobre la qual es profunditzarà més endavant, com de controlar la contracció de músculs llisos i activar la secreció de moltes glàndules de l'organisme, entre les quals hi ha la glàndula suprarenal.

Tot i que sempre té una mínima activació a nivell basal, la seva activitat s'accentua quan ens trobem en una situació d'estrès. Depenent de com sigui aquesta, es donarà una **activació selectiva** o bé una **activació massiva** del SNS.

---

## ACTIVACIÓ SELECTIVA DEL SNS

Aquest tipus d'activació es dona en reflexos locals que es processen en la medulla espinal sense passar, en un primer moment, per centres nerviosos superiors en l'encèfal. Un exemple és el procés de regulació tèrmica a nivell cutani, on es controla la suor i el volum de sang que passa per una zona concreta de la pell mitjançant una vasodilatació local dels capil·lars sanguinis sense afectar a altres òrgans. Cal esmentar que aquest tipus d'activació del SNS només es dona **enfront d'estímuls no dolorosos** com petites variacions de temperatura.

---

## ACTIVACIÓ MASSIVA SNS

L'activació massiva del SNS té lloc quan l'hipotàlem, una regió del cervell que s'encarrega de la producció de diferents hormones, és activat per un **estímul estressant intens** com pot ser trobar un animal perillós, un **descens molt fort de la temperatura** o un canvi extrem i sobtat en la il·luminació. En conseqüència **s'activa la resposta *Fight or Flight***.

La reacció de ***Fight or Flight*** és una resposta del sistema nerviós simpàtic davant d'esdeveniments percebuts com a peril·losos. En aquesta reacció el cos es posa en estat d'alerta, i es prepara per a lluitar o fugir davant aquest esdeveniment. Precisament és aquesta resposta l'encarregada de que, en cas de que l'aigua freda realment benefici al nedadors, això sigui així.

Algunes de les accions són l'augment de la pressió arterial, increment del metabolisme energètic o la redistribució del flux sanguini: l'incrementa en músculs actius i el disminueix en òrgans innecessaris com ara l'aparell digestiu, l'aparell reproductor i altres òrgans activats en la resposta *Rest and Digest*<sup>1</sup>.

Majoritàriament el SNS és un sistema constituït per circuits de tan sols dues neurones: una neurona preganglionar i una de postganglionar. La neurona preganglionar surt del SNC i allibera un neurotransmissor anomenat acetilcolina (ACh) que s'uneix als receptors de la neurona postganglionar provocant que

---

<sup>1</sup> ***Rest and Digest***: Resposta contrària al *Fight or Flight*, regulada pel sistema nerviós parasimpàtic.



alliberi noradrenalina (NA) sobre els diferents òrgans diana com pot ser la musculatura llisa de vasos sanguinis.

No obstant hi ha diverses excepcions en l'anatomia del SNS, com per exemple el circuit d'activació de la glàndula suprarenal. Es tracta d'un sistema compost per tan sols una neurona que allibera ACh (i no NA) sobre receptors nicotínics<sup>2</sup> d'aquesta glàndula que provocaran l'alliberació d'adrenalina. Aquesta excepció és rellevant, ja que si l'activació de la glàndula suprarenal es produís mitjançant NA, en alliberar adrenalina es generaria un bucle de retroalimentació positiva, és a dir que els productes produïts per la reacció són els mateixos que la causen i, per tant, es produeix una reacció en cadena, que mantindria la glàndula sempre activa, ja que la NA i l'adrenalina s'uneixen als mateixos receptors.

### 1.1.2 Sistema Nerviós Parasimpàtic

El SNP és la branca del SNA encarregada de controlar els moviments involuntaris d'òrgans interns en relació amb una resposta fisiològica relacionada amb el "descans i la digestió" (*Rest and Digest*), com ara la micció per part de la bufeta o la correcta motilitat de l'aparell digestiu. A més, estimula la recuperació i acumulació de reserves energètiques de l'organisme.

El SNP és un sistema constituït també per circuits formats per dues neurones. La primera o preganglionar surt del sistema nerviós central (SNC) i allibera ACh que s'uneix als receptors de la segona neurona o postganglionar provocant que alliberi també ACh sobre els receptors dels diferents òrgans diana com poden ser les glàndules salivals.

---

<sup>2</sup> **Receptors nicotínics:** receptors que tenen l'ACh com a neurotransmissor.

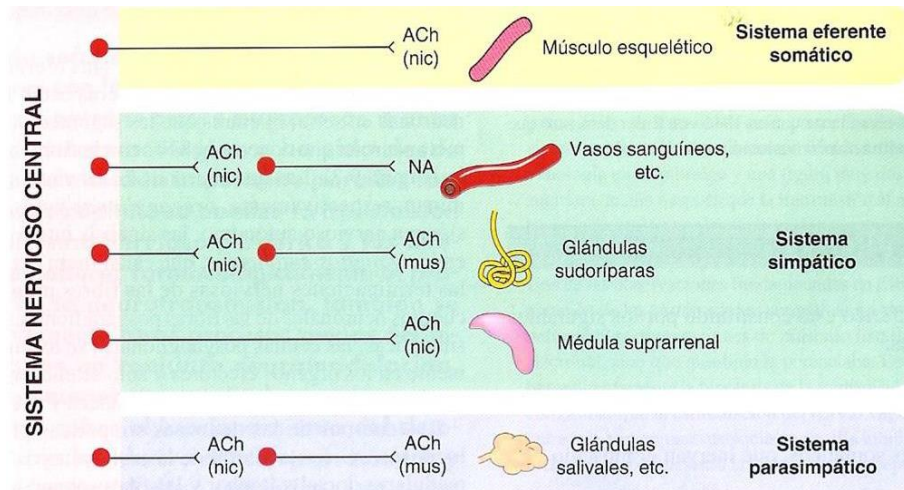


Figura 2: Esquema del Sistema Nervios Central i els seus òrgans diana.

Font: [https://dolopedia.com/uploads/media/3-antonio-jose/estructura\\_extraneural\\_parasimpatica.JPG](https://dolopedia.com/uploads/media/3-antonio-jose/estructura_extraneural_parasimpatica.JPG)

## 1.2. GLÀNDULA SUPRARENAL

Les glàndules suprarenals, o glàndules adrenals, són uns òrgans que formen part del sistema endocrí, sistema encarregat de l'alliberació de les hormones. Estan situades sobre els ronyons, tal com podem veure a la Figura 3. Són les encarregades de regular la resposta a l'estrès mitjançant la síntesi i l'alliberació d'hormones.

Està formada per 2 regions: la medulla suprarenal, que és la que s'encarrega de la síntesi i l'alliberació de catecolamines com l'adrenalina o la noradrenalina, i pel còrtex suprarenal, encarregat de la producció i secreció de glucocorticoides com el cortisol.

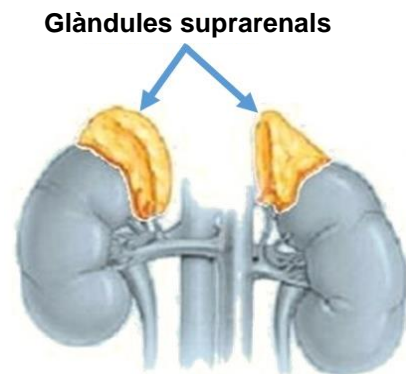


Figura 3: Glàndules suprarenals.

Font: [https://www.yourhormones.com/product\\_images/uploaded\\_images/adrenal-glands-adrenal-gland-zones.png](https://www.yourhormones.com/product_images/uploaded_images/adrenal-glands-adrenal-gland-zones.png)

### 1.3. CATECOLAMINES

Les catecolamines són un grup de molècules que estan formades a partir de l'aminoàcid tirosina i que poden ser sintetitzades tant a la glàndula suprarenal, on duran a terme una funció hormonal quan s'alliberin al torrent sanguini, com a les neurones, on tindran funció de neurotransmissor en el SNC.

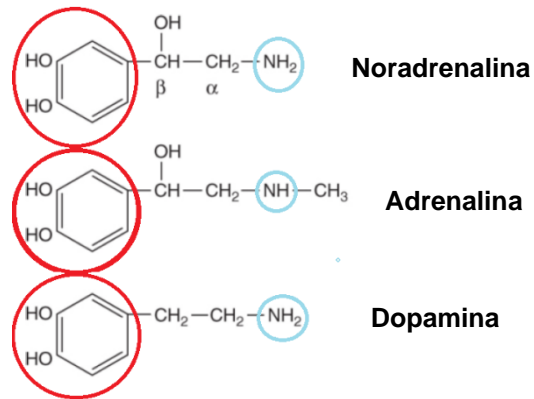


Figura 4: Catecolamines.

Font pròpia

Les catecolamines contenen un grup catecol<sup>3</sup>, encerclat a la Figura 4 en vermell, i un grup amino<sup>4</sup>, encerclat en blau. Inclouen l'**adrenalina**, la **noradrenalina** i la **dopamina**.

Les catecolamines causen, en la majoria dels casos, canvis fisiològics que preparen al cos per a l'activitat física. És per això que les funcions de les catecolamines estan majoritàriament relacionades amb l'estrès.

#### 1.3.1. Efectes de les catecolamines en el metabolisme

A través dels diferents receptors adrenèrgics<sup>5</sup> podem tenir diferents efectes metabòlics. Els principals tenen lloc a nivell d'aquests tres teixits:

- **Teixit hepàtic:** Per una part donen lloc a una inhibició de la síntesi de glicogen, i per altra, a l'activació de la degradació de glicogen –un polisacàrid format per la unió de moltes glucoses- per donar lloc a glucosa. Així doncs, s'incentivaria la síntesi d'aquest monosacàrid.
- **Teixit adipós:** Es dona una activació de la via de degradació d'àcids grassos.

<sup>3</sup> **Grup catecol:** Compost orgànic amb forma molecular  $C_6H_4(OH)_2$

<sup>4</sup> **Grup amino:** Compost inorgànic derivat de l'amoníac amb forma molecular  $NH_2$

<sup>5</sup> **Receptors adrenèrgics:** receptors que tenen l'adrenalina i la noradrenalina com a neurotransmissors.

- **Teixit muscular:** Tenim una situació semblant que al fetge: s'inhibeix la síntesi de glicogen i s'activa la degradació de glicogen per donar lloc a la síntesi de glucosa.

Tot el conjunt de combustibles que venen del teixit hepàtic, múscul o teixit adipós donen lloc a energia que produeix un efecte de contracció en el múscul.

### 1.3.2. Biosíntesi de catecolamines

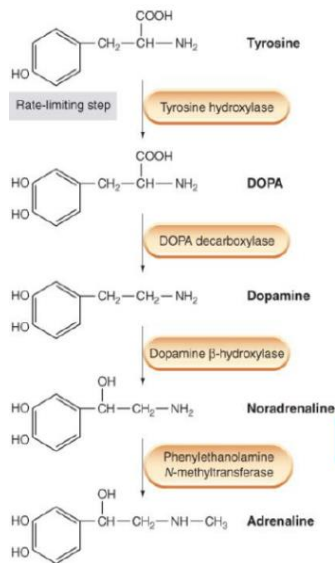


Figura 5: Diagrama biosíntesi catecolamines

Font: [https://ca.wikipedia.org/wiki/Fitxer:Catecholamines\\_biosynthe](https://ca.wikipedia.org/wiki/Fitxer:Catecholamines_biosynthe)

Les catecolamines se sintetitzen mitjançant una ruta enzimàtica que comença amb la tirosina i acaba amb l'adrenalina, o en un dels seus estats intermediaris.

La tirosina, que és un aminoàcid essencial i es troba de manera ubiqua en tot l'organisme, es converteix en DOPA per la tirosina hidroxilasa, la qual s'afegeix el grup OH.

Després la DOPA serà transformada en **dopamina** per la DOPA descarboxilasa.

A continuació l'enzim dopamina β-hidroxilasa introduirà un grup hidroxil (-OH) i convertirà la dopamina en **noradrenalina**.

Finalment la noradrenalina és metilada, s'hi afegeix el grup CH<sub>3</sub>, i es converteix en **adrenalina**.

### 1.4. L'ADRENALINA

L'adrenalina o epinefrina pertany a la família de les catecolamines, és per tant un derivat peptídic soluble que prové de la tirosina. És sintetitzada principalment a la glàndula suprarenal, des d'on s'allibera a la sang i té una funció endocrina. No obstant això, també es forma en algunes neurones adrenèrgiques (aquelles amb receptors adrenèrgics) del sistema nerviós central, on tindrà funció com a neurotransmissor.

