



CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES : DE LA DOSIMÉTRIE À LA SANTÉ HUMAINE

Effets spécifiques d'une exposition aux ondes radiofréquences de téléphone mobile sur le contrôle nerveux autonome du tonus vasomoteur cutané

Specific effects of exposure to radio frequency waves of mobile phone on the autonomous nervous control of cutaneous vasomotor tone

Nathalie Loos, René de Seze**, Valérie Brenet-Dufour***, Rania Ghosn**, Sophie Liabeuf***, Brahim Selmaoui**, Véronique Bach*, Gyorgy Thuroczy***

** Laboratoire Péritox EA 4285-UMI 01 Unité mixte INERIS, UFR Médecine, Université de Picardie Jules Verne, Amiens, 80000 FRANCE {nathalie.loos, veronique.bach}@u-picardie.fr*

*** Centre de Recherche Clinique, CHU Amiens, Hôpital Sud, Amiens, 80054 FRANCE, {brenet-dufour.valerie, liabeuf.sophie}@chu-amiens.fr*

**** Unité de Toxicologie Expérimentale, EA 4285-UMI 01 Unité mixte INERIS, INERIS, Verneuil-en-Halatte, 60550 FRANCE {rene.de-seze, rania.ghosn, brahim.selmaoui, gyorgy.thuroczy}@ineris.fr*

Mots-clefs: laser-doppler thermostatique, microcirculation cutanée, activité neurogénique, test de provocation thermique, humain

Keywords: thermostatic laser Doppler, skin microcirculation, neurogenic activity, provocative heating test, human

Résumé

Les résultats de l'étude effectuée sur 21 jeunes adultes volontaires ont révélé des effets athermiques de l'exposition réelle aux ondes RF de téléphone mobile sur le micro débit sanguin cutané en comparaison avec une exposition sham, par approche laser Doppler thermostatique (LD). L'analyse spectrale du signal LD en fin d'exposition a permis de montrer que ces modifications de vasomotricité cutanée étaient associées à une activité nerveuse sympathique locale plus élevée sous exposition réelle que sous exposition sham. Un test de provocation thermique spécifique induisant une hyperémie réactive maximale effectué à la 25^e minute post-exposition a montré que la réserve vasodilatatrice des micro-vaisseaux cutanés exposés aux ondes RF était plus grande que celle sous exposition sham.

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

De toutes les études précédentes (1, 2, 3) montrant que le micro-débit sanguin cutané (SkBF) pouvait être modifié par une exposition aux ondes radiofréquences (RF) émises par le téléphone mobile lorsqu'elles sont appliquées au niveau l'oreille chez l'Homme, aucun groupe témoin ni de contrôle de chauffage de la peau pouvant affecter SkBF, n'ont été effectués. Les mécanismes physiologiques de contrôle du tonus vasomoteur cutané et d'autorégulation vis-à-vis d'un stimulus vaso-actif, n'ont par ailleurs jamais été étudiés.

1.2 OBJECTIFS

Déterminer si les variations de SkBF lors de l'exposition RF au téléphone mobile sont liées exclusivement au chauffage des composantes électroniques du téléphone ou/et à l'exposition aux ondes RF. Pour identifier un potentiel effet athermique des ondes RF, les variations de SkBF ont été enregistrées de façon concomitante sur le plan spatio-temporel avec les variations de température de la peau (Tsk), à température ambiante constante. L'activité nerveuse autonome sympathique contrôlant localement le tonus vasomoteur cutané, a été analysée. La capacité vasodilatatrice maximale dite réserve vasodilatatrice des micro-vaisseaux cutanés, a été évaluée au cours d'une hyperémie réactive en réponse à un test de provocation thermique.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. POPULATION ETUDIEE

21 jeunes adultes volontaires sains (13 femmes, 8 hommes, moyenne d'âge $\pm$ ES: 25 ± 1 années) ont participé à l'étude. Le sujet était semi-allongé sur un lit, immobile, les yeux ouverts, à température ambiante neutre et contrôlée ($24 \pm 0,3$ °C).

2.2. METHODOLOGIE

Des enregistrements continus des variations SkBF et Tsk ont été effectués par technique laser Doppler thermostatique (LD) (système Périflux 5010, Perimed, France) à une longueur d'onde de 780 nm spécifique de la microcirculation cutanée. Deux sessions randomisées en double-aveugle ont été réalisées avec 2 téléphones portables différents (Type Nokia 6650, bande GSM: 900 MHz, DAS max pour 10g de tissu: 0,49 W/kg): une session (dite «réelle RF») avec émission d'ondes RF et une autre (dite «sham») sans émission d'ondes RF. Dans les deux cas, le téléphone émet de la chaleur dissipée par le biais de ses composantes électroniques. Dans la session sham, une charge résistive de 50 ohms a été placée sur le connecteur d'antenne distant du téléphone. Deux sondes thermo-LD (diamètre:10 mm, épaisseur: 8 mm) ont été placées sur le visage juste en regard du lobe de l'oreille (distance maximale bord à bord : 1 cm). La première sonde étant du côté ipsi-latéral (S-MP) du même côté que le téléphone (côté gauche), la deuxième étant du côté contra-latéral, considéré comme étant le côté contrôle (S-Ctr).

