



Επιδράσεις της εφαρμογής μενθόλης στο δέρμα
στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του ανθρώπου
κατά την άσκηση και τη βύθιση σε νερό

Πέτρος Μποτώνης
Μεταδιδακτορικός ερευνητής

Εργαστήριο Εργοφυσιολογίας,
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Θερμοαισθητήρες και θερμική αίσθηση

Channels 9:2, 73–81; March/April 2015; © 2015 Taylor & Francis Group, LLC

Molecular sensors and modulators of thermoreception

Xuming Zhang*

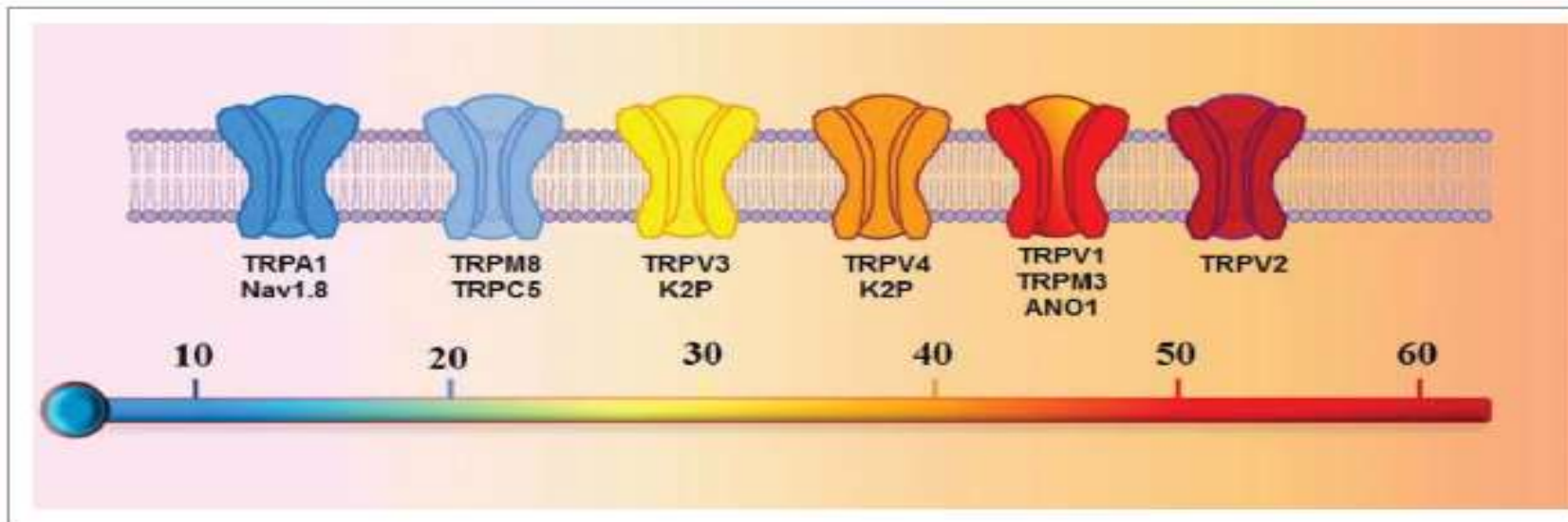


Figure 1. A schematic diagram depicting the temperature sensitive ion channels. Ion channels are ordered according to their relative activation threshold to temperatures.

Θερμοαισθητήρες και θερμική αίσθηση

Thermosensation and Pain

Makoto Tominaga,¹ Michael J. Caterina²

¹ Section of Cell Signaling, Okazaki Institute for Integrative Bioscience, National Sciences, Okazaki 444-8787, Japan

² Department of Biological Chemistry, Johns Hopkins University School of Medicine, Baltimore, Maryland 21205

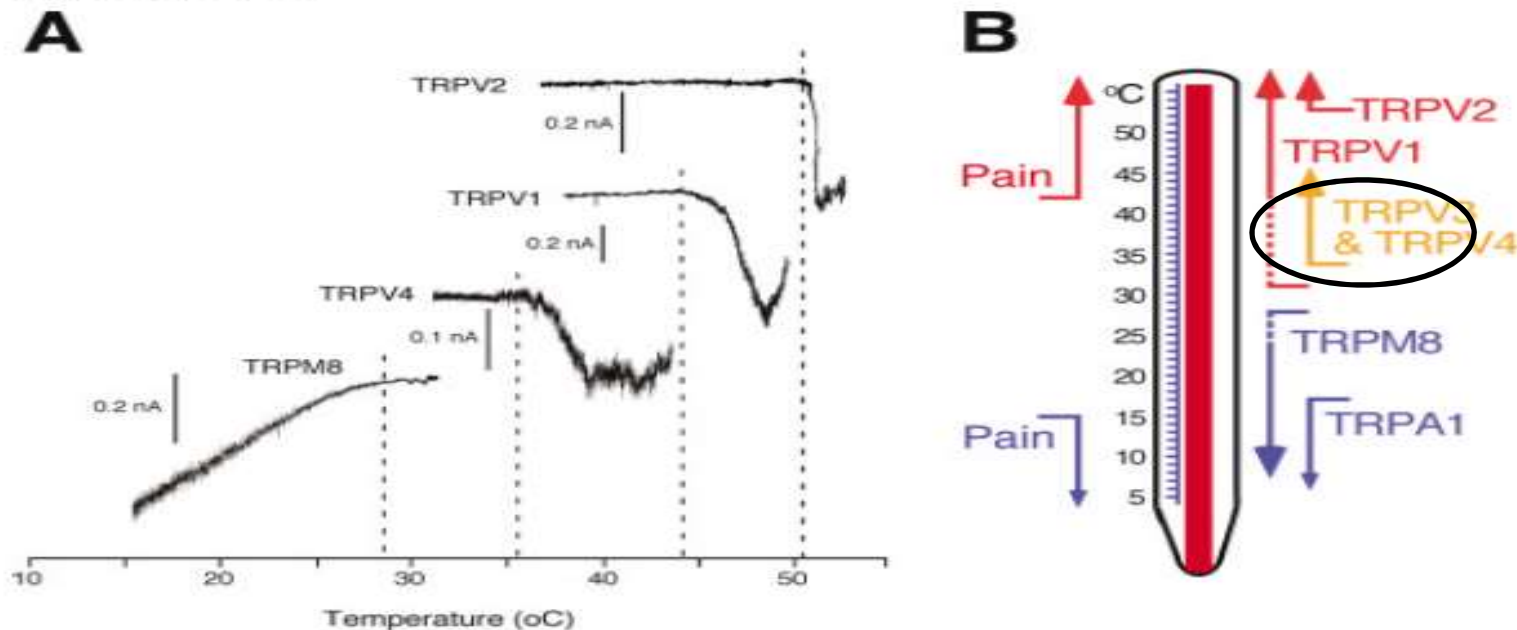
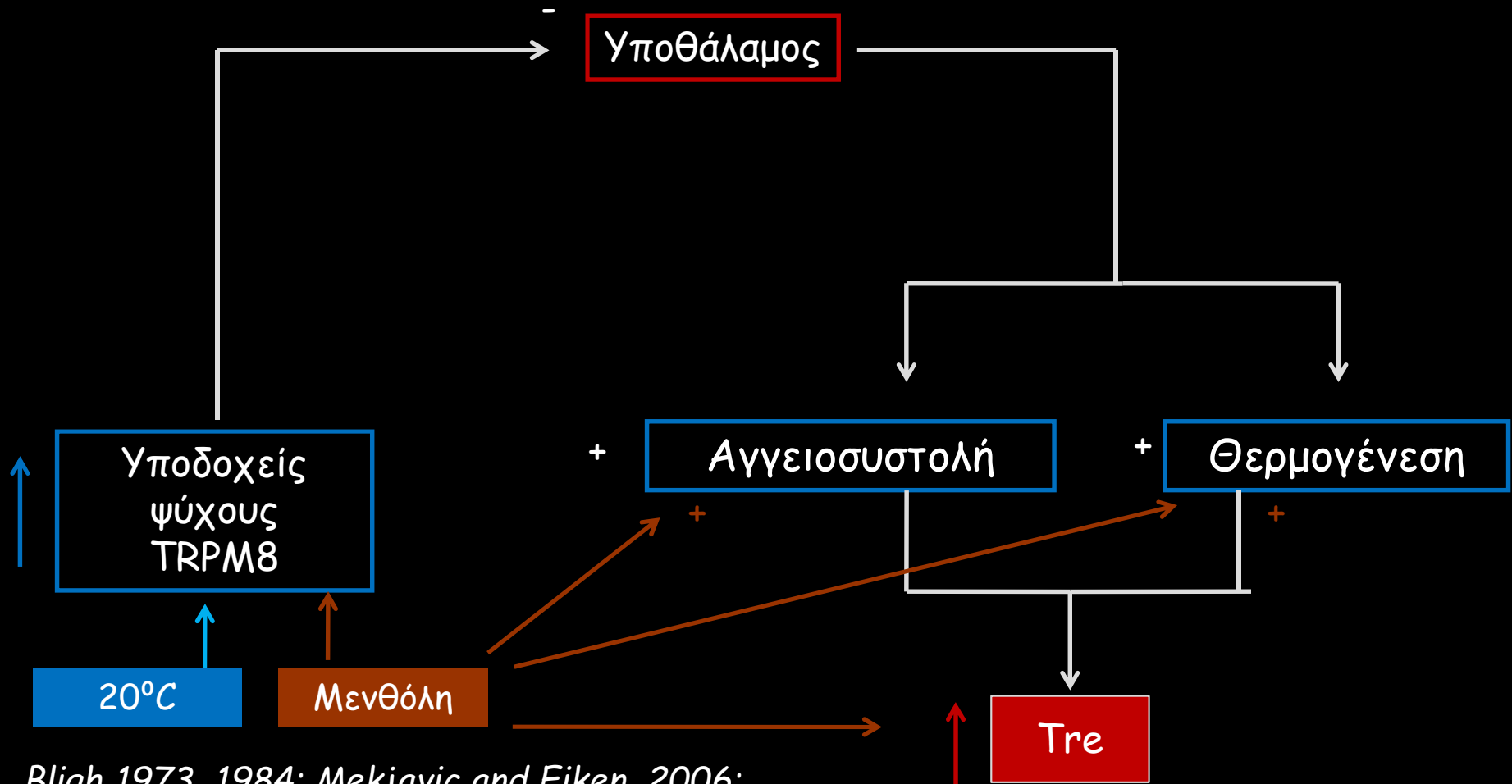


Figure 2 (A) Temperature response profiles of heat- or cold-induced activation of TRPV1, TRPV2, TRPV4, and TRPM8 at a holding potential of -60 mV in HEK293 cells expressing those channels. Dotted lines indicate the threshold temperatures for activation. (B) Temperatures causing pain and activating six TRP channels. Dotted lines indicate that threshold temperatures for activation of TRPV1 and TRPM8 are not fixed but changeable in the presence of other stimuli (see text).

Η μενθόλη ($C_{10}H_{20}$):

- βρίσκεται στα αιθέρια έλαια της οικογένειας της μέντας.
-  TRPM8 (*Hensel and Zotterman 1951; Shafer et al., 1986*)
- Η εφαρμογή της στο δέρμα είναι μια πρωτότυπη και αποτελεσματική μέθοδος που επιτρέπει τη μελέτη της αλληλεπίδρασης των φυσιολογικών παραμέτρων που ρυθμίζουν τη θερμοκρασία του σώματος.

Ηρεμία

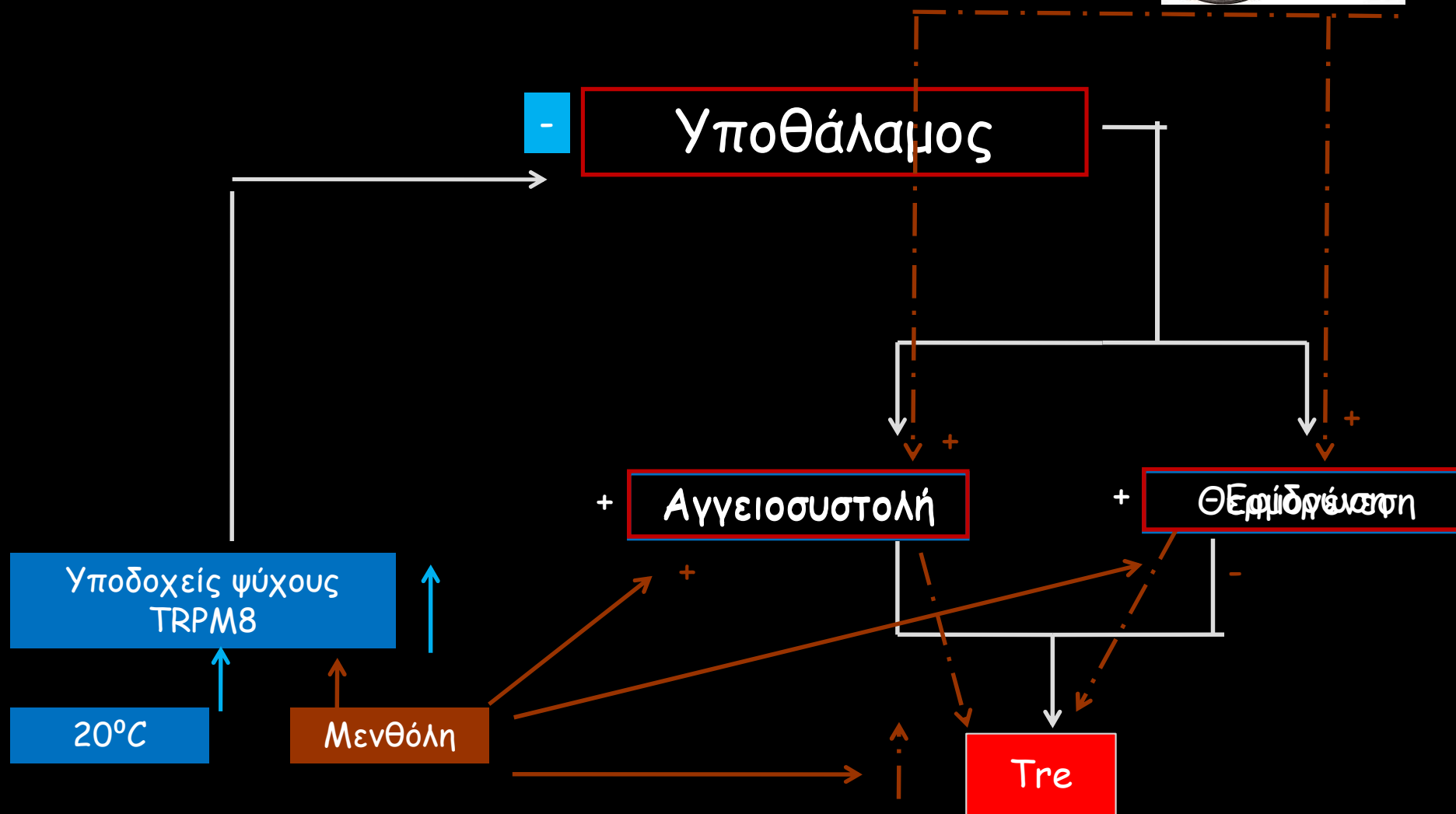


Bligh 1973, 1984; Mekjavic and Eiken, 2006;

