

Comparaison des effets de 3 techniques de récupération sur un effort maximal de cinq minutes en cyclisme

*Arnaud MENETRIER¹, Julien PINOT², Laurent MOUROT^{1,3}, Frédéric GRAPPE²,
Malika BOUHADDI^{1,4}, Jacques REGNARD^{1,4}, Nicolas TORDI^{2,3}*

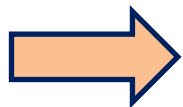
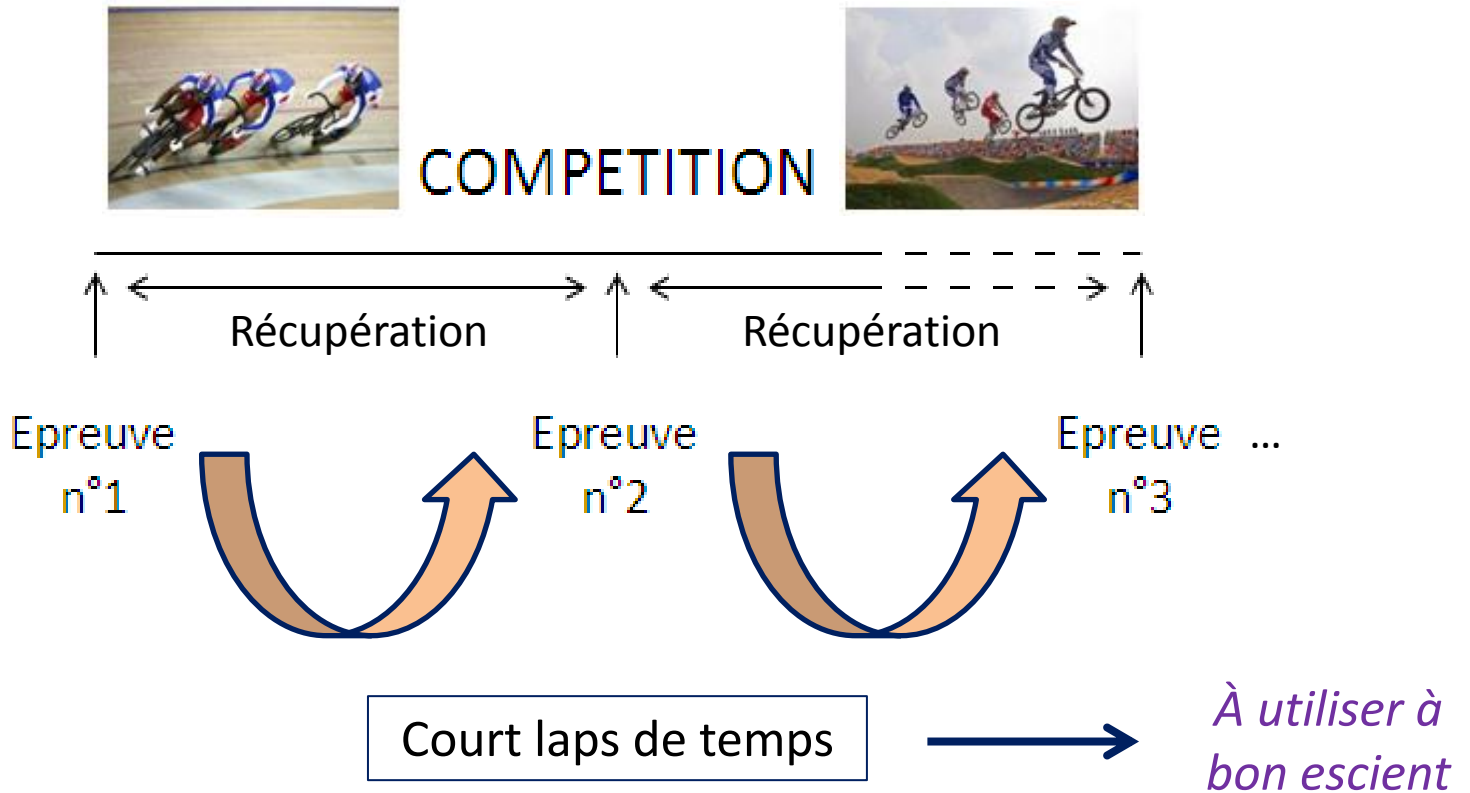
¹ EA3920 Physiopathologie Cardiovasculaire et Prévention, IFR 133, Université de Franche-Comté, Besançon, France.

² EA4267 Sciences Séparatives Biologiques et Pharmaceutiques, IFR 133, Université de Franche-Comté, Besançon, France.

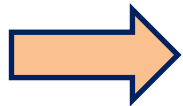
³ Centre d'Investigation Clinique INSERM CIT 808, CHRU de Besançon, France.

⁴ Exploration Fonctionnelles, CHRU de Besançon, Besançon, France.

Introduction



Retrouver l'intégralité de leurs capacités physiques

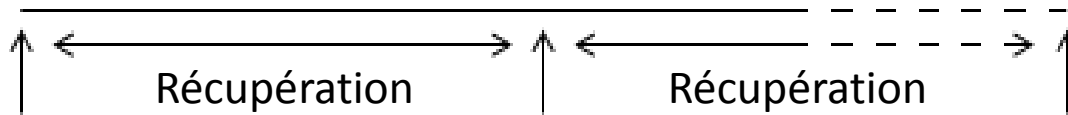


Etre capable de reproduire une nouvelle performance

Introduction



COMPETITION



Epreuve
n°1

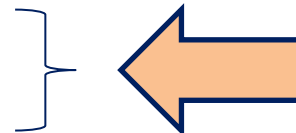
Epreuve
n°2

Epreuve ...
n°3

EFFICACE ?

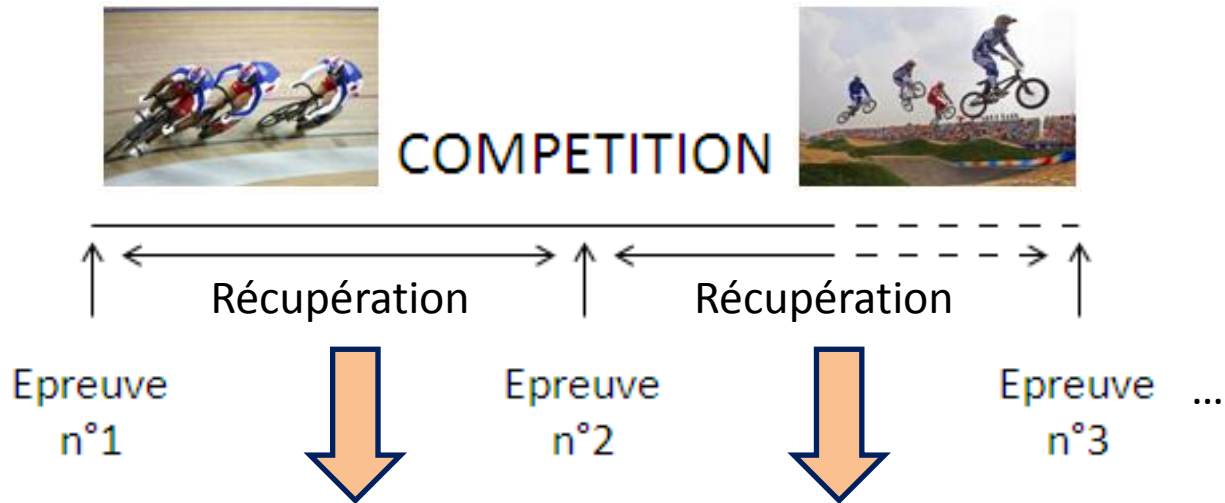


∨ *douleurs musculaires*
∨ *métabolites*
↗ *réserves énergétiques*
(Crampton et al. 2011)



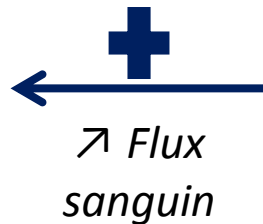
↗ circulation au niveau
des territoires actifs
↗ retour veineux
(Bogdanis et al. 1996)

