

# **EFFECTES DE L'HÀBIT TABÀQUIC SOBRE LA TERMOREGULACIÓ DURANT L'ACTIVITAT FÍSICA**

Comella A. <sup>1-2</sup>, Segura R <sup>3</sup>, Marín F <sup>1</sup>, Casas JC <sup>1</sup>, Javierre CF <sup>2-3</sup>, Garrido E<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Grup de Recerca Fisiologia de l'esforç i estudi del moviment. Universitat de Vic.

<sup>2</sup> Unitat de Medicina de l'Esport i Fisiologia de l'exercici. Hospital General de Catalunya. Barcelona.

<sup>3</sup> Departament de Ciències Fisiològiques II. Facultat de Medicina. Universitat de Barcelona.

Correspondència: Dr. Agustí Comella. Departament de Ciències. Facultat d'Educació. Universitat de Vic.  
e-mail: [agusti.comella@uvic.es](mailto:agusti.comella@uvic.es)

Data de recepció: 07/06/04

Data de publicació: 14/06/04

---

## **RESUM**

El fumar cigarretes, a un ritme habitual i sense evitar el seu consum les hores prèvies a l'activitat física, pot comprometre de forma significativa els mecanismes termoreguladors de pèrdua de calor i provocar una resposta hemodinàmica anormal durant l'exercici. L'associació de tabac i activitat física d'alta intensitat pot fer augmentar la temperatura central al pertorbar els mecanismes de pèrdua de calor mitjançant la redistribució del flux vascular cutani. A més, durant exercicis perllongats com els exercicis de resistència, i en ambients calorosos, el consum de cigarretes pot actuar com a factor limitant en el rendiment esportiu, i incrementar el risc d'hipertèrmia.

Paraules clau: termoregulació, nicotina, tabac, activitat física.

## **ABSTRACT**

Regularly smoking and specially before practicing physical activity can compromise the thermoregulator mechanisms of heat loss and provoke an abnormal hemodynamic answer during exercise. When smoking is combined with practicing physical activity of high intensity, central temperature can increase due to a redistribution of the vascular cutaneous flow and an alteration of the mechanisms of heat loss. Besides, smoking could be a limiting factor for sports performance and could increment the risk of hyperthermia during long duration endurance exercise in hot environments.

Key words: Thermoregulation, nicotine, tobacco, physical activity.

## **RESUMEN**

Fumar cigarrillos, al ritmo habitual y sin evitar su consumo las horas previas a la actividad física, puede comprometer de forma significativa los mecanismos termoreguladores de pérdida de calor y provocar una respuesta hemodinámica anormal durante el ejercicio. La asociación de tabaco y actividad física de alta intensidad puede hacer aumentar la temperatura central al alterar los mecanismos de pérdida de calor mediante la redistribución del flujo vascular cutáneo. Además, durante ejercicios prolongados como los ejercicios de resistencia, y en ambientes calurosos, el consumo de cigarrillos puede actuar como un factor limitante en el rendimiento deportivo e incrementar el riesgo de hipertermia.

Palabras clave: termoregulación, nicotina, tabaco, actividad física.

---

## INTRODUCCIÓ

Durant l'exercici, com a conseqüència de l'activitat metabòlica a nivell dels músculs actius, es produeix una quantitat important de calor. Si la durada de l'esforç és elevada, i especialment si aquest té lloc en condicions climàtiques desfavorables, poden produir-se notables augments en la temperatura corporal<sup>1 2 3</sup>.

Quan la temperatura central augmenta per sobre del valor establert, s'inicien una sèrie de respostes fisiològiques, mitjançant el SNV, destinades a incrementar la taxa de pèrdua de calor a través de la superfície del cos. Els sistemes de termoregulació activen una vasodilatació cutània principalment per la reducció del to vasomotor, un augment en l'activitat secretora de les glàndules sudoríferes i l'evaporació de la suor segregada<sup>4 5</sup>.

