

FISIOLOGIA EXTREMA EN NATACIÓ ARTÍSTICA

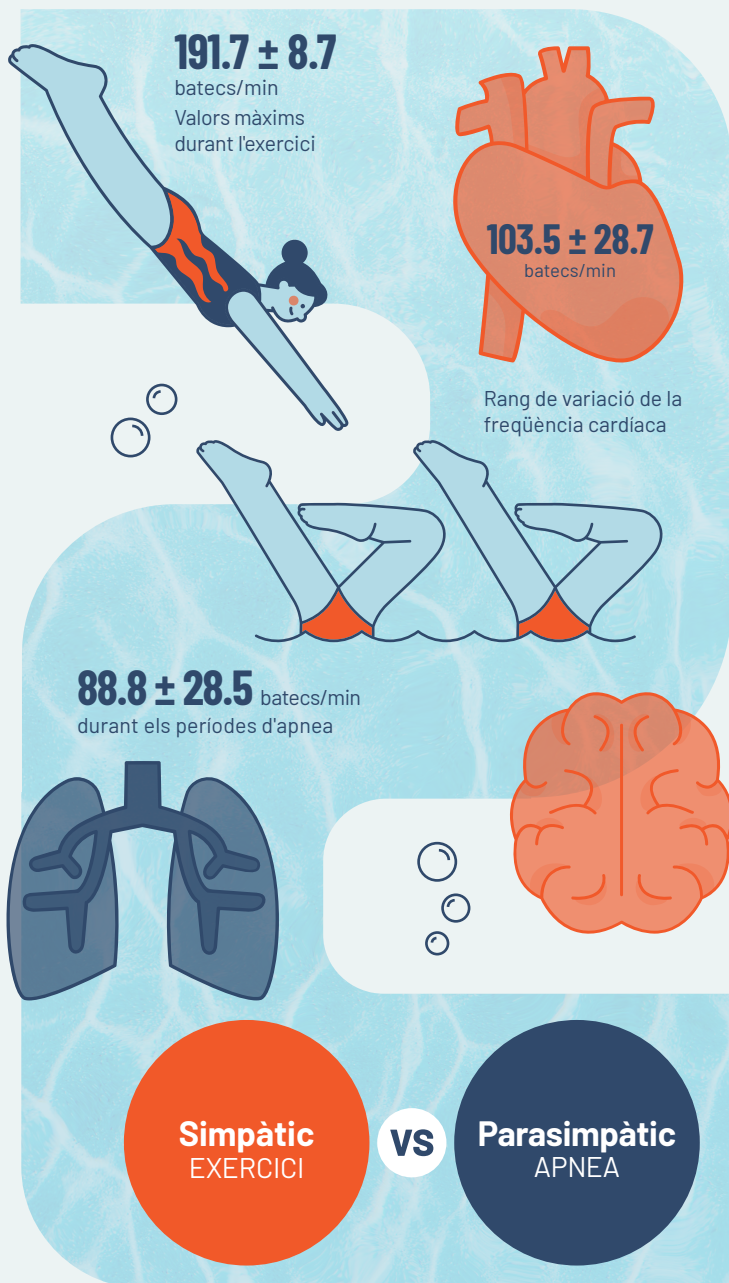


MINISTERIO
DE EDUCACIÓN, FORMACIÓN PROFESIONAL
Y DEPORTES



1. Demandes cardiovasculars úniques

Altes demandes cardiovasculars: les rutines assoleixen freqüències cardíques màximes elevades amb episodis de **bradicàrdia intercalada** a causa de les apnees.

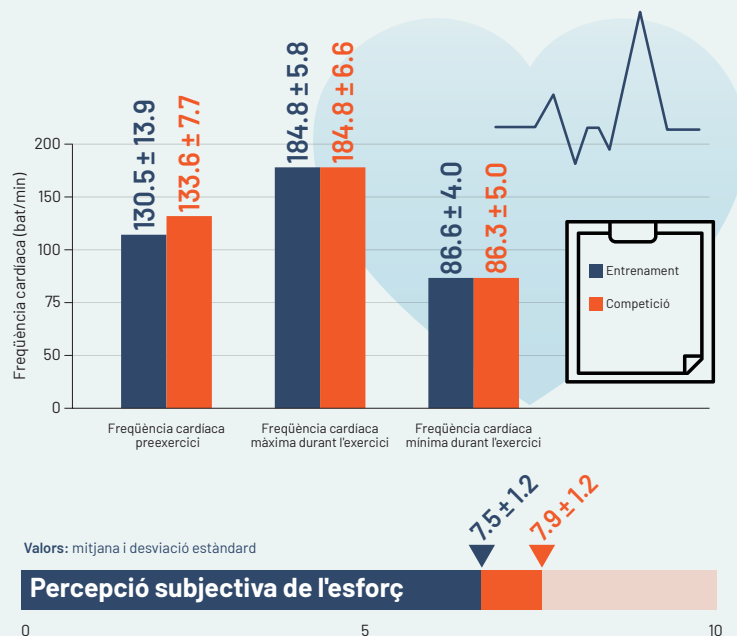


IDEA CLAU 1

Baixada pronunciada i immediata de la FC per l'apnea i pujada per la respiració + exercici.