Introduction



Vaste panel de méthodes dont la **récupération active**

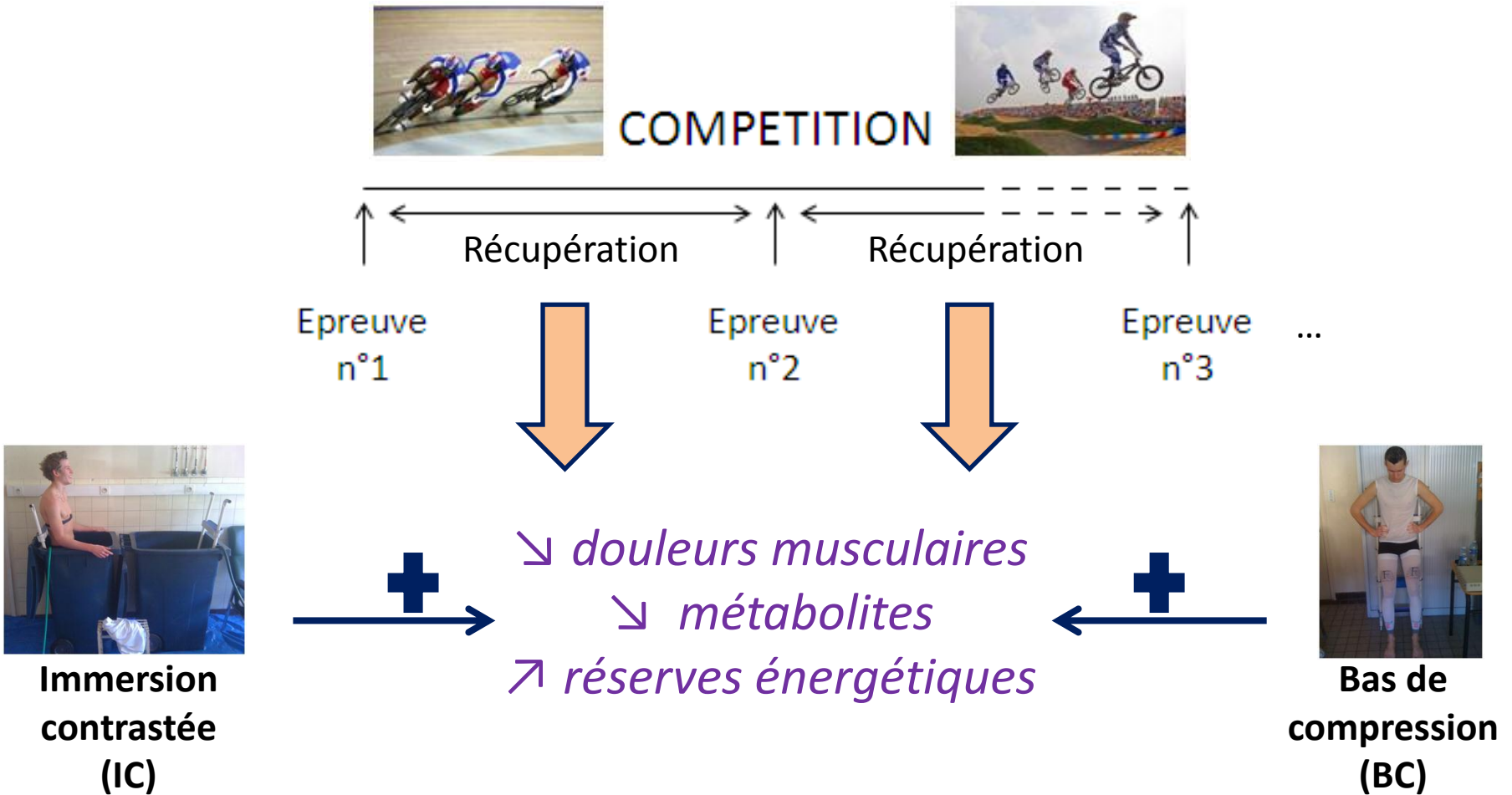
↘ lactatémie [La]
(Bogdanis et al. 1996)



Performance ↗
ou inchangée
(Bogdanis et al. 1996)
(Weltman et al. 1979)

↘ réplétion réserves
énergétiques

Introduction



(i) Avantages de la récupération actives sans les inconvénients ...

Introduction : immersion contrastée – principe



Immerger dans l'eau* une partie du corps ou sa totalité.

* *Tempérée* ($\approx 35^{\circ}\text{C}$),

* *Chaude* ($> 40^{\circ}\text{C}$),

* *Froide* ($< 15^{\circ}\text{C}$),

* *Contrastée*.



Phénomènes antalgiques

Immersion en eau froide
Pression hydrostatique

Pression
Hydrostatique

(Wilcock et al. 2006)

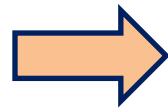
Flux sanguin

Vasomotricité ?

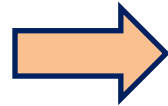
Introduction : bas de compression – principe



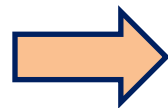
Appliquer une pression positive autour des muscles grâce à un tissage compressif (Bringard et al. 2007).



↗ retour veineux

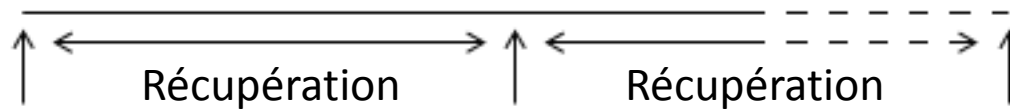
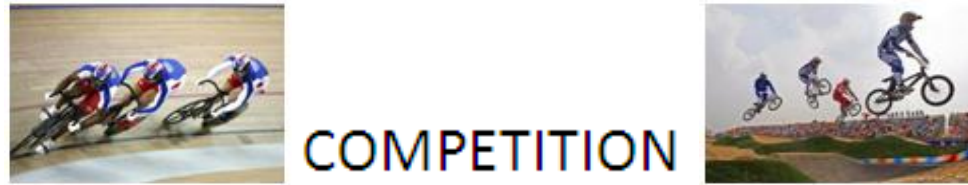


↗ débit de perfusion musculaire



↘ symptômes d'inconfort et de fatigue

Introduction



Epreuve n°1

Epreuve n°2

Epreuve n°3 ...

↘ [La]

↗ Débit sanguin

(ii) Mais pas que ...

↘ douleurs musculaires

Passivité



Immersion contrastée (IC)



Bas de compression (BC)

↗ performance subséquente

∅ d'altération de la réplétion des réserves énergétiques

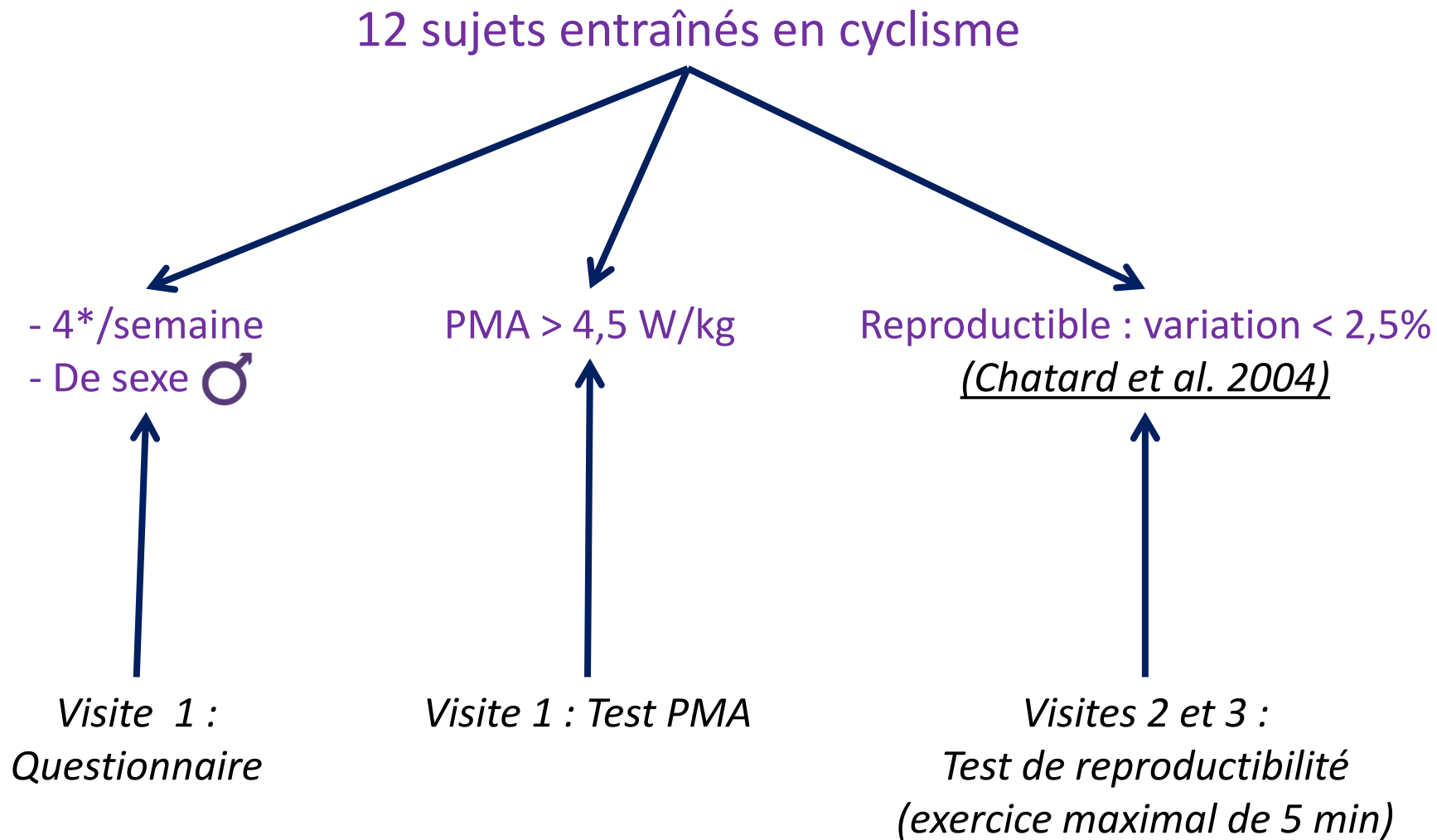
Chatard et al. (2004)
Crampton et al. (2011)

Introduction

L'objectif a été de comparer l'utilisation de IC et celle de BC à l'issue d'un exercice fatiguant, et de tester l'hypothèse selon laquelle ces deux techniques de récupération :

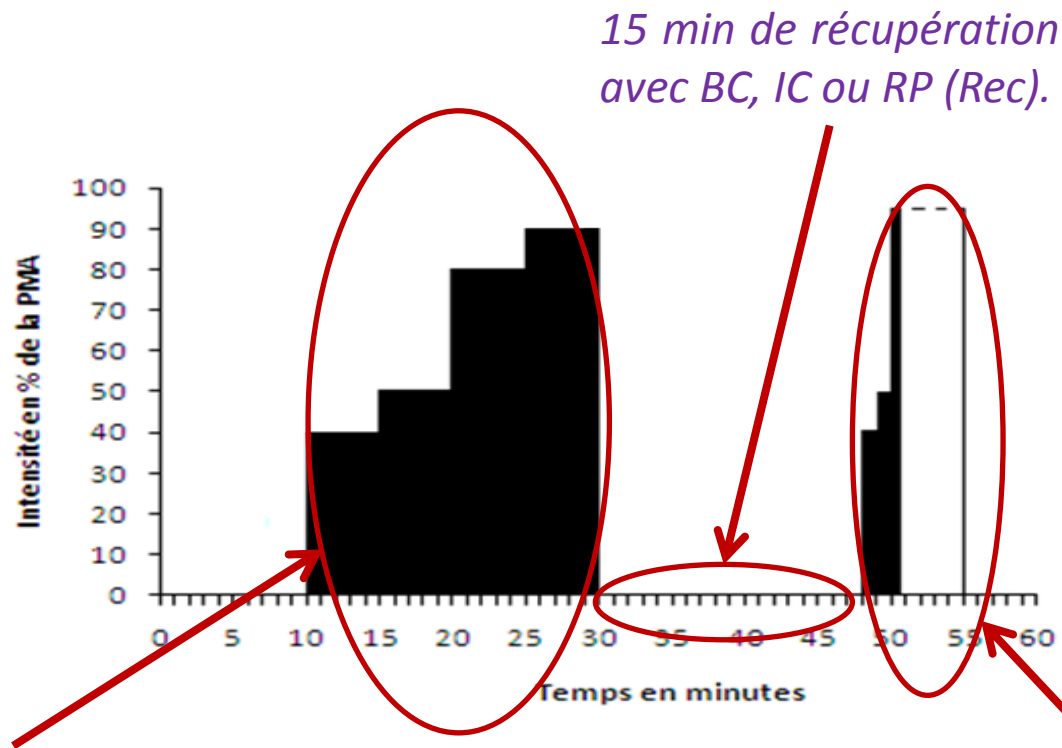
- accélèrent la \searrow de [La],
 - améliorent la performance subséquente lors d'un exercice maximal de 5 min en cyclisme,
- comparé à une simple récupération passive (RP).

