

足関節捻挫に対するアイシングが筋反応時間および 機能的パフォーマンスに及ぼす影響

李 虎城¹⁾ 向井直樹²⁾ 秋本崇之³⁾ 河野一郎²⁾

EFFECT OF ICING TREATMENT ON MUSCLE REACTION TIME AND FUNCTIONAL PERFORMANCE OF A SPRAINED ANKLE

HOSEONG LEE, NAOKI MUKAI, TAKAYUKI AKIMOTO and ICHIRO KONO

Abstract

【Objective】 The purpose of this study was to determine whether icing treatment has an effect on muscle reaction time and functional performance of a sprained ankle. 【Methods】 Subjects were six persons (healthy group) and six persons who had an acute ankle sprain (patient group). Anterior talar translation and talar tilt of the six patient group were evaluated by the stress X-ray measure. Ice treatment was applied for 20 minutes. 【Results】 The following points were clarified: 1) Reaction times of peroneus longus (PL) and peroneus brevis (PB) for the sprained ankle group (SA) were significantly longer than those for the non-sprained ankle group (NA) ($p < 0.05$). Length of time of standing on one leg with closed eyes for SA was significantly shorter than for NA ($p < 0.05$). 2) After icing treatment, reaction time of PL for SA tended to be shorter. Furthermore, PB significantly decreased after icing treatment ($p < 0.05$). Side-steps for SA were significantly increased after icing treatment ($p < 0.05$). 3) Reaction times of PL and PB for NA significantly increased after icing treatment ($p < 0.05$). Standing on one leg with closed eyes for NA significantly decreased after icing treatment ($p < 0.05$). 【Conclusion】 It was shown that icing treatment of a sprained ankle leads to a shorter muscle reaction time and an increase in the number of side-steps. Therefore, it was concluded that icing treatment of a sprained ankle might be able to improve incapacitated neuromuscular function and functional performance by acute trauma.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 2002, 51: 175~184)

key word: ankle sprain, icing treatment, peroneal reaction time, neuromuscular function, functional performance

I. 緒 言

アイシングはテーピングやストレッチ同様、スポーツ現場において最も浸透しているコンディショニングの方法の一つである。アイシングは主としてスポーツにおける外傷・傷害に対し、疼痛と腫脹を抑える目的で実施され、早期復帰のためのリハビリテーションへの移行に役立っている¹⁻³⁾。

アイシングによる病態生理学的影響には、筋温の低下、代謝の低下、炎症への影響、血液循環への影響、痛みの軽減、筋スパズムの抑制、そして組織のスティフネスの増大などが推察されている²⁻⁸⁾。

これまでのアイシングに関する研究として、軟部組織や筋骨格系の急性外傷の際に行われる応急処置⁹⁻¹¹⁾とスポーツにおける傷害のリハビリテーションへの適用^{1,2)}が多い。最近では、アイ

¹⁾筑波大学大学院 博士課程
人間総合科学研究科スポーツ医学専攻
〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1

²⁾筑波大学体育科学系
〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1

³⁾東京大学大学院総合文化研究科生命環境科学系
〒135-8902 東京都目黒区駒場3-8-1

Graduate School of Comprehensive Human Sciences, Doctoral
Program of Sport Medicine, Tennodai, Tsukuba city, Ibaraki
305-8574

Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba,
Tennodai, Tsukuba city, Ibaraki 305-8574

Department of Life Sciences, Graduate School of Arts and
Sciences, The University of Tokyo, Komaba 3-8-1, Meguro,
Tokyo 135-8902