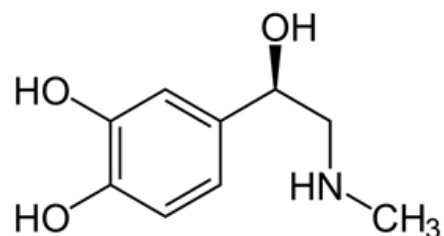


Figura 6: Adrenalina.

Font: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c2/Epinephrine.svg/1920px-Epinephrine.svg.png>

### 1.4.1. Adrenalina com a neurotransmissor

Cal diferenciar les funcions que té l'adrenalina com a neurotransmissor i com a hormona. L'acció de l'adrenalina com a neurotransmissor es troba restringida a algunes parts del SNC, on participa en la regulació de l'activitat global de la ment i l'humor, i no és rellevant en la resposta *Fight or Flight*, ja que la seva activitat no causa ni augmenta els efectes de cap estat d'excitació en l'organisme. És un exemple de com en funció de la localització de l'organisme, una mateixa molècula pot tenir diferents funcions.

Tot i que l'adrenalina pot realitzar la funció de neurotransmissor, aquesta no és especialment rellevant, ja que les neurones que tenen receptors adrenèrgics tendeixen a utilitzar la noradrenalina com a neurotransmissor.

### 1.4.2. Adrenalina com a hormona

En la seva funció com a hormona d'estrès està involucrada en el *Fight or Flight*. En aquest procés l'adrenalina és l'encarregada de fer augmentar la resposta de l'organisme que ha estat iniciada pel SNS.

Tot i que el SNS és el que inicia l'estat d'excitació, aquest no aconsegueix arribar a tots els músculs i òrgans, ja que les seves neurones arriben únicament a certs punts estratègics. Això augmenta la importància de l'adrenalina com a hormona perquè viatjant a través de la sang pot arribar a totes les parts del cos com a músculs i òrgans on el SNS no innerva, com és el **teixit muscular esquelètic** (el teixit muscular involucrat en l'activitat física).

Així doncs l'adrenalina no és l'encarregada de tensar el cos, d'això se n'encarrega el SNS, sinó de fer que l'activitat física realitzada sigui més explosiva i més forta. Aplicant això al nostre treball, l'adrenalina podria ser la que faria que el nedador competís a una mica més del seu 100%. Més endavant s'entrarà més en detall sobre els efectes de l'adrenalina sobre l'organisme.

Cal mencionar, però, que l'adrenalina té un efecte molt immediat. Tanmateix, tot i ser l'hormona per excel·lència del SNS té una vida en sang molt més curta que les altres catecolamines.

## EMMAGATZEMATGE DE L'ADRENALINA COM A HORMONA

Un cop sintetitzada, l'adrenalina s'emmagatzema a les glàndules suprarenals, concretament a la medul·la d'aquestes, per tal de poder ser ràpidament alliberada quan faci falta. És important que ja estigui sintetitzada perquè permet a l'organisme proporcionar respostes molt més ràpides i amb un consum d'energia més baix que si s'hagués de sintetitzar la biomolècula al moment.

### 1.4.3. Adrenalina com a fàrmac

Tot i que principalment l'adrenalina és sintetitzada dins el cos humà, tal com hem vist anteriorment, també pot ser sintetitzada de forma artificial en laboratoris fent servir tècniques de bioenginyeria. Aquesta adrenalina s'utilitza com a tractament de xoc en casos greus on és necessària una forta estimulació d'òrgans com el cor o els pulmons per tal que recuperin les seves funcions.

Alguns exemples de casos en què es fan servir injeccions d'adrenalina són els següents:

- Espasmes de les vies aèries en atacs aguts d'asma.
- Alleujament ràpid i provisional davant de reaccions al·lèrgiques greus, siguin causades per fàrmacs o per altres substàncies.
- Parada cardíaca i reanimació cardiopulmonar.
- Tractament d'emergència d'un xoc anafilàctic.

## 1.5. NORADRENALINA

La noradrenalina o norepinefrina és una biomolècula que, com l'adrenalina, podem trobar tant en el sistema endocrí com en el sistema nerviós, principalment en el SNS. Així doncs, també tindrà una doble funció: d'hormona en el sistema endocrí i de neurotransmissor en el sistema nerviós.

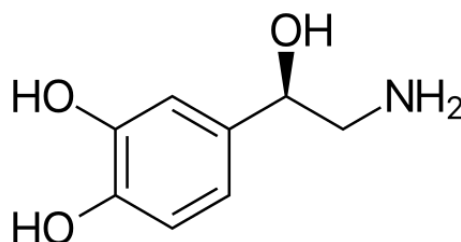


Figura 7: Noradrenalina.

Font: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/58/Norepinephrine.svg/450px-Norepinephrine.svg.png>

### 1.5.1. Noradrenalina com a neurotransmissor

A diferència de l'adrenalina, la funció principal de la noradrenalina és com a neurotransmissor, on exerceix el seu rol principal en les sinapsis postganglionars del SNS, tal com s'ha explicat anteriorment. Els receptors adrenèrgics d'aquestes últimes poden ser de dos tipus, receptors  $\alpha$ -adrenèrgics i receptors  $\beta$ -adrenèrgics.

Entre les funcions que realitza en la seva tasca com a neurotransmissor trobem la regulació de l'estat d'alarma i, en actuar sobre l'hipotàlem, vasoconstricció i un augment de la pressió sanguínia que afavorirà en una possible lluita o fugida. Així doncs, es pot veure que la funció de neurotransmissor de la noradrenalina sí que està relacionada amb la resposta *Fight or Flight*.

La noradrenalina és el neurotransmissor típic del sistema noradrenèrgic (part del sistema nerviós format per neurones amb receptors noradrenèrgics). Un cop sintetitzada, s'emmagatzema en vesícules que seran alliberades quan la neurona en la qual es troben rebi un estímul.

### 1.5.2. Noradrenalina com a hormona

Tot i que la seva funció principal no és la d'hormona, la noradrenalina realitza aquesta funció quan és secretada a la sang per la glàndula suprarenal davant de situacions en què s'activa el SNS per a proporcionar una resposta de *Fight or Flight*. En la seva funció com a hormona la noradrenalina s'encarrega conjuntament amb l'adrenalina de proporcionar una resposta eficaç davant d'un possible perill, més endavant es veurà que són aquests "perills" (també coneguts amb el nom d'**estressors**).

## 1.6. DOPAMINA

Tot i que la funció per excel·lència de la dopamina és la de neurotransmissor, aquesta catecolamina té també, com l'adrenalina o la noradrenalina, una funció hormonal.

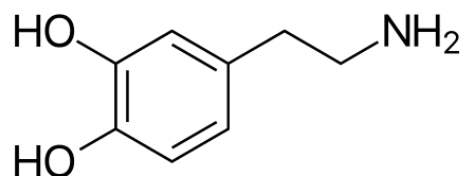


Figura 8: Dopamina.

Font: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2f/Dopamine.svg/450px-Dopamine.svg.png>

És produïda a diferents àrees del cervell. Les neurones de l'hipotàlem s'encarreguen de sintetitzar-la i, en la seva funció com a hormona, d'alliberar-la a la sang.

### 1.6.1. Dopamina com a hormona

En la funció d'hormona d'aquesta catecolamina s'utilitza en dosis molt petites (entre 2 i 5 µg/kg/min) amb finalitats mèdiques per a dilatar els vasos sanguinis. Uns nivells alts de dopamina a la sang també augmentaran el flux sanguini dels ronyons, resultant això en un efecte diürètic: es passa de 5 ml/kg/hr a 10 ml/kg/hr. S'ha observat que el cos allibera dopamina en certs casos, com pot ser una **immersió llarga** (una hora) en aigua freda a 14 °C.

## 1.7. CASOS EN QUÈ EL COS ALLIBERA CATECOLAMINES

Tal com s'ha mencionat a l'apartat anterior, la dopamina és alliberada des de les neurones dels nuclis acurats de l'hipotàlem. Per altra banda, l'adrenalina i la noradrenalina s'alliberen de la medulla adrenal de les glàndules suprarenals com a resposta a un impuls del SNS que s'activa davant de situacions que són interpretades com a amenaça o perill, aquestes situacions són comunament anomenades **estressors**.

### 1.7.1. Els stressors

Un estressor és qualsevol agent químic o biològic, condició ambiental o estímul extern que l'organisme **considera** causant d'estrès i per tant activa el SNS. És a dir, pot ser que un estímul que és un estressor per al 99% de la població no ho sigui per a una petita part perquè l'organisme d'aquesta no interpreta l'estímul com a causant d'estrès, per raons X com ara que s'hi hagi acostumat i el cos no el considera un causant d'estrès. Òbviament també pot passar a la inversa i que una persona tingui un estressor "personal".

---

#### TIPUS D'ESTRESSORS

Alguns dels tipus més comuns d'estressors són els següents:

- Factors ambientals

Ex: Augment o descens sobtats de la temperatura, sons molt forts o un canvi sobtat en la il·luminació.



- Esdeveniments diaris

Ex: Trobar un animal perillós, competir en un esdeveniment esportiu important, no trobar el mòbil quan ens ficar la mà a la butxaca o estar fent una activitat física intensa.

- Grans canvis en la vida del dia a dia

Ex: Passar per un divorci o la mort d'un ésser estimat.

- Estressors Químics

Ex: Drogues

Tot i això, també hi ha altres situacions o condicions mèdiques en les quals la concentració d'adrenalina en sang pot augmentar. Algunes d'aquestes condicions poden ser la presència d'un tumor en la medulla suprarenal (*Pheochromocytoma*), un infart de miocardi o una hiperglucèmia intensa. A més, tal com podem veure en el següent gràfic, els nivells d'adrenalina en sang en situacions en què s'està realitzant un exercici físic varien molt en funció de com sigui d'intens aquest exercici.

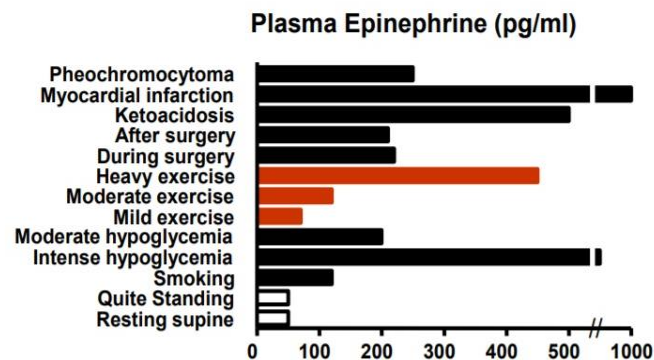


Figura 9: Gràfic d'adrenalina a la sang en diferents situacions

Font: [https://basicmedicalkey.com/wp-content/uploads/2016/06/m\\_bar\\_ch20\\_f004.png](https://basicmedicalkey.com/wp-content/uploads/2016/06/m_bar_ch20_f004.png)

## 1.8. EFECTES DE L'ADRENALINA EN COS HUMÀ

Tal com s'ha mencionat anteriorment, l'adrenalina és l'hormona per excel·lència encarregada de la resposta de "lluita o fugida". Per tal que les nostres habilitats de supervivència estiguin al seu 100% hem d'utilitzar algunes de les reserves del nostre cos i posar els nostres "motors" a treballar al màxim.

Per tant, un cop l'adrenalina arriba al fetge, les reserves de glicogen hepàtic<sup>6</sup> es mobilitzaran, augmentant així la concentració de glucosa en sang, principal font d'energia en exercicis intensos. Ara bé, per tal que les cèl·lules puguin realitzar correctament el cicle de Krebs<sup>7</sup>, i obtenir així energia en forma d'ATP -molècula d'alt valor energètic que serveix com a combustible per les contraccions musculars i altres processos fisiològics- per a la cèl·lula, l'O<sub>2</sub> és gairebé igual de necessari que la glucosa. Així doncs la freqüència respiratòria també augmentarà per satisfer la possible necessitat d'un excés d'oxigen de les cèl·lules, augmentant-ne els nivells en sang.

Per tal que tots aquests metabòlits puguin arribar a la musculatura i a l'encèfal el més ràpid possible també augmentarà la freqüència cardíaca i la pressió sanguínia.

Pel que fa a les accions gastrointestinals: es disminuirà el to, la motilitat i la secreció gàstrica i intestinal, aturant així el procés de la digestió; en una situació de vida o mort no ens interessarà tant que el nostre cos estigui consumint energia en fer la digestió com que ho faci per a generar respostes de forma més ràpida i les pugui executar de forma més explosiva.

Finalment també es dilataran les pupil·les per tal que puguem captar millor els estímuls visuals.