Méthode : inclusion des sujets



Méthode : design de l'étude

3 sessions selon un ordre randomisé (visites 4, 5 et 6)* :



Un exercice fatiguant de 20 min sur cycloergomètre (5 min à 30%, à 40%, à 80% et à 90% de la PMA) (Ex1).

Un exercice maximal de 5 min sur cycloergomètre (Ex2). 11

Méthode : protocole de récupération

* Rec (15 min) comprenait :

- 1 min 30 en position assise,

- 12 min d'un des traitements de récupération en position debout appuyé contre une échelle de piscine,

Alternance d'immersions jusqu'à l'aine à 12°C pendant 1 min et à 38°C pendant 2 min (Coffey et al. 2004).



Immersion contrastée (IC)



Bas de compression (BC)

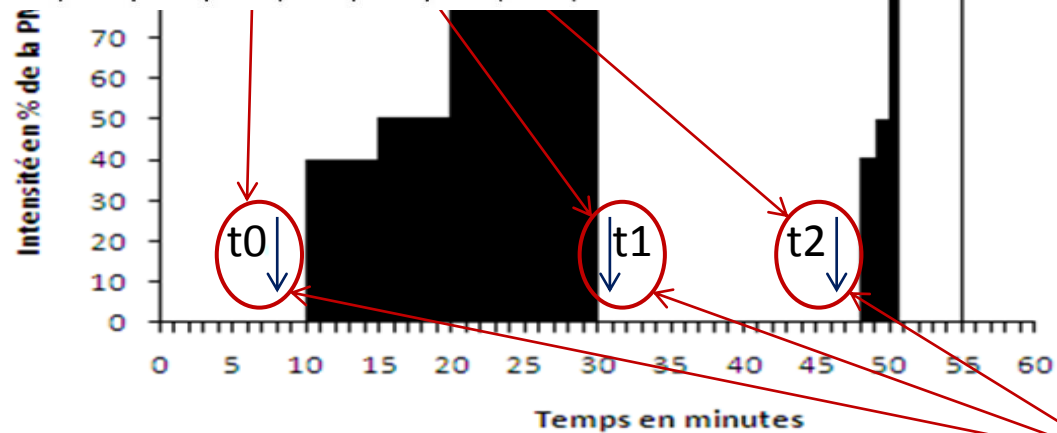
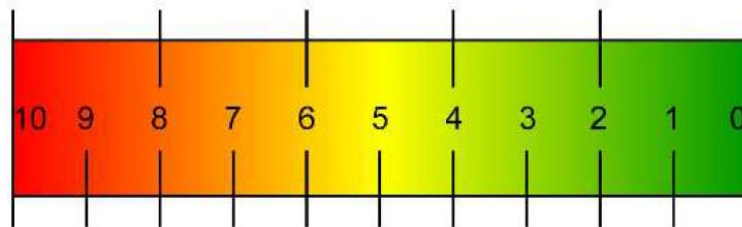
≈ 20 mmHg de la cheville à l'aine.

- 1 min 30 en position assise.

Méthode : mesures réalisées

Echelle numérique d'évaluation de la douleur

Douleur intolérable Douleur très sévère Douleur sévère Douleur moyenne Douleur faible Aucune douleur



Performance

[La]

Résultats : performance

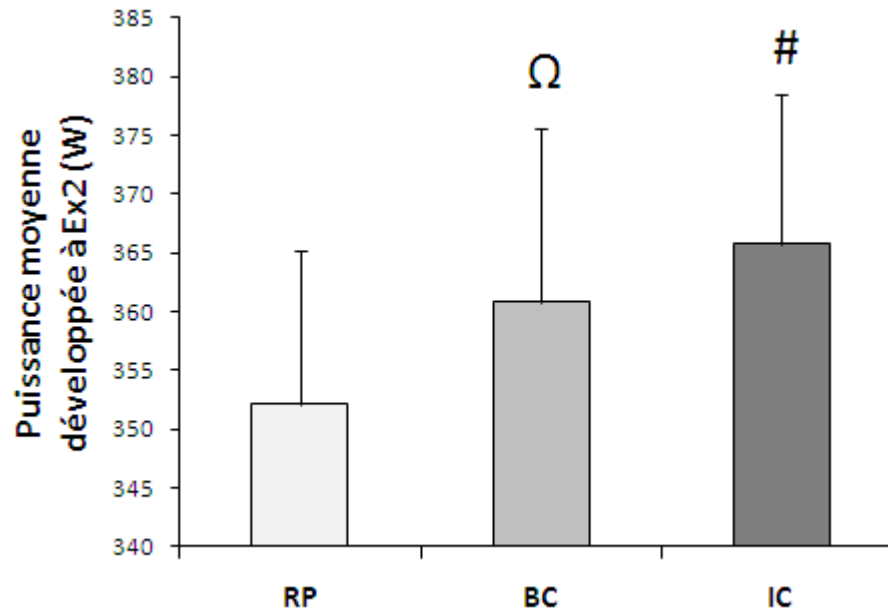


Figure 1 : Puissance moyenne développée à Ex2, suivant RP, BC ou IC

Différence entre IC et RP ($p < 0,01$)

Ω Différence entre BC et RP ($p < 0,01$)

IC et BC **amélioreraient la performance** de 4,0% et 2,6%.

IC était **plus efficace** que BC pour améliorer la performance chez 9 sujets ($p = 0,11$).

Résultats : [La] et dou-M

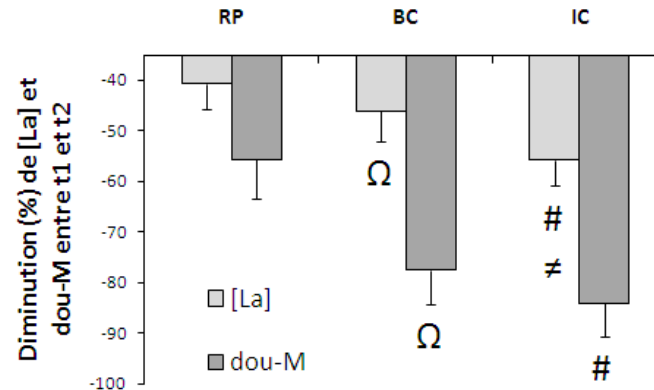


Figure 2 : Diminution de [La] et de dou-M entre t1 et t2

Différence entre IC et RP ($p < 0,01$)

Différence entre BC et RP ($p < 0,01$)

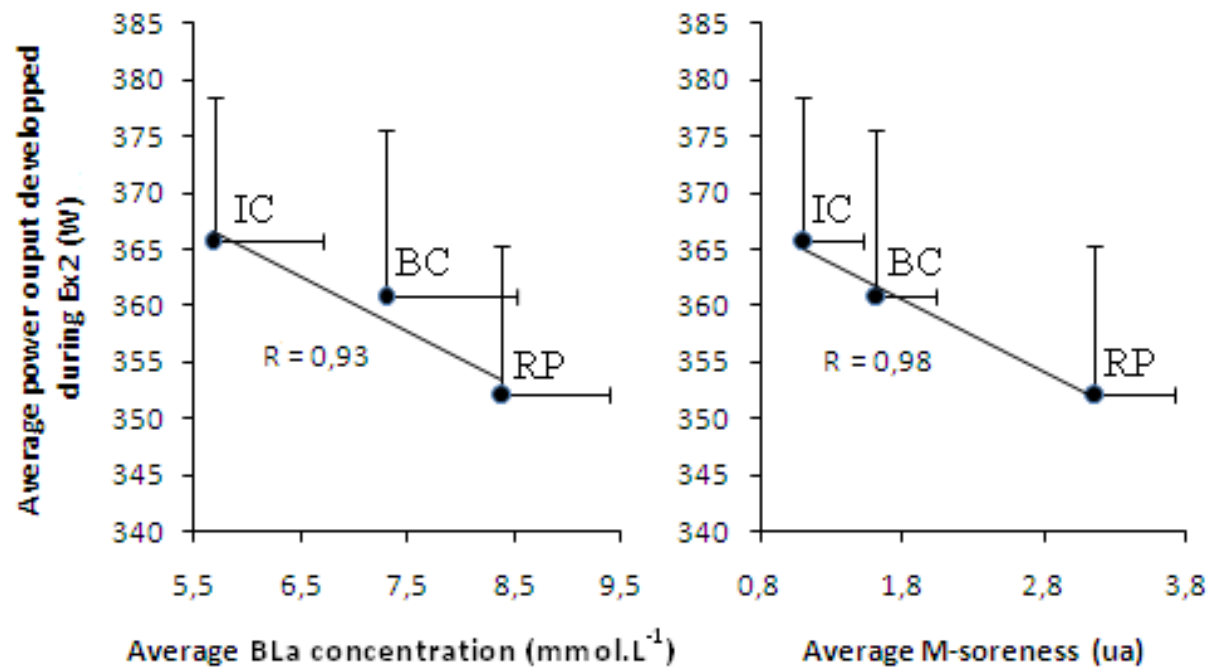
≠ Différence entre IC et BC ($p < 0,05$)

[La] et dou-M étaient identiques pour les 3 conditions à t0 (1,3 mmol.l-1 et 0 u.a) et t1 (13,0 mmol.l-1 et 6,6 u.a).

