

運動時の温熱性発汗量から血液の濃縮度を評価し、 水分摂取の緊急度をスマホに告知する装置の開発： 熱中症予防システムへの応用

信州大学 大橋 俊夫
(共同研究者) 同 百瀬 英哉
スキノス東御研究所 坂口 正雄
信州大学 小林 正義
東北医科薬科大学 河合 佳子

Heatstroke Risk Informing System Using Wearable Perspiration Ratemeter: Human Experiments to Decide The Timing Point for Informing Heatstroke and to Evaluate The Validity of Wearable Apparatus

by

Toshio Ohhashi, Hideya Momose,
Masayoshi Kobayashi
Shinshu University School of Medicine
Masao Sakaguchi
Toumi Institute of Skin Co. Ltd.
Yoshiko Kawai
Tohoku Medical and Pharmaceutical University

ABSTRACT

We constructed a wearable perspiration ratemeter to develop an informing system to users for the heatstroke risk. To decide the timing point for informing heatstroke risk, we conducted human experiments of 16 healthy subjects with the step up and down physical exercises. In addition, a wearable self-identification and -information

system of thirst response was developed with a smartphone. The blood and urine samples of the subjects was collected before and after the 30-min physical exercise. The concentrations of total protein (TP), albumin (Alb), and red blood cells (RBC) increased slightly with the exercise. In contrast, the concentrations of vasopressin in all subjects remarkably increased with exercise. Using the simultaneous recording of perspiration ratemeter, we decided that the timing point for informing heatstroke risk was to change from positive to negative on the second derivative of sweating curve. In almost subjects they identified their thirst response until several min after the informing for heatstroke risk. In conclusion, the wearable ratemeter and self-informing system of thirst response were suitable for informing system of heatstroke risk.

キーワード

小型ウェアラブル発汗計, 枯渇感, 無線装置, 臨床実験, 熱中症

Keyword

wearable thermal perspiration ratemeter, thirst response, informing system for thirst response with wireless smartphone, clinical human experiment, heatstroke

要 旨

我々はこれまでに熱中症の危険を予知するためのウェアラブル小型発汗計を開発してきた。今回の研究では、発汗によって生じる血液濃縮度を血液・尿検査と血液バゾプレシン濃度測定を用いて定量的に評価し、熱中症の危険を告知する時点の決定方法を開発し、その時点の正確度合いについて枯渇感を自己申告出来る装置を開発して検証した。その結果、温熱性発汗量、血液濃縮度、枯渇感、血中バゾプレシン濃度の変化から熱中症発症の危険度を推定出来る事を実証した。

緒言・まえがき

我々は、スウェーデンで開発された高感度湿度センサーを用いて、手掌部の発汗量を高感度で連続的に、しかも簡便に測定できる局所発汗量連続記録装置を開発しました^{1,2,3,4,5)}。その装置は医用機器として認定され、厚生労働省から保険適用の

許可を得て研究、臨床の現場で活用されています(図1)。

1. 研究方法・実験方法

1A温熱性・運動性発汗を呈している時に感じる枯渇感を生体に装着したスマートホンのアイコンをタッチすると無線で我々が既に開発した小型・ウェアラブル発汗計(図2)の記録上に同時に表示出来る装置を開発する。

1Bヒト臨床研究を倫理委員会に申請して認可を受け(令和元年5月に信州大学医学部倫理委員会で承認済み)、開発した小型発汗計と枯渇感告知。

スマートホンをボランティアの頸部ならびに前腕部にそれぞれ装着して、踏み段昇降の運動負荷を30分行い発汗量、告知られた枯渇感を同時記録する。併せて、運動負荷前後で、体重測定、採血、採尿を行い、血液濃縮度、血液バゾプレシン濃度変化、尿量、尿浸透圧変化を測定する。

●基本情報

販売名	発汗計SKN-2000M		
類別	内臓検査用器具	一般的名称	多用途測定記録装置
薬機法承認番号	21600BZZ00433000	承認年月日	平成16年09月02日

●製品概要

本装置は、人体の皮膚表面に発汗量検出プローブを装着することにより発汗量を連続、簡便かつ定量的に測定できる装置。

●原理



図1



図2 小型ウェアラブル発汗計

1C 発汗量, 体重減少量, 枯渇感発生タイミング, 血中バゾプレシン濃度変化量, 尿量, 尿浸透圧変化の相関関係から血液濃縮度と熱中症発生の危険度を推定, 告知するする時点を決定する.

2. 装置開発結果・実験結果

2A 温熱性・運動性発汗を起こしている時に感じた枯渇感を告知するスマートホン装置を開発し

た(図3).