Així doncs, sintetitzant, alguns dels efectes de l'adrenalina en el nostre cos són els següents:

- Mobilitza les reserves de glicogen hepàtic.
- Augmenta els nivells de glucosa en sang.
- Augmenta la freqüència cardíaca i la pressió arterial.
- Relaxa i dilata les vies respiratòries.
- Augmenta la freqüència respiratòria.
- Frena el moviment intestinal.

---

<sup>6</sup> **Glicogen hepàtic:** Glicogen emmagatzemat al fetge, és la principal font de glucosa sanguínia.

<sup>7</sup> **Cicle de Krebs:** procés catabòlic que es realitza a l'interior de la cèl·lula en el què es consumeix glucosa i oxigen i s'obté diòxid de carboni, aigua i energia.

## 1.9. PROCÉS D'ALLIBERACIÓ D'ADRENALINA EN *FIGHT OR FLIGHT*

De cara a poder saber com funciona l'alliberament d'adrenalina, s'han de tenir en compte les diferents etapes per les quals passa el cos davant d'una situació de *Fight or Flight* en la què s'allibera adrenalina.

### 1.9.1 Fase inicial

Aquesta fase comença en el moment en què el cos entra en contacte amb l'estressor i s'acaba quan l'adrenalina ha arribat a tots els òrgans diana, no pas en el punt que l'adrenalina arriba al seu punt màxim.

### 1.9.2 Fase intermèdia

En aquesta segona fase el cos està "lluïtant o fugint". Extrapolant-ho al cas concret d'aquest treball, seria la fase en la qual el nedador està competint. Comença amb l'arribada de l'adrenalina als òrgans diana i s'acaba quan l'adrenalina arriba a la seva vida mitjana en sang<sup>8</sup>.

Se sap que la vida mitjana en sang de l'adrenalina és d'entre 2 i 3 minuts.

### 1.9.3 Fase final i recuperació

En la fase final del procés la concentració d'adrenalina en sang acaba de disminuir i es passa del *Fight or Flight* al *Rest and Digest*. La durada d'aquest procés depèn molt de diferents factors, com ara del tipus d'activitat que s'estigui realitzant durant aquesta fase. En aquesta etapa també hi ha un període d'esgotament a causa del sobreesforç físic realitzat.

---

## ELIMINACIÓ D'ADRENALINA I NORADRENALINA EN SANG

Després d'una activació massiva del sistema nerviós simpàtic i d'una resposta del *Fight or Flight* hi ha un excés d'adrenalina i noradrenalina en sang que s'ha d'eliminar conjuntament amb els efectes que causen aquestes.

El nostre metabolisme pot realitzar aquesta neteja per dues vies diferents:

- Eliminació pel sistema renal: L'adrenalina, igual que moltes altres substàncies tòxiques o perjudicials per al cos humà, pot ser eliminada de

---

<sup>8</sup> **Vida mitjana en sang d'una substància**: Temps que tarda a disminuir al 50% la concentració en sang d'una substància i, per tant, en el que té més efecte.

l'organisme a través dels ronyons. No obstant això, aquest procés és bastant lent. De mitjana els ronyons humans tarden uns 50 minuts a depurar tota la sang del cos.

- Resposta compensatòria del sistema nerviós parasimpàtic: Tot i que es desconeix ben bé com funciona aquesta resposta compensatòria se sap de la seva existència.

Aquesta consisteix en una resposta massiva del sistema nerviós parasimpàtic per tal de contrarestar els efectes causats per l'activació, també massiva, del sistema nerviós simpàtic.

Un exemple d'una resposta compensatòria exagerada per part del sistema nerviós parasimpàtic seria la relaxació exagerada dels esfínters anals davant d'un espant o un sobresalt, la qual sovint causa un escapament de femta o de gasos.

## 1.10. ÀCID LÀCTIC

Tal com abans s'ha parlat del cicle de Krebs com a font d'obtenció d'energia, les nostres cèl·lules del teixit muscular esquelètic poden també obtenir energia a partir de la glucosa mitjançant un procés anaeròbic anomenat **fermentació làctica**.

En el cos humà aquest procés es dona només quan s'està realitzant un sobreesforç físic, com podria ser una lluita o una fugida, i el cos va mancat d'oxigen. A més de no fer servir oxigen, aquest procés permet obtenir energia de forma molt més ràpida, tot i que també menys eficient.

Una altra diferència molt important entre el cicle de Krebs i la fermentació làctica són els productes finals de la reacció. Mentre que en respirar una glucosa s'obtenen 6 CO<sub>2</sub>, 6 H<sub>2</sub>O i 36 ATP, en la fermentació làctica s'obtenen 2 molècules d'àcid làctic i 2 ATP.

Aquest tipus de procés catabòlic també es dona quan determinats microorganismes inicien la fermentació de la lactosa de la llet, d'aquí prové el seu nom.

### 1.10.1. Efectes de l'àcid làctic

En tractar-se d'un àcid, si la seva concentració augmenta, provoca un canvi de pH en l'interior de les cèl·lules del teixit muscular, produint-se així l'acidificació de les fibres musculars.

Aquest canvi d'acidesa fa baixar el pH cel·lular i inhibeix alguns dels enzims que intervenen en la glicòlisi<sup>9</sup>, impedit així que les cèl·lules obtinguin energia i provocant la fatiga muscular i l'impediment de la contracció dels músculs.

Durant molt de temps s'ha associat el fenomen de les agulletes amb la precipitació d'àcid làctic als músculs. Ara bé, les persones que no generen àcid làctic també les pateixen, cosa que ha fet que es descartés aquesta teoria.

Així doncs, les recents evidències científiques i la teoria més acceptada actualment entre la comunitat fisioterapèutica afirmen que les agulletes són causades per ruptures de les microfibrilles musculars.

### 1.10.2. Eliminació de l'àcid làctic i el cicle de Cori

Un cop s'ha produït el lactat, entra en joc el **cicle de Cori**. En aquest procés l'àcid làctic passa del múscul a la sang i, després, al fetge, on pateix un procés anabòlic pel qual es converteix en piruvat o glucosa aprofitable.

No obstant això, aquest procés només es dona en condicions aeròbiques, per això és tan important la recuperació activa en un entrenament esportiu en què hi ha hagut un treball intens.

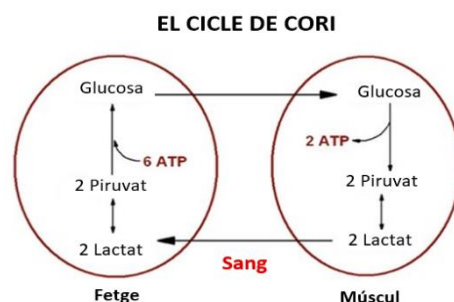


Figura 10: Cicle de Cori.

Font pròpia

### 1.10.3. Àcid làctic i adrenalina

Diferents estudis realitzats per la Societat catalana de Biologia de l'Institut d'Estudis Català demostren que la presència d'adrenalina a la sang causa un augment en els nivells d'àcid làctic de la sang.

<sup>9</sup> **Glicòlisi:** Via metabòlica per la qual una molècula de glucosa és oxidada fins dues molècules de piruvat, el substrat inicial del cicle de Krebs i de la fermentació làctica.

## 2. TREBALL DE CAMP

Un cop recollida la informació del marc teòric es prenen els següents punts de partida per a formular una hipòtesi i, a partir d'aquesta, tota la part pràctica:

- Tal com s'ha vist a l'estudi de P. Huttunen, H. Rintamäki i J. Hirvonen. *Effect of regular winter swimming on the activity of the sympathoadrenal system before and after a single cold water immersion*

Disponible a: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10751106/>.

**Immersiones en agua a menys de 14 °C causen un augment dels nivells d'adrenalina a la sang.**

- En la review de Tiina Pääkkönen i Juhani Leppäluoto. *Cold exposure and hormonal secretion: A review.*

Disponible a:

<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3402/ijch.v61i3.17474>

**S'exposa que exposicions a estímuls freds causen un alliberament d'adrenalina a la sang.**

- Els estressors provoquen una activació de la resposta *Fight or Flight*, que causa una millora en el rendiment físic i una major activació dels sentits.
- La vida mitja de l'adrenalina en sang és d'entre 2 i 3 minuts.

A partir dels punts de partida anteriors es formula la següent hipòtesi:

Segurament si ens llencem voluntàriament aigua freda per sobre, podem arribar a "enganyar" el nostre SNS per tal que activi una resposta *Fight or Flight*, alliberant així adrenalina en el nostre organisme. En l'àmbit de l'esport, potser si fem això just abans de competir, es pot arribar a millorar el rendiment esportiu.

La natació sembla l'esport perfecte per a comprovar aquesta hipòtesi perquè, al ser un esport contrarellotge, el rendiment és molt objectiu i el fet d'estar moll en el moment de competir no perjudicarà perquè es competeix dins de l'aigua.

Així doncs reformulant la hipòtesi al món de la natació queda de la següent forma:

**Segurament si un nedador es llença aigua freda just abans de nedar, l'acció de l'adrenalina farà millorar el rendiment en proves curtes, com ara els 50 m i els 100 m, que tenen una durada d'uns 30 i 60 segons respectivament.**

## 2.1. NATACIÓ

Un dels aspectes més importants de la natació és la tècnica, sobre la qual estan centrats els entrenaments dedicats a nedadors que estan en l'etapa primerenca de l'esport. Un cop el nedador arriba als 15 o 16 anys es considera que ja ha assolit uns nivells òptims de tècnica, i els entrenaments passen a tenir com a objectiu principal la millora de la força i la resistència dins del medi aquàtic. Això, sumat al fet que la gran majoria dels nedadors en aquesta última etapa entrenen un mínim de 10 hores setmanals, fa que arribi un punt en què un nedador ha d'entrenar molt més dur que abans per millorar unes quantes centèsimes de segon en una prova de 50 m.

La progressió d'un nedador és comparable a la que han patit les motos en el món del motociclisme en els últims temps, quan ha arribat un moment en què els motors estan tan desenvolupats i els resultats en competició tan ajustats que un petit avantatge, com ara l'aerodinàmica, la duresa dels pneumàtics o un gir en una corba, pot resultar en una superioritat significativa d'un pilot sobre els seus rivals. En els dos casos una petita fracció de segon pot marcar la diferència entre la victòria i la derrota.

Un bon exemple d'aquest fenomen van ser els 50 m crol del mundial de natació que es va disputar l'any 2011 a Xangai, on els primers 21 nedadors es van portar menys de 0,4 segons i els primers 3 es van fer exactament el mateix temps.

Rank	Heat	Lane	Name	Nationality	Time
1	14	4	César Cielo	Brazil	22.03
1	15	4	Nathan Adrian	United States	22.03
1	15	8	George Bovell	Trinidad and Tobago	22.03
4	16	8	Adam Brown	Great Britain	22.08
5	15	2	Krisztián Takács	Hungary	22.15
5	16	5	Stefan Nystrand	Sweden	22.15
7	15	1	Sergey Fesikov	Russia	22.16
7	16	1	Marco Orsi	Italy	22.16
9	16	6	Matthew Abood	Australia	22.17
10	15	3	Alain Bernard	France	22.19
11	16	2	Gideon Louw	South Africa	22.21
12	15	6	Luca Dotto	Italy	22.25
13	14	5	Bruno Fratus	Brazil	22.26
14	15	7	Matt Targett	Australia	22.31
15	16	7	Roland Schoeman	South Africa	22.32
16	14	3	Andrey Grechin	Russia	22.33
17	15	5	Brent Hayden	Canada	22.34
17	13	1	David Dunford	Kenya	22.34
19	14	8	Dominik Kozma	Hungary	22.36
20	16	3	Cullen Jones	United States	22.37
21	16	4	Frédéric Bousquet	France	22.38

Figura 11: Classificació eliminatòries de 50 m crol de la "2011 World Aquatics Championship"

Font: [https://en.wikipedia.org/wiki/Swimming\\_at\\_the\\_2011\\_World\\_Aquatics\\_Championships\\_%E2%80%93\\_Men%27s\\_50\\_metre\\_freestyle](https://en.wikipedia.org/wiki/Swimming_at_the_2011_World_Aquatics_Championships_%E2%80%93_Men%27s_50_metre_freestyle)

## 2.2. DISSENY EXPERIMENTAL

Abans de començar a fer les experiències pràctiques és important definir unes quantes variables que es mantindran constants durant tot l'experiment:

### TEST:

Un aspecte molt important que es va haver de tenir en compte va ser la recuperació dels nedadors durant el test; tant pel cansament que suposa fer esprints al 100% de la seva capacitat física, com pels nivells d'adrenalina en sang. Hagués sigut absurd que els nedadors que es llencessin aigua freda i fessin la prova control immediatament després, perquè la quantitat d'adrenalina que tindria al seu sistema circulatori seria molt superior a l'habitual en una situació de *Rest and Digest*, així com el nivell de cansament dels atletes. A més també s'ha de "netejar" l'àcid làctic que s'haurà generat a causa dels alts nivells d'adrenalina i de l'exercici anaeròbic realitzat.