A t2, [La] et dou-M étaient plus faibles après IC et BC :

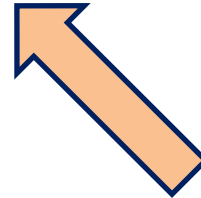
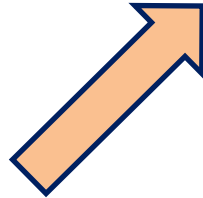
- [La] : 5,7 mmol.l-1 et 7,3 mmol.l-1 contre 8,4 mmol.l-1 après RP, [La] était significativement plus faible après IC qu'avec BC.
- Dou-M : 1,1 u.a et 1,6 u.a contre 3,2 u.a après RP, IC était plus efficace que BC pour diminuer dou-M chez 10 sujets ($p = 0,13$).

Résultats : Relation entre [La] et dou-M enregistrée à t2 et performance à Ex2



Discussion

↗ performance en cyclisme avec IC et BC
(Crampton et al. (2011) ; Chatard et al. (2004))



↘ [La] + prononcée après
IC et BC *(Ahmaidi et al. 1996)*

↘ dou-M + prononcée
après IC et BC



↗ retour veineux et du débit de
perfusion musculaire avec IC et BC
*(Wilcock et al. 2006 ;
Bringard et al. 2007)*

↗ pression hydrostatique
avec IC et BC *(Weiss et al. 1999)*

Phénomènes **antalgiques** associés à
l'eau froide *(Wilcock et al. 2006)*

Conclusion

Le résultat principal est une amélioration de la **performance** et une accélération de la diminution de **[La]** avec IC et BC, comparé à RP.

IC diminue **plus rapidement** **[La]** que BC et semble **plus efficace** pour améliorer la récupération et la performance subséquente.

Applications pratiques : quid de l'immersion contrastée* ?



Procédé de plus
en plus courant

Succès appuyé par les
résultats de notre étude

Littérature scientifique
sur IC peu fournie

** Dans le cadre d'exercices
intenses (ex : manches en BMX) à
répéter dans un cours délaï.* 19

Applications pratiques : quid de l'immersion contrastée ?

Journal of Science and Medicine in Sport (2007) 10, 467–470



ELSEVIER

SHORT REPORT

Contrast water immersion hastens plasma lactate decrease after intense anaerobic exercise

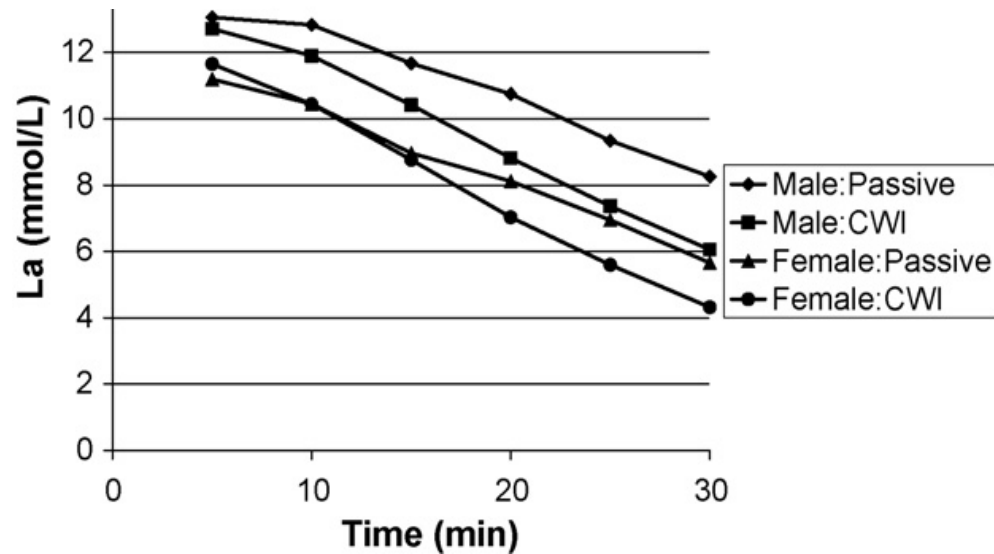
R. Hugh Morton*

Institute of Food, Nutrition and Human Health, Massey University,
Private Bag 11-222, Palmerston North, New Zealand

Journal of
Science and
Medicine in
Sport

www.elsevier.com/locate/jams

*Mais aussi, Coffey et al. 2004 ; King et al. 2009 ;
Ingram et al. 2009 ; Ménétrier et al. (en cours)*



Diminution de [La] en fonction du temps

Applications pratiques : quid de l'immersion contrastée ?



... Published ahead of Print

Sprint Cycling Performance Is Maintained with Short-Term Contrast Water Immersion

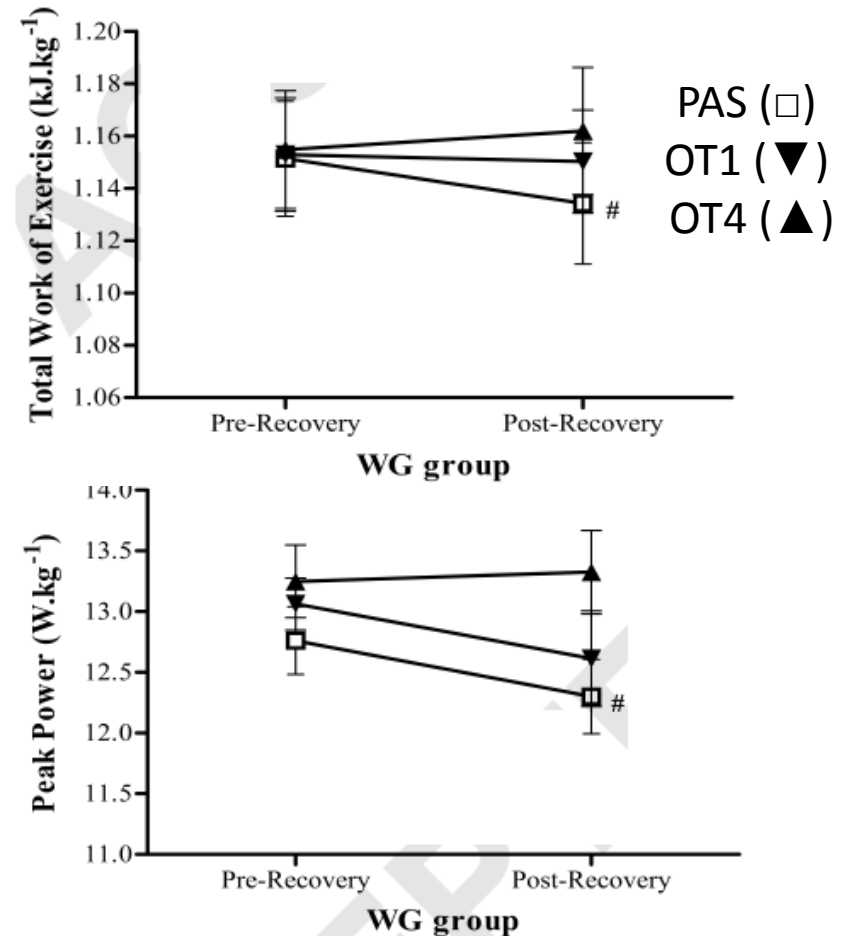
David Crampton¹, Bernard Donne¹, Mikel Egana¹, and Stuart A. Warmington²

¹Department of Physiology, Trinity College Dublin, Dublin, Ireland

²Centre for Physical Activity and Nutrition Research, School of Exercise and Nutrition Sciences,
Deakin University, Burwood, Australia

Accepted for Publication: 28 March 2011

Mais aussi, Ménétrier et al. (en cours).



Performance subséquente en fonction de la
modalité de récupération utilisée

Applications pratiques : quid de l'immersion contrastée ?

Journal of Science and Medicine in Sport (2007) 10, 467–470



ELSEVIER

SHORT REPORT

Contrast water immersion maintains
lactate decrease after
anaerobic exercise



ELSEVIER

R. Hugh Morton*

Institute of Food, Nutrition and Human Health
Private Bag 11-222, Palmerston North, New Zealand

Journal of
Science and
Medicine in
Sport
www.elsevier.com/locate/jsams

Available online at www.sciencedirect.com



Journal of Science and Medicine in Sport 12 (2009) 417–421

Original paper

Effect of water immersion methods on post-exercise recovery
from simulated team sport exercise

Jeremy Ingram^a, Brian Dawson^a, Carmel Goodman^a, Karen Wallman^{a,*}, John Beilby^b

^a The University of Western Australia, Human Movement and Exercise Science, Crawley, Western Australia 6009, Australia

^b Department of Biochemistry, WA Pathology Centre, Sir Charles Gardiner Hospital, Nedlands, Western Australia 6009, Australia

Received 6 October 2007; received in revised form 30 November 2007; accepted 10 December 2007

Medicine & Science
IN
Sports & Exercise
The Official Journal of the American College of Sports Medicine
www.acsm-nssn.org

... Published ahead of Print

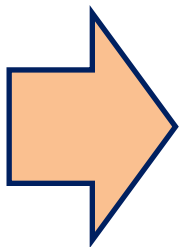
Journal of
Science and
Medicine in
Sport

Exercise Is Maintained
with Water Immersion

Egana¹, and Stuart A. Warmington²

¹ College Dublin, Dublin, Ireland
² School of Exercise and Nutrition Sciences,
University of Western Australia, Perth, Western Australia

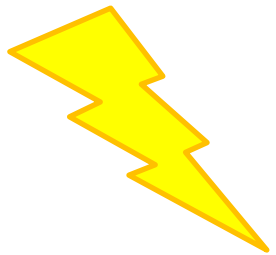
11 March 2011



Même si elle est encore pauvre, la littérature scientifique semble montrer que IC améliore la récupération dans le cadre d'efforts intenses à répéter dans un court délai.

