

Maximizing body cooling using the Polar Skin™ Comprehensive Cooling System after exercise in the heat.

ポーラースキン・コンプリヘンシブ・クーリングシステムを使って、
暑い時の運動のあと、体の冷却を最大化する

Physiozing (フィジオジング) 社

Brent Ruby, Ph.D. John Cuddy, MS, CSCS Walter Hales, MS 著

序論

Physiozing (フィジオジング) 社は、ポーラースキン・コンプリヘンシブ・クーリングシステムの冷却能力を最大化する使用方法のデザインとテストをサポートする目的で、PerVivo 社と契約した。この製品は、高気温の環境下での温度の保持と輸送性を最大限にする、優れたパッケージングがされている。

ポーラースキン・コンプリヘンシブ・クーリングシステムには、4つのポーラースキン C2E アイスパックと、ポーラースキン・アイスシート (76.2cm x 91.44cm) が6枚入っている。

使い方の説明はこれまでに確立された冷却プロトコルと同様だが、ポーラースキン・コンプリヘンシブ・クーリングシステムの最も効果的な使用方法ではない。シートを重ねて用いる手法や使用時間などで広範なパイロットテストを行った後、効果的なプロトコルが確立された。

治療プロトコルは、参加者に冷たいポーラースキン・アイスシートを素早く連続的に施すようにデザインされた。これによって、皮膚温度より冷たいポーラースキン・アイスシートを連続的に使用することができる。この迅速なポーラースキン・アイスシートの取替が、参加者の外部温度を継続的に低下させた。

方法

参加者の男性 17 人は (平均年齢 22 歳プラスマイナス 5 歳、平均身長 181cm プラスマイナス 7cm、平均体重 81kg プラスマイナス 11kg、平均体脂肪 14% プラスマイナス 3%) 気温 37.8°C (華氏 100 度) 相対湿度 40%の暑い部屋で、トレッドミルで歩く／走るなどの運動をした。

最初の 10 分間、参加者は勾配 10%の斜面で時速 3.5 マイル (秒速 1.56m) で歩き、次に各自の判断に基づいて困難を感じる激しさで運動した。(「激しい運動をするように」と指示された。) 参加者は深部体温が最終的に 38.8°Cに達するまで運動したが、運動の激しさや個々の暑さへの慣れの違いから、20 ~ 40 分を要した。

参加者は深部体温が 38.8°Cになると運動を停止し、環境制御された部屋の柔らかい表面でリクライニングした。ポーラースキン C2E アイスパックが両脇下と、両大腿上部の鼠径部に大腿動脈を覆うようにあてられた。ポーラースキン C2E アイスパックは 20 分の冷却期間中、同じ位置に留められた。

次に参加者の胸の前面を、冷たいポーラースキン・アイスシート (0°C/32°F) で覆った。各ポーラースキン・アイスシートは、参加者の胸に 50 秒間あてられた。50 秒後ポーラースキン・アイスシートは外され、別のポーラースキン・アイスシートと取り替えられた。それぞれの交換にはおよそ 10 秒を

要した。各ポーラスキン・アイスシートは外された後、横に置かれたクーラーの氷水（氷約 2 ポンド／約 0.9kg と水約 3 ガロン／約 11.4L）に入れられた。最初の 6 回の交換には事前に冷却された新しいポーラスキン・アイスシートが用いられ、20 分の冷却期間の残りの時間には、氷水に浸してリサイクルしたポーラスキン・アイスシートを胴と足にあてた。研究チームは 4 枚のポーラスキン・アイスシートを取り替え、参加者が常に氷水に 1 分間浸されて氷水で飽和したポーラスキン・アイスシートで覆われるようにした。

運動中および回復期間を通じて体温が観測できるように、参加者は試験開始に先立って直腸体温計を挿入し、2 つの皮膚温度センサーを（胸と大腿部に）装着した。

統計学的分析

一方向分散分析（ANOVA）を用いて、20 分の回復期間における深部体温および胸と脚の温度の低下とその差を評価した。データは 5 分間隔（0,5,10,15 および 20 分）で分析した。第一種過誤の可能性は 5% 未満、有意であると考えられた（ $p < 0.05$ ）。特に記載がない場合、全てのデータは平均値 ± 標準偏差で報告する。