Aquests tres factors van portar a dissenyar un test amb una recuperació activa de 400 m crol, que permetia reduir els nivells d'àcid làctic sanguinis, i a ficar una diferència mínima de 15 minuts entre sèrie forta i sèrie forta.

Així doncs el test va quedar de la següent manera:

Taula 1: Esquema del test que es realitzarà a la part pràctica.

Grup A	Grup B
Esprint 100% sense estímul aigua freda 400 m recuperació	Esprint 100% amb estímul aigua freda 400 m recuperació
Esprint 100% amb estímul aigua freda 400 m recuperació	Esprint 100% sense estímul aigua freda 400 m recuperació
Esprint 100% sense estímul aigua freda 400 m recuperació	Esprint 100% amb estímul aigua freda 400 m recuperació
Esprint 100% amb estímul aigua freda	Esprint 100 % sense estímul aigua freda

Més endavant s'explicarà de quina distància es va fer cada esprint, així com l'estil que es va escollir per a aquests i la informació pertanyent a cada grup.



---

## GRUPS

Per tal de poder estudiar amb el menor error experimental possible la influència de l'aigua freda en la marca final dels esprints, es van dividir els nedadors en dos grups, A i B, els quals es van mantenir durant tot l'experiment. Els dos grups tenien un nombre similar de nedadors. Normalment, per motius de temps, cada nedador havia de fer els esprints amb una o dues persones més. Així doncs, dins de cada grup, els voluntaris estaven agrupats en subgrups de dos o tres amb nivells diferents, per tal d'evitar la competició entre nedadors de nivell similar, ja que en el món de l'esport el rendiment acostuma a augmentar quan l'esportista es creu amb possibilitats reals de guanyar al rival.

En la primera sessió els nedadors del grup B es van llençar aigua freda per sobre en el 1r i en el 3r esprint, mentre que el 2n i el 4t servien de prova control, i els nedadors del grup A ho van fer a la inversa, tal i com mostra la Taula 1.

En la següent sessió aquest ordre es va invertir, així doncs les persones que formaven part del grup B es van haver de llençar aigua freda en el 2n i 4t esprint i, les que formaven part del grup A, en el 1r i en el 3r.

---

## AIGUA FREDA:

L'aigua freda utilitzada durant l'experiment estava entre 13 i 14 °C, temperatura a la qual s'havien realitzat altres estudis que relacionaven un estímul d'aigua freda amb l'augment de l'adrenalina. Aquesta temperatura va ser escollida com a òptima per aquest treball, ja que a menys temperatura s'allibera la mateixa quantitat d'adrenalina (per un fenomen de saturació) i l'estímul és més violent per l'organisme. A més temperatura no s'allibera tanta adrenalina.

---

## ESCALFAMENT:

Tal com s'ha comentat abans, en explicar que els grups estaven dissenyats per a evitar que els nedadors poguessin competir entre ells, en tot moment es va fer molta èmfasi en evitar variables que poguessin distorsionar el resultat. Així doncs, per tal d'evitar que l'escalfament anterior al test pogués alterar els resultats finals, es va decidir dissenyar tant el test com l'escalfament i mantenir-los iguals en totes les rèpliques de l'experiment.

M'agradaria mencionar que, ja que el disseny d'un entrenament complet de natació no entrava dins de la matèria d'estudi d'aquest treball, a l'hora de dissenyar l'escalfament i el test vaig comptar amb l'ajut de Joan Lluís Mas Aguilar, entrenador superior de natació i actual entrenador del Natació Club Torelló, i amb el d'Antoni Comas López, exresponsable del programa de detecció i seguiment de promeses de la Federació Catalana de Natació (FCN), entrenador itinerant de la mateixa FCN i màster en alt rendiment esportiu pel Comitè Olímpic Espanyol. Finalment l'escalfament va quedar de la següent forma:

600 m lliure

3 x

- 6 x 50 m
  - 1r bloc: peus
  - 2n bloc: control tècnica (nedant tènicament bé)
  - 3r bloc: sèries progressives de la 1 a la 6 canviant ritme de 2 en 2.

2 x 100 m sortides viratges i arribades fortes

2 esprints de 25m amb sortida des de dalt del trampolí

200 m Recuperació

Els primers 600 m lliures tenen com a objectiu començar a agafar sensacions dins el medi aquàtic i escalfar la musculatura.

A continuació es fan 3 blocs de 6 sèries de 50 m:

En el primer d'aquest es fa un treball de peus, els quals són una part important de la prova en una competició.

A continuació es fa un treball on s'emfatitza la tècnica. Tal com hem mencionat abans, la natació és un esport molt tècnic i, per tant, cal tenir-la clara abans de llençar-se a competir.

En l'últim d'aquests blocs es comencen a fer sèries a ritme més fort per tal d'habituar la musculatura al treball que vindrà a continuació.

Seguidament es fan 2 sèries de 100 m en les què es treballa el temps de reacció i la velocitat en els viratges i les arribades, 3 ítems tècnics amb molta importància en proves curtes com són els 50 m i els 100 m. Un cop fets aquests treballs es fan 2 esprints de 25 m per tal d'acabar de ficar el cos a to. Per últim, es fa una recuperació activa de 200 m suaus abans de començar el test.

---

#### ESPRINTS:

Per tal de poder evitar variables, tots els esprints es van fer de crol, estil "base" que s'acostuma a fer servir en natació per a fer els treballs de caràcter general, com ara els de resistència.

Pel que respecta al metratge de les proves, tenint en compte que la vida mitjana de l'adrenalina en sang és d'entre 2 i 3 minuts, les proves que entrarien en aquesta franja de temps, són els 50, els 100 i els 200 m de qualsevol estil. Ara bé, si s'agafa el pitjor dels casos, en el que la vida mitjana no passa dels 2 minuts, i tenint en compte que la majoria dels nedadors que realitzen el test no baixen de 2 minuts en la prova de 200 m crol, les proves es redueixen només a 50 i 100 m. Així s'assegura que la concentració d'adrenalina en sang és el més alta possible.

Així doncs les proves inicialment seleccionades van ser els 50 i els 100 m de crol. Tot i que, tal com veurem més endavant, al final es van eliminar els 100 ja que no es van obtenir resultats satisfactoris significatius.

---

#### CRONOMETRATGE:

En un cas ideal la presa de marques del test s'hauria realitzat mitjançant un sistema de cronometratge automàtic amb plaques i cronòmetres digitals, com es veu a la Figura 12, per tal d'aconseguir unes marques precises d'acord amb les fetes pels nedadors.

Com que aquest tipus de cronometratge no és possible en aquest treball degut a limitacions tècniques, el cronometratge es realitzarà de forma manual.



Figura 12: Diferents elements del cronometratge automàtic en natació.

Font: [https://resize.hswstatic.com/w\\_259/gif/olympic-timing-13.jpg](https://resize.hswstatic.com/w_259/gif/olympic-timing-13.jpg)

Per intentar contrarestar la poca exactitud que pot portar aquest mètode, la presa de marques dins d'un mateix grup la realitzarà sempre l'entrenador de l'equip i es faran múltiples rèpliques de l'experiment. Aquestes rèpliques també permetran reduir l'efecte d'altres possibles variables no controlables en l'experiment, com ara l'actitud dels nedadors.

## 2.3. METODOLOGIA A SEGUIR

### MATERIALS NECESSARIS:

- Nevera portàtil
- Ampolles d'1,5 L
- Aigua (pot ser de l'aixeta)
- Cronòmetre
- Taula 1 dels Annexos
- Termòmetre per l'aigua (Analògic o digital)
- Ampolles de 0,5 L (si tenen el coll ample aniran millor)
- Congelador
- Bolígraf

### MATERIALS OPCIONALS<sup>10</sup>:

- Tovallola
- Xancles
- Càmera
- Trípod per la càmera

### PROCEDIMENT:

1. Amb un mínim de 48 hores d'antelació respecte de la sessió pràctica, s'omplen fins a la meitat les ampolles d'1,5 L i es col·loquen estirades al congelador (el fet de col·locar-les estirades al congelador permetrà després tenir més superfície de contacte amb el gel i, per tant, refredarà més ràpid l'aigua).
2. Un cop es va a fer la sessió, es tanquen les ampolles dins de la nevera portàtil Això permetrà que aguantin congelades més de 10 hores.



Figura 13: Termòmetre digital per piscines a dalt i termòmetre d'alcohol també per a piscines a baix.

Font Pròpia

<sup>10</sup> **Materials opcionals:** Aquest materials no són necessaris per a realitzar la part pràctica però la facilitaran o aportaran comodat a la persona que l'estigui fent.

3. Un cop a la piscina a la qual s'ha de realitzar la sessió es prenen les següents mesures:
  - Temperatura ambient de la piscina
  - Temperatura de l'aigua de la piscinaAquestes mesures serviran per a descartar l'experiment en cas que s'allunyessin molt de la majoria de temperatures en les altres sessions.
4. A continuació, s'anoten aquestes dades a la franja superior de la Taula 1 dels annexos i s'omplen també les altres dades que quedin per a completar.
5. Després s'omple la nevera portàtil amb la mateixa aigua de la piscina i s'hi fiquen les ampolles congelades d'1,5 L (si es pot és millor destapar-les i deixar que l'aigua hi entri per accelerar el procés de refredament).
6. Amb el termòmetre es va controlant la temperatura de l'aigua de la nevera. Un cop baixi fins als 13-13,5 °C es treu el gel i es tapa la nevera. Aquesta temperatura no pujarà més d'1 °C durant l'hora i mitja que quedarà en aquest moment de la sessió i, per tant, estarà a uns 14 °C en el moment del test (última hora de la sessió).
7. Mentre els nedadors que participen en la sessió fan l'escalfament, s'organitzen, amb l'ajuda de l'entrenador del club, l'ordre dels nedadors per tal de poder fer els esprints evitant la competició entre els esportistes (aquest ordre es farà en la primera sessió i s'ha d'intentar mantenir durant la resta de sessions). En cas que el nombre de nedadors ho permeti també es poden fer les sèries fortes individualment.
8. Un cop ja s'ha fet tota l'organització de la sessió i els nedadors han acabat l'escalfament, se'ls explica, **sense mencionar la hipòtesi per evitar el condicionament**, en què consisteix el test.
9. En les sèries del grup control es procedeix amb normalitat i l'entrenador o la persona encarregada de fer la sessió va apuntant els temps en la Taula 1. Els nedadors no sabran els temps fins al final de l'última sessió per tal d'evitar condicionaments.
10. En les sèries en què hi ha un estímul fred serà l'encarregat de fer la sessió i no el nedador el que ompli l'ampolla de 0,5 L de la nevera i la doni al nedador que li toqui nedar, mai serà un altre o el mateix nedador el que

faci això. Aquest factor és important per tal d'evitar possibles estímuls freds abans d'hora.

11. Un cop el nedador té l'ampolla de 0,5 L plena, l'encarregat de fer la sessió fa un crit, abans acordat amb els nedadors, per indicar que el nedadors s'ha de llençar l'aigua freda per sobre, en aquest cas era "AIGUA".
12. Al mateix moment que es fa el crit s'engega el cronòmetre. Un cop hagi passat el temps acordat entre l'estímul i l'esprint, l'entrenador dona la sortida. A partir d'aquí es procedeix igual que en les proves control.



Figura 14: Nedador del Club Esportiu Natació Balaguer llençant-se aigua freda abans de fer l'esprint.

Font Pròpia

## 2.4. ANÀLISI DE DADES

### 2.4.1. Introducció a l'estadística

De cara a poder fer una millor anàlisi dels resultats obtinguts en la part experimental es farà ús de tècniques estadístiques àmpliament utilitzades en el món científic per a determinar si els resultats obtinguts en un experiment són, o no, vàlids, i en quin grau ho són.

Com que algunes d'aquestes tècniques són d'un nivell conceptual bastant elevat, vaig comptar amb el suport d'Oriol Pedrós Gámez, alumne de 4t de Ciències Biomèdiques de la UB.

A continuació explicaré un parell de conceptes bàsics d'estadística que serviran per a poder entendre els resultats obtinguts i l'anàlisi d'aquests.

- Població:

La població d'un estudi són totes aquelles persones que compleixen les característiques d'edat, sexe, condicions físiques, condicions de salut, etc. sobre les quals es vol realitzar l'estudi.