Application pratique : Immersion contrasté, OUI, mais quel protocole ?

- ∅ consensus.
- 10 à 15 min de traitement des jambes.
- Alternner :
 - 1 à 2 min en eau froide (8 à 12°C),
 - 1 à 4 min en eau tempérée (36 à 38°C).



Eau + chaude pourrait être accompagnée d'une ↗ de la dépense énergétique (Wilcock et al. 2006).

Application pratique : Immersion contrasté, quid du vaso-pumping ?

Empiriquement la principale caractéristique
qui suggérait l'utilisation de IC était :

association
vasodilatation/vasoconstriction

➔ **Simuler le vaso-pumping ?**

➔ **↗ Flux sanguin ?**

➔ **↘ + rapide des déchets du métabolisme musculaire ?
Apport en O₂ plus conséquent ?
/ immersion en eau tempérée.**



Froide Chaude

Application pratique : Immersion contrasté, quid du vaso-pumping ?

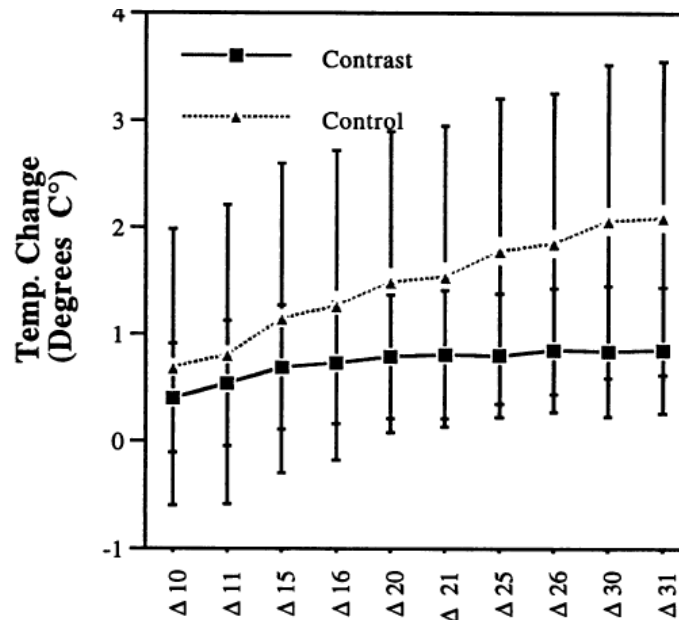
Journal of Athletic Training 1998;33(4):336-340
© by the National Athletic Trainers' Association, Inc
www.nata.org/jat

Contrast Therapy Does Not Cause Fluctuations in Human Gastrocnemius Intramuscular Temperature

Diana Higgins, ATC*; Thomas W. Kaminski, PhD, ATC-L†

* West Virginia University, Morgantown, WV; † Department of Exercise and Sport Sciences, University of Florida,
Gainesville, FL 32611-8205

Mais aussi, Myrer et al. (1997).

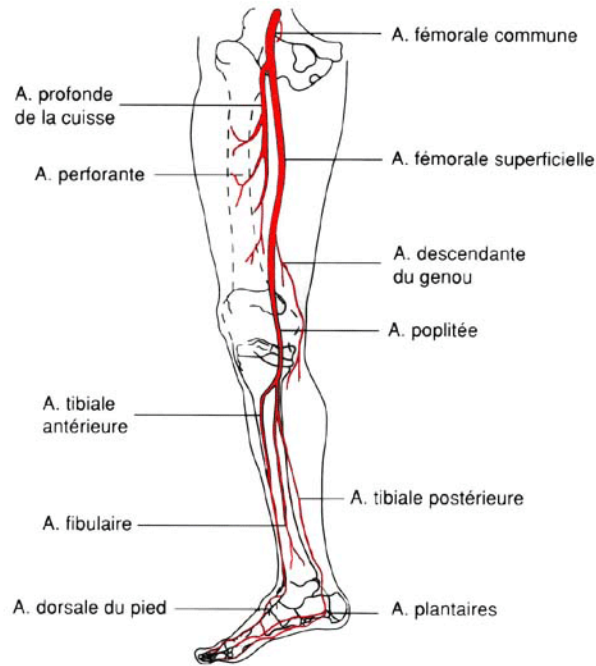


*Evolution de la température musculaire
au cours d'une immersion contrastée et
une immersion en eau chaude*

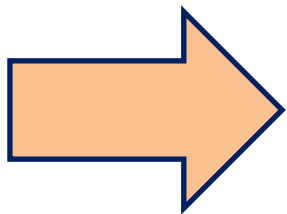
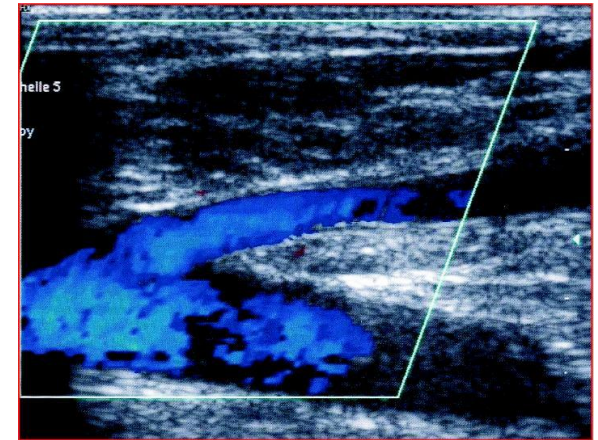
Application pratique : Immersion contrasté, quid du vaso-pumping ?



Froide Chaude



Ménétrier et al. (en cours)

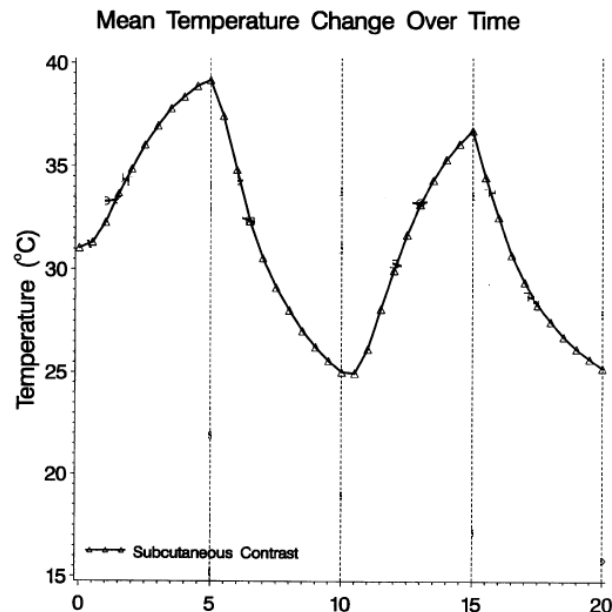


↗ débit sanguin comparé à une récupération passive
mais ∅ variations de débit sanguin au cours de IC

Application pratique : Immersion contrasté, quid du vaso-pumping ?

Cold- and Hot-Pack Contrast Therapy: Subcutaneous and Intramuscular Temperature Change

J. William Myrer, PhD; Gary Measom, RN, PhD; Earlene Durrant, EdD;
Gilbert W. Fellingham, PhD



Mais aussi, Fiscus et al.
(2005), Ménétrier et al.
(en cours).

*Evolution de la température cutanée au cours
d'une immersion contrastée*

Application pratique : Immersion contrasté, quid du vaso-pumping ?

Journal of Athletic Training 1998;33(4):336-340
© by the National Athletic Trainers' Association, Inc
www.nata.org/jat

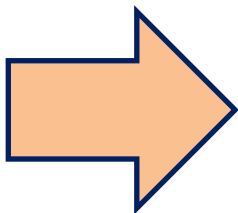
Contrast Therapy Does Not Cause Fluctuations in Human Gastrocnemius Intramuscular Temperature

Diana Higgins, ATC*; **Thomas W. Kaminski, PhD, ATC-L[†]**

* West Virginia University, Morgantown, WV; [†] Department of Exercise and Sport Sciences, University of Florida,
Gainesville, FL 32611-8205

Cold- and Hot-Pack Contrast Therapy: Subcutaneous and Intramuscular Temperature Change

**J. William Myrer, PhD; Gary Measom, RN, PhD; Earlene Durrant, EdD;
Gilbert W. Fellingham, PhD**



↗ débit sanguin avec l'immersion contrastée
serait **uniquement lié à la pression
hydrostatique.**

Application pratique : Quid de l'immersion contrastée ?

Dès lors, pour quelles raisons
utiliser l'immersion contrastée
et pas autres techniques
d'immersion ?



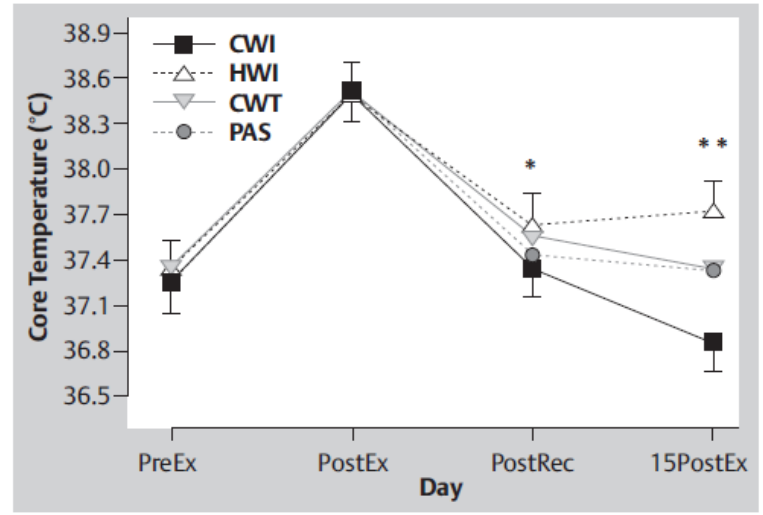
?