La nicotina causa una estimulació simpàtica per mitja de mecanismes centrals i perifèrics. Els mecanismes mediatos pel SNC inclouen l'activació dels quimiorceptors perifèrics, particularment els quimiorceptors carotidis i dels cossos aòrtics, i efectes directes sobre el tronc de l'encèfal i la medul·la espinal. Aquesta resposta simpaticomimètica a la nicotina, amb l'activació dels quimiorceptors, produeix per via reflexa vasoconstricció, taucardiac i elevació de la pressió arterial. Els mecanismes perifèrics inclouen l'alliberament de catecolamines des de la medul·la suprarenal i les terminacions nervioses vasculares. Aquesta descàrrega adrenèrgica que s'inicia amb el fumar podria afectar la resposta termoreguladora durant l'esforç.

## OBJECTIU

La finalitat de l'estudi és la de conèixer l'efecte de l'hàbit tabàquic sobre la resposta termoreguladora durant l'activitat física de diferent grau d'intensitat.

## MATERIAL I MÈTODE

Disseny de l'estudi. Es va realitzar un estudi observacional, aplicant un disseny no experimental on l'investigador no assigna el factor sotmès a investigació. A partir del factor d'exposició "hàbit tabàquic" es van crear dos grups diferents: un grup d'individus no fumadors, que incloïa els exfumadors i un altre grup d'individus fumadors. Els conceptes bàsics utilitzats en les consideracions de fumador, no fumador i exfumador varen ser les que recomana la OMS i "el Comité Sureuropeo para el control del tabaquismo y promoción de la Salud".

Mostra: Varen ser inclosos en l'estudi 38 subjectes, amb edats compreses entre els 18 i 48 anys, amb una mitjana de 32,7 anys. La distribució de la mostra segons el gènere va ser el següent: 25 homes que representa el 66 % i 13 dones, el 34 %. La distribució de l'hàbit tabàquic entre els individus va ser el següent: 25 fumadors (17 homes i 8 dones) que representa el 66% i 13 no fumadors (8 homes i 5 dones), el 34%.

Protocol de l'estudi. Les valoracions es van realitzar en el Centre de Medicina de l'Esport de l'Institut Municipal d'Esports de l'Ajuntament de Vic, Barcelona. El desenvolupament de cada sessió va ser la següent; un cop obtingut el consentiment, es va procedir a omplir els qüestionaris referents a l'hàbit tabàquic, la despesa calòrica durant l'activitat laboral i en el temps de lleure i la ingestió calòrica i composició dels aliments. Posteriorment van realitzar les valoracions fisiològiques i funcionals que constaven de: pressa de les mesures antropomètriques i composició corporal, anàlisi sanguínia general, calorimetria indirecta per l'estudi del ritme metabòlic en repòs, proves funcionals respiratòries, determinació de la temperatura corporal i prova d'esforç amb anàlisi dels gasos espirats.

Protocol de la prova d'esforç: Per la prova d'esforç amb anàlisi dels gasos espirats és va utilitzar un cicloergòmetre, marca Mijnhardt model KEM-3 (Holland) i per la mesura dels volums pulmonars i de l'intercanvi de gasos durant l'esforç es va utilitzar un pneumotacògraf i analitzador d'O<sub>2</sub> paramagnètic i analitzador de CO<sub>2</sub> d'absorció infraroja, marca Medgraphics TM. Cardiopulmonary Gas Exchange System CPX/MAX (Medical Graphics Corporation, USA). La prova d'esforç va ser incremental i continua fins a l'esgotament. La càrrega inicial es va calcular a partir de la massa lliure de grassa; on els watts inicials eren igual a  $0.5 W \times \text{massa lliure de grassa}$ . Cada etapa successiva s'incrementava la càrrega, la qual era múltiple de la càrrega inicial, es a dir, el doble, el triple,... fins assolir l'extenuació. Al llarg de la prova d'esforç es van recollir dades referents a la resposta cardiorespiratòria, mostres de sang venosa, temperatura cutània i el ritme de percepció de l'esforç. Les dades i les mostres sanguínies es recollien abans de finalitzar cada etapa.

Temperatura cutània: La temperatura corporal es va monitoritzar de forma continua i simultàniament, tant en repòs com durant l'esforç i la fase de recuperació. Es van col·locar dos sensors tèrmics a nivell cutani, l'un a nivell dorsal, sobre la regió subescapular i l'altre en la regió quadricipital. Els sensors estaven connectats a un termòmetre marca Fluke 52 kJ Thermometer (Fluke Corporation, Washington, USA). Es va col·locar una malla elàstica per millorar la fixació dels elèctrodes, sense que interferís la dissipació de calor.