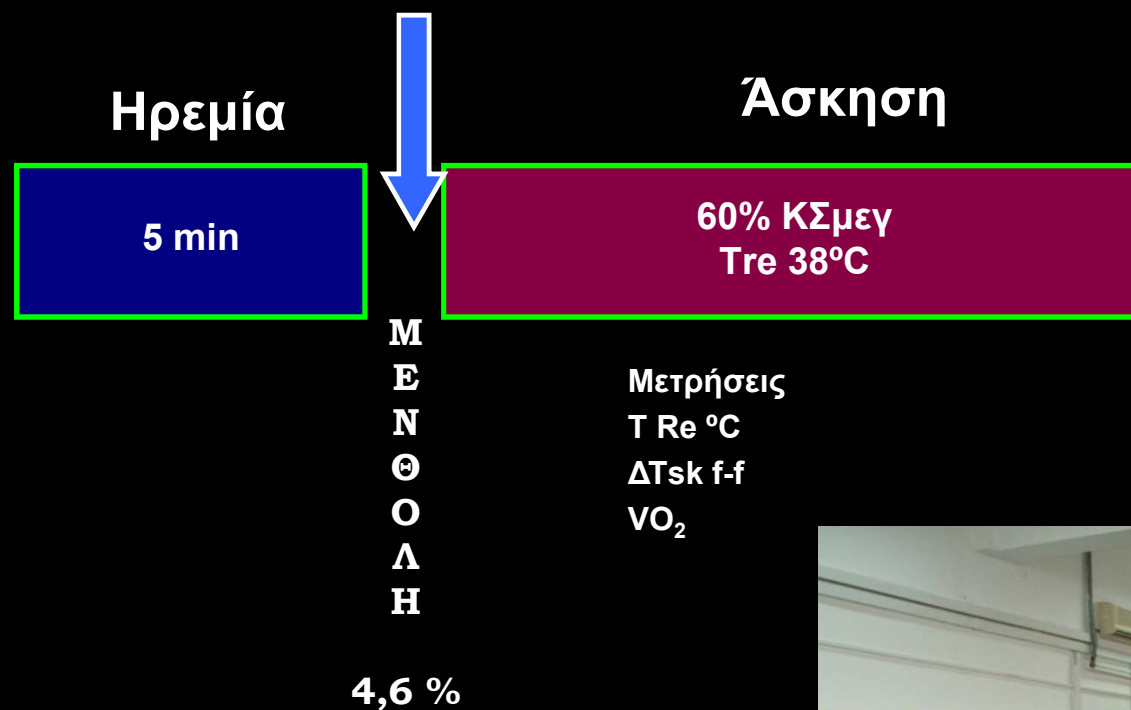
Tajino et al., 2007

Η επίδραση της εφαρμογής μενθόλης στο δέρμα
στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος
κατά την άσκηση

Άσκηση



Η επίδραση της εφαρμογής μενθόλης στο δέρμα στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος κατά την άσκηση



Η επίδραση της εφαρμογής μενθόλης στο δέρμα στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος κατά την άσκηση

Cold physiology

SKIN SURFACE MENTHOL APPLICATION ENHANCES EXERCISE-INDUCED MILD HYPERTHERMIA

Botonis Petros, Kounalakis Stelios, Koskolou Maria, and Geladas Nickos

Department of Sports Medicine & Biology of Exercise, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Athens, Greece

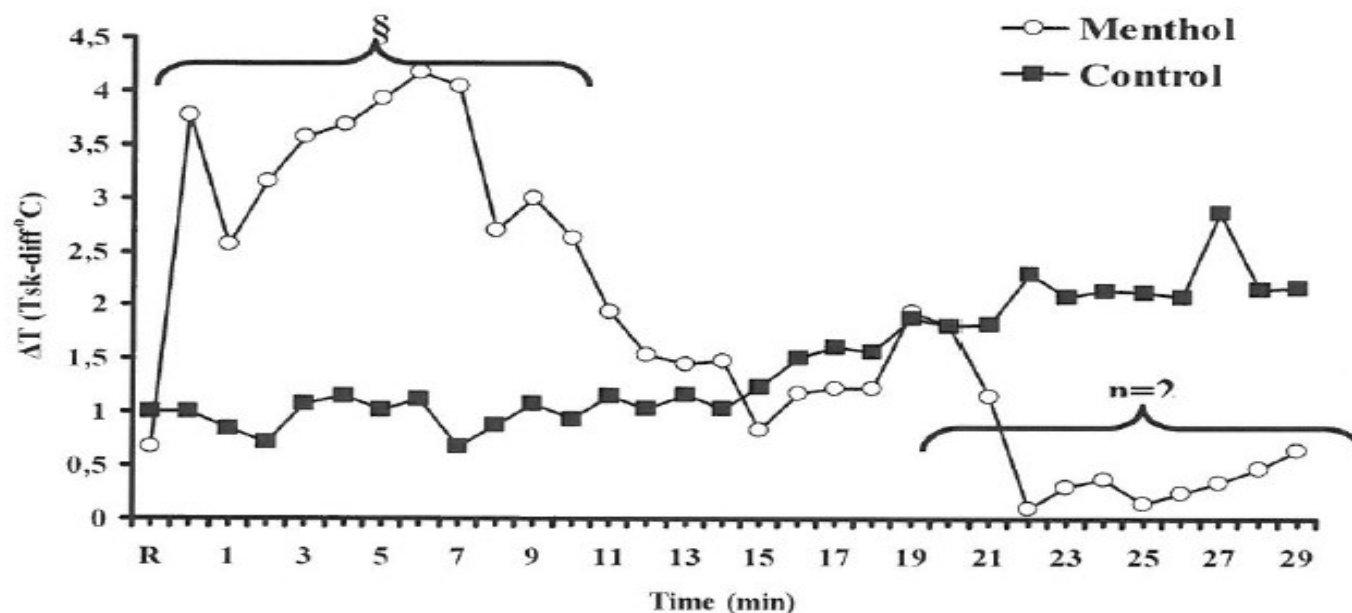


Fig 1. Changes in forearm-fingertip difference ($\Delta T_{sk-diff}$), during 30 min of cycling with (Menthol), or without (Control) menthol application. (§): Differences between conditions $p < 0.05$.

Η επίδραση της εφαρμογής μενθόλης στο δέρμα στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος κατά την άσκηση

Cold physiology

SKIN SURFACE MENTHOL APPLICATION ENHANCES EXERCISE-INDUCED MILD HYPERTHERMIA

*Botonis Petros, Kounalakis Stelios, Koskolou Maria, and Geladas Nickos
Department of Sports Medicine & Biology of Exercise, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Athens, Greece*

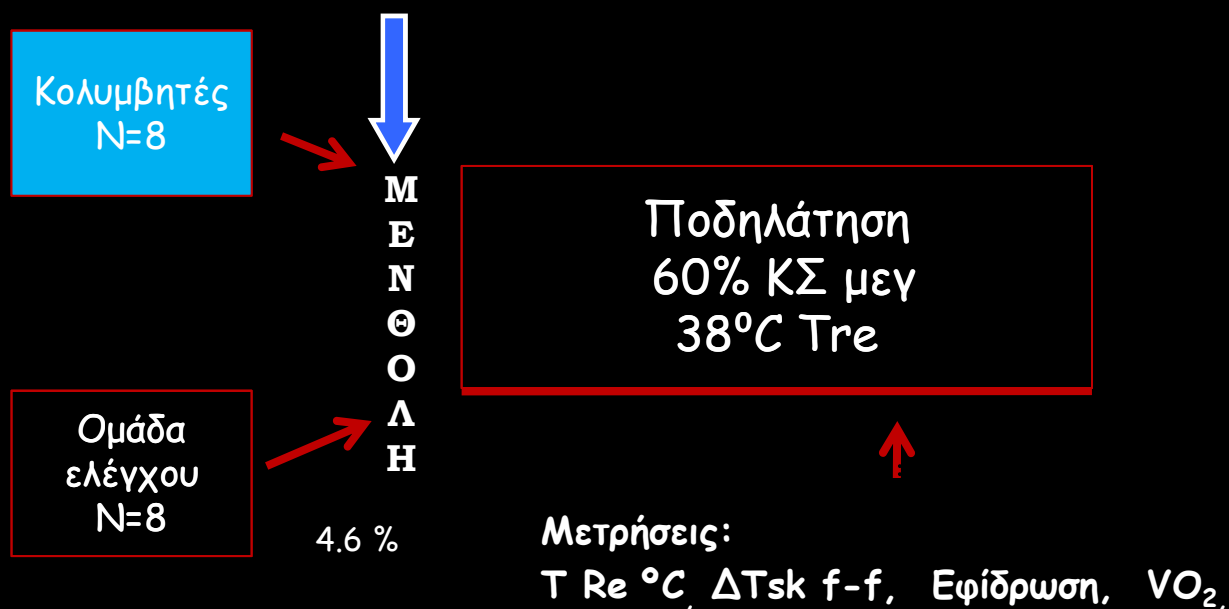
	Με μενθόλη	Χωρίς μενθόλη	p value
Tre ηρεμίας (mL·min ⁻¹)	37.3±0.3	37.1±0.3	0.89
VO ₂ ηρεμίας (ml·min ⁻¹)	327±53	357±39	0.32
Ρυθμός ανόδου Tre (°C·min ⁻¹)	0.24±0.1	0.14±0.1	0.03
VO ₂ 1-12 min (ml·min ⁻¹)	1890±352	1745±330	0.03
Χρόνος άσκησης (min)	19.0±2.0	29.1±1.0	0.00

International Conference of Environmental Ergonomics, 2007

The effect of menthol application to the skin on sweating rate response during exercise in swimmers and controls

Stylianos N. Kounalakis · Petros G. Botonis ·
Maria D. Koskolou · Nickos D. Geladas

Ο χρόνιος εγκλιματισμός σε ήπια κρύο νερό επηρεάζει τη θερμορύθμιση κατά την άσκηση;;;



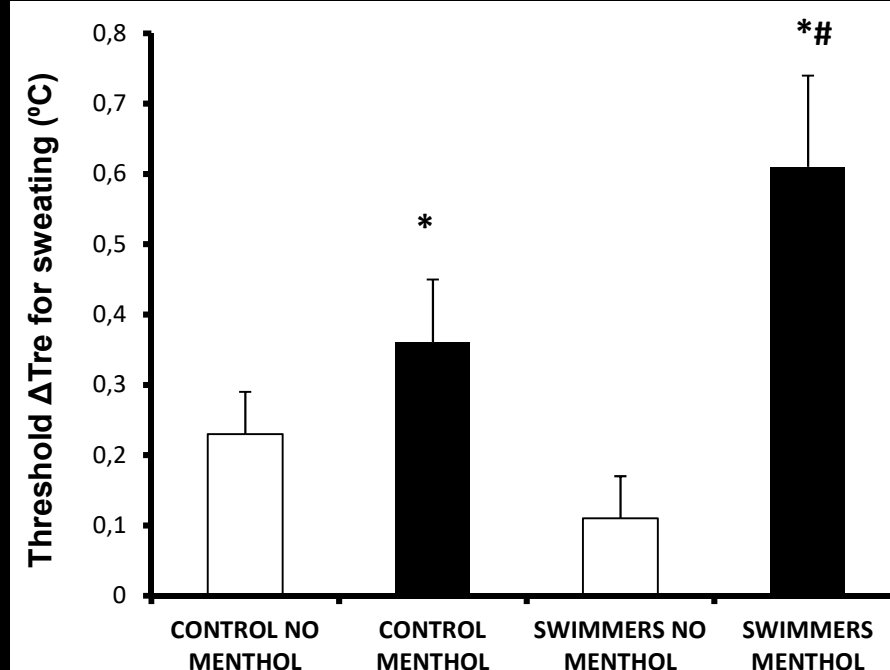
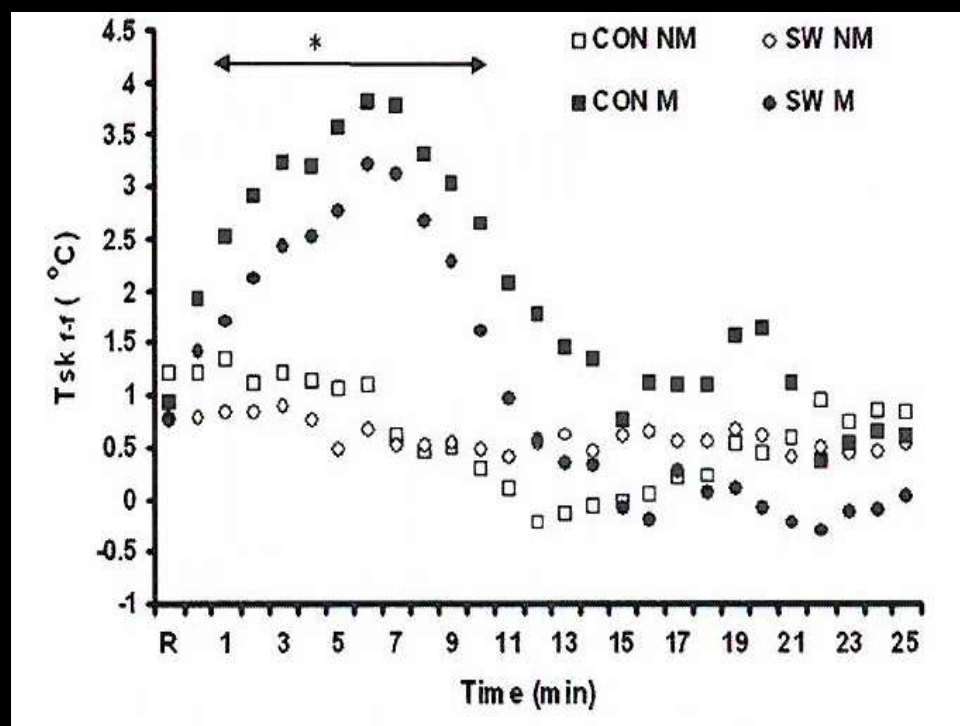
Η επίδραση της εφαρμογής μενθόλης στο δέρμα στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος κατά την άσκηση

Eur J Appl Physiol
DOI 10.1007/s00421-009-1345-6

ORIGINAL ARTICLE

The effect of menthol application to the skin on sweating rate response during exercise in swimmers and controls

Stylianos N. Kounalakis · Petros G. Botonis ·
Maria D. Koskolou · Nickos D. Geladas



*Σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών, $p < 0.05$

#Σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων, $p < 0.05$

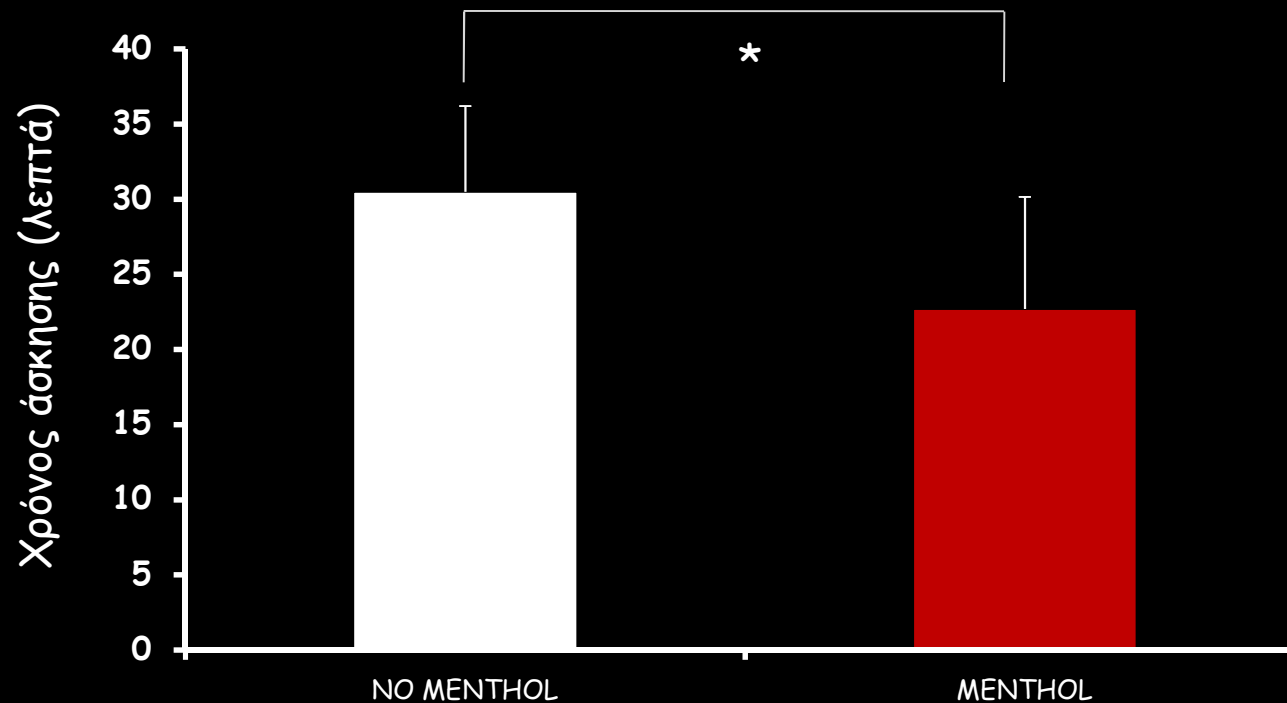
Η επίδραση της εφαρμογής μενθόλης στο δέρμα στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος κατά την άσκηση

Eur J Appl Physiol
DOI 10.1007/s00421-009-1345-6

ORIGINAL ARTICLE

The effect of menthol application to the skin on sweating rate response during exercise in swimmers and controls

Stylianos N. Kounalakis · Petros G. Botonis ·
Maria D. Koskolou · Nickos D. Geladas



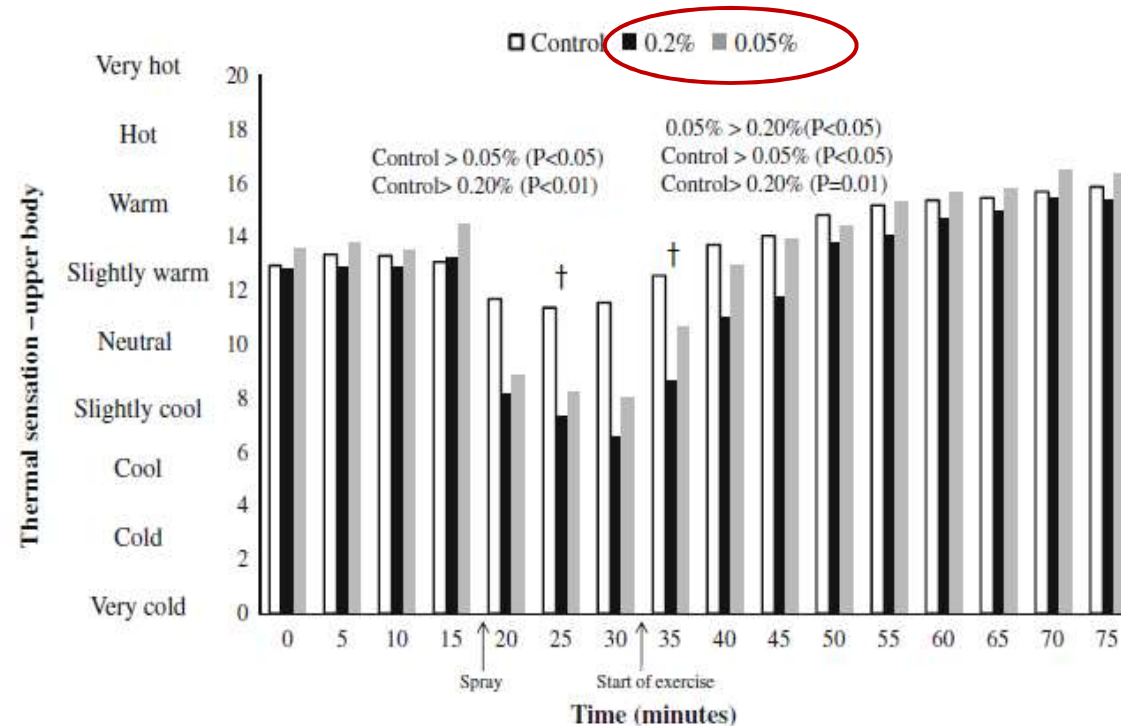
Η επίδραση της εφαρμογής μενθόλης στο δέρμα στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος κατά την άσκηση

Eur J Appl Physiol (2010) 110:609–618
DOI 10.1007/s00421-010-1533-4

ORIGINAL ARTICLE

The influence of menthol on thermoregulation and perception during exercise in warm, humid conditions

D. Jason Gillis · James R. House · Michael J. Tipton



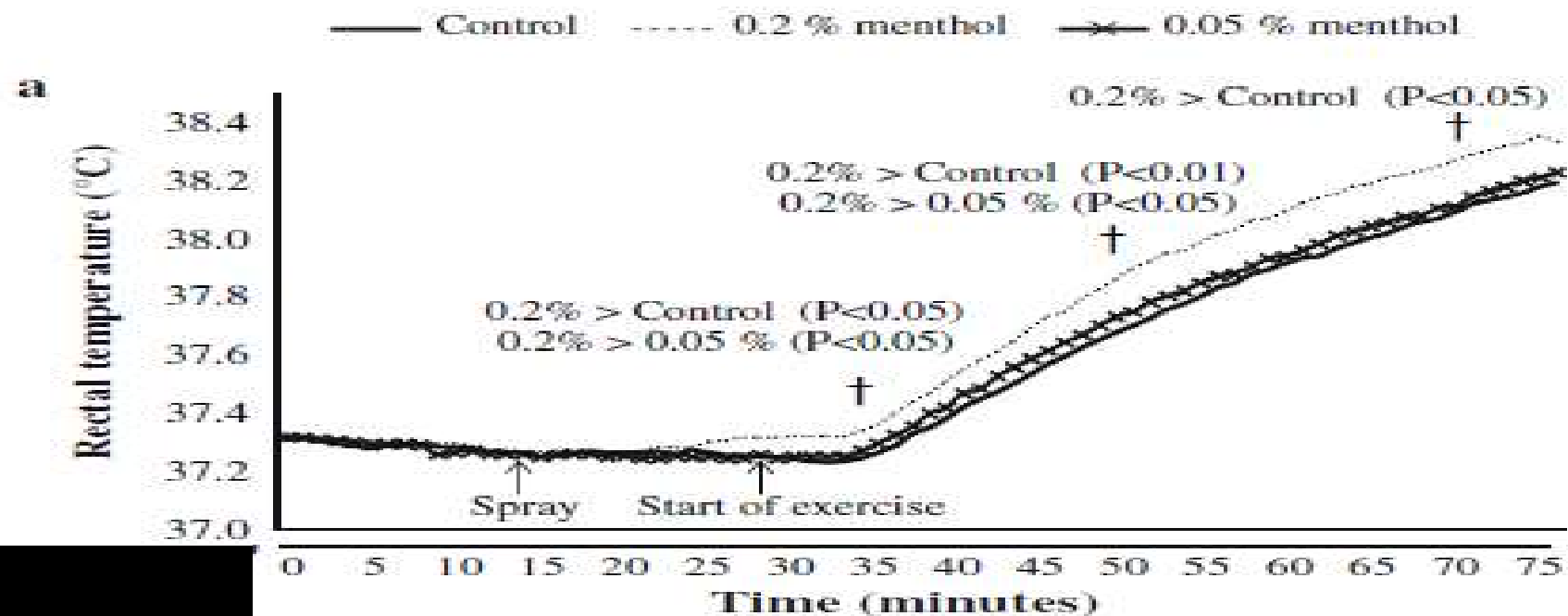
Η επίδραση της εφαρμογής μενθόλης στο δέρμα στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος κατά την άσκηση

Eur J Appl Physiol (2010) 110:609–618
DOI 10.1007/s00421-010-1533-4

ORIGINAL ARTICLE

The influence of menthol on thermoregulation and perception during exercise in warm, humid conditions

D. Jason Gillis · James R. House · Michael J. Tipton

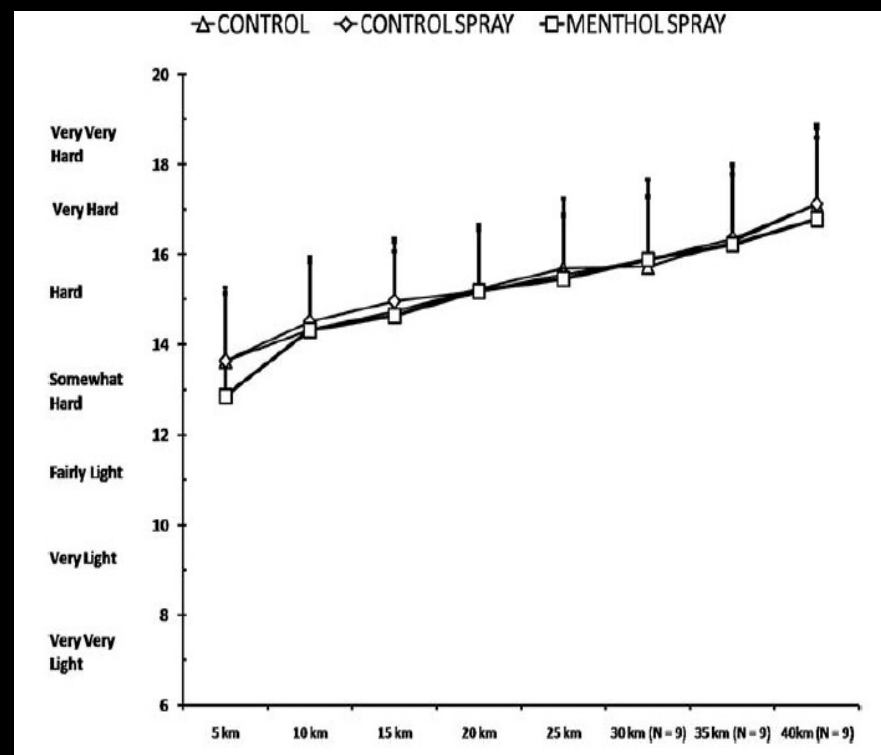
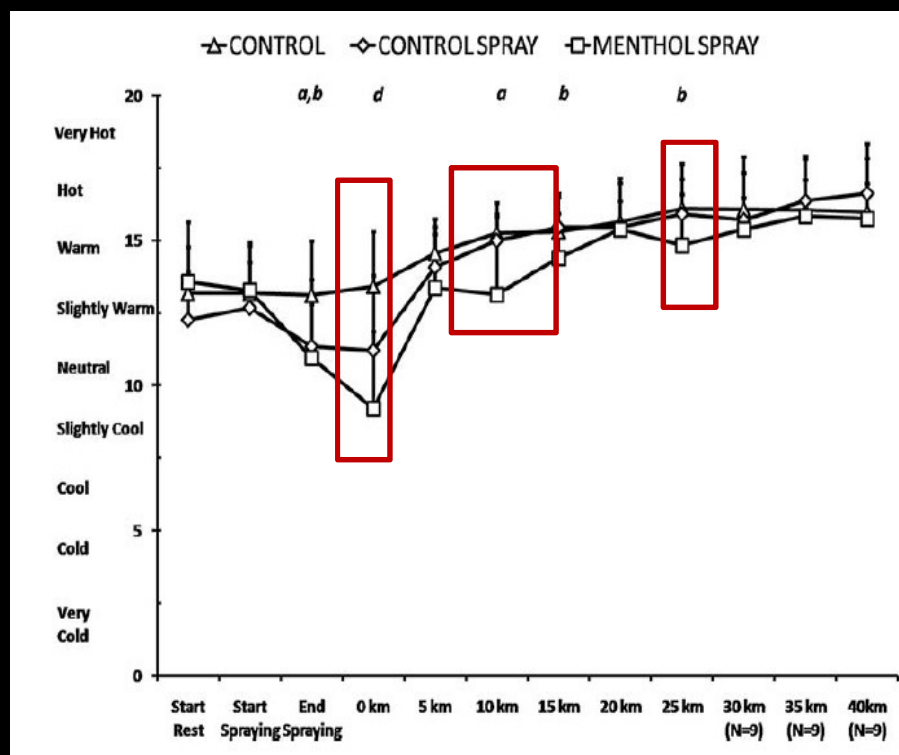


Η επίδραση της εφαρμογής μενθόλης στο δέρμα στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος κατά την άσκηση

Early change in thermal perception is not a driver of anticipatory exercise pacing in the heat