Applications pratiques : quid de l'immersion en eau chaude (> 40°C) ?

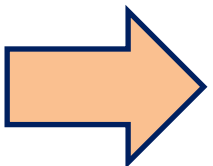
Effect of Hydrotherapy on Recovery from Fatigue

Authors J. Vaile¹, S. Halson¹, N. Gill², B. Dawson³
Affiliations ¹ Department of Physiology, Australian Institute of Sport, Canberra, Australia
² School of Sport and Exercise Science, Waikato Institute of Technology, Hamilton, New Zealand
³ School of Human Movement and Exercise Science, University of Western Australia, Perth, Australia

Mais aussi, ↗ de la FC
et quelques évanouissements
(Bonde-Petersen et al. 1992)



Evolution de la température rectale en fonction de différentes modalités d'immersion

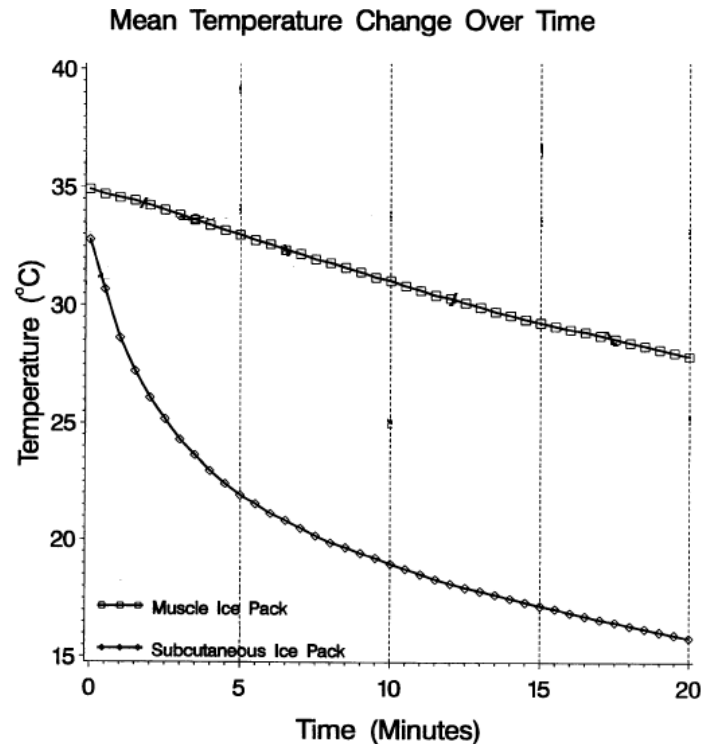


Littérature scientifique semble unanime sur le fait que cette technique ne participe pas à ↗ de la récupération.

Applications pratiques : quid de l'immersion en eau froide $< 15^{\circ}\text{C}$?

Cold- and Hot-Pack Contrast Therapy: Subcutaneous and Intramuscular Temperature Change

J. William Myrer, PhD; Gary Measom, RN, PhD; Earlene Durrant, EdD;
Gilbert W. Fellingham, PhD



*Evolution de la température musculaire
au cours d'une immersion en eau froide*

Applications pratiques : quid de l'immersion en eau froide < 15°C ?

Cold Water Recovery Reduces Anaerobic Performance

Authors

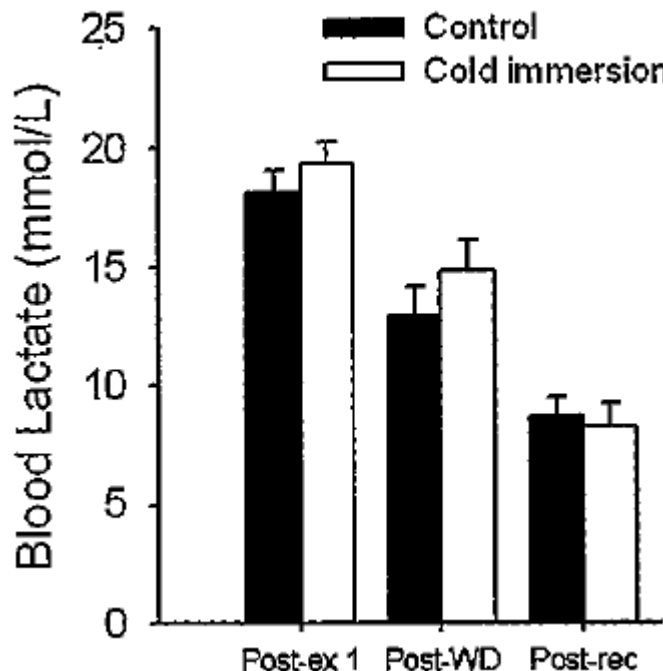
M. J. Crowe¹, D. O'Connor², D. Rudd³

Affiliations

¹ Institute of Sport and Exercise Science, James Cook University, Townsville, Australia

² Faculty of Education and Social Work, University of Sydney, Sydney, Australia

³ Veterinary and Biomedical Sciences, James Cook University, Townsville, Australia



Résultats
similaires

Heyman et al. (2009)

∅
différence

Halsen et al. (2008)

Evolution de [La] en fonction de la
modalité de récupération

Applications pratiques : quid de l'immersion en eau froide < 15°C ?



Journal of Sports Sciences

Publication details, including instructions for authors and subscription information:

<http://www.informaworld.com/smpp/title-content=t713721847>

Effect of cold water immersion on repeat cycling performance and thermoregulation in the heat

Joanna Vaile ^a; Shona Halson ^a; Nicholas Gill ^b; Brian Dawson ^c

^a Department of Physiology, Australian Institute of Sport, Belconnen, ACT, Australia

^b School of Sport and Exercise Science, Waikato Institute of Technology, Hamilton, New Zealand

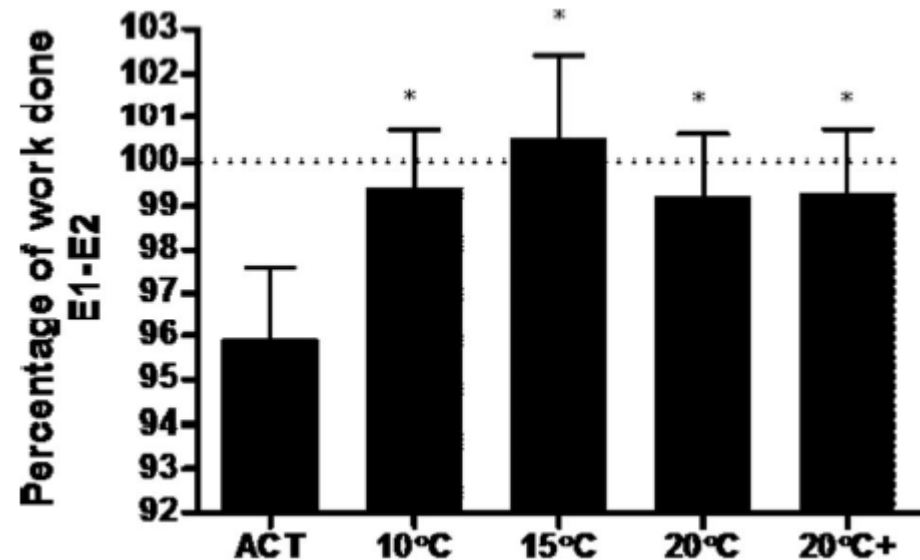
^c School of Human Movement and Exercise Science, University of Western Australia, Perth, WA, Australia

Peiffer et al. (2008)

Résultats
similaires

Peiffer et al. (2010)

Résultats
opposés



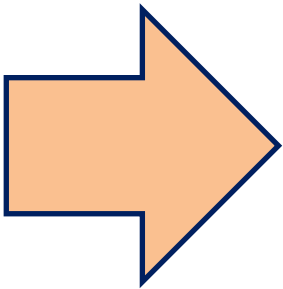
Performance subséquente en fonction de la
modalité de récupération

Applications pratiques : quid de l'immersion en eau froide ?

Comment expliquer une telle variabilité des résultats ?

-Durée écoulée entre la fin de l'exercice et l'utilisation de la technique de récupération.

-Durée et température d'immersion.



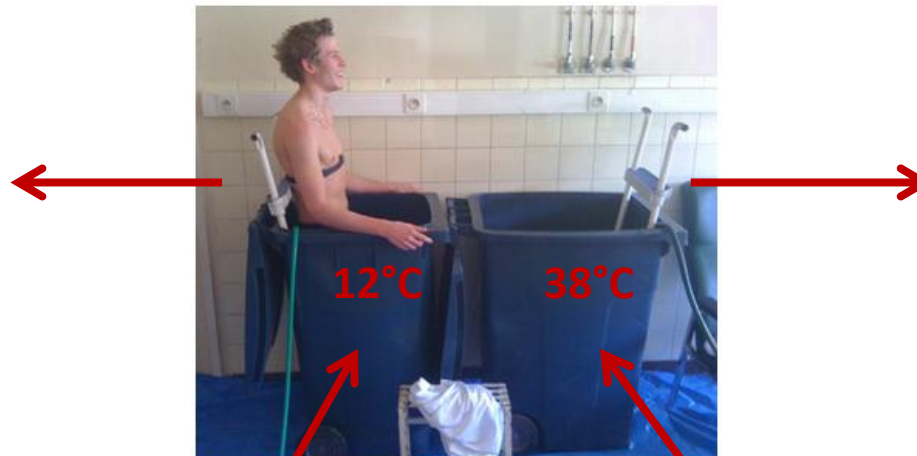
Littérature scientifique contradictoire mais indiquent des bienfaits sur la récupération en fonction des protocoles utilisés (15°C pendant 10 à 15 min).

Applications pratiques : Que faire pour accélérer la récupération ? Dans l'ordre ...