Antropometria. Es van prendre les mesures habituals de talla i pes, així com els plecs cutànics tricripital, suprailíac i abdominal. La composició corporal es va obtenir a partir de la suma dels plecs cutanis <sup>6</sup>.

Anàlisi estadístic. Un cop obtingudes les dades de les proves, es van introduir en una base de dades que va ser analitzada estadísticament amb el programa SPSS 10.1 per a Windows i de la que es van elaborar els resultats d'aquest estudi. Per la contrastació de hipòtesi de dues mitjanes s'ha utilitzat la prova "t" de Student. Per estudiar l'evolució dels diferents paràmetres s'ha aplicat l'anàlisi múltiple multivariant. El nivell de significació estadística va ser establert al  $p < 0.05$ .

Un cop analitzades es van agafar 6 etapes com a referència. Aquestes etapes corresponen als índexs energètics pels diferents nivells d'activitat: *repòs* (requeriment energètic de 1 MET), *activitat molt lleugera o etapa 1* (requeriment energètics de 3 METs), *activitat lleugera o etapa 2* (requeriments energètics de 4 METs), *activitat moderada o etapa 4* (requeriments energètics de 6 METs), *activitat intensa o etapa del llindar anaeròbic* (requeriments energètics de 9 METs), *activitat molt intensa o etapa del màxim esforç i punt de fatiga* (requeriments energètics de 11 METs).

## RESULTATS I DISCUSSIÓ

El consum d'oxigen (VO<sub>2</sub>) va augmentar de forma estadísticament significativa des del repòs fins el màxim esforç en ambdós grups, fumadors i no fumadors (*Taula I*).

L'hàbit tabàquic té un efecte estadísticament significatiu sobre el VO<sub>2</sub> durant l'etapa 4. Els fumadors tenen el consum d'oxigen més alt respecte als no fumadors, amb una mitjana de 1.598 i 1.462 mL d'O<sub>2</sub>/min, respectivament. El consum d'oxigen es veu incrementat de forma significativa per l'hàbit tabàquic, un 8,5% durant l'activitat física de moderada intensitat. A més, el consum d'oxigen en els fumadors evoluciona, des del repòs fins a una activitat física d'intensitat moderada (~6 METs), amb els valors un 7,1% més alts, de forma significativa, respecte als no fumadors (1145 mL d'O<sub>2</sub>/min, IC 95% 1116-1174; 1064 mL d'O<sub>2</sub>/min, IC 95% 1024-1104, respectivament).

No s'observen diferències quan es realitza una activitat d'alta intensitat; no obstant, els fumadors mantenen el consum d'oxigen un 5,1% més alt respecte als no fumadors.

En el nostre estudi hem observat diferències regionals significatives en la temperatura cutània en repòs. La temperatura dorsal ( $T^aD$ ) era més alta  $0,7^{\circ}C$  (IC 95% 0,6-0,8) respecte la temperatura a nivell de la cuixa ( $T^aC$ ) en ambdós grups. No existien diferències significatives de la temperatura en repòs respecte l'hàbit tabàquic. Però, els fumadors tenien una mitjana de  $+0,2^{\circ}C$  respecte als no fumadors, tant a nivell dorsal com a nivell de cuixa.

La  $T^aC$  es va incrementar de forma significativa des del repòs fins el màxim esforç en ambdós grups (*Taula II– Fig. 1*), sense observar-se diferències significatives entre els fumadors i no fumadors ( $0,3^{\circ}C$ , IC 95% 0 - 0,6 vers  $0,8^{\circ}C$ , IC 95% 0,4 - 1,2, respectivament).