Exemple: La població que es va escollir per a participar en aquest estudi van ser nedadors i nedadores catalans que haguessin nascut entre l'any 2008 i el 1998, corresponents a les categories infantil, junior i absolut, i que participen en competicions a nivell autonòmic i nacional.

Es va escollir aquest interval d'edats per dues raons: la primera és perquè a partir d'aquestes edats els nedadors ja comencen a tenir bastant coneixement del seu propi cos i tenen més capacitat de concentrar-se i rendir de forma estable, independentment dels factors externs. La segona raó és perquè la gran majoria de grups d'entrenament estan formats per nedadors d'aquestes edats i era més senzill realitzar l'estudi en aquest interval d'edats que en qualsevol altre.

- Mostra:

Un cop s'ha escollit la part de la població sobre la qual es vol fer un l'estudi es fa un mostreig aleatori i es selecciona un grup que representi de forma homogènia a aquesta població. Aquest grup que surt del mostreig s'anomena **mostra**.

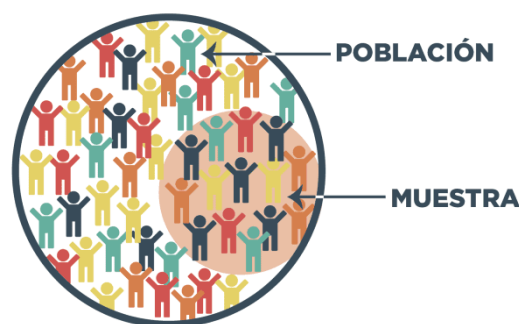


Figura 15: Esquema Població-mostra.

Font: [https://sites.google.com/site/uicinov3/\\_/rsrc/1571530277040/home/images%20%282%29.png](https://sites.google.com/site/uicinov3/_/rsrc/1571530277040/home/images%20%282%29.png)

En aquest treball la mostra va estar formada per 3 clubs de natació: el Natació Club Torelló, el Club Natació Cervera i el Club Esportiu Natació Balaguer. Així doncs la mostra va resultar amb un total de 55 nedadors diferents, 28 nois i 27 noies, de nivells diferents i de totes les edats de la població.

A cada club es van fer entre 4 i 5 sessions, repartides durant la temporada de natació. Això va resultar en un total de **305 sèries** amb aigua freda, amb la seva respectiva prova control, **610** marques en total.

## 2.4.2 Obtenció de resultats

Els resultats del treball seran extrets de les marques obtingudes en els testos realitzats als nedadors dels tres clubs que formen part de la mostra i de l'anàlisi d'aquestes.

---

### CRITERI DE REBUIG DE DADES OBTINGUDES:

Descartar dades que s'allunyen massa de la mitjana de dades del treball és necessari perquè, al contrari del que es pugui pensar a priori, això permet obtenir

uns resultats més fiables. Això és perquè pot ser que en el procés d'obtenció d'aquestes dades hi hagi hagut un error, ja sigui causat per un error humà a l'hora de prendre els resultats o de realitzar el test o perquè alguna variable externa no controlada ha tingut més pes a l'hora de prendre aquesta dada en concret.

Per a poder descartar dades de forma objectiva es fa ús de la següent fórmula:

$$X_r = M \pm K_{(n)} \cdot S$$

On la  $X_r$  és el **valor de rebuig**, tant negatiu com positiu, la  $M$  és la **mitjana** de totes les dades obtingudes, la  $K_{(n)}$  és una **constant** que varia en funció del nombre de dades que tinguem i la  $S$  és la **desviació típica**<sup>11</sup>.

n	$k_n$	n	$k_n$	n	$k_n$
2	1.15	8	1.86	30	2.40
3	1.35	9	1.92	40	2.48
4	1.54	10	1.96	50	2.57
5	1.65	15	2.13	100	2.81
6	1.73	20	2.24	300	3.14
7	1.80	25	2.33	500	3.29
-		-		1000	3.48

Figura 16: Relació nombre de dades- $K_{(n)}$

Font:[http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/2192/1/Fuentes\\_Romero\\_Karol\\_Fernanda.pdf](http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/2192/1/Fuentes_Romero_Karol_Fernanda.pdf)

## VALIDACIÓ DELS RESULTATS

Un cop s'han descartat aquelles dades que s'allunyen massa de la mitjana i, per tant, no corresponen amb la majoria de la població, s'ha d'analitzar si les dades recollides durant l'experiment corroboren la hipòtesi de treball ( $H_1$ ) o pel contrari la descarten i corroboren la hipòtesi nul·la ( $H_0$ ), què desmenteix la hipòtesi de treball. En aquest cas:

- **$H_1$ :** Segurament la mitjana de diferències de marques entre nedadors sense estímul d'aigua freda i amb estímul d'aigua freda és inferior a 0.
- **$H_0$ :** Provablement no hi haurà cap diferència significativa entre les sèries controls i en les que els nedadors es llencen aigua abans de nedar.

El procés d'inferència estadística, que és el procés d'extreure resultats per una població a partir dels resultats d'una mostra, s'acostuma a dur a terme a través de programes informàtics. Un exemple d'aquests programes és l'*R Software*, el qual s'utilitzarà durant l'anàlisi de dades d'aquest treball.

Un altre concepte molt important a l'hora de fer la inferència estadística és el **nivell de confiança**. Aquest valor és escollit quan es comença a fer l'anàlisi de

<sup>11</sup> **Desviació típica:** mesura que s'usa en estadística i indica quanta variació hi ha de tots els valors respecte la mitjana.



dades i indica per quin % de la població s'ha de complir la  $H_1$  per tal de poder acceptar aquesta com a vàlida. Generalment s'accepten com a vàlids aquells estudis amb un nivell de confiança del 95%, és a dir, aquells en què s'estima que  $H_1$  es compleix per un 95% de la població.

Per a realitzar l'anàlisi de dades d'aquest treball es realitzarà un tipus de test estadístic anomenat t-test. Tot i que aquest test dona diferents dades, les més importants i sobre les quals es centrarà l'anàlisi d'aquest treball són les següents:

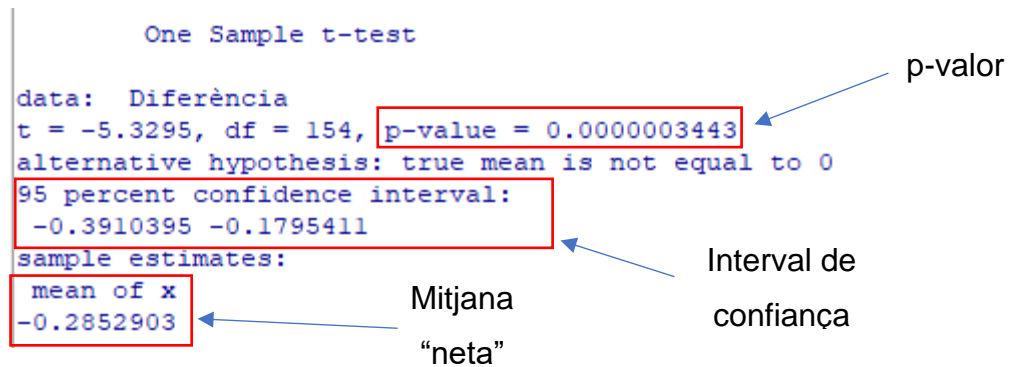


Figura 17: Exemple del tipus de t-test utilitzat en el treball indicant el significat de les dades més importants.

Font pròpia

- P-valor:  
El p-valor indica si els resultats obtinguts són significatius per la hipòtesi de treball o no. Per tal de que els resultats del test corroborin la  $H_1$  el p-valor ha de ser inferior a 0,05.  
Pel p-valor de l'exemple de la Figura 17 es podria acceptar amb molta seguretat que els resultats inferits de la mitjana permetrien acceptar la hipòtesi de treball ( $H_1$ ) per a una població amb les mateixes característiques que la mostra.
- Interval de confiança:  
És l'interval numèric de la mitjana, calculat a partir de la mostra, el qual conté la mitjana amb una determinada probabilitat o nivell de confiança (en el cas anterior un 95%). En l'exemple de la Figura 17 trobem que la mitjana estarà entre -0,3910395 i -0,1795411 amb un 95% de confiança, és a dir, podem esperar trobar la mitjana dels resultats en aquest interval.
- Mitjana "neta":  
Aquest valor ens indica la mitjana dels resultats un cop ja s'han eliminat, mitjançant el criteri de rebuig de dades explicat anteriorment, aquells

resultats que s'allunyen massa de la mitjana de totes les dades obtingudes.

## 2.5. REALITZACIÓ I RESULTATS DE L'EXPERIMENT

Un cop definides les constants de l'experiment, es van començar a realitzar les sessions pràctiques als diferents clubs de natació que es van mostrar interessats en ajudar i participar a l'estudi. En total, tal com s'ha mencionat anteriorment, es van fer entre 4 i 5 sessions a cada club.

### 2.5.1. Primer bloc de sessions

El primer bloc de sessions correspon al primer assaig que es va fer tant al Natació Club Torelló com al Club Natació Cervera, realitzats el 09/07/2020 i el 10/07/2020 respectivament. Aquest primers testos tenien com a objectiu introduir als nedadors el treball i començar a obtenir resultats.

Aquestes primeres sessions es diferencien de les altres pel temps que transcorria entre que els nedadors es llençaven l'aigua freda per sobre i es tiraven a competir. En aquest primer bloc el temps va ser de  $30\pm 1$ " , estona que a priori es va pensar que seria la necessària perquè l'adrenalina es repartís per tot l'organisme.

Les proves en les quals es va fer el test en aquestes primeres sessions van ser els 100 i els 50 m, amb les seves respectives proves control **amb un descans entre l'estímul d'aigua freda i l'inici de la prova de  $30\pm 1$  segons**. Així doncs el test va quedar de la següent forma:

Taula 2: Test corresponent al primer bloc de sessions

Grup A	Grup B
<p>1 x 100 m 100% sense estímul aigua freda</p> <p>400 m recuperació</p> <p>Estímul aigua freda } 30"</p> <p>1 x 100 m 100% } 30"</p> <p>400 m recuperació</p> <p>1 x 50 m 100% sense estímul aigua freda</p> <p>400 m recuperació</p> <p>Estímul aigua freda } 30"</p> <p>1 x 50 m 100% } 30"</p>	<p>Estímul aigua freda } 30"</p> <p>1 x 100 m 100% } 30"</p> <p>400 m recuperació</p> <p>1 x 100 m 100% sense estímul aigua freda</p> <p>400 m recuperació</p> <p>Estímul aigua freda } 30"</p> <p>1x 50 m 100% } 30"</p> <p>400 m recuperació</p> <p>1 x 50 m 100 % sense estímul aigua freda</p>

### Resultats:

Per tal de poder fer l'anàlisi de resultats d'una forma més senzilla i fàcil d'entendre s'utilitzaran directament la diferència entre els temps obtinguts en les sèries en què els nedadors es llençaven aigua freda i en les que no ho feien.

Primer però, hem de saber quins són els que podem descartar perquè s'allunyen massa de la mitjana. Aquesta informació la podem obtenir trobant els valors de rebuig positiu ( $X_r^+$ ) i el negatiu ( $X_r^-$ ) gràcies a la fórmula que s'ha explicat anteriorment:

$$X_r = M \pm K_{(n)} \cdot S$$

## SÈRIES DE 100 M AMB 30''

En les sèries de 100 m del primer bloc s'han obtingut les següents dades:

- Mitjana: 0,32''
- Desviació típica: 2,12

Sabent que la constant  $K_{(n)}$  corresponent al nombre de dades obtingudes en aquest bloc és 2,40 la fórmula queda de la següent forma:

$$X_r = 0,32 \pm 2,40 \cdot 2,12$$

$$X_{r+} = 5,41''$$

$$X_{r-} = -4,77''$$

Diferències	100
5,1	0,6
1,46	2,33
3,78	4,09
1,53	-0,86
0,27	0,58
0,31	2,07
-2,53	5,01
1,09	0,43
-0,32	0,44
0,25	-1,6
-2,85	-1,92
-1,42	-1,41
-0,72	1,31
-2,28	-2,81
0,21	-1,57
-0,62	0,29

Figura 18: Diferències de temps de les sèries de 100 m del primer bloc de sessions en segons.

Amb els valors de rebuig obtinguts no es poden descartar cap dels resultats, tot i això és important saber que tots els temps es troben dins d'un interval acceptable.