Appliquer **immédiatement** à l'arrêt de l'exercice un traitement par :

(i) Immersion contrastée :

À alterner pendant
10 à 15 min



Immersion
des jambes

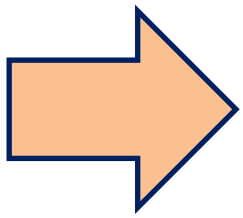
Froide

1 à 2 min (8 à 12°C)

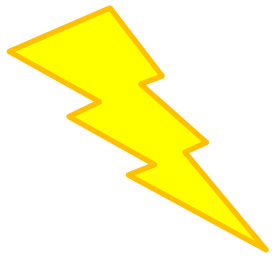
Tempérée

1 à 4 min (36 à 38°C)

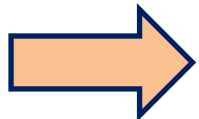
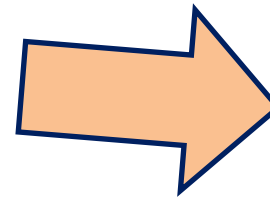
Applications pratiques : Immersion contrastée



↗ débit sanguin avec l'immersion contrastée serait **uniquement** lié à la **pression hydrostatique**.



Or cette pression est directement corrélé avec la hauteur d'eau.

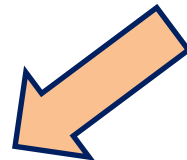
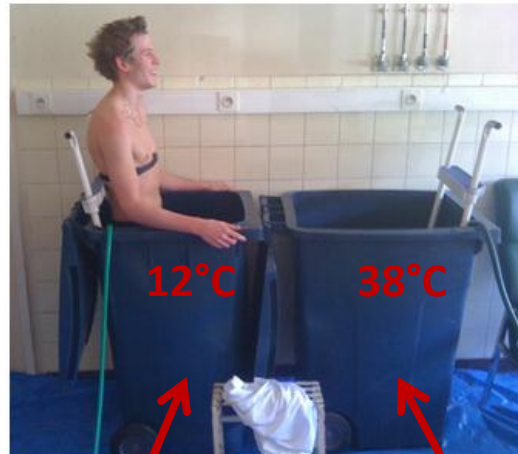
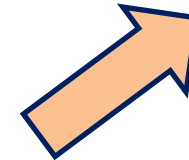
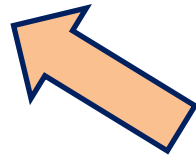


∅ effets pression (uniquement effet température)

Applications pratiques : Avantages et inconvénients de l'immersion contrastée

Avantages de l'immersion en eau froide (effets antalgiques)

Sans les inconvénients de celle-ci (possible vasoconstriction)



Pratiquement difficile à mettre en place

Froide

Tempérée

Applications pratiques : Que faire pour accélérer la récupération ? Dans l'ordre ...

(ii) Immersion en eau froide :

À alterner pendant
10 à 15 min



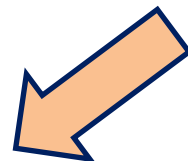
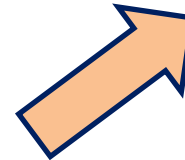
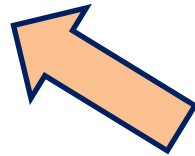
Immersion
des jambes

Froide
($\approx 15^{\circ}\text{C}$) ?

Applications pratiques : Avantages et inconvénients de l'immersion en eau froide

Psychologiquement plus difficile

Attention à la température utilisée (possible vasoconstriction)

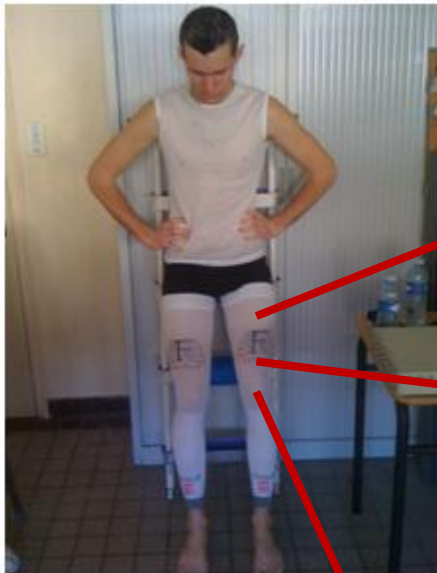


Pratiquement plus facile à mettre en place

Froide

Applications pratiques : Que faire pour récupérer plus rapidement « à court terme » ? Dans l'ordre ...

(iii) Bas de compression :



Procédé de plus
en plus courant

Succès appuyé par les
résultats de notre étude

Qu'en est-il de la littérature ?

Applications pratiques : quid de la compression élastique ?

Eur J Appl Physiol (2004) 93: 347-352
DOI 10.1007/s00421-004-1163-9

ORIGINAL ARTICLE

J.-C. Chatard · D. Atlaoui · J. Farjanel · F. Louisy
D. Rastel · C.-Y. Guézennec

Elastic stockings, performance and leg pain recovery in 63-year-old sportsmen

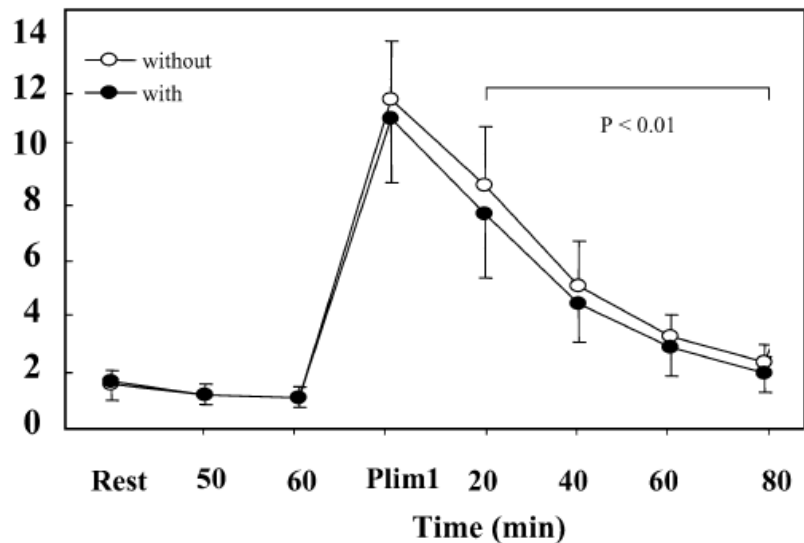
Berry et al. (1987)
Ménétrier et al. (en cours)

*Résultats
similaires*

Berry et al. (1990)
Duffield et al. (2008)

\emptyset
différence

Blood lactate (mmol.l-1)



*Evolution de [La] en fonction de
la modalité de récupération*

Applications pratiques : quid de la compression élastique ?

Eur J Appl Physiol (2004) 93: 347–352
DOI 10.1007/s00421-004-1163-9

ORIGINAL ARTICLE

J.-C. Chatard · D. Atlaoui · J. Farjanel · F. Louisy
D. Rastel · C.-Y. Guézennec

Elastic stockings, performance and leg pain recovery in 63-year-old sportsmen

Kemmler et al. (2009)

Ménétrier et al. (en cours)

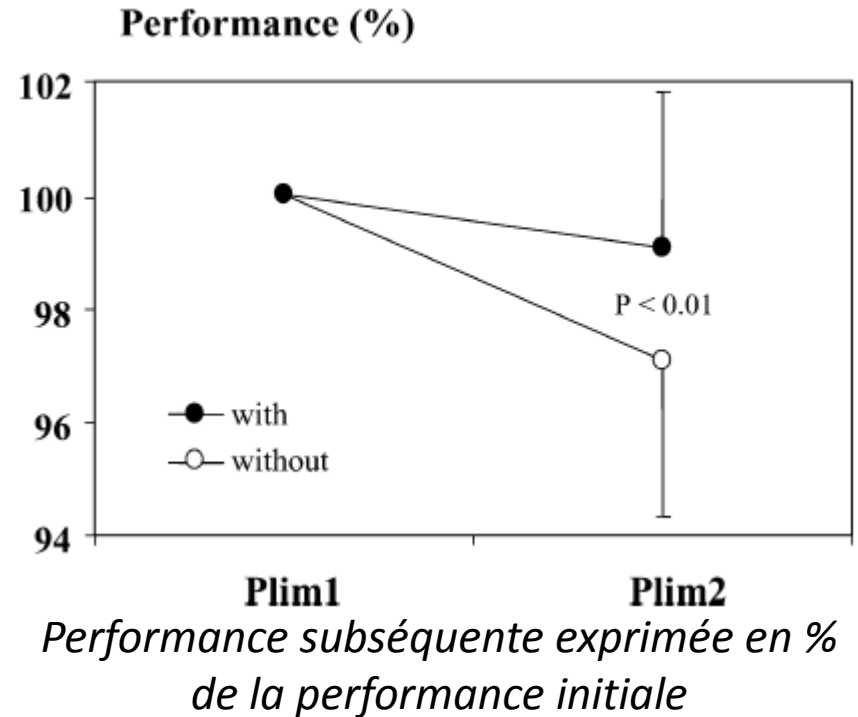
Résultats similaires

Ali et al. (2007) ; Scanlan et al.
(2008) et Ménétrier et al. (2011)

∅ différence

Chatard et al. (1998)

Résultats opposés



Applications pratiques : quid de la compression élastique ?

- Délicat de tirer des conclusions.
- Effets sur la performance et sur [La] **mitigés**.
- Elle apparaît moins efficace que l'immersion.
- Les vêtements de compression doivent être **adaptés**, non seulement aux individus, mais également à l'activité (exercice ou récupération).

Applications pratiques : quid de la compression élastique ?