La  $T^aD$  durant l'esforç, va tenir un comportament diferent segons l'hàbit tabàquic. En els no fumadors es va produir un augment significatiu de  $0,8^{\circ}C$  des del repòs fins el pic de temperatura màxima durant l'exercici d'alta intensitat (llindar anaeròbic). Aquest increment en la producció de calor coincideix amb els canvis en la producció metabòlica de calor, indicada per l'increment en el  $VO_2$ . Durant el màxim esforç es produeix una disminució significativa de la temperatura de  $0,3^{\circ}C$ , causada per la vasoconstricció cutània en resposta a la descàrrega simpàtica i la redistribució del flux vascular cutani (*Taula III– Fig.2*).

En canvi, en els fumadors la  $T^aD$  es va mantenir per sota dels nivells basals de forma significativa, encara que s'incrementes la producció metabòlica de calor (increment del consum d'oxigen). El pic de temperatura màxima durant l'exercici s'aconsegueix durant l'activitat física de moderada intensitat i és inferior en  $-0,2^{\circ}C$  a la temperatura de repòs (*Taula III– Fig.2*).

En l'activitat d'alta intensitat i el màxim esforç, es produeix una caiguda significativa de la temperatura cutània de  $-0,4^{\circ}C$  (IC 95% 33,3-34,2,  $p=0.000$ ), respecte l'activitat moderada, però des de la situació de repòs la caiguda és de  $-1,02^{\circ}C$ , mentre que en els no fumadors és de  $+0,5^{\circ}C$ . Això pot ser degut a l'efecte de la nicotina i la regulació a la baixa dels  $\beta_2$ -adrenoreceptors, mitjançant els quals es produeix la vasodilatació en resposta a l'adrenalina. El fumar induïx una depressió en la capacitat vasodilatadora que pot reclamar una significativa adaptació hemodinàmica. Això dóna com a resultat una vasoconstricció en la major part del sistema circulatori, amb excepció dels músculs actius i en la circulació cerebral i coronària.

Segons diferents estudis, el consum crònic de tabac pot alterar la resposta termoreguladora. Estudis en rates han demostrat que l'administració crònica de nicotina induïx canvis fisiològics que pertorben la resposta termoreguladora. Aquests canvis inclouen: 1) un increment en el turnover de noradrenalina en la grassa marró de les rates, el qual és un indicador de l'activitat simpàtica; 2) un increment en la unió de la guanosina difosfat en el teixit adipós, el qual és un indicador de l'activitat termogènica; 3) un increment en el ritme metabòlic en repòs i el consum d'oxigen en el teixit adipós marró; i 4) un induïx un augment del corticosterona i adrenalina en resposta a l'estrès<sup>7</sup>.

Brundin T<sup>8</sup> va observar que el fumar té efectes sobre la temperatura de la sang durant l'exercici. L'increment de temperatura induït per l'exercici augmenta considerablement després de fumar. Aquest efecte és paral·lel, i possiblement causat parcialment, per un increment en la producció de calor, el qual és reflexa per l'increment en el  $VO_2$ . Durant l'exercici de curta durada hi ha un augment accelerat de la diferència arteriovenosa d'oxigen indicant una redistribució centrípeta del flux sanguini total que pot contribuir a la resposta tèrmica per una reducció en el flux sanguini cutani. Durant l'exercici de llarga durada, s'incrementa la despesa cardíaca i la freqüència cardíaca, i disminueix el volum sistòlic en resposta al fumar.

El consum de cigarretes està associat amb un increment agut de la pressió arterial degut a una vasoconstricció sistèmica i una disminució del flux sanguini a la pell i a les coronaries. Els efectes cardiovasculars del tabac són deguts a la nicotina<sup>9</sup>. A més segons Gaenger H et al<sup>10</sup>, en els fumadors s'observa un deteriorament en la vasodilatació dependent de l'endoteli induïda

per l'isquèmia, indicant que la disfunció endotelial representa un mecanisme fonamental.

Aquestes dades suggereixen que el fumar cigarretes, a un ritme habitual i sense evitar el seu consum les hores prèvies a l'activitat física, pot comprometre de forma significativa els mecanismes termoreguladors de pèrdua de calor i provocar una resposta hemodinàmica anormal durant l'exercici. L'associació de tabac i activitat física d'alta intensitat pot fer augmentar la temperatura central al pertorbar els mecanismes de pèrdua de calor mitjançant la redistribució del flux vascular cutani. A més, durant exercicis perllongats com els exercicis de resistència, i en ambients calorosos, el consum de cigarretes podria actuar com a factor limitant en el rendiment esportiu, i poder incrementar el risc d'induir hipertèrmia.