2. Similitud entrenament-competició

Els registres de freqüència cardíaca (FC) i **percepció de l'esforç (RPE)** en situació d'entrenament i competició en rutines de duo de natació artística són molt similars.



Equivalència entre entrenament i competició: les demandes fisiològiques de les rutines en entrenament i competició són similars, tant en **indicadors objectius** (freqüència cardíaca) com en **subjectius** (percepció de l'esforç, RPE).

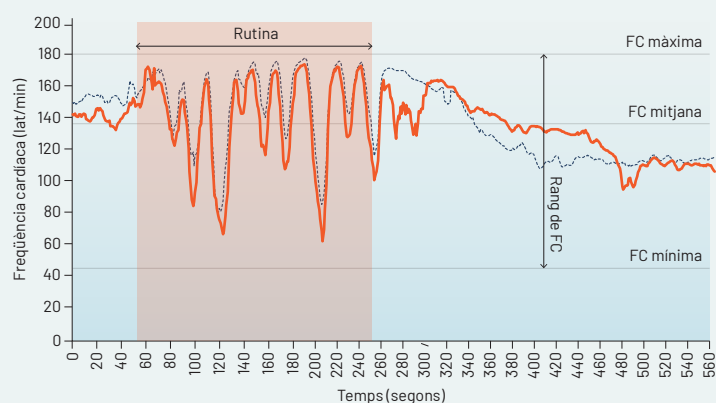


Figura 3. Freqüència cardíaca abans, durant (ombreig) i després d'una rutina de duo lliure realitzada durant l'entrenament (línia blava) i la competició (línia vermella) en una de les nedadores. Dades reals obtingudes durant l'entrenament i la competició.



IDEA CLAU 2

El fenomen és similar en la mateixa rutina d'una mateixa nedadora, tant en l'entrenament com en competició.

Rodríguez-Zamora, L., et al. (2012, 2014a, 2014b): <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049098> - <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a20ee7> - <https://doi.org/10.1055/s-0033-1353177>

Iglesias, X., et al. (2014): <https://archives.rpd-online.com/article/download/v23-n1-iglesias-rodriguez-zamora-et-al/1430-4908-1-PB.pdf>

RED SynchroProject II: Alto rendimiento y salud en mujeres de natación artística [Referència: SYNCHROPROJECT - 99784] - Finançat pel Consejo Superior de Deportes (Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes) - programa REDES de investigación en ciencias del deporte 2024. SynchroProject, finançat pel Consejo Superior de Deportes (001/UPB10/11) i Institut Català de les Dones (U-34/10)

Iglesias, X. (2025). Fisiologia extrema en natación artística [Infografía]. SynchroProject. Grup de Recerca en Ciències de l'Esport INEFC Barcelona (GRCEIB): <https://inefc-grceib.cat/synchroproject/>

FISIOLOGIA EXTREMA EN NATACIÓ ARTÍSTICA



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN, FORMACIÓN PROFESIONAL
Y DEPORTES



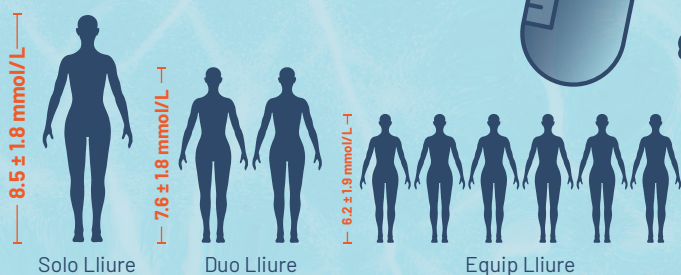
3. Lactat sanguini

Acumulació moderada en totes les rutines.