Martin James Barwood, Jo Corbett, Danny White, Jason James

Μενθόλη: 0.05%

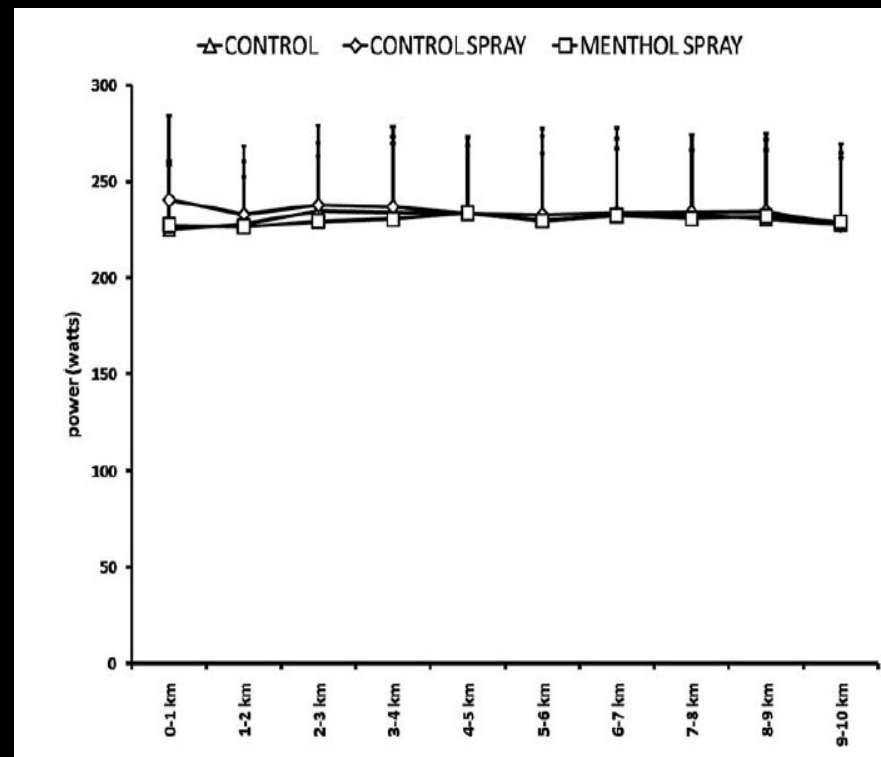
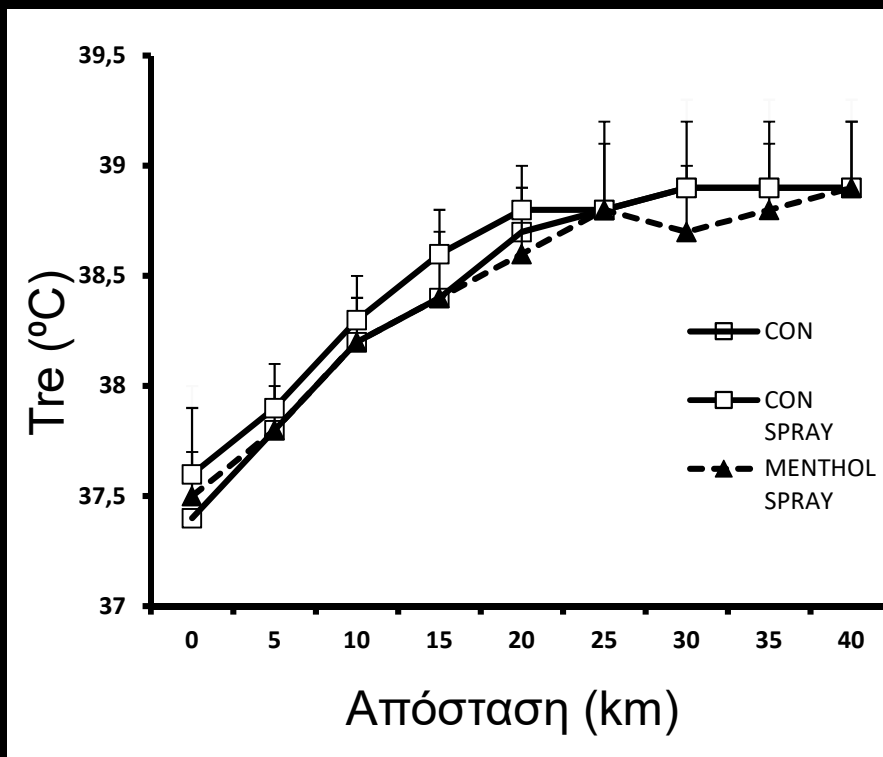


Η επίδραση της εφαρμογής μενθόλης στο δέρμα στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος κατά την άσκηση

Early change in thermal perception is not a driver of anticipatory exercise pacing in the heat

Martin James Barwood, Jo Corbett, Danny White, Jason James

Μενθόλη: 0.05%



BJSM 2011

Η επίδραση της εφαρμογής μενθόλης στο δέρμα στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος κατά την άσκηση

Scand J Med Sci Sports 2015; 25 (Suppl. 1): 211–218
doi: 10.1111/sms.12395

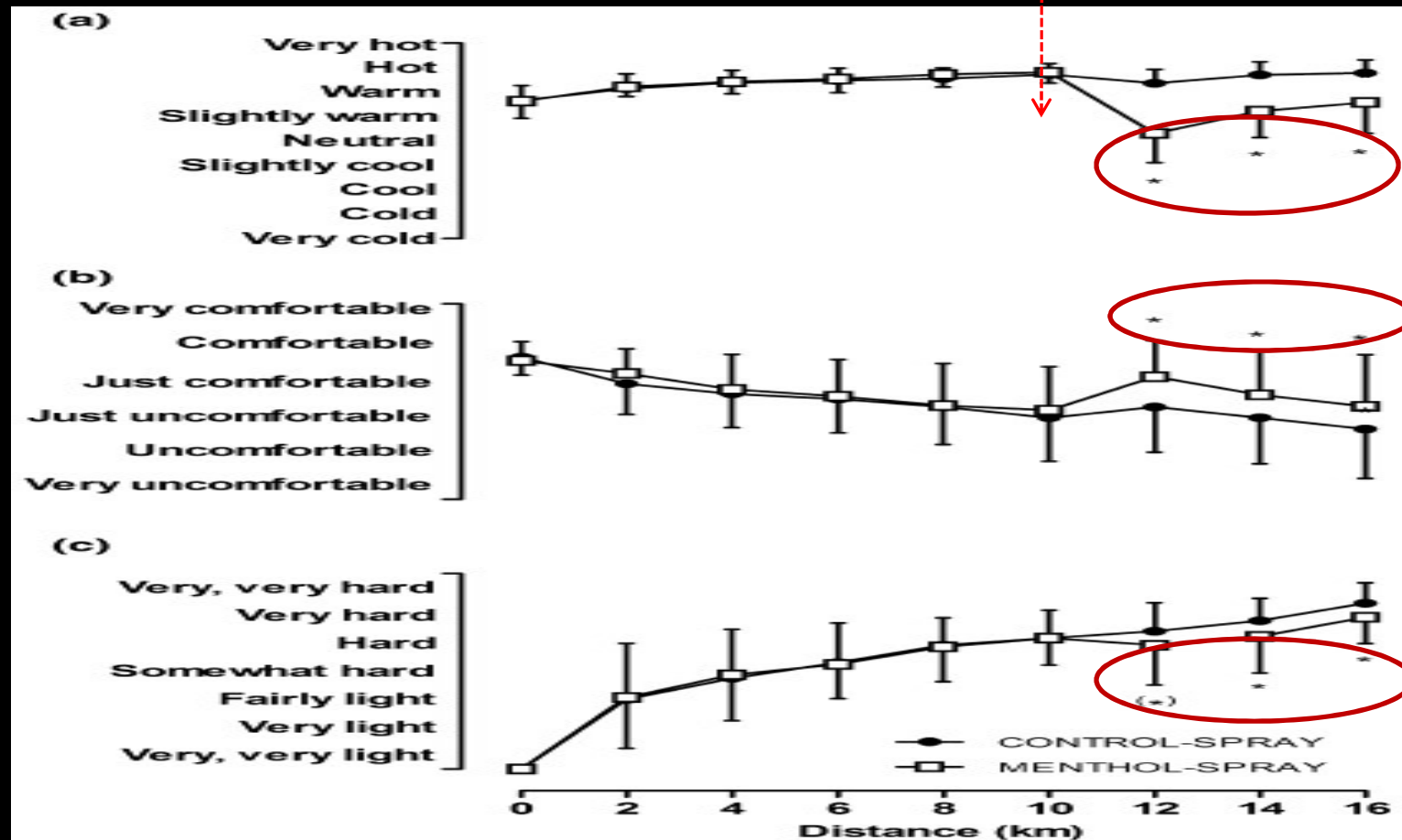
© 2015 John Wiley & Sons A/S.
Published by John Wiley & Sons Ltd

SCANDINAVIAN JOURNAL OF
MEDICINE & SCIENCE
IN SPORTS

Relieving thermal discomfort: Effects of sprayed L-menthol on perception, performance, and time trial cycling in the heat

M. J. Barwood¹, J. Corbett², K. Thomas¹, P. Twentyman¹

Μενθόλη: 0.2%



Η επίδραση της εφαρμογής μενθόλης στο δέρμα στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος κατά την άσκηση

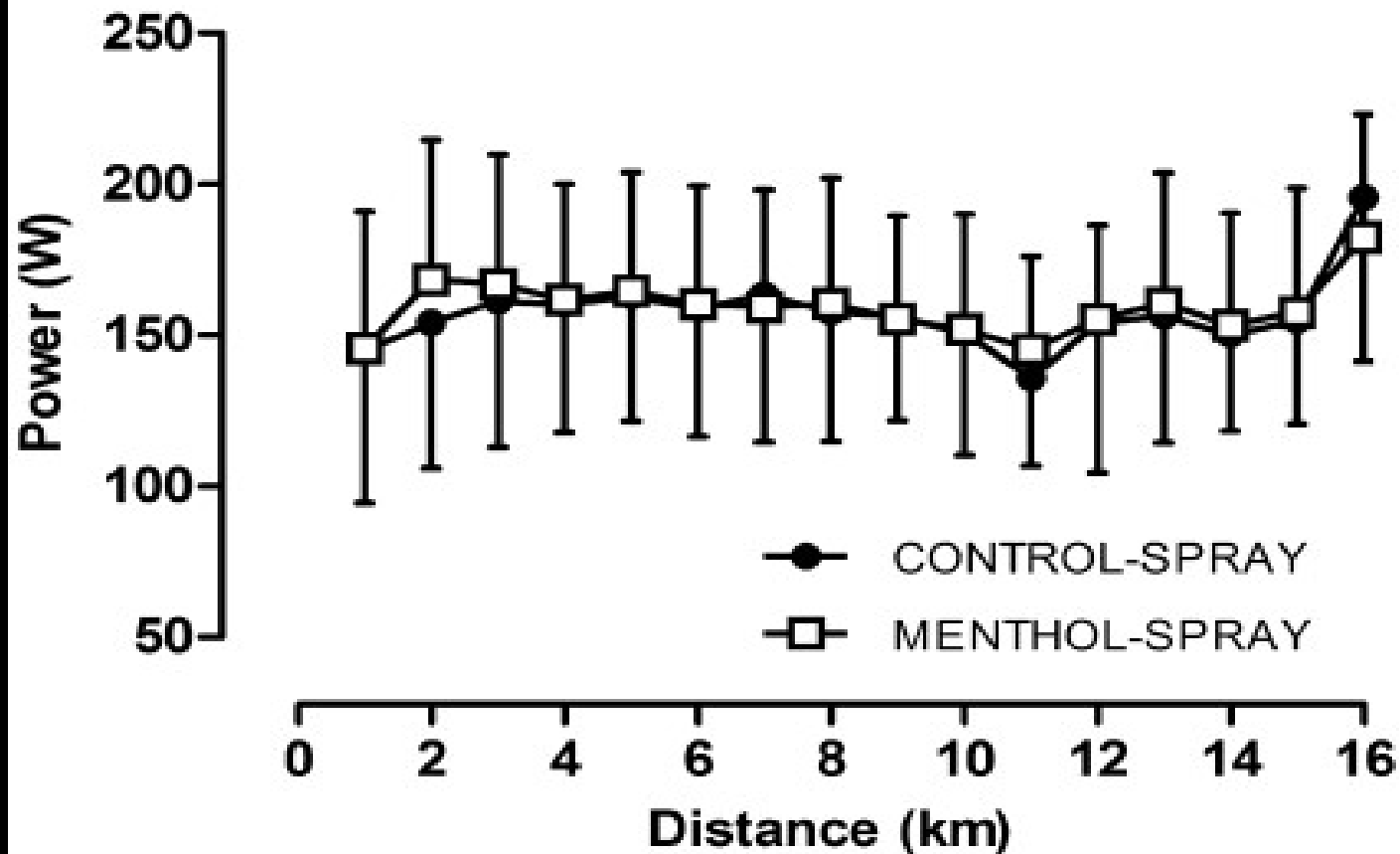
Scand J Med Sci Sports 2015; 25 (Suppl. 1): 211–218
doi: 10.1111/sms.12395

© 2015 John Wiley & Sons A/S.
Published by John Wiley & Sons Ltd

SCANDINAVIAN JOURNAL OF
MEDICINE & SCIENCE
IN SPORTS

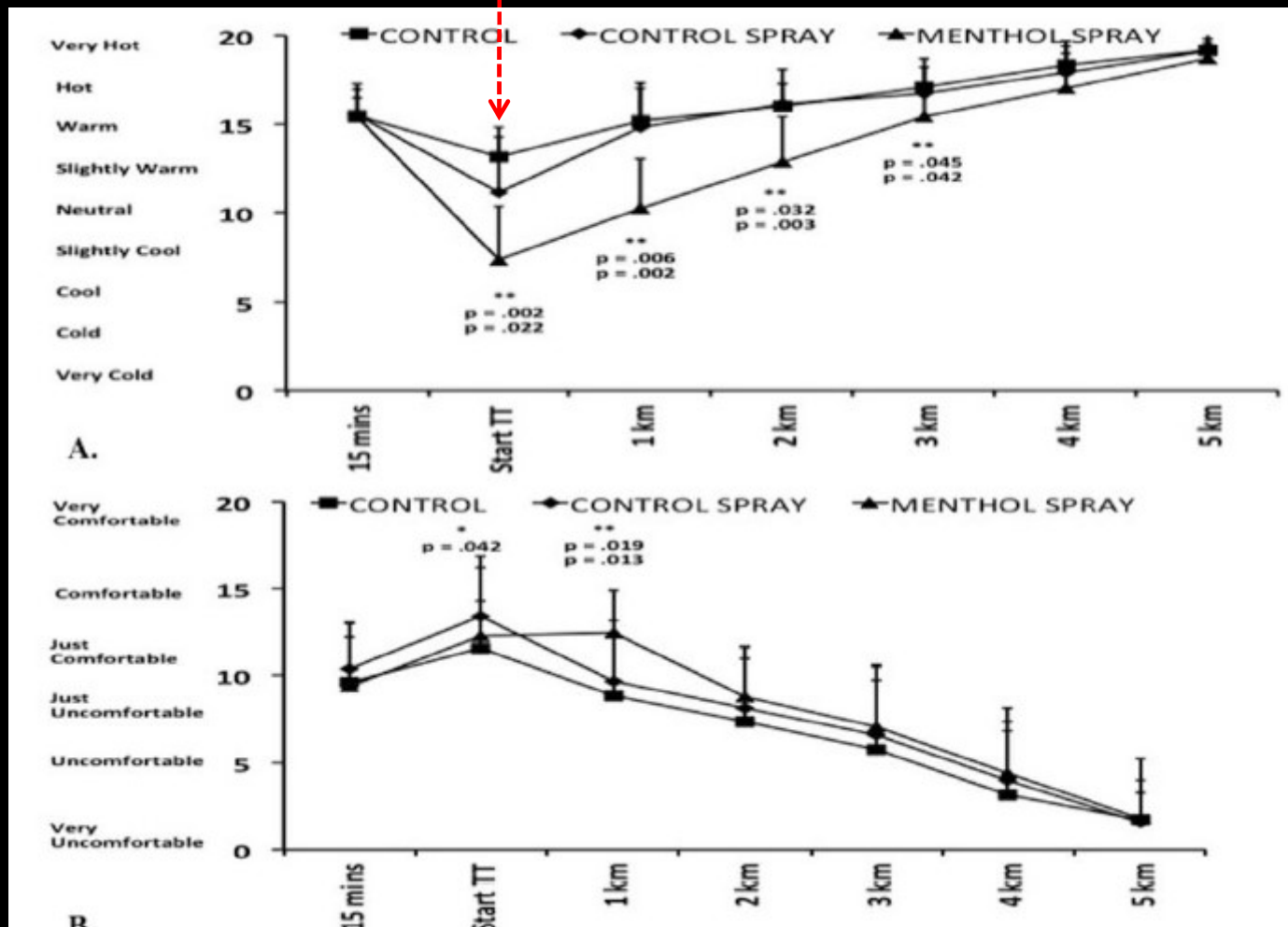
Relieving thermal discomfort: Effects of sprayed L-menthol on perception, performance, and time trial cycling in the heat

