■研究論文

寒冷療法と皮膚温の変化

—3種類の冷却方法での比較—

Skin Temperature Responses to Applications of Three Types of Cryotherapy

坂本 雅昭¹⁾ 渡辺 純¹⁾ 増永 正幸²⁾ 小西 啓子³⁾ 斉藤 明義⁴⁾

MASAAKI SAKAMOTO¹⁾, JUN WATANABE¹⁾, MASAYUKI MASUNAGA²⁾, KEIKO KONISHI³⁾, AKIYOSHI SAITO⁴⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, School of Health Sciences, Gunma University: 3-39-15 Showamachi, Maebashi, Gunma 371-8514, Japan. TEL +81 27-220-8948

²⁾ Kokugakuin University

³⁾ Nippon SIGMAX Co., Ltd.

⁴⁾ Department of Orthopaedic Surgery, Nihon University, School of Medicine

Rigakuryoho Kagaku 14(1): 25-28, 1999. Submitted Oct. 18, 1998. Accepted Dec. 21, 1998.

ABSTRACT: Three types of cryotherapy were conducted on nine healthy females: ice pack, cold pack and continuous cold therapy device; skin temperature responses to these three methods were then examined. As a result of this study, it was found that immediately after chilling commenced the cold pack produced a significantly lower skin temperature than the continuous cold therapy device, but that at the end of the chilling process the values were nearly the same for both methods. Furthermore, skin temperature followed the same post-chill warming process for both methods. Skin temperature reduction by ice pack was significantly less effective than both the continuous cold therapy device and cold pack. Rise in skin temperature after chilling was higher than the other cryotherapeutic methods, but after 30 minutes showed the same trends. Given the chilling pattern of each method and the circumstances under which it is utilized, it is proposed that cryotherapy is useful for the treatment of acute external injuries.

Key words: cryotherapy, skin temperature, athletic injuries

要旨: 健康成人女性9名に対してアイスパック、コールドパック、持続的冷却装置による3種類の寒冷療法を行い、皮膚温の変化について検討した。その結果、コールドパックと持続的冷却装置では、冷却開始直後の皮膚温低下はコールドパックの方が有意に低下したが、冷却終了時にはほぼ同値を示した。また、冷却終了後の皮膚温上昇も同様な経過を示した。アイスパックによる冷却では、持続的冷却装置およびコールドパックより有意な低下を示した。冷却終了直後の皮膚温上昇は他の冷却方法より大きかったが、30分以降は同様な経過を示した。各々の冷却特性や使用環境を考慮することにより、急性外傷に対する寒冷療法として有用と考えられた。

キーワード: 寒冷療法, 皮膚温, 急性外傷

1) 群馬大学 医学部保健学科理学療法専攻: 群馬県前橋市昭和町 3-39-15 (〒371-8514) TEL 027-220-8948

2) 國學院大学 3) 日本シグマックス株式会社 4) 日本大学駿河台病院整形外科

受付日 1998年10月18日 受理日 1998年12月21日

I. はじめに

急性外傷に対する寒冷療法は応急処置の一つとして広く知られるようになった。寒冷療法としてはクラッシュアイスパック、アイスマッサージ、コールドパック、クリッカーなど様々な方法が用いられている。急性外傷に冷却を適用する一般的な理由は、血流の減少とそれともなう腫脹の軽減、痛みおよび筋スパズムの軽減、炎症の鎮静などがあげられる¹⁻³⁾。Knight等^{4,5)}によれば、筋骨格系の急性外傷に対する冷却の効果は、損傷によるダメージを免れた周辺組織の代謝を低下させることによって、血管の損傷および炎症過程に起因する、低酸素状態による周辺組織の二次的損傷を防ぐことにあると述べている。

このように、急性外傷に対する寒冷療法の生理学的作用に関する報告は多くみられるものの冷却方法、冷却時間およびセット数などと冷却部位の温度変化に関する報告は少ない。

また近年、電氣的制御により、冷媒液を循環させることによって持続的な冷却を可能とした装置も開発されている。そこで今回、従来より用いられているアイスパック、コールドパックと持続的冷却装置による3種類の冷却効果を皮膚温変化から検討したので報告する。

II. 方 法

本研究の目的及び内容を説明し同意が得られた女子学生9名(平均年齢 19.6 ± 0.73 歳, 平均身長 157.4 ± 5.68 cm, 平均体重 49.2 ± 5.07 kg)を被験者とした。これら被験者に対し、 28×18 cmのコールドパック(酒井医療), 30×20 cmのビニール袋に氷500gを入れたアイスパック, 持続的冷却療法装置(icing system 2000, 日本シグマックス, 以下アイシングシステム)の3種類の寒冷療法を実施し皮膚温の変化を測定した。アイシングシステムは冷媒液を循環させ、電氣的制御により任意の温度設定が可能な冷却装置で、今回は 5°C に設定し使用した。この3種類の寒冷療法を各被験者に対して2種類ずつ割り当て、各々6名ずつ測定した。コールドパックとアイスパックは直接、アイシングシステムの冷却パットは付属の不織布製カバーで被い、膝蓋骨を中心に弾性包帯(ELASCOT, $7.5\text{ cm} \times 4.5\text{ m}$, ALCARE製)で固定した。