Un cop se sap que tots els resultats són vàlids per a l'anàlisi es pot passar a les tècniques d'inferència estadística utilitzant l'*R software*:

### One Sample t-test

```
data: Diferència
t = 0.85348, df = 31, p-value = 0.3999
alternative hypothesis: true mean is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.4446898  1.0846898
sample estimates:
mean of x
 0.32
```

Figura 19: t-test corresponent a les sèries de 100 m del primer bloc.

Analitzant els resultats obtinguts amb el programa d'inferència estadística es pot observar que **s'obté un p-valor de 0,3999**. En ser el p-valor superior a 0,05 aquests resultats indiquen que en sèries de 100 m, si un nedador es llença aigua freda abans de nedar i espera 30'', no hi ha cap diferència significativa respecte al control, és a dir, la mitjana de la diferència de marques amb estímul d'aigua freda i sense, no és significativament diferent a 0. Tot i que, la mitjana neta de marques indica que els nedadors se'n pugen 0,32'', l'interval de confiança no

permet descartar significativament 0 perquè hi està inclòs: l'interval de confiança indica que la mitjana de diferències de marques es troba entre -0,44 i 1,08 amb un 95% de confiança. Així doncs:

**Es dona per invàlida la  $H_1$ , que diu que l'acció d'un estímul fred en aquestes condicions beneficia als nedadors de la població, i s'accepta la  $H_0$ , que afirma que no hi ha cap diferència significativa entre les mitjanes dels temps de les dues sèries.**

SÈRIES DE 50 M AMB 30'':

Al seu torn, les dades obtingudes en les sèries de 50 m del primer bloc són les següents:

- Mitjana: 0,13''
- Desviació típica: 0,82

Com que el nombre de dades obtingudes en les sèries de 50 m d'aquest 1r bloc és el mateix que el de sèries de 100 m, la  $K_{(n)}$  és la mateixa que al cas anterior, és a dir, 2,40. Així doncs els valors de rebuig són els següents:

$$X_r = 0,13 \pm 2,40 \cdot 0,82$$

$$X_{r+} = 2,10''$$

$$X_{r-} = -1,84''$$

Aquests valors de rebuig permeten descartar 1 dels resultats en què la diferència entre la sèrie amb aigua freda i la sèrie control era de 2,33'', superant així el valor de rebuig positiu de 2,10''.

Un cop descartat el resultat invàlid es pot passar a l'anàlisi dels resultats:

Diferències	50
1,98	<del>2,33</del>
0,84	0,39
1,04	0,01
0,33	0,01
-0,21	-1,39
0,01	0,48
0,20	0,16
-1,03	-0,54
-0,3	-0,44
-0,04	-0,46
-0,17	-1,22
0,46	-0,17
-0,6	0,92
1,29	-0,55
0,43	0,49
-0,15	

Figura 20: Diferències de temps de les sèries de 50 m del primer bloc de sessions en segons.

```

One Sample t-test

data: Diferència
t = 0.44397, df = 29, p-value = 0.6604
alternative hypothesis: true mean is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.2127931  0.3307931
sample estimates:
mean of x
  0.059

```

Figura 21: t-test corresponent a les sèries de 50 m del primer bloc.

Un cop feta l'anàlisi de les sèries de 50 m, en les condicions establertes en el bloc 1, es troba que: el p-valor d'aquest bloc de sèries és de 0,66 i l'interval de confiança indica que la mitjana de la diferència entre les sèries es troba entre -0,21 i 0,33, pel què no es pot afirmar que, en aquestes condicions, l'estímul d'aigua fred provoqui cap canvi significatiu en el temps dels nedadors. Per tant:

**Pels resultats obtinguts es descarta la  $H_1$ , què diu que en sèries de 50 m i amb un temps de  $30\pm 1$ " entre l'estímul fred i la sortida aquest últim tindrà un efecte positiu en els esprints, i s'accepta la  $H_0$ , què descarta qualsevol mena de relació entre l'acció d'un estímul fred en aquestes condicions i una variació en la marca dels nedadors.**

## 2.5.2. Segon bloc de sessions

El segon bloc de sessions correspon a les següents 6 sessions, corresponents a la primera i la segona del Club Esportiu Natació Balaguer, la segona del Club Natació Cervera i la segona i la tercera del Natació Club Torelló. Aquest segon bloc es va realitzar entre el 17 de juliol i el 6 d'agost. Aquest període correspon al final de la temporada de natació, moment en què els nedadors acostumen a estar en bastant bona forma. Cal mencionar que, tot i el confinament a causa de la COVID-19, en aquest moment els clubs de natació que participaven en l'estudi ja feia més d'un mes que entrenaven i, per tant, els esportistes ja començaven a estar en plena forma.

El canvi més significatiu que es va fer en aquest bloc de sessions va ser passar dels  $30\pm 1$ " del primer bloc entre que els nedadors es tiraven aigua per sobre i es llençaven a fer l'esprint, als  $10\pm 1$ " que passaven ara. Aquest canvi es va fer en vista que els resultats obtinguts en el primer bloc de sessions no eren

significatius i degut a que, a partir d'aquest punt, es va començar a tenir coneixements sobre la resposta compensatòria del SNP, què es va plantejar com un dels possibles causants d'aquests resultats negatius.

Les proves en les que es va fer el test en aquest segon bloc de sessions van ser els 100 i els 50 m, en la majoria de sessions excepte en la 3a sessió que es va realitzar al Natació Club Torelló. En aquesta última sessió es van canviar les proves de 100 m per proves de 50 m, l'objectiu d'aquest canvi era el d'augmentar el nombre de mostres de sèries de 50 m, les quals en un estudi preliminar es van veure que resultaven significatives mentre les de 100 m no ho eren, i observar si els resultats continuaven sent els mateixos. Així doncs els testos corresponents a aquestes dues sessions van quedar de la següent forma:

Taula 3: Test de les primeres sessions del segon bloc

Grup A	Grup B
<p>1 x 100 m 100% sense estímulo aigua freda</p> <p>400 m recuperació</p> <p>Estímulo aigua freda } 10"</p> <p>1 x 100 m 100% }</p> <p>400m recuperació</p> <p>1 x 50 m 100% sense estímulo aigua freda</p> <p>400 m recuperació</p> <p>Estímulo aigua freda } 10"</p> <p>1 x 50 m 100% }</p>	<p>Estímulo aigua freda } 10"</p> <p>1 x 100 m 100% }</p> <p>400 m recuperació</p> <p>1 x 100 m 100% sense estímulo aigua freda</p> <p>400 m recuperació</p> <p>Estímulo aigua freda } 10"</p> <p>1x 50 m 100% }</p> <p>400 m recuperació</p> <p>1 x 50 m 100 % sense estímulo aigua freda</p>

Taula 4: Test última sessió del segon bloc

Grup A	Grup B
<p>1 x 50 m 100% sense estímulo agua freda</p> <p>400 m recuperació</p> <p>Estímulo agua freda } 10"</p> <p>1 x 50 m 100%</p> <p>400 m recuperació</p> <p>1 x 50 m 100% sense estímulo agua freda</p> <p>400 m recuperació</p> <p>Estímulo agua freda } 10"</p> <p>1 x 50 m 100%</p>	<p>Estímulo agua freda } 10"</p> <p>1 x 50 m 100%</p> <p>400 m recuperació</p> <p>1 x 50 m 100% sense estímulo agua freda</p> <p>400 m recuperació</p> <p>Estímulo agua freda } 10"</p> <p>1x 50 m 100%</p> <p>400 m recuperació</p> <p>1 x 50 m 100 % sense estímulo agua freda</p>

#### RESULTATS:

En l'anàlisi d'aquest grup de sessions s'analitzaran les dades de totes les sèries de 50 m juntes, perquè tot i canviar lleugerament l'estructura del bloc les variables realment importants es van mantenir estables.

#### SÈRIES DE 100 M AMB 10":

- Mitjana: -0,38"
- Desviació típica: 2,05

Tenint en compte que la  $K_{(n)}$  corresponent al nombre de dades obtingudes en aquest bloc de sessions és 2,395 la fórmula queda així:

$$X_r = -0,38 \pm 2,395 \cdot 2,05$$

$$X_{r+} = 4,53$$

$$X_{r-} = -5,29$$

Diferències 100		
0,36	-5,19	-0,81
1,62	-1,81	0,18
0,62	-0,94	2,95
0,73	-0,83	2,65
0,67	0,1	-1,62
4,26	0,96	1,29
-4,01	-0,87	0,78
-1,36	1,53	0,58
-1,3	0,03	4,41
-1,72	0,1	-3,86
0,2	-3,3	-2,41
-3,46	-0,51	0,15
-2,08	-1,17	0,51
-1,53	-1,46	0,64
-2,6	-3,57	4,3
-1,85	-0,62	0,47
-0,95	-1,09	0,54
0,51		

Figura 22: Diferències de temps de les sèries de 100 m del segon bloc de sessions en segons



Pels valors de rebuig de dades obtinguts no podem descartar cap dels resultats obtinguts durant l'experiència pràctica perquè tots es troben en l'interval de (-5,29, 4,53).

Un cop se sap que tots els resultats són vàlids per l'anàlisi de dades, passem a l'anàlisi dels resultats:

```
data: Diferència
t = -1.3402, df = 51, p-value = 0.1861
alternative hypothesis: true mean is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.9501871  0.1894179
sample estimates:
mean of x
-0.3803846
```

Figura 23: t-test corresponent a les sèries de 100 m del segon bloc.

Un cop analitzats els resultats utilitzant l'*R software* es pot pensar que hi ha una millora en els resultats obtinguts en aquestes sèries, en les que el p-valor és de 0,1861, respecte de les sèries de 100 m del bloc anterior de sessions, les que tenien un p-valor de 0,3999. Ara bé, això no és rellevant perquè en ciència, i per tant en aquest treball també, té el mateix poder estadístic un p-valor de 0,99 que un de 0,06 si, a priori de realitzar l'experiment hem establert un nivell de significació de 0,05, és a dir, que s'accepti la  $H_1$  com a vàlida a partir d'un p-valor inferior a 0,05.

Pel que fa a l'interval de confiança, s'hi troba el 0 inclòs, per tant, no es pot afirmar que la mitjana de la diferència de marques sigui significativament diferent de 0, pel que no podem afirmar que l'aigua freda hi jugui un paper positiu o negatiu. Un cop obtinguts aquests resultats s'extreuen les següents conclusions:

**Pels resultats obtinguts en l'experiència pràctica es descarta la hipòtesi inicial  $H_1$ , que diu que en sèries de 100 m i amb un temps de  $10 \pm 1$ " entre l'estímul fred i l'esprint aquest últim tindrà un efecte positiu en els sprints, i s'accepta la hipòtesi nul·la  $H_0$ , que diu que no hi ha cap relació entre l'acció de l'estímul fred i el temps final en els sprints de 100 m en aquestes condicions.**

SÈRIES DE 50 M AMB 10'':

- Mitjana: -0,37''
- Desviació típica: 0,77

A diferència de les sèries de 100 m d'aquest mateix bloc, el nombre de mostres de sèries de 50 m amb 10'' entre l'estímul d'aigua freda i l'esprint és bastant elevat. Això fa que la constant  $K_{(n)}$  tingui un valor de 2,61, quedant la fórmula de la següent forma:

$$X_r = -0,37 \pm 2,61 \cdot 0,77$$

$$X_{r,+} = 1,64$$

$$X_{r,-} = -2,38$$

Els valors de rebuig obtinguts permet descartar 3 resultats. Un cop feta la "neteja" dels resultats es passa a l'anàlisi de dades:

Diferències 50		
-0,16	0,21	0,34
-0,14	-0,48	-0,33
0,06	-0,27	-0,92
-0,06	-0,4	-1,05
-0,34	-0,6	-0,45
0,13	-0,79	-0,66
-0,57	-0,02	-0,42
-0,09	-0,37	-1,19
-0,3	-0,9	0,01
-0,24	-0,26	-0,39
-1,74	-0,7	-0,41
<del>-1,18</del>	-0,23	-0,49
-0,91	-0,7	-0,69
<del>-1,75</del>	-1,52	-0,05
-0,16	-0,11	-0,05
0,54	-0,21	<del>-1,34</del>
0,61	-0,79	0,6
-0,87	-0,59	-0,61
0,02	-0,42	0,16
-0,03	-0,33	0,34
0,23	-0,06	0,1
-0,75	-0,38	-0,38
-1,65	-0,11	-0,49
0,13	-0,25	-0,08

Figura 24: Diferències de temps de les sèries de 50 m del segon bloc de sessions en segons.

```

One Sample t-test

data: Diferència
t = -6.0094, df = 68, p-value = 0.00000008188
alternative hypothesis: true mean is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.4571470 -0.2292298
sample estimates:
mean of x
-0.3431884
    
```

Figura 25: t-test corresponent a les sèries de 50 m del segon bloc.