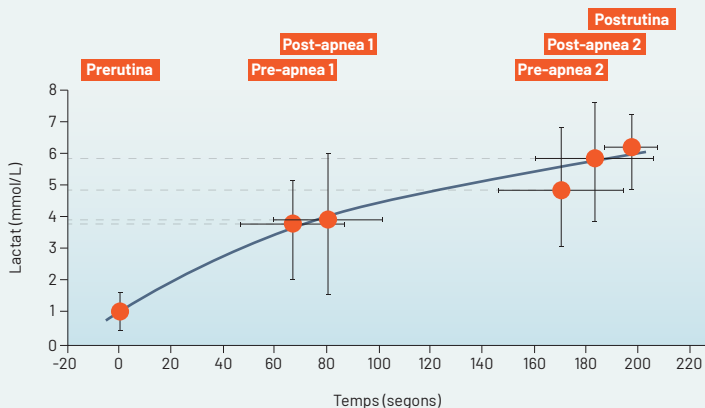
Valors pic
L_{ap}peak

**7.3 ± 2.7
mmol/L**

Diferències significatives entre rutines:



*Valors amb mostra de 96 rutines en situació de competició oficial



El lactat **augmenta progressivament** de manera significativa ($p < 0.01$) a mesura que avança la rutina de **Duo Lliure** ($n=16$), indicant un **impacte acumulatiu de l'esforç físic**.



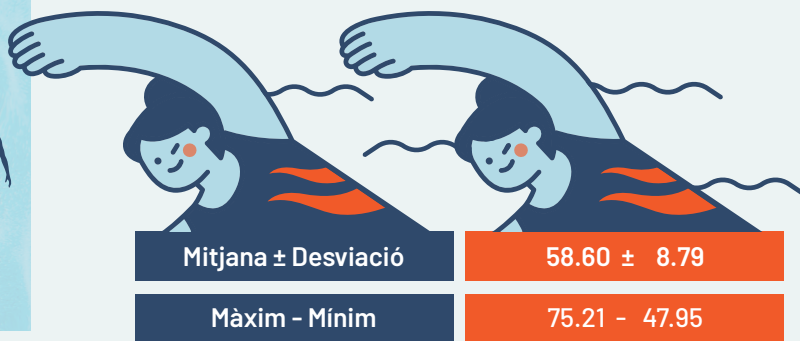
IDEA CLAU 3

- L'acumulació sembla ser deguda principalment a les altes demandes energètiques de l'exercici, no a les apnees.
- Els valors pic de lactat sanguini (**L_{ap}peak**) s'obtenen generalment entre els 5-7 min del període de recuperació després de les rutines.

4. Consum d'oxigen

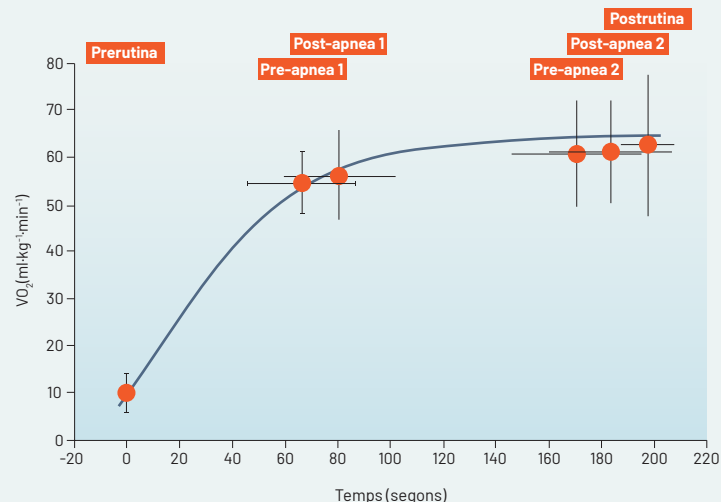
- Ràpid augment del **VO₂** (**capacitat cardiorrespiratòria**) durant l'exercici.
- No es van observar diferències en el **VO₂** abans/després d'**apnees prolongades**.

Valors mitjans del consum d'oxigen pic presos en 5 moments diferents d'una rutina de **Duo Lliure** en **16 nedadores** d'elit de natació artística.



*Valors en mL/min/kg.

Registre del **consum d'oxigen**, fraccionant rutines de **Duo Lliure** segons les dues figures amb major apnea:



IDEA CLAU 4

No es van observar diferències significatives en el **VO₂** o en el lactat en sang abans i després d'apnees prolongades.

Rodríguez-Zamora, L., et al. (2012, 2014a, 2014b): <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049098> - <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a20ee7> - <https://doi.org/10.1055/s-0033-1353177>

Iglesias, X., et al. (2014): <https://archives.rpd-online.com/article/download/v23-n1-iglesias-rodriguez-zamora-et-al/1430-4908-1-PB.pdf>

RED SynchroProject II: Alto rendimiento y salud en mujeres de natación artística [Referència: SYNCHROPROJECT - 99784] - Finançat pel Consejo Superior de Deportes (Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes) - programa REDES de investigación en ciencias del deporte 2024. SynchroProject, finançat pel Consejo Superior de Deportes (001/UPB10/11) i Institut Català de les Dones (U-34/10)

Iglesias, X. (2025). Fisiología extrema en natación artística [Infografía]. SynchroProject. Grup de Recerca en Ciències de l'Esport INEFC Barcelona (GRCEIB): <https://inefc-grceib.cat/synchroproject/>

FISIOLOGIA EXTREMA EN NATACIÓ ARTÍSTICA



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN, FORMACIÓN PROFESIONAL
Y DEPORTES



5. Percepció de l'esforç

Major percepció d'esforç associada a:

- Major **durada/freqüència** d'esdeveniments bradicàrdics.
- Freqüències cardíques **mínimes i mitjanes** més baixes.
- **Major** rang de variació de FC.
- **El lactat** correlaciona amb la **percepció d'esforç**.