M. J. Barwood¹, J. Corbett², K. Thomas¹, P. Twentyman¹



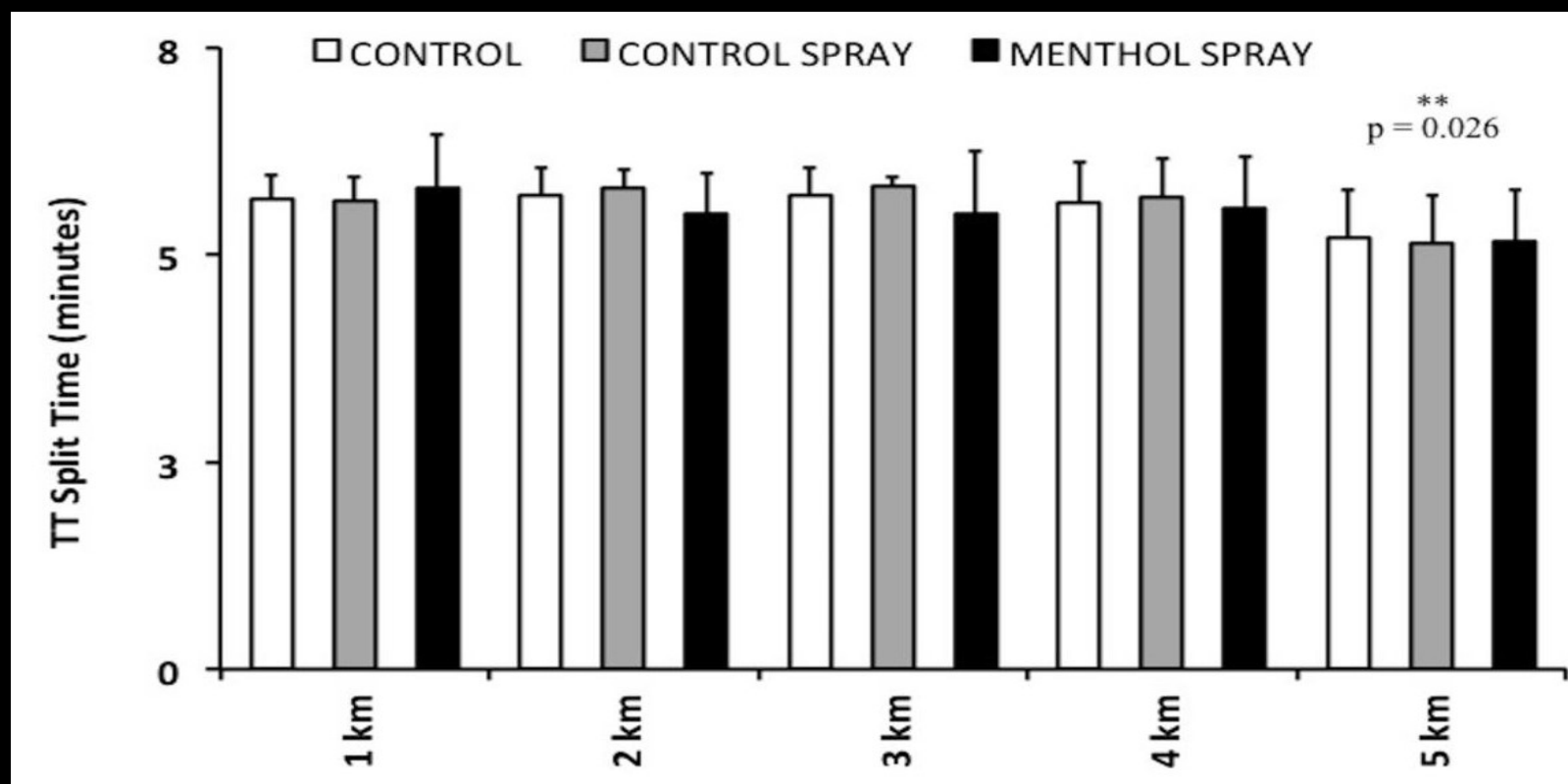
Η επίδραση της εφαρμογής μενθόλης στο δέρμα στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος κατά την άσκηση

Μενθόλη: 0.2%



Barwood et al., 2014
J Sports med Phys fitness

Η επίδραση της εφαρμογής μενθόλης στο δέρμα στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος κατά την άσκηση



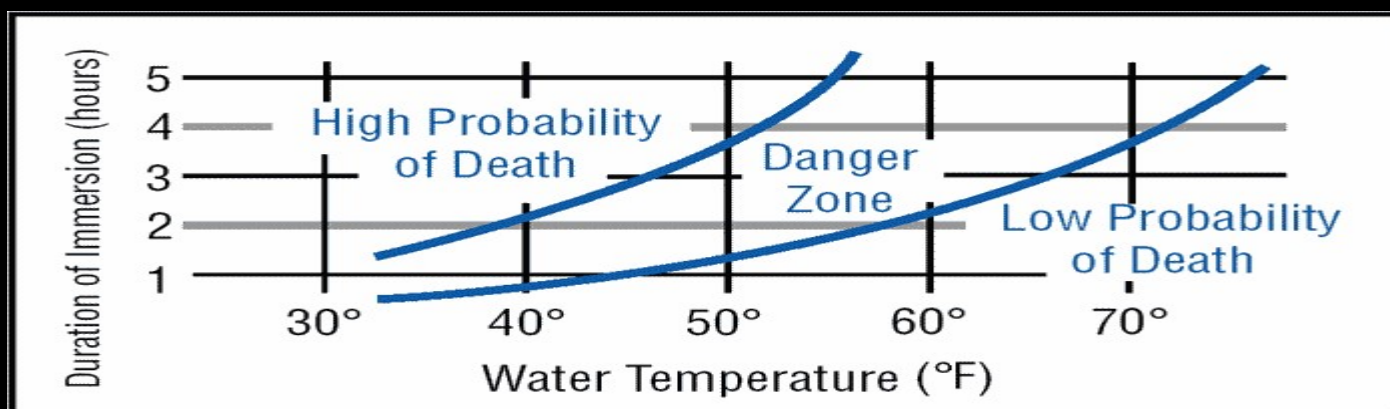
Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των συνθηκών.

** Σημαντική διαφορά έναντι του πρώτου χιλιομέτρου

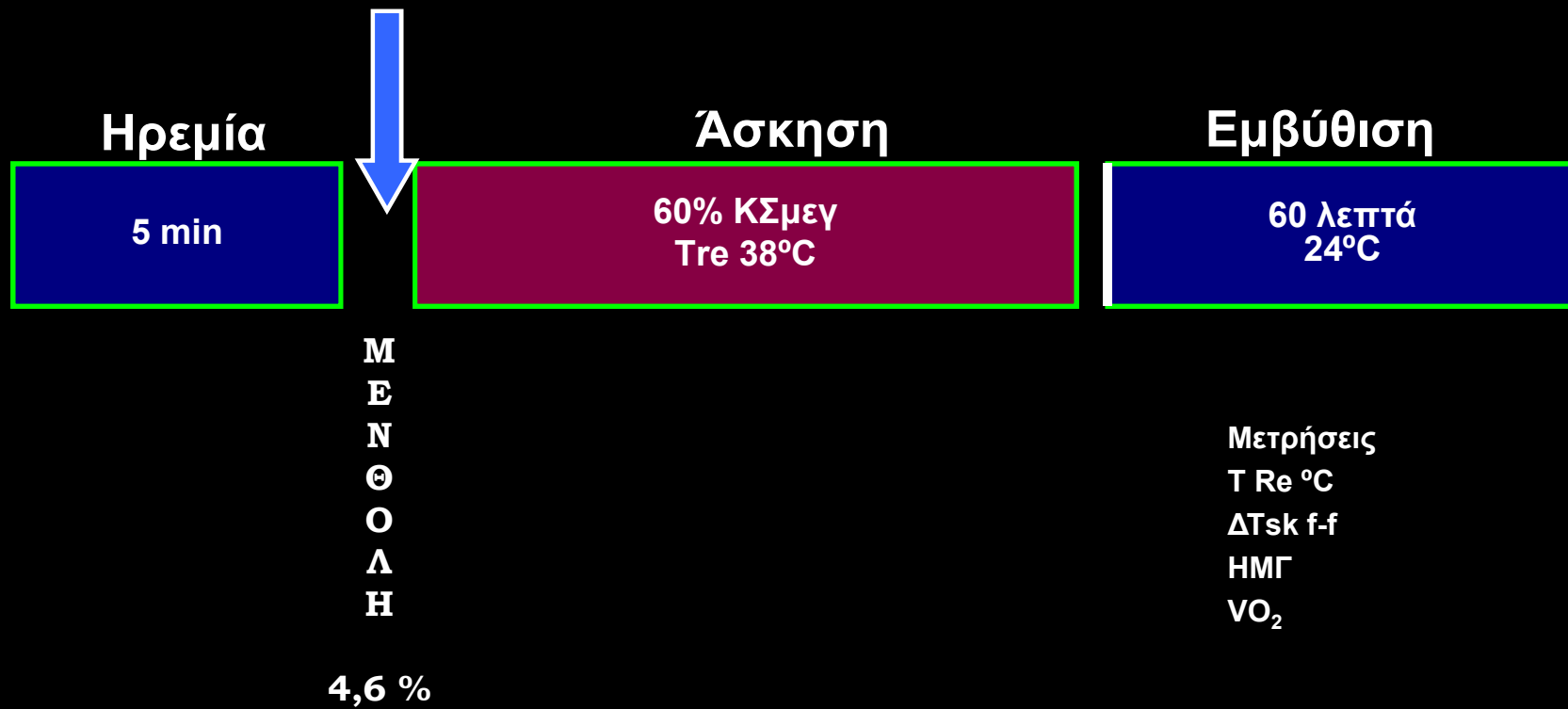
Barwood et al., 2014
J Sports med Phys. fitness

Συμπέρασμα

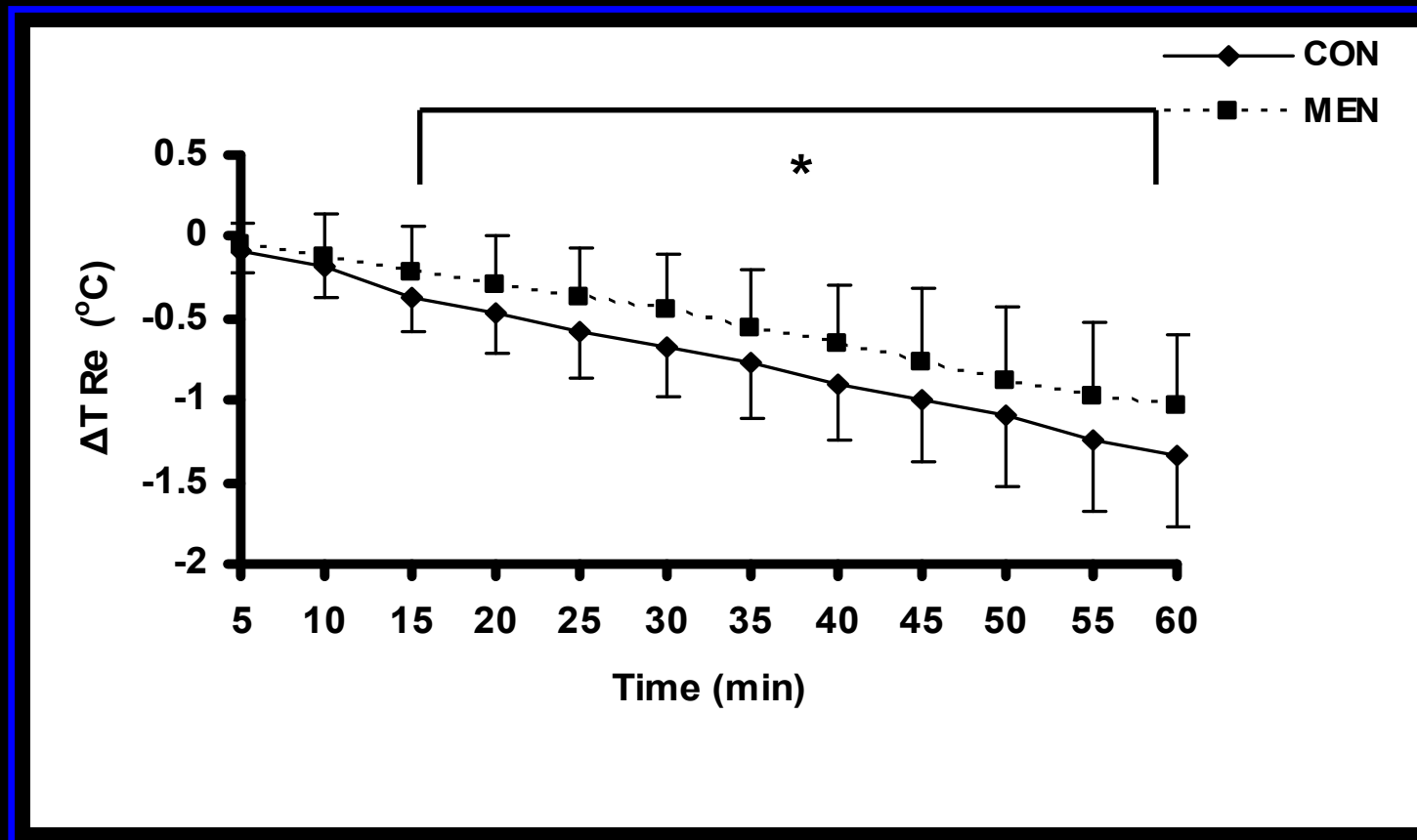
- Η εφαρμογή μενθόλης (επάλειψη/ψεκασμός) πριν την άσκηση πυροδοτεί τους αισθητήρες ψύχους TRPM8, αυξάνει την παραγωγή θερμότητας και μειώνει τη θερμική απώλεια.
- Οι επιδράσεις της μενθόλης είναι δόσοεξαρτώμενες.
- Μεγαλύτερη συγκέντρωση μενθόλης (4,6%) επιφέρει πιο γρήγορη άνοδο της θερμοκρασίας πυρήνα λόγω εντονότερης αγγειοσυστολής και επιβράδυνσης της εφίδρωσης.
- Ο ψεκασμός της επιδερμίδας με χαμηλότερες συγκεντρώσεις (0.05-0.2%) μενθόλης πριν ή κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης βελτιώνει τη θερμική αίσθηση.
- Ο ψεκασμός της επιδερμίδας με μενθόλη δεν βελτιώνει την απόδοση σε παρατεταμένες προσπάθειες.