皮膚温はサーミスタ温度計(A-601, 宝工業)を用い膝蓋骨中央で測定した。サーミスタのプロープ($1 \times 1\text{ mm}$)は膝蓋骨中央皮膚上に粘着性ガーゼ(シルキーボア,

No.5, ALCARE製)にて貼付した。各種冷却療法および皮膚温の測定は、ベッド上臥位にて安静10分間、冷却30分間、冷却終了後60分間の計100分間とし1分間隔で計測した。また、3種類の冷却による5分毎の皮膚温変化を対応のないt検定にて検討し、有意水準は0.5%以下とした。尚、測定中の室温は $23 \sim 25^{\circ}\text{C}$ であった。

III. 結 果

安静時、各種冷却中および冷却終了後の皮膚温変化を表1と図1に示す。コールドパックによる冷却では、冷却開始後5分後 6.3°C 、10分後 9.4°C 、15分後 11.4°C 、20分後 12.6°C 、25分後 13.4°C 、30分後 13.9°C の皮膚温低下が認められ、この時の最低皮膚温は 15.2°C であった。

アイシングシステムによる冷却では、冷却開始5分後 5.1°C 、10分後 8.0°C 、15分後 10.0°C 、20分後 11.5°C 、25分後 12.6°C 、30分後 13.5°C の皮膚温低下が認められ、この時の最低皮膚温は 15.8°C であった。冷却開始後5分から15分間の皮膚温は、コールドパックの方がアイシングシステムより有意に低下したが、20分以後では有意差は認められず冷却30分終了時にはほぼ同値であった。冷却

表1 Cold pack, Icing system, Ice packによる冷却と皮膚温の経時的変化

時間経過		Cold pack ($^{\circ}\text{C}$)	Icing system ($^{\circ}\text{C}$)	Ice pack ($^{\circ}\text{C}$)
安 静	0	29.1	29.3	27.7
	5	29.3	29.3	27.8
冷却開始	10	29.5	29.4	27.9
	15	22.8	24.2	19.5
	20	19.8	21.3	15.2
	25	17.7	19.3	12.8
	30	16.5	17.8	11.2
	35	15.7	16.7	10.2
冷却終了	40	15.2	15.8	9.4
	45	18.2	19.0	14.5
	50	19.8	20.5	16.9
	55	20.8	21.7	18.4
	60	21.6	22.5	19.5
	65	22.3	23.2	20.4
	70	23.0	23.8	21.2
	75	23.5	24.1	21.6
	80	23.9	24.6	22.3
	85	24.2	24.9	22.8
	90	24.5	25.1	23.2
	95	24.7	25.4	23.6
	100	25.1	25.6	23.9

図1 Cold pack, Icing system, Ice pack の冷却による皮膚温低下と冷却終了後の皮膚温上昇の経過

終了後60分間の皮膚温変化はアイシングシステムおよびコールドパックともに同様な経過を示し、5分後に約3℃上昇し60分後の皮膚温は安静時皮膚温より4℃低い25℃程度まで上昇した。

アイスパックによる冷却では、冷却開始5分後8.2℃、10分後12.5℃、15分後14.9℃、20分後16.5℃、25分後17.5℃、30分後18.3℃の皮膚温低下が認められ、この時の最低皮膚温は9.4℃であった。冷却開始後5分から30分間の皮膚温はアイスパックが最も低下しアイシングシステムおよびコールドパックより有意な低下を示した。冷却終了後の皮膚温変化は、終了後5分間で5℃上昇し他の冷却方法より変化が大きかったが、30分後にはアイシングシステムおよびコールドパックと同様な温度上昇を示した。

IV. 考 察

冷却による主な生理学的作用としては、血管収縮、代謝の低下、受容器や神経線維の閾値上昇、神経-筋接合部での活動低下などがあげられる¹⁻³⁾。Nordstrom等は⁶⁾、局所の冷却では温度が10℃低下するごとに代謝は半減すると報告している。運動神経では皮膚温を2～10℃低下させると、伝導速度は1℃低下するごとに1.1～1.5 m/s減速し⁷⁾、知覚神経では2.4 m/s減速すると報告されている⁸⁾。また、筋紡錘では10℃の低下により筋紡錘らせん終末では56%、散形終末で42%、そして腱紡錘では50%の求心性脱分極の減少が認められたと報告されている⁹⁾。これら生理学的作用のうち、急性外傷に対する寒冷療法