結果

ポーラスキン・コンプリヘンシブ・クーリングシステムを使用した実験的な冷却プロトコルは、20 分の回復期間中に深部体温と皮膚温度を著しく低下させた。一人の参加者の胸部皮膚温度が図 1 に見られるが、ポーラスキン・アイスシートに体の熱が伝導する結果、シートの適用後急激に皮膚が冷えその後温度が横ばいになる様子を示している。

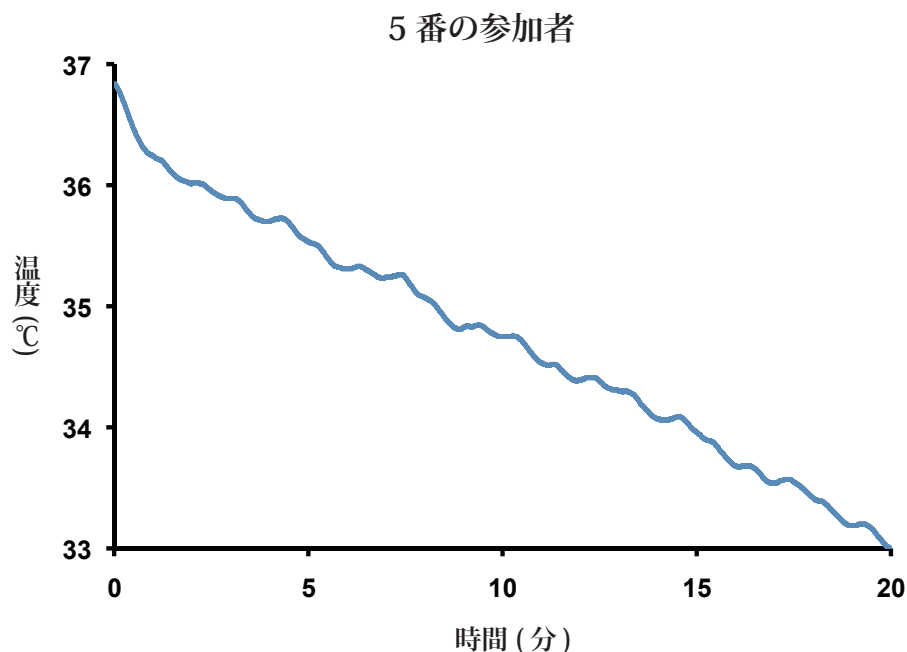


図 1 20 分の回復期間中における参加者 5 番の胸部皮膚温度。グラフの段階的な変化は、毎分適用されるポーラスキン・アイスシートの冷却効果を示している。

深部体温（図 2）は、20 分の回復期間中に $1.0 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ($0.05^{\circ}\text{C}/\text{分}$) 低下し、5 分間隔の測定値は、それぞれ前の測定値から有意に低い値を示した。