Μενθόλη και παρατεταμένη εμβύθιση σε δροσερό νερό 24°C

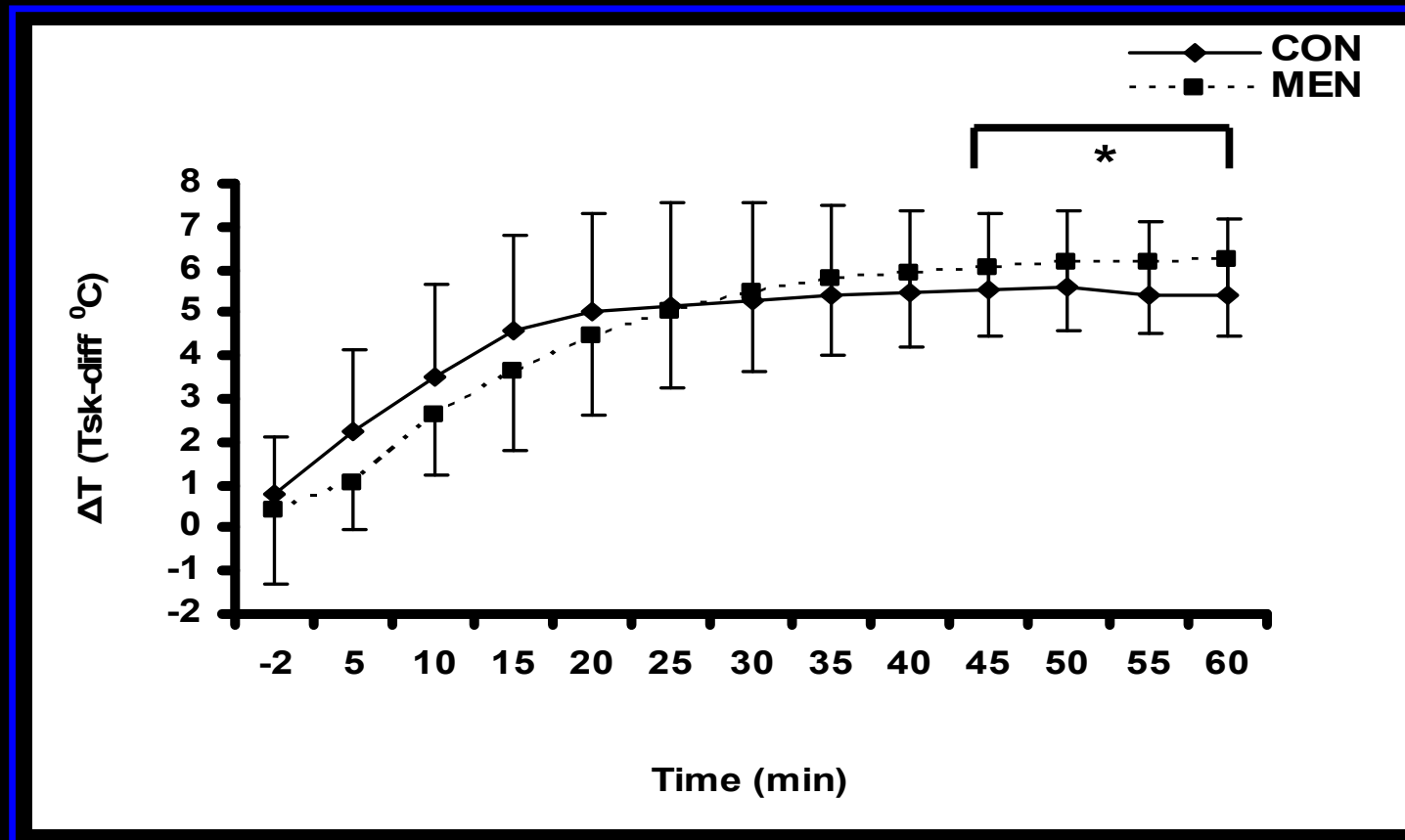


Μενθόλη και παρατεταμένη εμφύθιση σε δροσερό νερό 24°C

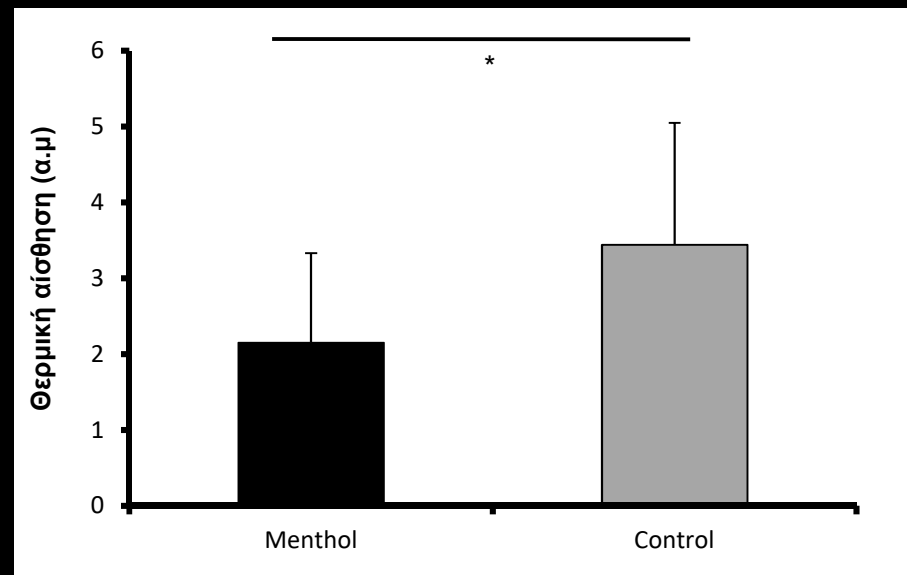
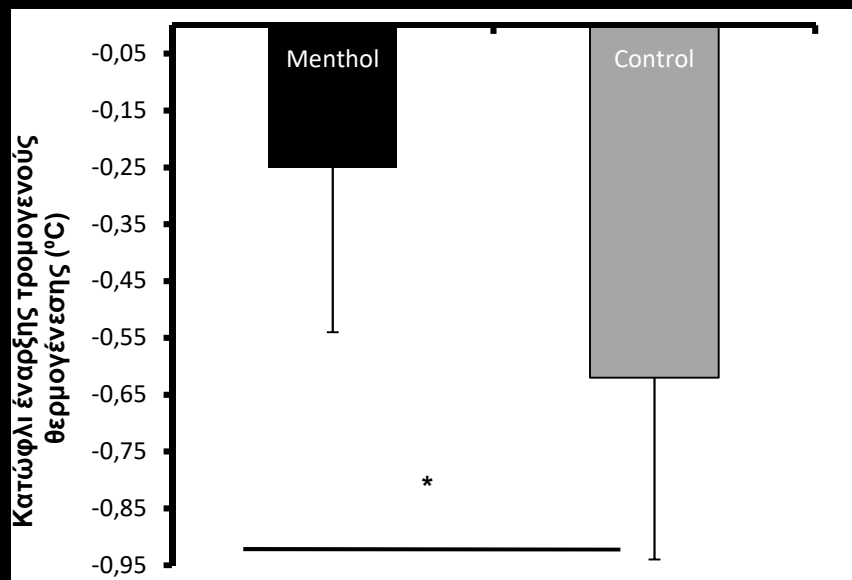
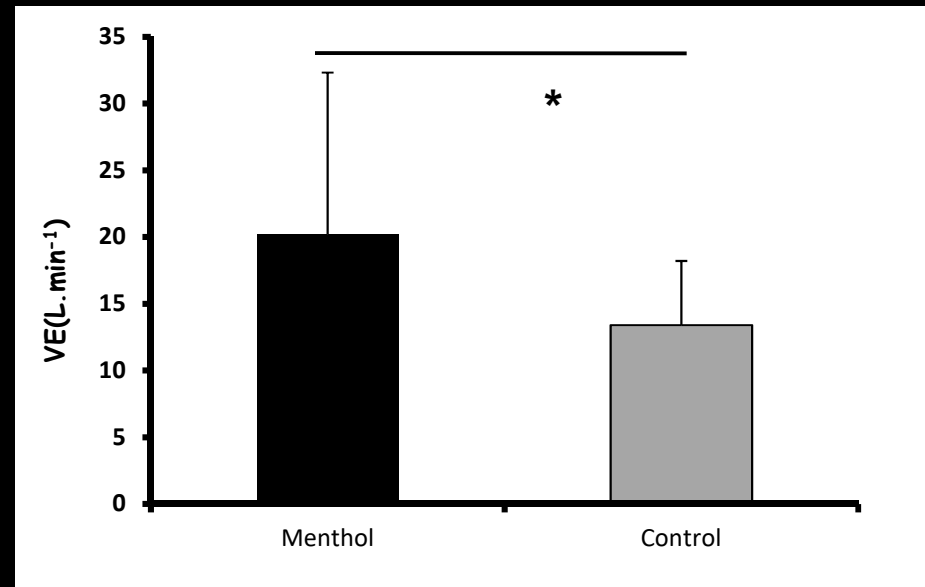
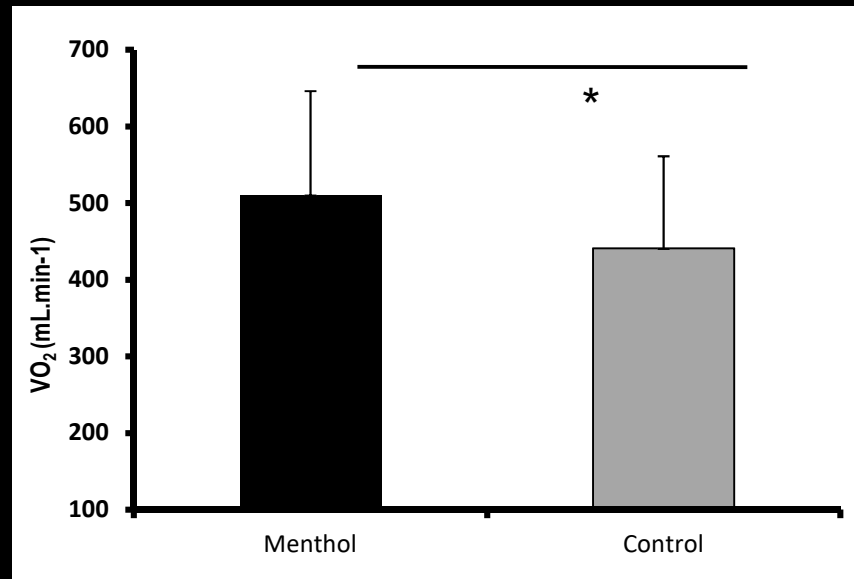


Μενθόλη και παρατεταμένη εμφύθιση σε δροσερό νερό 24°C

Δείκτης αγγειοσυστολής

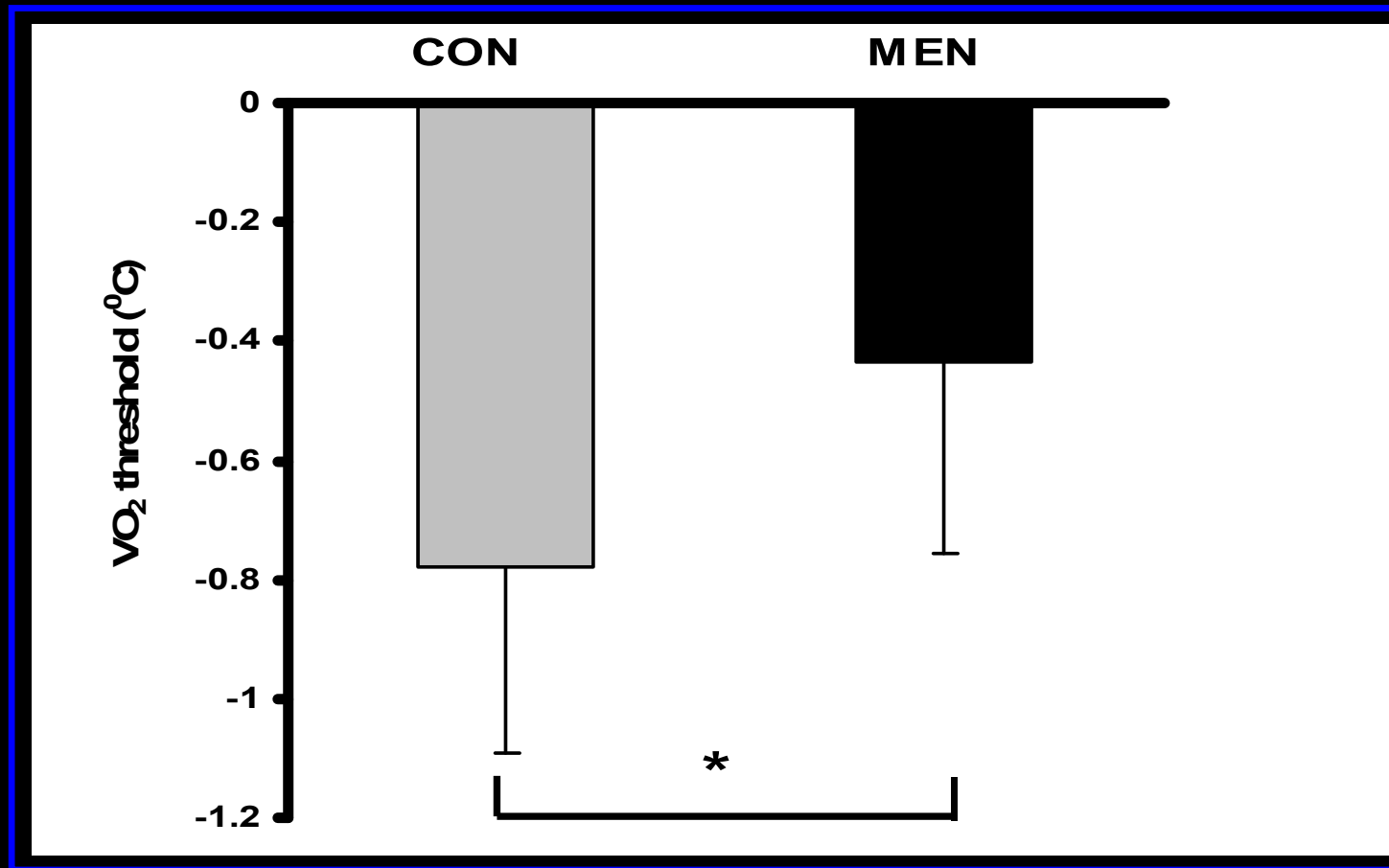


Μενθόλη και παρατεταμένη εμφύσηση σε δροσερό νερό 24°C



Μενθόλη και παρατεταμένη εμβύθιση σε δροσερό νερό 24°C

Κατώφλι συστηματικής αύξησης του $\dot{V}O_2$

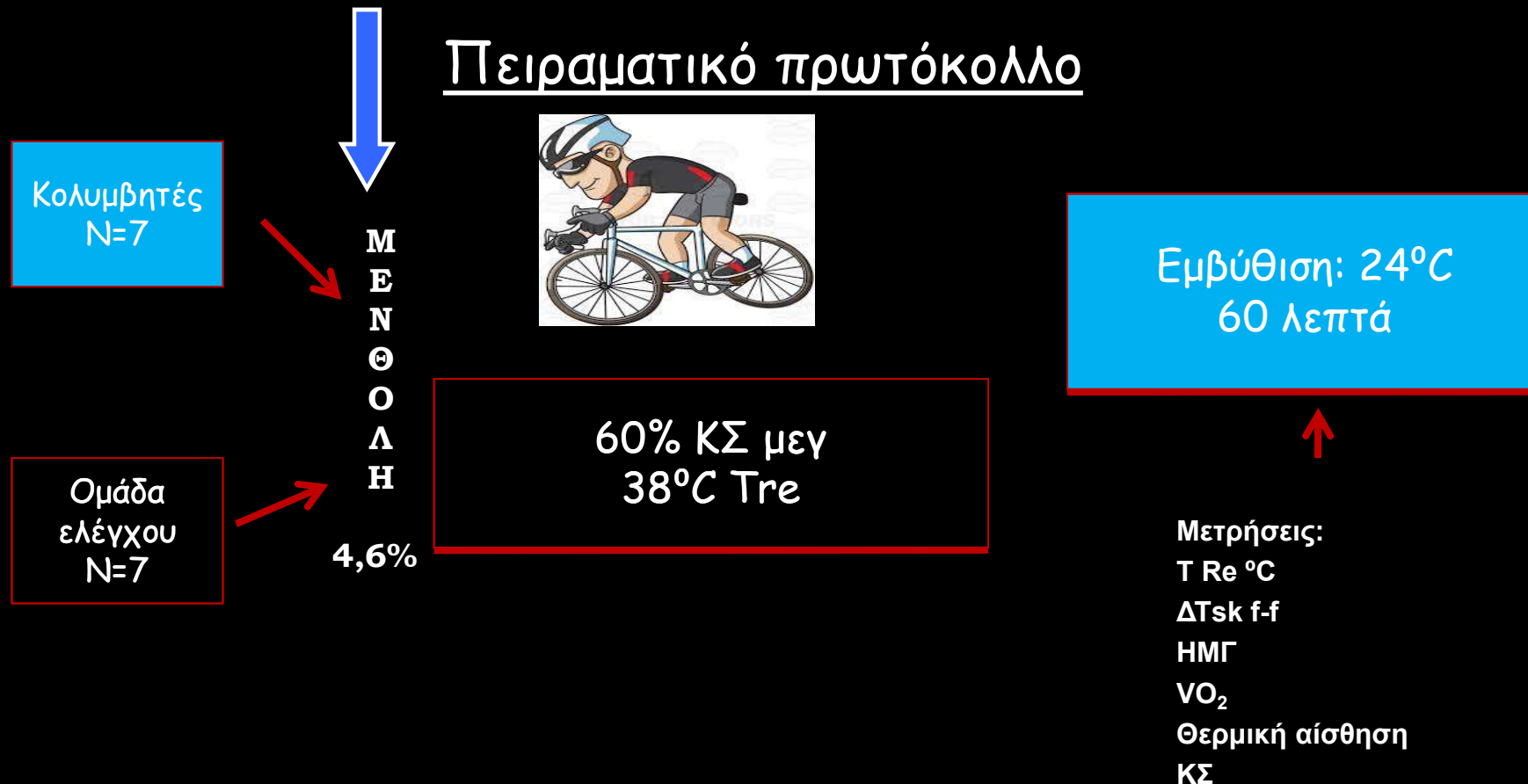


Effects of menthol application on the skin during prolonged immersion in swimmers and controls