El **La_{peak}** es correlaciona positivament amb les puntuacions de percepció de l'esforç (RPE) reportades per les nedadores ($R = 0.50$, $P = 0.003$).

Correlacions

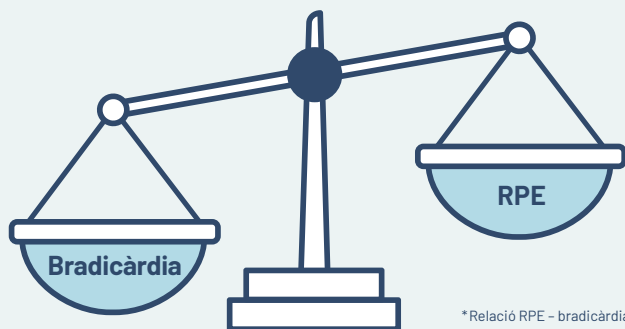
Inversa
amb FC mínima
($R = -0.545$)

FC mitjana
($R = -0.452$)

Positiva
amb rang de FC
($R = 0.520$)

La_{peak}
($R = 0.50$)

* Rutines de Solo i Duo, tant tècniques com lliures en nedadores d'elit ($n = 30$).



* Relació RPE - bradicàrdia.

RPE com a eina pràctica

La percepció de l'esforç (RPE) és una alternativa viable per a **monitorar la càrrega interna** de forma no invasiva i econòmica.



IDEA CLAU 5

Com més baixes són les freqüències cardíques mínimes i mitjanes durant les rutines, més gran és la percepció de l'esforç de les nedadores.

6. Conclusions: apnees i adaptacions

La natació sincronitzada presenta una resposta fisiològica única a causa de l'alternança entre **exercici intens** i **apnees prolongades**:

1 Temps sota l'aigua

- Les nedadores passen la major part de la rutina sota l'aigua.
- $61.6 \pm 6.4\%$ del temps total en apnea.

2 Resposta cardiovascular

- La immersió facial i apnea activen ràpidament el sistema parasimpàtic i causen bradicàrdia.
- L'exercici intens estimula el sistema simpàtic i augmenta la freqüència cardíaca.
- Tots dos sistemes competeixen per controlar la freqüència cardíaca durant les rutines.

3 Patró cardíac únic

- Períodes alternats de taquicàrdia (per exercici) i bradicàrdia (per immersió).
- Ràpids augments i descensos de la freqüència cardíaca.
- La natació artística és única, tot i que la intensitat de l'exercici augmenta, la freqüència cardíaca de les nedadores disminueix a causa de les apnees.

4 Adaptacions en nedadores d'elit

- Més capacitat per mantenir l'apnea.
- Resposta de bradicàrdia més pronunciada durant la immersió.
- Suggereix una millor adaptació del sistema parasimpàtic.



IDEA CLAU 6

Aquesta alternança de valors extrems màxims i mínims de freqüència cardíaca es deu a la interacció entre l'activació simpàtica per l'exercici intens i l'activació parasimpàtica per les apnees intermitents durant les rutines.

Rodríguez-Zamora, L., et al. (2012, 2014a, 2014b): <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049098> - <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a20ee7> - <https://doi.org/10.1055/s-0033-1353177>

Iglesias, X., et al. (2014): <https://archives.rpd-online.com/article/download/v23-n1-iglesias-rodriguez-zamora-et-al/1430-4908-1-PB.pdf>

RED SynchroProject II: Alto rendimiento y salud en mujeres de natación artística (Referència: SYNCHROPROJECT - 99784) - Finançat pel Consejo Superior de Deportes (Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes) - programa REDES de investigación en ciencias del deporte 2024. SynchroProject, finançat pel Consejo Superior de Deportes (001/UPB10/11) i Institut Català de les Dones (U-34/10)

Iglesias, X. (2025). Fisiología extrema en natación artística [Infografía]. SynchroProject. Grup de Recerca en Ciències de l'Esport INEFC Barcelona (GRCEIB): <https://inefc-grceib.cat/synchroproject/>