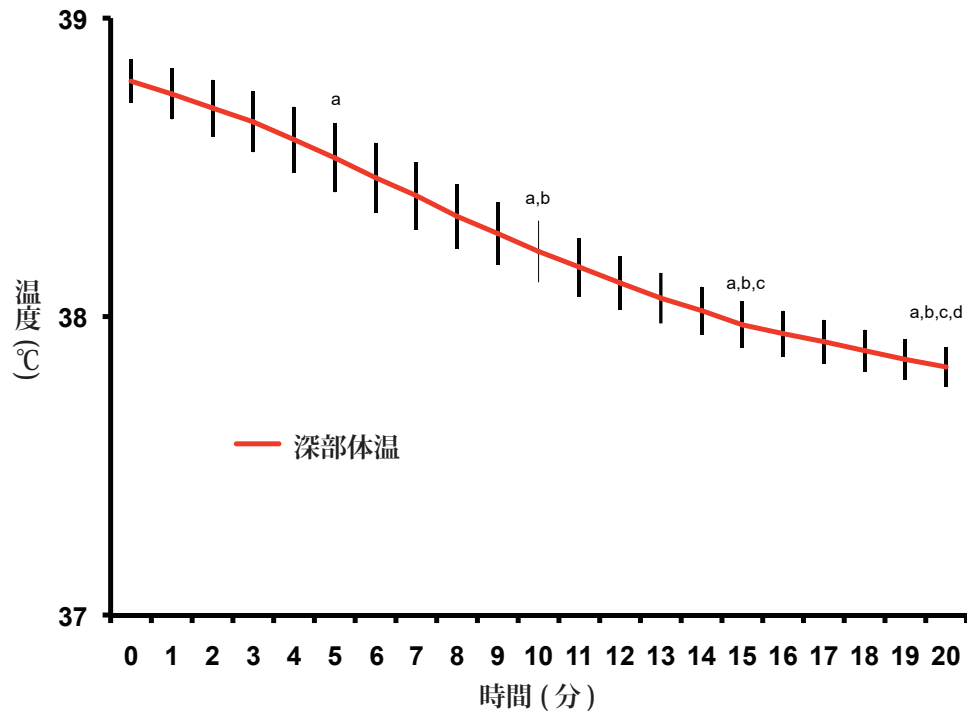


図 2 20 分の回復期間中におけるコア温度。a : 0 分の時と有意に違う ($p < 0.01$)。b : 5 分の時と有意に違う ($p < 0.01$)。c : 10 分の時と有意に違う ($p < 0.01$)。d : 15 分の時と有意に違う ($p < 0.01$)。

胸の皮膚温度 (図 3) は $3.6 \pm 0.7^\circ \text{C}$ ($0.18^\circ \text{C}/\text{分}$) 低下し、脚の皮膚温度 (図 3) は $3.2 \pm 0.9^\circ \text{C}$ ($0.16^\circ \text{C}/\text{分}$) 低下した。