P. G. Bottonis^{1,2}, N. D. Geladas¹, S. N. Kounalakis¹, E. D. Cherouveim¹, M. D. Koskolou¹

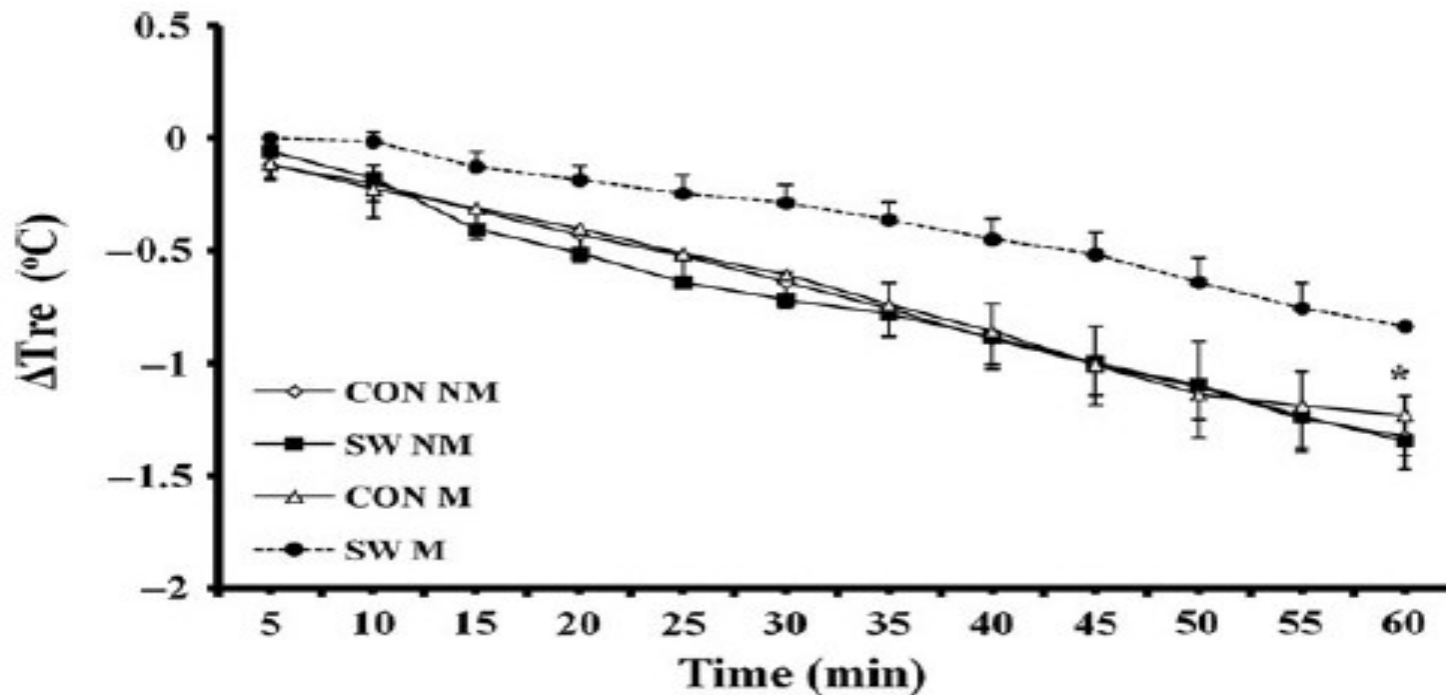
Ο χρόνιος εγκλιματισμός σε ήπια κρύο νερό επιφέρει αλλαγές στη λειτουργία των TRPM8;;;

Πειραματικό πρωτόκολλο



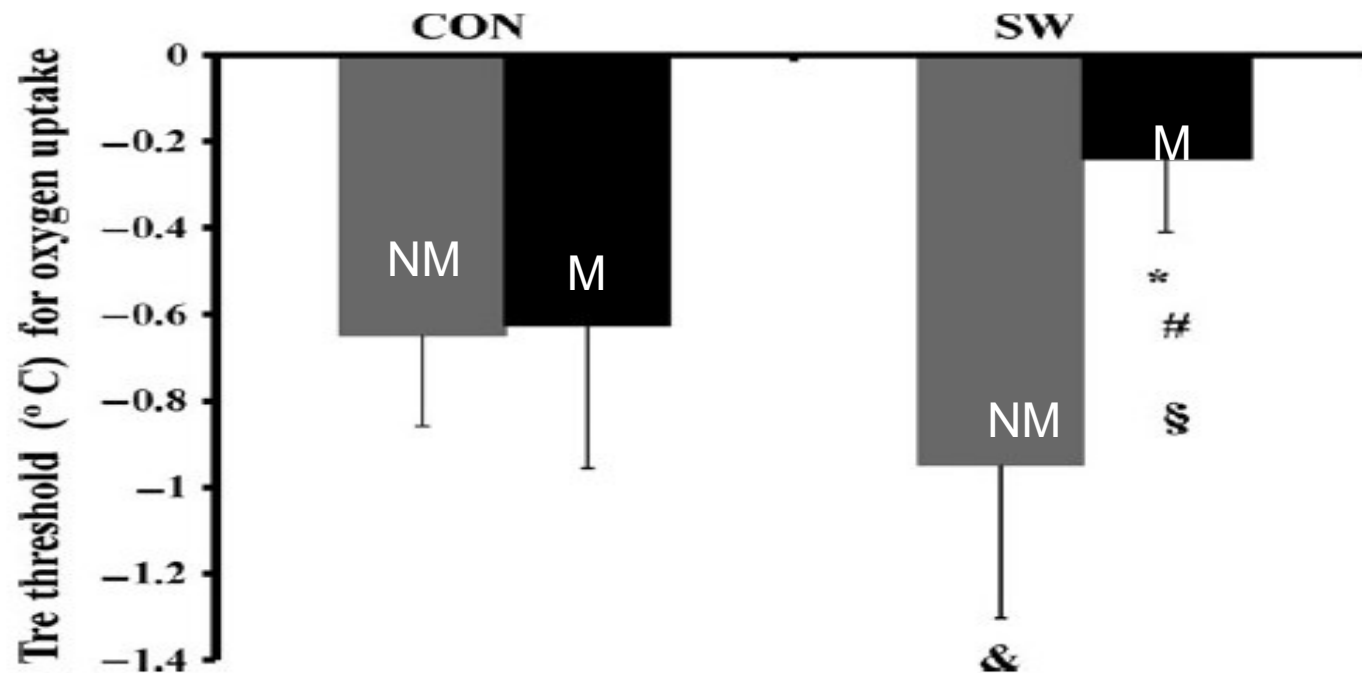
Effects of menthol application on the skin during prolonged immersion in swimmers and controls

P. G. Bottonis^{1,2}, N. D. Geladas¹, S. N. Kounalakis¹, E. D. Cherouveim¹, M. D. Koskolou¹



Effects of menthol application on the skin during prolonged immersion in swimmers and controls

P. G. Botonis^{1,2}, N. D. Geladas¹, S. N. Kounalakis¹, E. D. Cherouveim¹, M. D. Koskolou¹



*Σημαντική διαφορά μεταξύ SW M και SW NM, $P < 0.01$

§Σημαντική διαφορά μεταξύ SW M και CON M, $P < 0.05$

Σημαντική διαφορά μεταξύ SW M και CON NM, $P < 0.05$

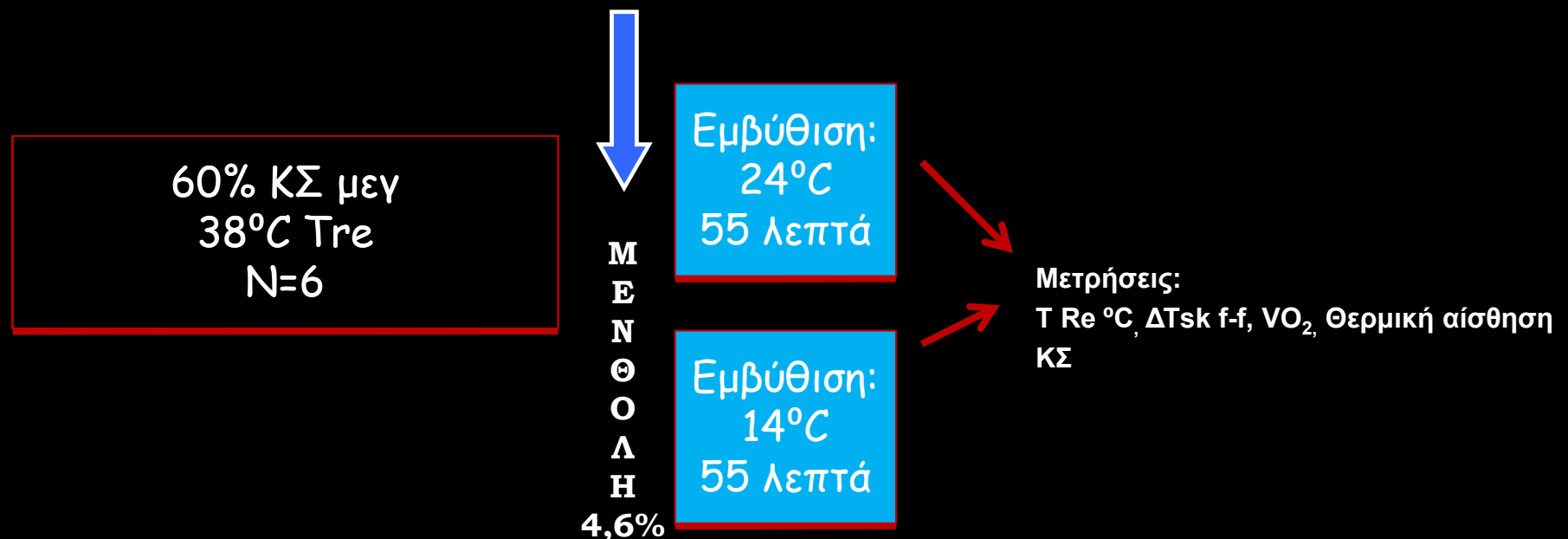
& Σημαντικές διαφορές μεταξύ SW NM και CON NM, CON M, $P < 0.05$

Effects of menthol application on the skin during prolonged immersion in cool and cold water

P. G. Botonis^{1,2}  | S. N. Kounalakis^{1,3} | E. D. Cherouveim¹ | M. D. Koskolou¹ | N. D. Geladas¹

Η επίδραση της μενθόλης διατηρείται και κατά την εμβύθιση σε κρύο νερό;;;

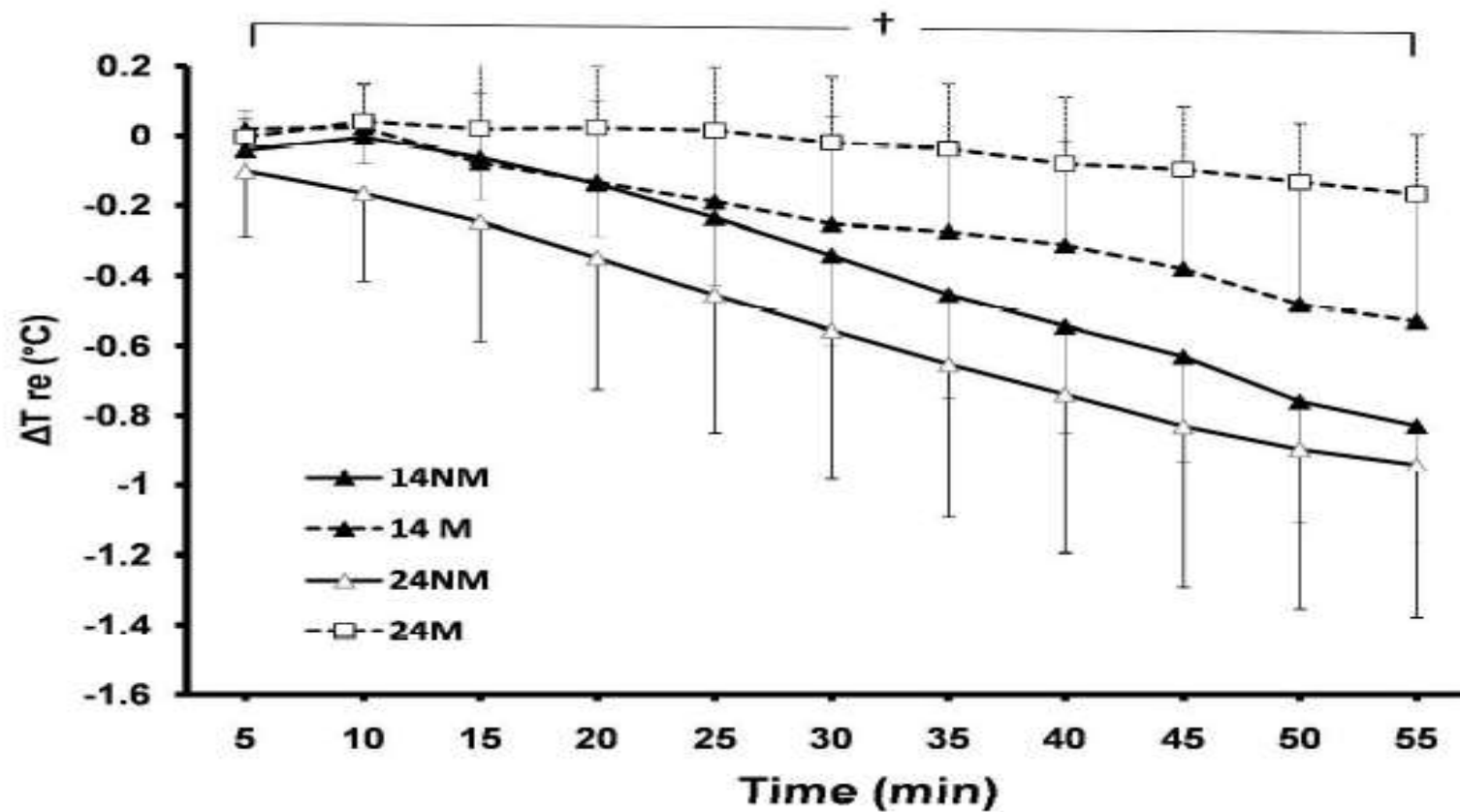
Πειραματικό πρωτόκολλο



Μενθόλη και παρατεταμένη εμβύθιση σε δροσερό (24°C) και κρύο νερό 14°C

Effects of menthol application on the skin during prolonged immersion in cool and cold water