Simple à utiliser



Vérifier la gamme
de pression
(≈ 20 mmHg)

Après mais également
avant l'effort

Références

- Ahmaidi S, Granier P, Taoutaou Z, Mercier J, Dubouchaud H, Prefaut C. Effects of active recovery on plasma lactate and anaerobic power following repeated intensive exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28: 450-456
- Bogdanis GC, Nevill ME, Lakomy HK, Graham CM, Louis G. Effects of active recovery on power output during repeated maximal sprint cycling. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1996; 74: 461-469
- Bringard A, Denis R, Belluye N, Perrey S. External elastic compression and muscle function in humans. *Sci Sports* 2007; 22: 3-13
- Chatard JC, Atlaoui D, Farjanel J, Louisy F, Rastel D, Guezennec CY. Elastic stockings, performance and leg pain recovery in 63-year-old sportsmen. *Eur J Appl Physiol* 2004; 93: 347-352
- Coffey V, Leveritt M, Gill N. Effect of recovery modality on 4-hour repeated treadmill running performance and changes in physiological variables. *J Sci Med Sport* 2004; 7: 1-10
- Crampton D, Donne B, Egana M, Warmington SA. Sprint Cycling Performance Is Maintained With Short-Term Contrast Water Immersion. *Med Sci Sports Exerc* 2011:
- Vaile J, Halson S, Gill N, Dawson B. Effect of hydrotherapy on the signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. *Eur J Appl Physiol* 2008; 102: 447-455
- Weiss RA, Duffy D. Clinical benefits of lightweight compression: reduction of venous-related symptoms by ready-to-wear lightweight gradient compression hosiery. *Dermatol Surg* 1999; 25: 701-704
- Weltman A, Stamford BA, Fulco C. Recovery from maximal effort exercise: lactate disappearance and subsequent performance. *J Appl Physiol* 1979; 47: 677-682
- Wilcock IM, Cronin JB, Hing WA. Physiological response to water immersion: a method for sport recovery? *Sports Med* 2006; 36: 747-765

- D'autre part, l'augmentation du gradient de pression de l'extérieur vers l'intérieur des vaisseaux pourrait favoriser l'augmentation du débit de perfusion musculaire.
- Pour la seconde, la pression hydrostatique [10] provoque un mouvement des fluides de la périphérie en direction du thorax, et agit donc sur le retour veineux.
- Pression exercée par liquide contre paroi

According to previous studies, it was suggested that the accelerated BLA removal was likely due to the increase in muscle blood flow with CWI [34] and CT [9]. Much of the researchers suggest that the variation of temperature related to CWI causes vasoconstriction and vasodilatation, known to act in comparable way to muscle pumping, increasing blood circulation and metabolite removal, and enhancing recovery [13,30]. But to date, no research was found that had observed or measured any form of alternation of vasodilatation and vasoconstriction at deep tissue vessel caused by CWI. One research examined fluctuations in leg arterial blood flow during CWI using Strain gauge Plethysmography. Results suggest that CWI was effective at subcutaneous level but not at deep tissue [16]. Another point to consider is that intramuscular temperature has not been observed to change with alternating contrasts as well at 1 cm [26] as at 4 cm of depth [19], only subcutaneous temperature [25,26]. If temperature does not change at deep tissue levels with alternating immersion, any vaso-pumping would then be likely to occur at a subcutaneous level only. To aide more effectively recovery and intramuscular waste removal by vaso-pumping, temperature changes would surely be required at a deeper tissue level.

- ¹⁶ *Fiscus KA, Kaminski TW, Powers ME. Changes in lower-leg blood flow during warm-, cold-, and contrast-water therapy. Arch Phys Med Rehabil 2005; 86: 1404-1410*
- ¹⁹ *Higgins D, Kaminski TW. Contrast therapy does not cause fluctuations in human gastrocnemius intramuscular temperature. J Athl Train 1998; 33: 336-340*
- ²⁵ *Myrer JW, Draper DO, Durrant E. Contrast therapy and intramuscular temperature in the human leg. J Athl Train 1994; 29: 318-322*
- ²⁶ *Myrer JW, Measom G, Durrant E, Fellingham GW. Cold- and hot-pack contrast therapy: subcutaneous and intramuscular temperature change. J Athl Train 1997; 32: 238-241*

Coffey et al. 2004 lactate sanguin diminué (1 min 10°C et 2 min 42°C pdt 15 min)

Morton 2007 12°C et 36°C diminution contraction plasmatique lactate

King Duffield (2009) idem

Ingram 2009 (10 – 42)

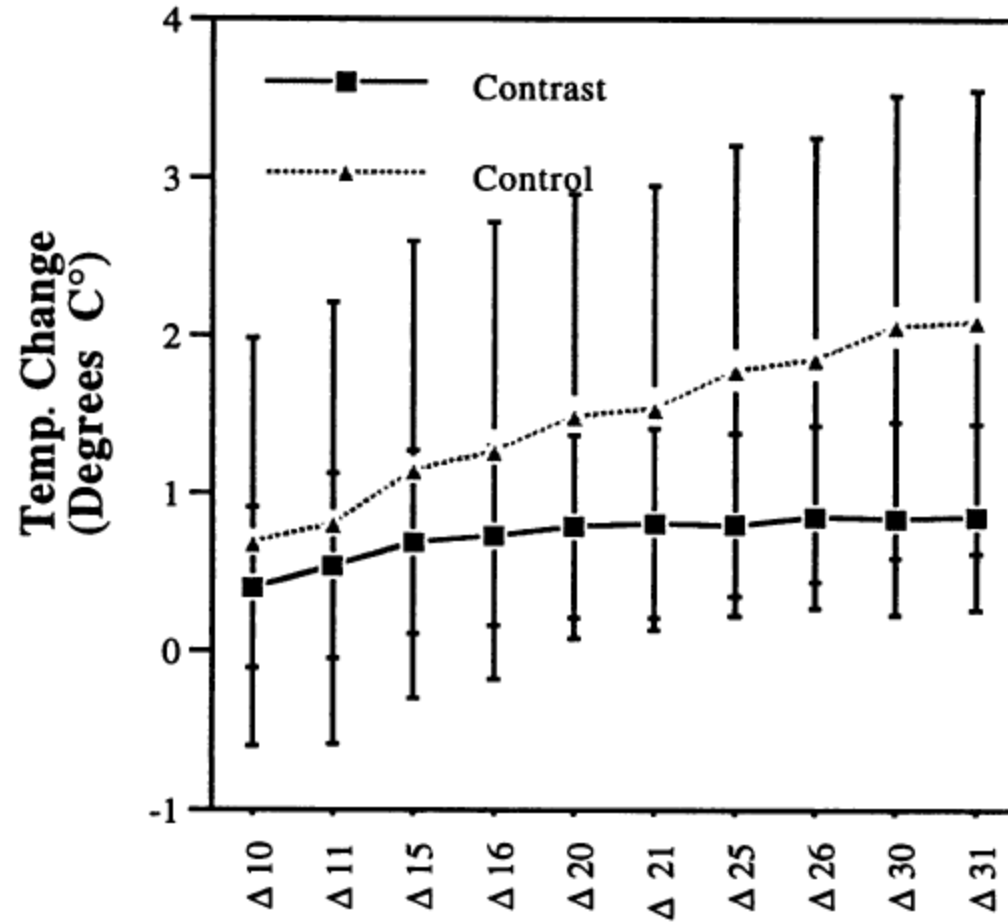
Diminue marqueurs dommages musculaire (Gill et al 2006) (1 min 8-10°C et 2 min à 40-42°C pendant 9 min)

Amélioration performance Crampton 2011

Amélioration performance Ménétrier 2011

- **L'acide lactique est scindé, dans les muscles et le sang, en deux parties chimiquement distinctes. L'une est responsable de l'acidité, (c'est le proton hydrogène H+), tandis que l'autre (lactate) est utilisable comme source d'énergie.**
 - L'acidité d'un milieu quel qu'il soit, sang ou urines, est mesurée par le pH. Lorsque l'acidité est excessive, on parle d'acidose.
 - Les fibres possèdent des substances appelées "substances tampons", qui accrochent l'ion H+ et le neutralisent, évitant ainsi ses effets nocifs.
 - Malgré cela, une partie des ions H+ passe des fibres musculaires vers le sang qui contient aussi des substances tampons : ce sont les bicarbonates et l'hémoglobine des globules rouges.
 - Grâce aux substances tampons et à la respiration très forte qui élimine du gaz carbonique, l'acidose sanguine est rapidement contrôlée.
 - **Les lactates**
 - Leur concentration normale au repos est de 1 à 2 mmol par litre, selon que le sang a été prélevé dans une artère ou dans une veine.
 - A la suite d'un série d'efforts violents de type anaérobie, avec intervalles de repos insuffisants, ou d'une épreuve d'effort épuisante, les lactates peuvent atteindre des concentrations de l'ordre de 15 mmol / litre.
 - Selon le type d'effort réalisé, il faudra une bonne heure pour revenir aux valeurs normales de repos. Si l'effort a été plus long et moins intense, le temps de normalisation du taux de lactates est plus court, (30 minutes environ).
 - Le temps de retour à la normale dépend beaucoup du comportement du sportif après l'effort.
 - Si le sportif reste immobile pendant son temps de récupération (récupération passive), les lactates sanguins se normaliseront plus lentement.
 - Si le sportif garde une activité physique modérée pendant son temps de récupération (récupération active), les lactates diminueront plus vite dans le sang.
 - Que deviennent les lactates après l'effort ? 1 En rejoignant la voie aérobie, les lactates rentrent dans les mitochondries et fournissent de l'ATP en se dégradant en gaz carbonique et eau.
- Ceux qui sont passés dans le sang, subiront le même sort dans d'autres organes comme le cur, le cerveau, les reins et le foie.
- Les lactates sont par conséquent un excellent "carburant" fournisseur d'ATP
 - Les lactates peuvent être captés dans le foie et dans les reins, pour y être transformés en glucose (néoglucogenèse).
 - Ce "nouveau" glucose, peut soit revenir par voie sanguine vers les muscles pour y être consommé ou être stocké en glycogène musculaire, (c'est le cycle de Cori), soit rester sous forme de glycogène dans le foie.
 - Tout ceci se déroule pendant la première heure de récupération.
 - Le lactate a d'autres destinées mineures. Il peut quitter le corps par l'urine et la sueur

- Grâce à la technique utilisée, qui s'appuyait sur la pléthysmographie, il est possible d'estimer, à partir de ces variations, les variations de flux sanguins. Plus les variations du volume du mollet sont grandes et plus les variations de flux sont grandes. Cependant cette même technique ne permet pas de dissocier la part du flux sanguin cutanée de celle du flux sanguin profond.
- Les auteurs



Higgins 1998