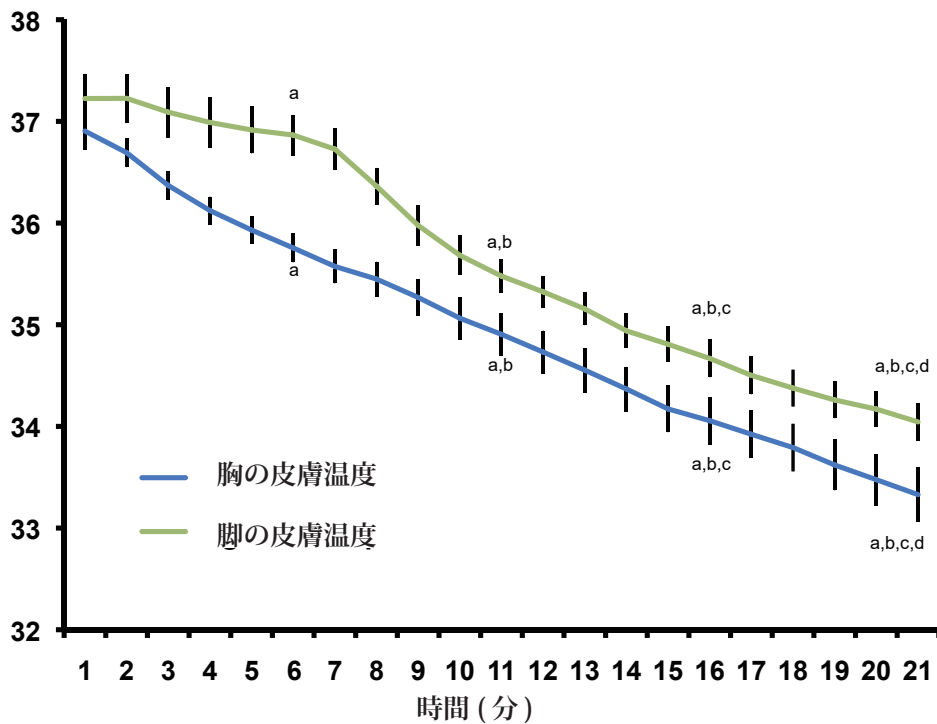


図 3 20 分の回復期間中における胸および脚の皮膚温度のデータ。a : 0 分の時と有意に違う ($p < 0.01$)。b : 5 分の時と有意に違う ($p < 0.01$)。c : 10 分の時と有意に違う ($p < 0.01$)。d : 15 分の時と有意に違う ($p < 0.01$)。

参加者の深部体温と胸の皮膚温度の差は時間とともに拡大し、20分間の回復期間中に、暑さによる負傷のリスクを有意に減少させた。両者の差は0、5、10、15、20分の時点でそれぞれ $1.9 \pm 0.7^\circ\text{C}$ 、 $2.8 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、 $3.3 \pm 0.8^\circ\text{C}$ 、 $3.9 \pm 0.9^\circ\text{C}$ 、 $4.5 \pm 1.1^\circ\text{C}$ であった。

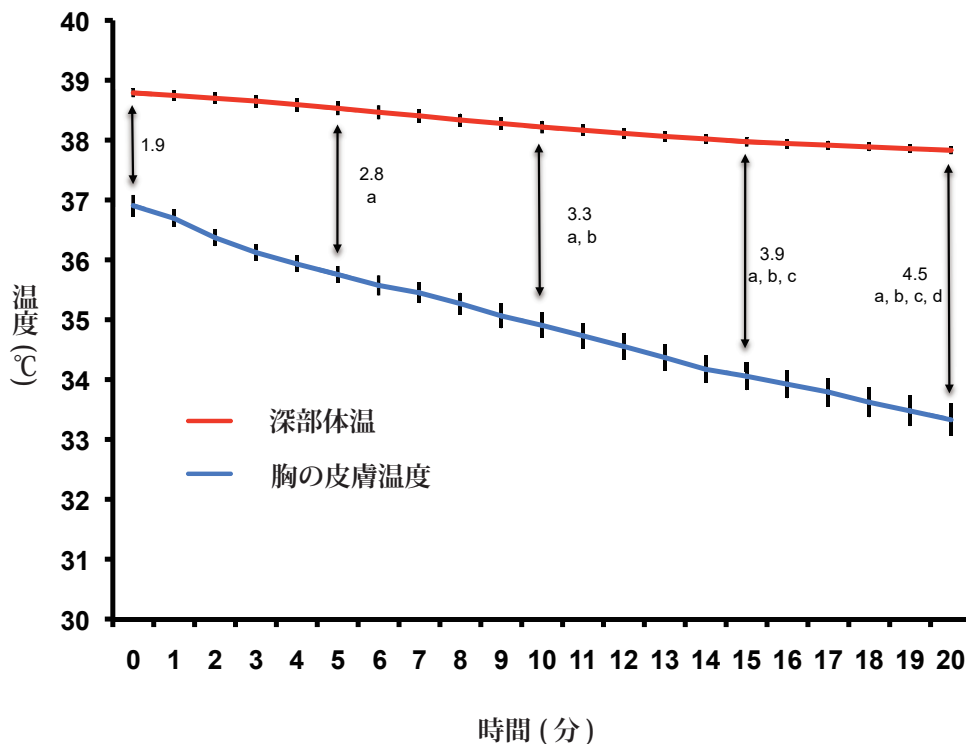


図4 皮膚温度と深部体温の増大する違いを示す。a: 0分の時と有意に違う ($p < 0.01$)。b: 5分の時と有意に違う ($p < 0.01$)。c: 10分の時と有意に違う ($p < 0.01$)。d: 15分の時と有意に違う ($p < 0.01$)。

考察

ポーラスキン・コンプリヘンシブ・クーリングシステムに入っているポーラスキン C2E アイスパックを (体に) あててアイスシートを迅速に取り替えることで、運動で体温の上昇を経験した人々を著しく冷却した。