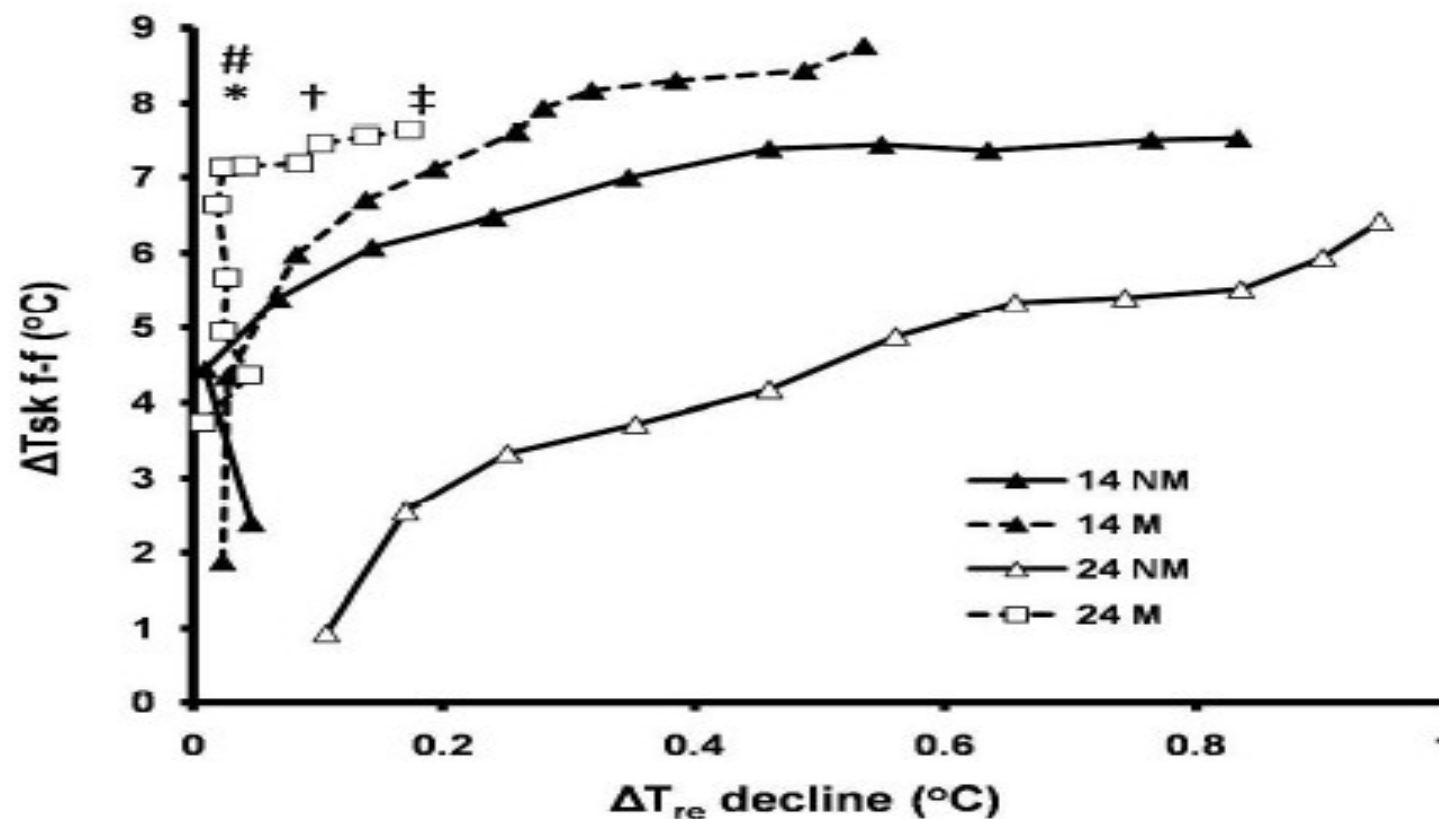
P. G. Botonis^{1,2}  | S. N. Kounalakis^{1,3} | E. D. Cherouveim¹ | M. D. Koskolou¹ | N. D. Geladas¹



Μενθόλη και παρατεταμένη εμφύθιση σε δροσερό (24°C) και κρύο νερό 14°C

Effects of menthol application on the skin during prolonged immersion in cool and cold water

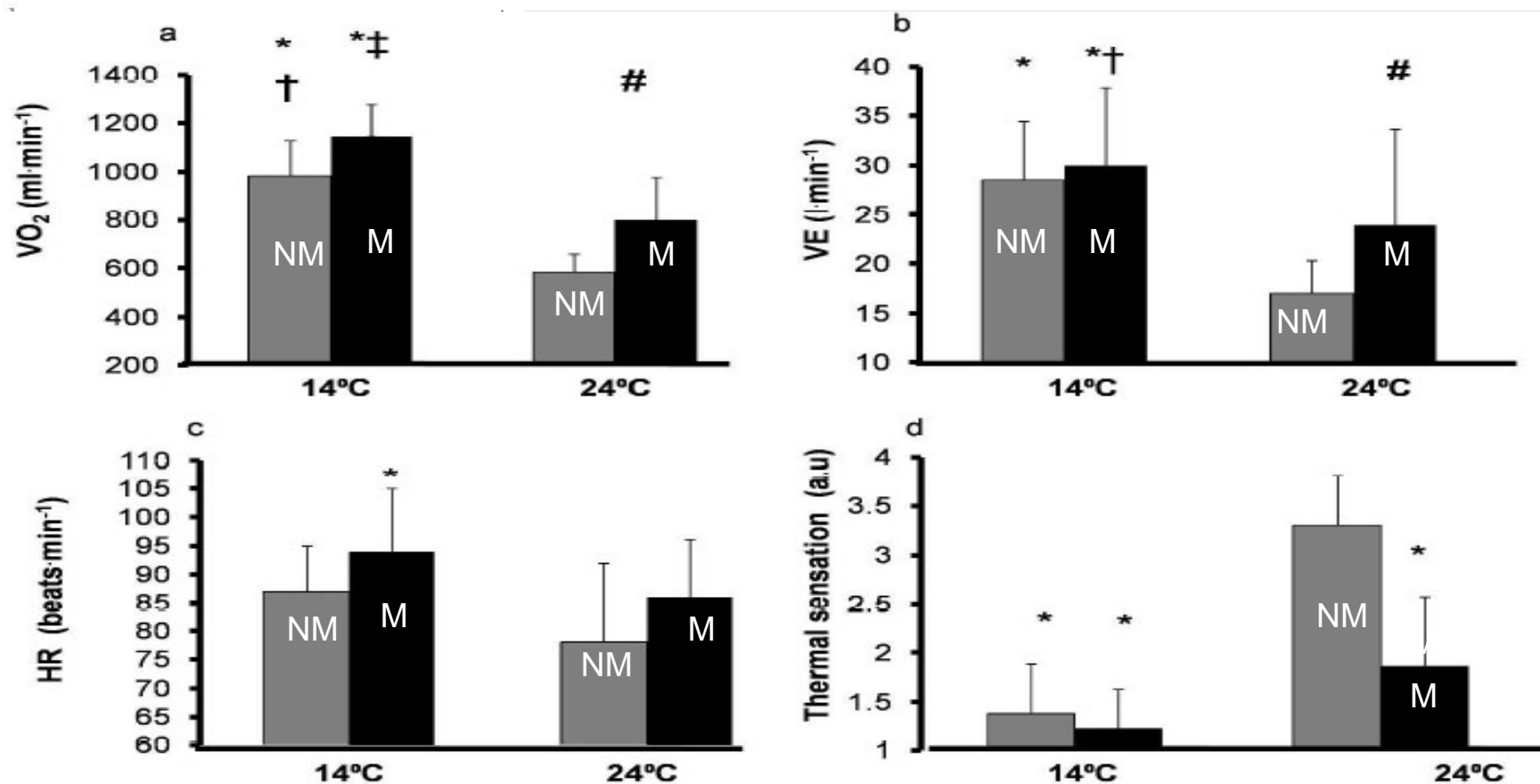
P. G. Botonis^{1,2}  | S. N. Kounalakis^{1,3} | E. D. Cherouveim¹ | M. D. Koskolou¹ | N. D. Geladas¹



Μενθόλη και παρατεταμένη εμβύθιση σε δροσερό (24°C) και κρύο νερό (14°C)

Effects of menthol application on the skin during prolonged immersion in cool and cold water

P. G. Botonis^{1,2}  | S. N. Kounalakis^{1,3} | E. D. Cherouveim¹ | M. D. Koskolou¹ | N. D. Geladas¹



Cutaneous afferent C-fibers regenerating along the distal nerve stump after crush lesion show two types of cold sensitivity

Lydia Grossmann^a, Natalia Gorodetskaya^{a,b}, Alina Teliban^a, Ralf Baron^c, Wilfrid Jänig^{a,*}

^a Physiologisches Institut, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Olshausenstrasse 40, 24098 Kiel, Germany

^b Boehringer Ingelheim Pharma GmbH & Co. KG, CNS Research, J 89-00-05, 88397 Biberach an der Riss, Germany

^c Division of Neurological Pain Research and Therapy, Department of Neurology, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Schittenhelmstr. 10, 24105 Kiel, Germany

	C FIBERS With type 1 cold sensitivity	C FIBERS With type 2 cold sensitivity	C FIBERS With mechano and/or heat sensitivity
Απόκριση στο κρύο	Κατώφλι 17- 22°C (διάμεσος 19°C)	Κατώφλι 3-21°C (διάμεσος 5°C)	Καμία απόκριση

- Στους 24°C οι νευρικές ίνες με χαμηλό κατώφλι διέγερσης εμφανίζουν υψηλή διέγερση. Στην ίδια θερμοκρασία, η μενθόλη προκαλεί περαιτέρω διέγερση αυτών των ινών και εντείνει τις θερμορυθμιστικές αποκρίσεις.
- Στους 14°C, επιστρατεύονται οι νευρικές ίνες με υψηλό κατώφλι διέγερσης και τα TRPM8 εμφανίζουν υψηλό κορεσμό. Υπό αυτές τις συνθήκες, η μενθόλη έχει μικρότερη επίδραση.

Συμπέρασμα

- Πριν την εμφύθιση σε δροσερό νερό, η επάλειψη της επιδερμίδας με μενθόλη μειώνει τη θερμική απώλεια (έντονη αγγειοσυστολή), επιφέρει γρηγορότερη και εντονότερη θερμογένεση και διατηρεί υψηλότερα τη θερμοκρασία πυρήνα.
- Πιθανά ο χρόνιος εγκλιματισμός απευαισθητοποιεί τους TRPM8 .
- Η επίδραση της μενθόλης είναι μικρότερη πριν την εμφύθιση σε κρύο νερό κυρίως επειδή το κρύο νερό προκαλεί κορεσμό στα TRPM8 και δεν είναι δυνατή περαιτέρω διέγερση.

Η θεωρία της αμοιβαίας αναστολής (cross-inhibition)

J Appl Physiol 100: 2065–2072, 2006;
doi:10.1152/japplphysiol.01118.2005.

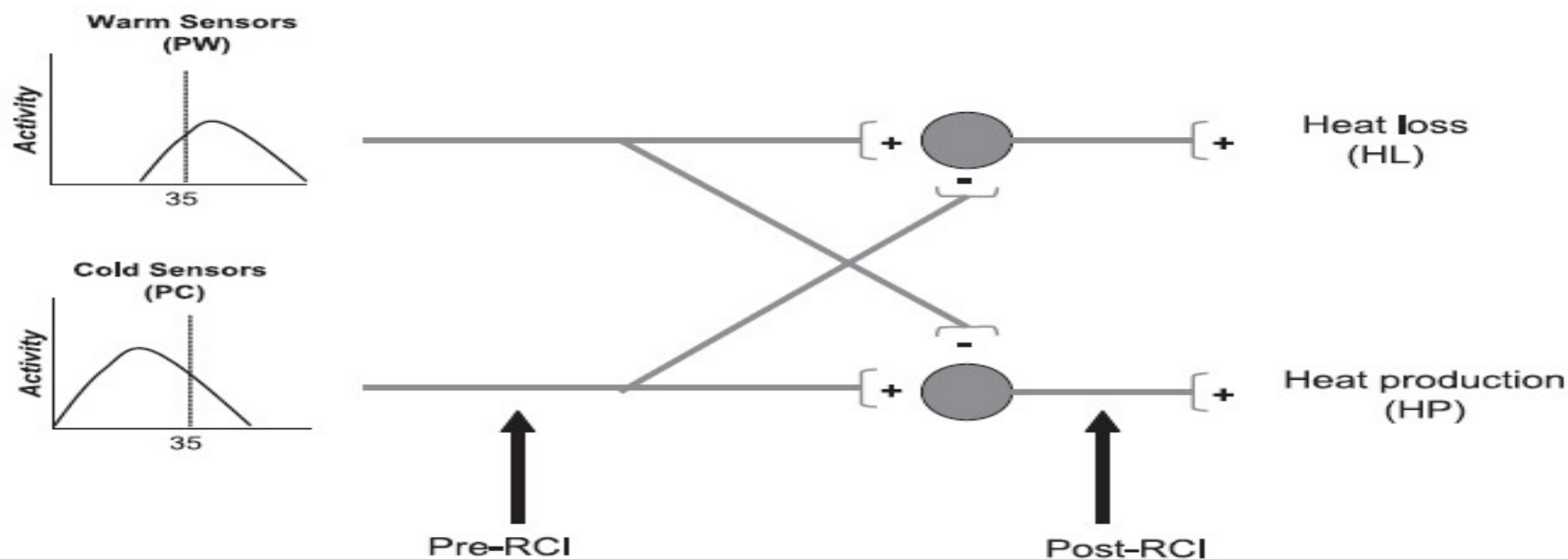
Invited Review

HIGHLIGHTED TOPIC | *A Physiological Systems Approach to Human and Mammalian Thermoregulation*

Contribution of thermal and nonthermal factors to the regulation of body temperature in humans

Igor B. Mekjavic¹ and Ola Elken²

¹Department of Automation, Biocybernetics and Robotics, Jozef Stefan Institute, Ljubljana, Slovenia;
and ²Swedish Defence Research Agency, Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden



Ευχαριστώ για την προσοχή σας!!!