2.3 PROTOCOLE

Des mesures de SkBF (exprimées en valeurs arbitraires de l'unité de perfusion, PU) et Tsk ont été effectuées à l'instant T0, soit à 5 minutes avant l'exposition (=état basal contrôle), puis pendant une durée totale de 20 minutes pendant et après l'exposition. Un test de provocation thermique consistant à réchauffer localement sous la sonde thermo-LD la peau pendant 1 minute à 44° C, a été réalisé à la 25^e minute post-exposition afin de déterminer la réserve vasodilatatrice des micro-vaisseaux cutanés.

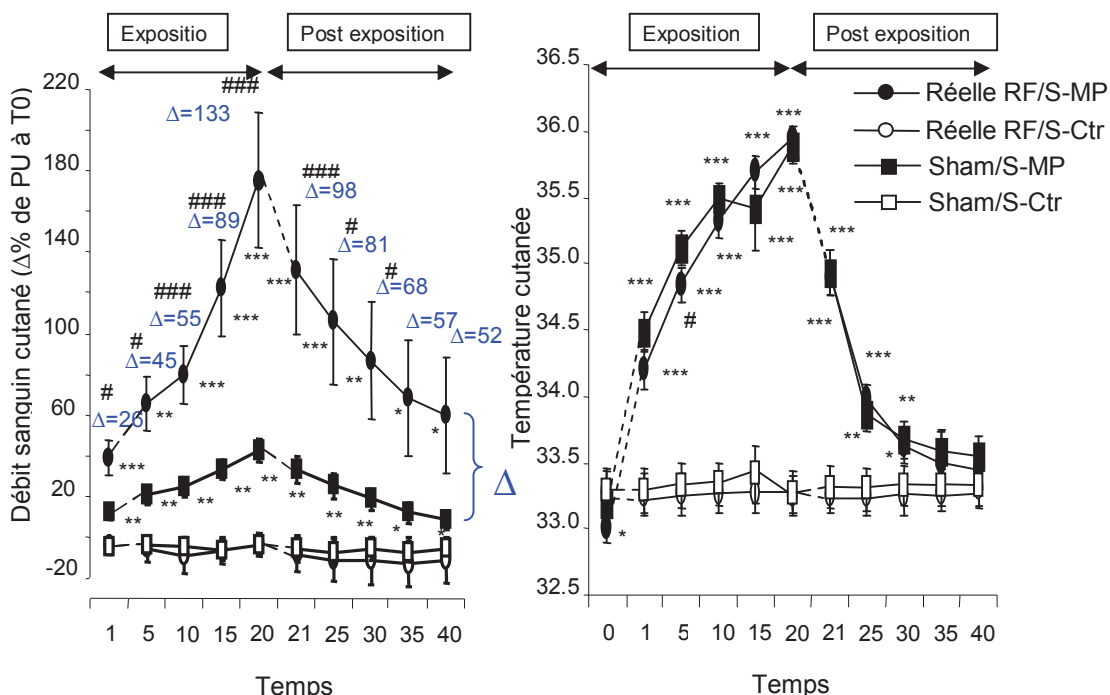
2.4 ANALYSE DES RESULTATS

Une analyse spectrale (Transformée de Fourier) du signal de débit sanguin (exprimée en PU^2/Hz) a été effectuée pour évaluer l'activité locale neurogénique d'origine sympathique (bande analysée: [0,02Hz-0,06Hz]) des artérioles cutanées. Une analyse MANOVA à mesures répétées suivie de tests Post-hoc *t* de Student ont été utilisés pour les comparaisons statistiques entre les 2 côtés du visage et entre les 2 sessions d'exposition. Les résultats sont présentés sous forme de valeurs moyennes $\pm$ erreur standard (ES). La significativité statistique est $P < 0.05$.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

La figure 1 montre qu'au cours de la session d'exposition réelle RF, l'augmentation de SkBF (côté S-MP) au cours de la durée d'exposition est nettement plus importante que celle pendant l'exposition sham (schéma de gauche), alors que les courbes de Tsk des sessions d'exposition réelle RF et sham (côté S-MP) se superposent pendant toute la durée de l'exposition (schéma de droite). Ceci indique que le chauffage de la peau induit par les composantes électroniques du téléphone mobile est strictement identique entre les deux sessions. Cette différence (indiquée par « Δ » sur le schéma de gauche) entre les 2 sessions (côté S-MP) indique un effet qui est athermique, et donc spécifique, de l'exposition des ondes RF sur SkBF.