の最も重要な目的は、代謝の低下による組織の酸素需要の低下であるといわれている¹⁰⁾。

今回、コールドパックによる冷却では、冷却開始から15分以後は10℃以上の皮膚温低下を示したことから、従来より行われている20～30分の冷却時間の妥当性が裏付けられた。また、冷却媒体の特性を考慮し、パックを交換しながら数セット繰り返すことにより、急性外傷に対する寒冷療法の目的である代謝の低下、痛みの軽減、筋スパズム軽減に有効と思われる。

次に、アイシングシステムでは30分間の冷却により、13.5℃の皮膚温低下を示しコールドパックとはほぼ同様な冷却効果を示した。急性外傷に対する冷却は、損傷の程度にもよるが、受傷直後から72時間は特に重要であるといわれている¹¹⁾。実際には凍傷の危険性、氷やパックの交換などにより間欠的な適用が行われている。アイシングシステムは、電源の確保など使用環境に制限があるものの、任意に設定した冷却温度で持続的に使用できることから、急性外傷に対する寒冷療法としてその効果が期待できる。

今回用いた冷却方法の中では、アイスパックが最も冷却効果が大きく、30分間の冷却により皮膚温は冷却開始時より約18℃低下し、冷却終了時の皮膚温は9.4℃であった。冷却終了後5分間の皮膚温変化は、他の冷却方法よりも大きな上昇を示したが、その後は緩やかな上昇を示し60分間経過後も冷却開始前の皮膚温より約4℃低い25℃程度であった。

皮膚温が10℃以下に冷却されると一時的な血管拡張が生じ、2～6℃の振幅で不規則な皮膚温変化を示す乱調

反応 (hunting reaction) が起こるといわれているが¹²⁾, 今回アイスパックによる冷却中この現象は認められなかった。また, 冷却後に皮膚温が急激に上昇し冷却前の皮膚温よりも高くなる遅発性の血管拡張効果¹²⁾も認められなかった。これらの結果は, 乱調反応や遅発性の血管拡張は実験室の室温が低く (18 ~ 21℃), 手指の冷却時には認められるが, 他の部位への冷却では認められないとの報告もあることから^{13,14)}, 冷却部位や測定環境の違いによるものと考えられる。また, アイスパックによる冷却中に乱調反応が生じたとしても 2 ~ 6℃の皮膚温変化であることから, 急性外傷に対する冷却の主な目的である代謝の低下, 痛みの軽減などへの影響は少ないと考えられる。アイスパックは氷の供給が確保されれば急性外傷に対する簡便で有効な寒冷療法である。

以上のように, 今回選択した3種類の寒冷療法と皮膚温の変化から, それぞれ冷却作用が異なることが明らかとなった。また, 各々の冷却特性や使用環境を考慮することにより, 急性外傷に対する寒冷療法としての有用性が確認されたが, 冷却時間・頻度・期間と冷却部位への影響に関する検討の必要性が示唆された。

引用文献

- 1) Chanmugam PAA, et al.: 物理療法のすべて, 荻島秀男編, 医歯薬出版, 東京, 1984, pp245-255.
- 2) 福井園彦: 物理療法. リハビリテーション医学全書8, 医歯薬

- 出版, 東京, 1989, pp183-195.
- 3) 服部一郎: リハビリテーション技術全書, 医学書院, 東京, 1984, pp191-196.
- 4) Knight KL: クライオセラピー, 田渕健一監修, ブックハウスHD, 東京, 1997, pp17-54.
- 5) Knight KL: Effects of hypothermia on inflammation and swelling. *Athl Train*, 11: 7-10, 1976.
- 6) Nordstrom CH, et al.: Reduction of cerebral blood flow and oxygen consumption with a combination of barbiturate anesthesia and induced hypothermia in the rat. *Acta Anesthesiol Scand*, 22: 7-12, 1978.
- 7) Halar EM, et al.: Nerve conduction velocity: relationship of skin, subcutaneous intramuscular temperatures. *Arch Phys Med Rehabil*, 61: 199-203, 1980.
- 8) Hendricson JD: Conduction velocity of motor nerves in normal subjects and patients with neuromuscular disorders. University of Minnesota, Masters thesis: 148-155, 1966.
- 9) Eldred E, et al.: The effect of cooling on mammalian muscle spindles. *Exp Neurol*, 2: 144-157, 1960.
- 10) Blair E: Clinical hypothermia. McGraw-Hill, New York, 1964, pp22-30.
- 11) Micheli LJ: The sports medicine bible. 中嶋寛之監訳, ナッブ, 東京, 1997, pp43-59.
- 12) Lewis T: Observations upon the reactions of the vessels of the human skin to cold. *Heart*, 15: 177-208, 1930.
- 13) Knight KL, et al.: Rewarming of the ankle, finger and forearm after cryotherapy. *J Can Athl Ther Assoc*, 8: 17-18, 1981.
- 14) Waylonis GW: The physiologic effects of ice massage. *Arch Phys Med Rehabil*, 48: 37-42, 1967.