## Annex 1

**Taula I.** Evolució del consum d'oxigen des del repòs fins el màxim esforç entre els fumadors i no fumadors.

	Repòs (mL O <sub>2</sub> /min)		Etapa 1 (mL O <sub>2</sub> /min)		Etapa 2 (mL O <sub>2</sub> /min)		Etapa 4 (mL O <sub>2</sub> /min)		Llindar anaeròbic (mL O <sub>2</sub> /min)		Màxim esforç (mL O <sub>2</sub> /min)		p		
	$\bar{x}$	EE	$\bar{x}$	EE	$\bar{x}$	EE	$\bar{x}$	EE	$\bar{x}$	EE	$\bar{x}$	EE	Efecte exercici	Efecte tabac	Efecte exercici i tabac
<b>Global</b>	237	5,6	800	20,7	1006	23,4	1531	32,4	2333	62,8	2824	75,1	0.000	*0.026	0.012
<b>Fumador</b>	236	6,4	814	23,6	1025	26,7	1598*	36,9	2392	71,6	2893	85,6			
<b>No fumador</b>	239	9,3	786	34,1	987	38,6	1462*	53,4	2273	103,5	2756	123,6			

Valors ajustats en el model: Edat = 1,57, Gènere = 1,32, kcal totals = 1,46.

**Taula II.** Evolució de la temperatura quadricipital des del repòs fins el màxim esforç entre els fumadors i no fumadors.

	Repòs (°C)		Etapa 1 (°C)		Etapa 2 (°C)		Etapa 4 (°C)		Llindar anaeròbic (°C)		Màxim esforç (°C)		P		
	$\bar{x}$	EE	$\bar{x}$	EE	$\bar{x}$	EE	$\bar{x}$	EE	$\bar{x}$	EE	$\bar{x}$	EE	Efecte exercici	Efecte tabac	Efecte exercici i tabac
<b>Global</b>	33,7	0,2	32,7	0,2	32,8	0,2	33,5	0,3	34,2	0,3	34,3	0,4	0.000	0.291	0.881
<b>Fumador</b>	33,8	0,2	32,8	0,2	32,8	0,3	33,4	0,3	34,0	0,3	34,1	0,4			
<b>No fumador</b>	33,6	0,3	32,7	0,3	32,7	0,4	33,6	0,4	34,3	0,5	34,4	0,5			

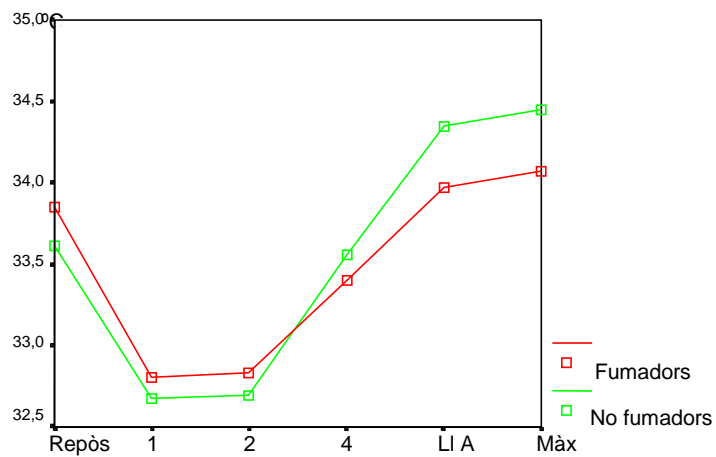
Valors ajustats en el model: Edat = 1,57, Gènere = 1,31, kcal totals = 1,43.