Un cop feta l'anàlisi ja es pot començar a veure que aquest bloc experimental té una clara diferència de significació respecte als altres 3 analitzats anteriorment. Per començar el p-valor és molt inferior a 0,05, el valor establert per tal d'acceptar la  $H_1$ , concretament baixa fins a 0,00000008188. A més la mitjana "neta" té un valor negatiu, que indica que, de mitjana, els nedadors baixen el temps sota l'acció d'un estímul fred, i l'interval de confiança no comprèn el 0, inferint així de la mostra que els nedadors baixen de mitjana entre 0,457 i 0,229 segons. Amb les dades obtingudes s'extreuen les següents conclusions:

**Pels resultats obtinguts en l'experiència pràctica s'accepta la hipòtesi de treball  $H_1$  que diu que, en esprints de 50 m realitzats en l'entrenament amb un temps de  $10\pm 1''$  entre l'estímul fred i l'esprint, l'acció de l'aigua freda fa que els nedadors de la població baixin de mitjana entre 0,457 i 0,229 segons.**

### 2.5.3. Tercer bloc de sessions

El tercer bloc de sessions es va dur a terme entre els 26 d'agost i el 12 de desembre.

En aquest tercer bloc es va buscar fer rèpliques de l'experiment que havia sortit amb resultats satisfactoris. Per aquesta raó en aquesta etapa es van fer només sèries de 50 m amb  $10\pm 1''$  entre que els nedadors es llençaven l'aigua freda i es tiraven a fer l'esprint. Així doncs el test corresponent a aquest bloc va quedar així:

Taula 5: Test corresponent al tercer bloc de sessions

Grup A	Grup B
<p>1 x 50 m 100% sense estímul aigua freda</p> <p>400 m recuperació</p> <p>Estímul aigua freda } 10''</p> <p>1 x 50 m 100%</p> <p>400 m recuperació</p> <p>1 x 50 m 100% sense estímul aigua freda</p> <p>400 m recuperació</p> <p>Estímul aigua freda } 10''</p> <p>1 x 50 m 100%</p>	<p>Estímul aigua freda } 10''</p> <p>1 x 50 m 100%</p> <p>400 m recuperació</p> <p>1 x 50 m 100% sense estímul aigua freda</p> <p>400 m recuperació</p> <p>Estímul aigua freda } 10''</p> <p>1x 50 m 100%</p> <p>400 m recuperació</p> <p>1 x 50 m 100 % sense estímul aigua freda</p>

#### RESULTATS:

Com que en aquest bloc l'objectiu principal ha sigut el de realitzar rèpliques de l'experiència pràctica i només s'han fet sèries de 50 m hi ha un gran volum de dades corresponent a aquestes.

## SÈRIES DE 50 M AMB 10''

- Mitjana:  $-0,42''$
- Desviació típica:  $1,04$

A causa del gran nombre de mostres d'aquest bloc la  $K_{(n)}$  té un valor de 2,85, resultant en la següent fórmula:

$$X_r = -0,42 \pm 2,85 \cdot 1,04$$

$$X_{r+} = 2,54$$

$$X_{r-} = -3,38$$

Diferències 50					
0,66	-0,11	-0,56	-0,55	0,02	0,03
0,81	-0,36	0,15	0,37	-0,26	0,66
0,32	-0,42	-0,09	0,17	-0,47	-0,48
1,13	<del>-0,32</del>	-0,89	-0,2	-0,63	-1,29
1,82	-0,05	-0,57	-0,91	-0,63	-0,22
-0,92	-0,21	-1,34	-0,72	-0,5	-0,52
-0,27	-0,72	-0,04	-0,74	-2,04	0
0,24	-0,21	0,51	-0,61	-2,62	-0,71
-0,26	0,56	-0,89	-0,26	-0,42	-0,37
-1,42	0,72	0,21	-1,14	-0,39	
0,25	-2,02	-0,38	0,24	-0,3	
-0,91	0,02	-0,08	-0,26	-0,65	
-2,76	-0,4	0,22	-0,95	-0,08	
-1,58	-0,72	0,79	-0,1	-0,73	
-0,48	0,81	0,2	-1,19	-0,13	
<del>-1,69</del>	0,39	0,31	-0,51	0,38	
-1,14	0,34	-0,37	-1,79	0,63	
-2,73	-0,44	1,69	-2,08	-0,78	
-0,9	-0,46	<del>-1,42</del>	-2,29	-0,73	
0,29	0,22	-0,62	-0,05	-0,02	
0,13	0,8	-0,26	0,36	-0,04	
-1,06	0,02	0,23	0,65	-0,91	
-0,26	-1,11	-0,15	0,25	-0,24	
<del>-1,67</del>	-0,69	<del>-1,65</del>	-0,38	0,03	

Figura 26: Diferències de temps de les sèries de 50 m del tercer bloc de sessions en segons.

Gràcies a la fórmula es poden descartar 5 temps que s'allunyen massa de la mitjana. Un cop fet això ja es pot passar al t-test:

### One Sample t-test

```
data: MARQUES
t = -4.8197, df = 123, p-value = 0.000004153
alternative hypothesis: true mean is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.4790697 -0.2001238
sample estimates:
 mean of x
-0.3395968
```

Figura 27: t-test corresponent a les sèries de 50 m del tercer bloc.

Tal com s'esperava, el t-test corresponent a aquest bloc de rèpliques té un p-valor molt inferior a 0,05, una mitjana negativa i un interval de confiança amb els dos valors també negatius. Tot i que el p-valor d'aquest bloc és una mica superior al de les sèries de 50 m del bloc anterior, això no és rellevant perquè aquest continua sent significatiu. Pel que fa als valors de l'interval de confiança i a la mitjana, podem veure que són molt similars als del bloc anterior. Per aquests resultats s'extreuen les següents conclusions:

**Gràcies a aquest bloc de rèpliques s'ha pogut falsar la idea que els resultats obtinguts en les sèries de 50 m del 2n bloc són producte d'una casualitat, sinó que s'han replicat els mateixos resultats del bloc anterior.**

## 2.5.4. Resultats conjunts de sèries de 50 m amb $10\pm 1''$ entre l'aigua freda i l'esprint

Un cop realitzades totes les sessions dels 3 blocs es passa a fer l'anàlisi conjunta de totes de sèries de 50 m amb  $10\pm 1''$ . Només es torna a fer l'anàlisi d'aquestes sèries perquè anteriorment s'han analitzat per separat. Així doncs aquests resultats seran el conjunt de totes les sèries de 50 m del 2n i el 3r bloc, on les condicions experimentals eren pràcticament idèntiques. Per a realitzar el següent t-test s'ha treballat amb totes les diferències de temps que no s'han eliminat anteriorment pel criteri de rebuig de dades.

```
One Sample t-test  
  
data: MARQUES  
t = -6.8778, df = 192, p-value = 8.332e-11  
alternative hypothesis: true mean is not equal to 0  
95 percent confidence interval:  
-0.4386373 -0.2431243  
sample estimates:  
mean of x  
-0.3408808
```

Figura 28: t-test corresponent a totes les sèries de 50 m amb  $10\pm 1''$  entre l'aigua freda i l'esprint.

Tal com podem veure el p-valor d'aquest t-test és  $8,332\times 10^{-11}$ . Això és degut al fet que el nombre de mostres és molt més gran que als testos anteriors. Pel que fa a la mitjana, podem veure que es fixa en -0,34, i l'interval de confiança de la mitjana de la diferència de les sèries abraça els valors entre -0,438 i -0,243. Gràcies a aquests resultats s'extreuen les següents conclusions:

**S'afirma amb un p-valor de  $8,332\times 10^{-11}$  que, en condicions d'entrenament, la majoria dels nedadors de la població escollida (nedadors d'entre 12 i 22 anys que competeixen a nivell autonòmic i nacional) es baixaran de mitjana entre 0,44 i 0,24 segons quan es llencin 500 mL d'aigua freda a 14 °C 10 segons abans de fer un esprint de 50 m de crol.**

**Aquest  $8,332\times 10^{-11}$  no indica la freqüència amb la qual es pot esperar trobar un nedador dins d'aquesta població que no compleixi amb aquesta hipòtesi, sinó la probabilitat de què, amb els resultats obtinguts, aquesta afirmació sigui falsa.**

## CONCLUSIONS

Un cop realitzada l'experiència pràctica i fet el treball d'obtenció de dades corresponent a aquesta, es pot passar a l'extracció de conclusions.

Tal com hem vist en l'anàlisi de dades dels diferents blocs, s'han obtingut diferents resultats en funció de la distància de l'esprint i del temps transcorregut entre l'impuls d'aigua freda.

Començant per les sèries de 50 m amb 30" entre l'aigua freda i la sèrie forta es pot concloure que no hi ha cap diferència significativa respecte a les sèries del grup control, d'igual forma que en les sèries de 100 m amb  $30\pm 1$ " entre l'aigua freda i la sèrie forta, on tampoc es pot concloure que hi hagi cap diferència significativa respecte a les sèries del grup control. S'hipotetitza que, en aquests 30", hi ha temps suficient perquè s'activi la resposta compensatòria del sistema nerviós parasimpàtic que hem vist en la part teòrica del treball.

Ara bé, les conclusions que es poden extreure per les sèries de 50 m amb 10" entre l'aigua freda i l'esprint són completament diferents. Gràcies als resultats obtinguts en l'experiment i en les seves múltiples rèpliques es pot concloure que: en esprints de 50 m i amb un interval d'uns 10 segons entre un estímul de 500 ml d'aigua freda a 14 °C, l'acció d'aquest fa que, en entrenament, els nedadors baixin el temps respecte a aquelles sèries en les quals no hi havia l'estímul.

Això segurament passa perquè, tal com hem vist a la part teòrica, el cos percep un canvi sobtat de la temperatura, com el causat per l'aigua freda, com un estressor i respon a aquest activant la resposta *Fight or Flight* i, en conseqüència, alliberant adrenalina. Al seu torn aquesta adrenalina mobilitzarà les reserves de glicogen hepàtic, augmentarà la freqüència cardíaca i respiratòria, els nivells de glucosa en sang i la pressió arterial, també relaxarà i dilatarà les vies respiratòries i frenarà el moviment intestinal. Tots aquests factors influiran positivament en rendiment esportiu dels nedadors.

Tot i els resultats obtinguts en les sèries de 50 m amb  $10\pm 1$ " entre l'aigua freda i l'esprint, les conclusions de les sèries de 100 m en aquestes condicions són força diferents. En aquest grup de sèries, igual que en les sèries del mateix metratge amb les primeres condicions, no s'observa un paper important amb la presència

de l'estímul d'aigua freda. No obstant això, en aquestes sèries se sap, gràcies al grup anterior de sèries de 50 m, que ni els 10 segons que passen entre l'estímul i l'esprint ni la possible resposta compensatòria del SNP no són els causants d'aquests resultats. Així doncs es va haver de buscar una hipòtesi d'aquests resultats. En van sortir dues de diferents:

- Potser, de forma inconscient els nedadors no començaven els primers 50 m, que és on sabem que sí que juga un paper el sistema nerviós simpàtic, prou forts i, a causa d'això, la influència de l'adrenalina i del disseny experimental sobre els resultats es reduïa considerablement.
- Existeix la possibilitat de que, tot i que els nedadors sí que començaven al 100%, la diferència entre els dos parcials de 50 m de la prova era més gran del que acostuma a ser degut a una sensació de cansament superior en els primers 50 m. Cal mencionar que amb presència d'adrenalina la producció d'àcid làctic, que és un dels principals causant de la sensació de cansament i fatiga muscular, augmenta.

## DISCUSSIÓ

Un cop obtinguts els resultats i extretes les conclusions del treball apareixen diferents preguntes sobre aspectes que no s'han pogut tenir en compte durant l'estudi degut a limitacions de recursos:

- Si, en una competició de natació amb proves de 50 m de crol ens llancéssim 500 mL d'aigua freda a 14 °C, s'obtindrien els mateixos resultats que en les sessions pràctiques d'aquest treball de recerca?
- Els resultats continuarien sent els mateixos si les sèries no s'haguessin fet de crol?

En relació amb la primera pregunta també apareix la següent qüestió:

- En cas que aquest estudi s'apliqués en competició es podria considerar dopatge?