このコア温度冷却の割合は、冷水に浸る方法を用いたクラブやその他による同様の研究より、若干優れている (クラブ、2001)。

クラブ (Clapp) らの研究では、参加者は深部体温が 38.8°C (本プロトコルで使用したのと同じ最大コア温度) に達するまで運動した。参加者には 30 分間、3 つの異なる冷却方法が用いられ、最も効果的な方法は胴体を冷水に浸すことだった。クラブらの結果は 30 分間の合計で $1.2 \pm 0.46^\circ\text{C}$ ($0.04^\circ\text{C}/\text{分}$) の深部体温低下を示した。本研究のために開発されたポーラスキン・コンプリヘンシブ・クーリングシステムのプロトコルは、20 分で $1.0 \pm 0.2^\circ\text{C}$ ($0.05^\circ\text{C}/\text{分}$) の深部体温低下を生じさせた。比較は同じ参加者では行われなかったが、ポーラスキン・コンプリヘンシブ・クーリングシステムの開発プロトコルの有効性が冷水に浸かるのと同様であることは明らかだ。

さらに、深部体温と皮膚温度が同じ温度に収束すると、暑さに関連した負傷のリスクが増加する。深部体温と皮膚温度の差を維持または再確立することは、体が熱による負担を軽減する能力を高める。図4は回復期間が進むにつれて皮膚温度と深部体温との間の差が拡大する様子を示している。この増大する差は、体内から周囲への熱の除去、および深部体温の継続的な低下にとって重要である。

実践における配慮と今後の調査

これらの結果は、実用的で費用対効果の高い治療ツールが、暑さに関連した負傷の現場における初期治療において、体内および皮膚の温度を効果的に低下させられることを示している。さらに、本プロトコルの実践に必要な条件は、現場で冷水に浸ることができる施設を常に維持することに比べて煩雑さが少なく、より費用対効果が高いと言えるだろう。

暑さに関連した負傷に対する、即時の初期治療での救急処置基準を考慮するとき、これらのデータはポーラースキン・コンプリヘンシブ・クーリングシステムと、上記で詳述した使用プロトコルの使用を支持している。

しかしこれらのデータは、本研究の限界内で解釈されなければならない。ポーラースキン・コンプリヘンシブ・クーリングシステムの有効性についてさらに科学的なサポートを得るためには、体を迅速に冷却する最高の方法である冷水に浸かる方法と直接の比較を実施する必要がある。条件を無作為に割り当ててバランスを取ったクロスオーバーデザインによる研究が、冷水に浸かる方法とポーラースキン・コンプリヘンシブ・クーリングシステムの冷却速度を直接比較する客観的なデータを提供する。

付録

ポーラースキン・コンプリヘンシブ・クーリングシステムの使用方法

1. 負傷者からできるだけ多くの衣類を取り除く。
2. ポーラースキン C2E アイスパックを、銀色の包装から取り出す。それぞれのポーラースキン C2E アイスパックを両脇下と大腿上部の内側に当てる。
3. ポーラースキン・アイスシート 1 枚を銀色の包装から取り出し、負傷者の首から下、胴と腕をシートで覆う。
 - a. 毎分ポーラースキン・アイスシートを新しいシートと取り替え、使用済みのシートは氷水を満たしたクーラーボックスに入れる。
 - b. 6 分間、ポーラースキン・アイスシートを毎分取り替える。
4. ポーラースキン・アイスシート 6 枚を使用した後、氷水に浸してあったシートを使い始め、負傷者に 1 度に 2 枚ずつ、上体と足にあてて再利用する。
5. 追加のケアが利用できるまで繰り返す。

引用文献

AJ クラップ、PA ビショップ、I ムーア、JL ウオーカー。「ジョギングで暑気にあてられた人を迅速に冷却するテクニック」スポーツにおける科学と医学誌／オーストラリア・スポーツ医学、2001 年 4 巻、160–167 ページ