この装置は, 温熱・運動性発汗時に感じた枯渇感を感じた際, スマートホンに表示された「枯渇感+ (少し喉が乾いた.)」「枯渇感++ (かなり喉が乾いた.)」「枯渇感+++ (我慢できないほど喉が渴いた.)」のアイコンをタッチすると, そのタイミングが発汗曲線の上に記録されるようになってくる. 測定データはMicrosoft Excelでも表示可能



図3 枯渇感告知計

な csv 形式として保存され、枯渇感を感じた時点に発汗量がどのように変化したかを記録・解析することができる様になっている。

2B ヒト臨床実験測定結果

発汗量、体重減少量、枯渇感発生時点、血中バゾプレシン濃度変化、尿量、尿浸透圧変化の相関関係から血液濃縮と熱中症発生の危険度を検出するタイミングを決定するために16名のボランティアで実験を行った。図4Aのa, bはその実験結果の典型例である。aは40歳台の女性、bは40歳男性が踏み段昇降運動を30分間行った時の頸部発汗量、枯渇感の告知時点(+, ++, +++), 熱中症の危険告知時点(●)を示している。熱中症の危険告知時点は涸渇感の告知時点、血液バゾプレシン濃度上昇率、発汗曲線の増加率の相関関係から、発汗曲線の2次微分値が正から負に転じる時点(発汗曲線の傾きが鈍化し始めた時点)が妥当であると結論した。図4Bは熱中症の危険告知時点(横軸の0点)と被検者が枯渇感を感じた時点の12例のまとめたものである。4例の被検者は30分の運動でも枯渇感を感じなかった。図から判るように12例中9例では熱中症の危険告知時点(横軸の0点)あるいはその数分以内に枯渇感を訴えている。

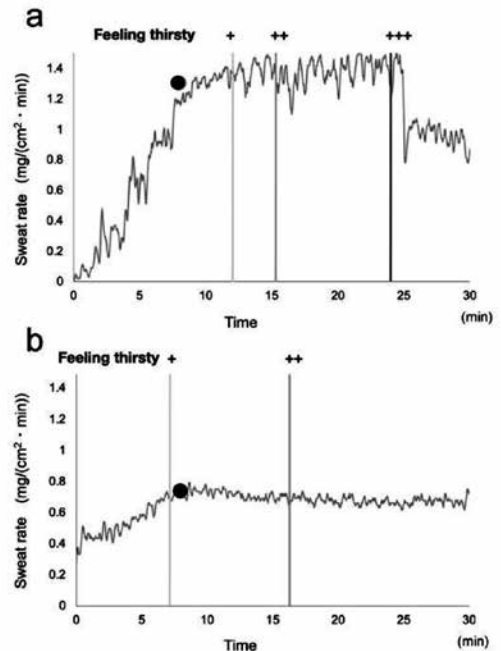


図4A a: 40歳女性, b: 40歳台男性の30分運動時の発汗曲線
枯渇感告知時点(+, ++, +++),
熱中症の危険告知時点(●)の典型例

3. 考察

すでに開発した小型ウェアブル発汗計はヒトの臨床実験でその性能を評価してみると使用しやすく有用である事が確認できた。手掌部発汗計に比べ測定性感度は落ちるものの、小型カプセルを測

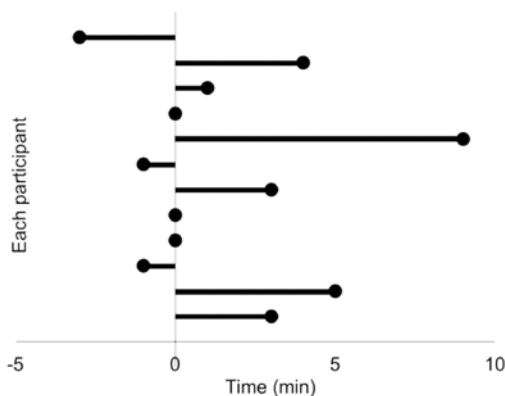


図4B 熱中症の危険告知時点(横軸0)と
枯渇告知時点(●)の12被検者の結果

定部位に両面テープで貼り付け、送信機をポケットなどに入れて使用すれば身体の動きなどに影響されことなく測定できる事を確認した。

今回開発した枯渇感知システムも小型ウェアラブル発汗計と併用することで利用価値が高まる事を確認した。

ヒト臨床実験で、熱中症の危険告知時点は発汗曲線の2次微分値が正から負に変わる時点が妥当である事が証明された。

4. 結 語

この研究で、小型ウェアラブル発汗量測定計と今

回開発した枯渇感知システムを活用することで熱中症の危険を科学的根拠に基づいて告知する事が可能になった。

謝 辞

ヒトの臨床実験に参加頂いたボランティアの方々に心より御礼申し上げます。さらに本研究を経済面でご支援いただいた公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に感謝致します。

文 献

- 1) Ohhashi T., Sakaguchi M., Tsuda T., Human perspiration measurement., *Physiol. Meas.*, **19**: 449-461(1998)
- 2) Ohhashi T., Kawai Y., Sweat gland control., *Encyclopedia of neuroscience*, **19**: 3911-3914(2009)
- 3) 坂口正雄, 大橋俊夫, 東 健彦: 湿度センサーを用いた局所発汗量連続測定装置. 電子通信学会論文誌, **J68**: 511-512(1985)
- 4) 坂口正雄, 大橋俊夫, 森健治: 特許第 1662743号, 局所発汗量連続記録装置(1986)
- 5) 精神性発汗現象-測定法と臨床応用-, 大橋俊夫, 宇尾野公義編, ライフメディコム, 名古屋(1993)