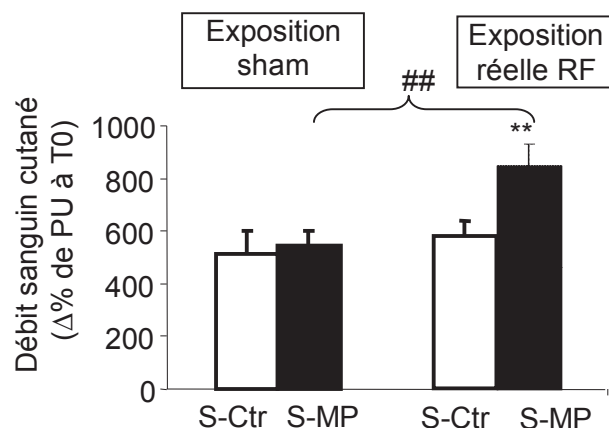
Figure 1.



Légende: la significativité statistique des comparaisons entre le côté du visage exposé au téléphone (S-MP) et le côté non exposé (S-Ctr) est illustrée par * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$; et entre l'exposition réelle RF et l'exposition sham (côté S-MP) par # $P < 0.05$; ### $P < 0.001$.

La figure 2 illustrant SkBF maximum obtenu pendant le plateau de réponse au test hyperthermique, montre que les micro-vaisseaux cutanés soumis à une exposition réelle RF (côté S-MP) ont une plus grande réserve vasodilatatrice que lorsqu'ils sont sous exposition sham.

Figure 2.



La figure 3 illustrant les résultats de l'analyse spectrale du signal LD montre que l'activité nerveuse sympathique locale est 2 fois plus élevée au cours de l'exposition réelle RF qu'au cours de l'exposition sham (schéma de gauche). Au cours du test hyperthermique déclenchant une hyperémie réactive, l'augmentation de l'activité nerveuse sympathique est également plus grande sous exposition réelle RF que sous exposition sham (schéma de droite).

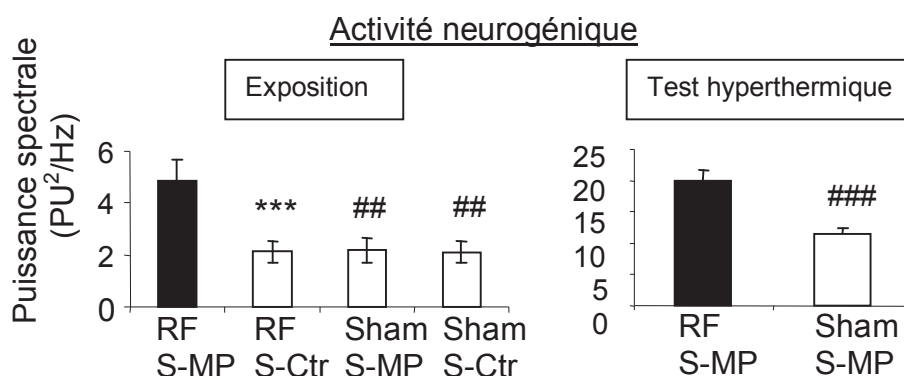


Figure 3.

Légende des figures 2 & 3: la significativité statistique des comparaisons entre le côté du visage exposé au téléphone (S-MP) et le côté non exposé (S-Ctr) sous exposition réelle RF est illustrée par ** $P < .01$, *** $P < .001$, et entre l'exposition réelle RF et l'exposition sham par ## $P < .01$, ### $P < .001$.

4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ces résultats montrent pour la première fois que les ondes RF de téléphone mobile peuvent induire des effets athermiques directs sur la vasomotricité cutanée en modifiant à la fois le micro débit sanguin local ainsi que l'activité nerveuse autonome sympathique des muscles lisses entourant les artérioles cutanées. La capacité vasodilatatrice de ces micro-vaisseaux face à une stimulation hyperthermique ainsi que l'activité basale neurogénique sont augmentées pendant et après exposition aux ondes RF. Afin de mieux identifier les mécanismes neurologiques associés aux changements de vasomotricité cutanée sous exposition RF ici observés, des expériences complémentaires sur le plan pharmacologique et cellulaire semblent nécessaires pour identifier les catégories de neurotransmetteurs et de terminaisons nerveuses (récepteurs/effecteurs) qui y sont impliqués.

5. BIBLIOGRAPHIE

- [1] V. Anderson and J. Rowley. Measurements of skin surface temperature during mobile phone use. *Bioelectromagnetics*. 28:159-162, 2007.
- [2] A. Straume, G. Oftedal and A. Johnsson. Skin temperature increase caused by mobile phone: a methodological infrared camera study. *Bioelectromagnetics*. 26:510-519, 2005.
- [3] G. Monfrecola, G. Moffa and E.M. Procaccini. Non-ionizing electromagnetic radiations, emitted by a cellular phone, modify cutaneous blood flow. *Dermatology*. 207(1):3-5, 2003.