**Taula III.** Evolució de la temperatura dorsal des del repòs fins el màxim esforç entre els fumadors i no fumadors.

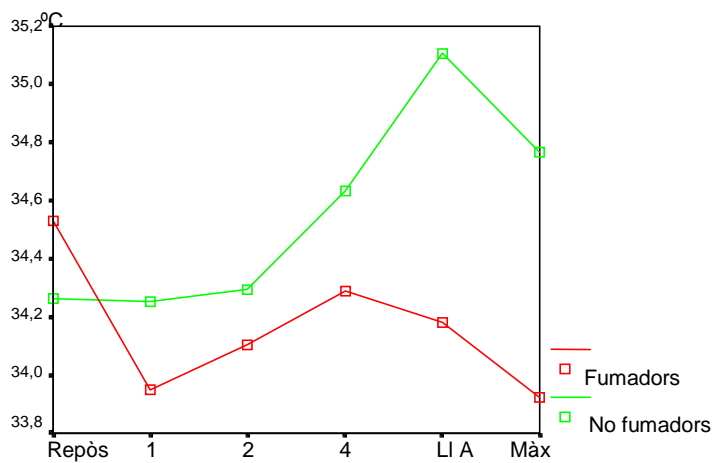
	Repòs (°C)		Etapa 1 (°C)		Etapa 2 (°C)		Etapa 4 (°C)		Llindar anaeròbic (°C)		Màxim esforç (°C)		p		
	$\bar{x}$	EE	$\bar{x}$	EE	$\bar{x}$	EE	$\bar{x}$	EE	$\bar{x}$	EE	$\bar{x}$	EE	Efecte exercici	Efecte tabac	Efecte exercici i tabac
<b>Global</b>	34,4	0,2	34,1	0,2	34,2	0,2	34,5	0,2	34,6	0,2	34,3	0,2	0.947	0.296	0.018
<b>Fumador</b>	34,5	0,2	33,9	0,2	34,1	0,2	34,3	0,2	34,2	0,2	33,9	0,3			
<b>No fumador</b>	34,3	0,3	34,3	0,3	34,3	0,3	34,6	0,3	35,1	0,4	34,8	0,4			

Valors ajustats en el model: Edat = 1,57, Gènere = 1,31, kcal totals = 1,43.

**Figura 1.** Evolució de la temperatura quadricipital des del repòs fins el màxim esforç entre els fumadors i no fumadors.



**Figura 2.** Evolució de la temperatura dorsal fins el màxim esforç entre els fumadors i no fumadors.





## REFERÈNCIES

---

- <sup>1</sup> Tortora Gerard J i Reynolds Grabowski Sandra. Principios de Anatomía y Fisiología. Editorial Oxford University Press. México, SA de CV. 7ena Ed. 2002.
- <sup>2</sup> West JB. Bases Fisiológicas de la Práctica Médica. Buenos Aires. Ed. Medica Panamericana, 12ª. Edición, 1993.
- <sup>3</sup> Guyton A.C. Tratado de Fisiología Médica. 9ª Edició. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Madrid. 1997.
- <sup>4</sup> Wilmore Jack H, Costill David L. Fisiología del esfuerzo y del deporte. Barcelona. Ed. Paidotribo. 2ª Edición 1999.
- <sup>5</sup> Barbany, JR. Fisiología del ejercicio físico y del entrenamiento. Barcelona. Ed. Paidotribo. 2ª Edición 2002.
- <sup>6</sup> ACSM's. Guidelines for Exercise Testing and Prescription. American College of Sports Medicine. 5ª Edició. Philadelphia. Williams & Wilkins. 1995.
- <sup>7</sup> Fewell JE, Tang PA. Influence of nicotine on the core temperature response to a novel environment in pregnant rats. J Appl Physiol. 1997; 83(5): 1612-16.
- <sup>8</sup> Brundin, T. Effects of tobacco smoking on the blood temperature during exercise. Acta Physiol Scand Suppl. 1980; 479: 43-7.
- <sup>9</sup> Halimi, J. M.; Philippon, C., and Mimran, A. Contrasting renal effects of nicotine in smokers and non-smokers. Nephrol Dial Transplant. 1998 Apr; 13(4): 940-4.
- <sup>10</sup> Gaenzer, H.; Neumayr, G.; Marschang, P.; Sturm, W.; Kirchmair, R., and Patsch, J. R. Flow-mediated vasodilation of the femoral and brachial artery induced by exercise in healthy nonsmoking and smoking men. J Am Coll Cardiol. 2001 Nov 1; 38(5): 1313-9.