Per a poder respondre les dues primeres preguntes de forma rigorosa s'haurien de fer estudis diferents que posessin en joc aquestes noves variables, les quals no s'han pogut tenir en compte en aquest a causa de limitacions pràctiques. Ara bé, gràcies a la informació obtinguda, tant en el marc teòric del treball com en el treball de camp, sí que se'n pot fer la següent aproximació:

Pel que respecta a la primera pregunta s'hauria de tenir en compte els nivells d'adrenalina a la sang just abans de competir perquè, tal com s'ha vist en la Figura 9 del treball, aquest nivell varia bastant en funció de la situació en què es troba l'organisme. Com també s'ha comentat anteriorment, competir en un esdeveniment esportiu important posa el cos en tensió i, per tant, fa augmentar la concentració de les catecolamines circulant. Així doncs, si just abans de competir ens llencéssim 500 mL d'aigua freda a 14 °C, segurament sí que causàriem una resposta *Fight or Flight*, però la millora que s'obtindria amb aquesta seria quantitativament menys destacable perquè suposaria un augment relatiu menor del nivell d'adrenalina a la sang. És a dir (en dades fictícies), en comptes d'augmentar un 350% perquè passa de 40 a 180, augmentarà només un 175% perquè passarà de 80 a 220, tot i que en els dos casos s'allibera la



mateixa quantitat d'adrenalina, que és quelcom que també s'hauria d'estudiar si realment és així.

Respecte als 10 segons que passaven durant les sessions pràctiques entre l'estímul d'aigua i l'esprint, no hi ha d'haver cap mena de problema perquè aproximadament és el que dura una sortida en natació.

Pel que fa a la segona pregunta, no crec que hi pugui haver cap variable realment prou significativa en papallona i braça que faci que els resultats variïn molt. Ara bé, des del meu punt de vista, em sembla que en el cas de l'esquena és una mica diferent per dues raons: la primera és que els nedadors comencen la prova des de dins de l'aigua, la temperatura de la qual pot contrarestar els efectes de l'estímul abans de començar la prova, i les sortides d'esquena acostumen a ser una mica més llargues, cosa que s'ha vist que redueix o anul·la el benefici que suposa l'estímul d'aigua freda abans de nedar. Així doncs la premissa per aquest hipotètic estudi seria que segurament en la papallona, la braça i el crol s'obtenen els mateixos resultats, però no en el cas de l'esquena.

Pel que fa a la pregunta del dopatge: no, no es podria considerar dopatge perquè ni l'aigua és una substància prohibida ni llençar-se una substància per sobre és un mètode inclòs en la llista de mètodes prohibits del Codi Mundial Antidopatge, Disponible a:

[https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2020-15601](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2020-15601)

Tanmateix, és important mencionar que, com a qualsevol estudi científic és important que una persona aliena al treball realitzi l'experiment i obtingui els mateixos resultats per tal de que aquests siguin més sòlids. Això també implicaria més recerca científica en el món de l'esport, cosa que em sembla molt important tenint en compte que hi ha bastanta gent que pensa que l'esport i la recerca científicotècnica no van agafades de la mà.

# AGRAÏMENTS

Primer de tot m'agradaria agrair a tots els nedadors i entrenadors que han posat a la meva disposició les seves sessions d'entrenament per tal de poder realitzar la part pràctica d'aquest treball.

També m'agradaria donar les gràcies a la meva tutora del treball, qui m'ha orientat en aquells moments on era més necessari així com a la meva família, per estar allí i acompanyar-me en aquest llarg camí, en especial al meu germà, qui m'ha proporcionat molta informació durant el desenvolupament del treball i m'ha ajudat a veure les coses des d'un punt de vista més tècnic.

Per últim també m'agradaria donar les gràcies a totes aquelles persones que m'han ajudat d'alguna forma o altra, ja sigui proporcionant-me informació d'aquells aspectes sobre els quals no aconseguia trobar articles prou fiables, acompanyant-me als diferents centres esportius de Catalunya on realitzava les sessions pràctiques o proporcionant-me el seu punt de vista o transmetent-me el seu entusiasme sobre el tema, encoratjant-me així a continuar amb la meva recerca. Sense totes aquestes persones no hauria estat possible fer aquest treball.

# FONTS D'INFORMACIÓ

Cold exposure and hormonal secretion: A review [Recurs electrònic] International Journal of Circumpolar Health, 2002. Review. Disponible a <<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3402/ijch.v61i3.17474>> [Consultat: 8 febrer 2020]

WIKIPEDIA. Adrenalin [en línia]. Disponible a <<https://de.wikipedia.org/wiki/Adrenalin>> [Consultat: 16 de març 2020]

WIKIPEDIA. Hormonas de estrés [en línia]. Disponible a <[https://es.wikipedia.org/wiki/Hormonas\\_de\\_estr%C3%A9s](https://es.wikipedia.org/wiki/Hormonas_de_estr%C3%A9s)> [Consultat: 17 de març 2020]

PSICOLOGÍA Y MENETE. Adrenalina, la hormona que nos activa [en línia]. Disponible a <<https://psicologiaymente.com/neurociencias/adrenalina-hormona-activa>> [Consultat: 31 març 2020]

CIMN. Ficha técnica adrenalina b. Braun 1 mg/ml solución inyectable [en línia]. Disponible a <[https://cima.aemps.es/cima/dohtml/ft/68552/FT\\_68552.html](https://cima.aemps.es/cima/dohtml/ft/68552/FT_68552.html)> [Consultat: 31 març 2020]

VIQUIPÈDIA. Glàndula suprarenal [en línia]. Disponible a <[https://ca.wikipedia.org/wiki/Gl%C3%A0ndula\\_suprarenal](https://ca.wikipedia.org/wiki/Gl%C3%A0ndula_suprarenal)> [Consultat: 13 abril 2020]

Dr. MIQUEL MASGRAU BARTIS. Deixar de ser addictes a l'adrenalina [en línia]. Disponible a <<https://masgrau.net/deixar-de-ser-addictes-a-ladrenalina/>> [Consultat: 30 abril 2020]

Ryan Scott Patton. "Responding to stress". Kahn Academy <<https://www.khanacademy.org/test-prep/mcat/processing-the-environment/stress/v/responding-to-stress>> [Consultat: 30 abril 2020]

VIQUIPÈDIA. Estressor [en línia]. Disponible a <<https://ca.wikipedia.org/wiki/Estressor>> [Consultat: 30 abril 2020]

VIQUIPÈDIA. Glicogen [en línia]. Disponible a <<https://ca.wikipedia.org/wiki/Glicogen>> [Consultat: 5 maig 2020]

VIQUIPÈDIA. Cortisol [en línia]. Disponible a <<https://ca.wikipedia.org/wiki/Cortisol>> [Consultat: 11 maig 2020]

LA CAPSULA, SANT PERE CLAVER. Adrenalina, com i quan [en línia]. Disponible a <<https://www.spcsalut.org/capsula/adrenalina.html>> [Consultat: 17 maig 2020]

OSMOSIS. Adrenergic receptors [en línia]. Disponible a <[https://www.osmosis.org/learn/Adrenergic\\_receptors](https://www.osmosis.org/learn/Adrenergic_receptors)> [Consultat: 14 juny 2020]

OSMOSIS. Adrenal hormone synthesis inhibitors [en línia]. Disponible a <[https://www.osmosis.org/learn/Adrenal\\_hormone\\_synthesis\\_inhibitors](https://www.osmosis.org/learn/Adrenal_hormone_synthesis_inhibitors)> [Consultat: 15 juny 2020]

OSMOSIS. Sympathetic nervous system [en línia]. Disponible a <[https://www.osmosis.org/learn/Sympathetic\\_nervous\\_system](https://www.osmosis.org/learn/Sympathetic_nervous_system)> [Consultat: 15 juny 2020]

SCIENCEDIRECT. Population pharmacokinetic and pharmacodynamic modeling of epinephrine administered using a mobile inhaler [en línia]. Disponible a <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S134743671500049X>> [Consultat: 20 juny 2020]

CULTURA CIENTÍFICA. Un viaje a través del sistema circulatorio humano [en línia]. Disponible a <<https://culturacientifica.com/2017/04/11/sistema-circulatorio-humano/>> [Consultat: 21 juny 2020]

WIKIPEDIA. Autonomic nervous system [en línia]. Disponible a <[https://en.wikipedia.org/wiki/Autonomic\\_nervous\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Autonomic_nervous_system)> [Consultat: 26 juny 2020]

SCIENCEDIRECT. Effects of a cold-water stressor on psychomotor and cognitive functioning in humans [en línia]. Disponible a <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0031938495020713>> [Consultat: 27 juny 2020]

VIQUIPÈDIA. Catecolamina [en línia]. Disponible a <<https://ca.wikipedia.org/wiki/Catecolamina>> [Consultat: 29 juny 2020]

VIQUIPÈDIA. Noradrenalina [en línia]. Disponible a <<https://ca.wikipedia.org/wiki/Noradrenalina>> [Consultat: 29 juny 2020]

PUBMED.gov. Two strategies for response to 14 °C cold-water immersion: is there a difference in the response of motor, cognitive, immune and stress markers? [en línia]. Disponible a <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25275647/>> [Consultat: 8 juliol 2020]

UNMC.edu. The physiology of Fright [en línia]. Disponible a <<https://www.unmc.edu/news.cfm?match=11854>> [Consultat: 11 juliol 2020]

PUBMED.gov. Huttunen P, Rintamaki H & Hirvonen J (2001). Effect of regular winter swimming on the activity of the sympathoadrenal system before and after a single cold water immersion. Int J Circumpolar Health [en línia]. Disponible a <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11590880/>> [Consultat: 5 agost 2020]

ESCOLA UNIVERSITÀRIA DE LA SALUT I L'ESPORT. Què són les agulletes i com podem evitar-les [en línia]. Disponible a <<https://tarragona.euses.cat/es/que-son-les-agulletes-i-com-podem-prevenir-les/>> [Consultat: 7 desembre 2020]

SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA. Acción de la adrenalina sobre el ácido láctico de la sangre y de la orina en el conejo [en línia]. Disponible a <<https://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000093/00000028.pdf>> [Consultat: 7 desembre 2020]

SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA. Acción de la adrenalina sobre el ácido láctico de la sangre en el hombre normal [en línia]. Disponible a <<https://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000093/00000029.pdf>> [Consultat: 8 desembre 2020]

PUBMED.gov. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures [en línia]. Disponible a <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10751106/>> [Consultat: 12 desembre 2020]

VIQUIPÈDIA. Dopamina [en línia]. Disponible a <<https://ca.wikipedia.org/wiki/Dopamina>> [Consultat: 12 desembre 2020]

NEWS MEDICAL LIFE SCIENCES. Las funciones de la dopamina [en línia]. Disponible a <[https://www.news-medical.net/health/Dopamine-Functions-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/health/Dopamine-Functions-(Spanish).aspx)> [Consultat: 12 desembre 2020]

INS-EUROPA.org. El cicle de Cori [en línia]. Disponible a <<https://www.ins-europa.org/BIOLOGIA-II/PDF/3-1-13.pdf>> [Consultat: 12 desembre 2020]

Bio ApS. "(xarradApS) Mites biològics: Les agulletes són cristalls d'àcid làctic". Vimeo <<https://vimeo.com/461788120>> [Consultat: 7 desembre 2020]

Brandi Fernández, Antonio (Dir.). (2016) Biologia 2 Batxillerat. SANTILLANA GRUP PROMOTOR. [Consultat: 7 desembre 2020]

Espanya. Resolució de la normativa en matèria de substàncies i mètodes prohibits en el deporte. *Boletín Oficial del Estado* (4 de desembre de 2020). Núm. 317, p. 109442-109452. [Consultat: 2 de gener 2021]

# ANNEXOS

En el següent enllaç es pot trobar un vídeo de demostració de com era una sortida de les sèries del test amb aigua freda amb  $10\pm 1$ " entre l'estímul d'aigua freda i la sortida:

<<https://youtu.be/Hzsl7XtCZrs>>

A continuació es pot trobar la Taula 1, utilitzada en les sessions pràctiques per anotar la informació, així com la taula amb els temps i les diferències obtingudes en cada sessió.

TAULA 1:

Horari:  
Data:

Club:  
T interior:

T exterior:  
Dia setmana:

Piscina:

Nom	Grup	Esprint 1	Esprint 2	Esprint 3	Esprint 4	Altres
		Hora: Marca:	Hora: Marca:	Hora: Marca:	Hora: Marca:	
		Hora: Marca:	Hora: Marca:	Hora: Marca:	Hora: Marca:	
		Hora: Marca:	Hora: Marca:	Hora: Marca:	Hora: Marca:	
		Hora: Marca:	Hora: Marca:	Hora: Marca:	Hora: Marca:	
		Hora: Marca:	Hora: Marca:	Hora: Marca:	Hora: Marca:	
		Hora: Marca:	Hora: Marca:	Hora: Marca:	Hora: Marca:	