シングによる神経筋機能^{5,12,13)}の変化についても報告がある。Halar et al.¹²⁾は、ヒトの脛骨神経の伝導速度が2~10℃の皮膚温の低下によって直線的に減少することを報告している。同様に、Heinz et al.¹⁸⁾、Halar et al.¹⁹⁾は、運動神経は温度の低下に伴い伝導速度が低下し刺激に対する反応が遅延すると報告している。固有知覚に対するアイシングが与える影響に関しては、影響をうける²⁰⁾という報告とうけない^{21,22)}とする報告があり、一定した見解は得られていない。一方、アイシングによる機能性パフォーマンスの変化についても報告がある^{5,7,14~17)}。Cross et al.¹⁶⁾は、アイシングによって筋機能や筋収縮速度が低下し、その結果、機能性パフォーマンスの低下をもたらすことを示している。吉松ら¹⁷⁾は、寒冷療法による神経-筋パフォーマンスの低下を報告している。このように、アイシングが神経筋機能や機能性パフォーマンスに及ぼす影響については最近、多くの報告があるが、これらはすべて健康人を対象として用いた研究であり、実際に急性損傷に対するアイシングが神経筋機能および機能性パフォーマンスに及ぼす影響に関する研究はほとんどない。

そこで本研究では、受傷後一週間以内の足関節捻挫を対象とし、アイシングが神経筋機能に及ぼす影響を検討することにした。足関節神経筋機能の指標として突発的足関節内反刺激に対する長・短腓骨筋の反応時間を用い、さらに、足関節捻挫に対するアイシングが運動動作中の運動能力における機能性パフォーマンスに与える影響についても検討を加えた。

II. 方法

A. 被験者

被験者は、捻挫群として急性足関節捻挫あるいは

は、足関節捻挫による不安感を強く訴え、筑波大学保健管理センターにおいて、初診時(受傷後1週間以内)に、ストレス用足関節固定器 Telos SE (Telos Japan 社製)を用い、距骨傾斜角と前方引き出し距離を評価した者6名(patient group; 男子: 4名, 女子: 2)であった。非捻挫群は、下肢障害、神経学的障害のない者6名(healthy group; 男子: 4名, 女子: 2)であった(Table 1)。被験者に本研究の目的および測定内容を説明し、研究参加の同意を得た。

B. 実験プロトコルおよびアイシングの方法

捻挫群の非捻挫足(以下健側; nonsprained ankle)と捻挫足(以下患側; sprained ankle)および非捻挫群の右足の筋反応時間と機能性パフォーマンステストはアイシング適用前に実施した(ice前)。15分間の座位による安静の後、捻挫群の捻挫足(患側のice直後)と非捻挫群の右足(非捻挫群のice直後)の足関節にアイシングを行い、再び筋反応時間および機能性パフォーマンステストを実施した。捻挫群の健側と非捻挫群の左足はアイシングを行わずに20分間の安静を保った。アイシング24時間後(24h後)に再び筋反応時間および機能性パフォーマンステストを行った。実験室の室温は22度に設定した。

アイシングの方法はアイシングパック(0℃, 1.5kg)を足関節全体を覆うように直接当て(20分間)、幅15cmのバンデージで、できるだけ一定の圧迫で巻き、固定した。

C. 筋反応時間(足関節内反刺激による長・短腓骨筋の反応時間)

腓骨筋反応時間を測定するため、片側足関節に対して、重力による突発的内反ストレス刺激(sudden ankle inversion stress)を模擬できるプラ

Table 1. Characteristics of subjects.

group	Number	Age (years)	Height (cm)	weight (kg)
patient group	6	21.6±3.6	165±8.1	61.5±13.3
healthy group	6	23.0±0.8	167±5.5	61.0±7.5

Values are Mean±SD

ットホームを作成した。

腓骨頭から外顆までを結んだ直線の上から1/3にあたる長腓骨筋(peroneus longus, 以下 PL)に、また、下から1/3にあたる短腓骨筋(peroneus brevis, 以下 PB)にそれぞれ2 cm 間隔で表面電極(ディスポ電極・BIOPAC 社)を貼布した。電極は体幹に対し近位側にプラス電極、遠位側にマイナス電極を貼布した。なお、不感電極は膝蓋骨中央部に貼布した。

被験者をプラットフォームの上で両足に均等な力が加わるように立たせた。このとき、両足はプラットフォーム上に記した直線の上に第二趾を置き、踵部はその直線よりもやや外側に位置させた。被験者に前方を向かせリラックスさせた後、筋電図による測定を開始した。続いて付属のスイッチを押し、プラットフォームを急激に25°傾かせたときの筋反応時間を測定した。スイッチを押した時点を開始点、筋電波形の立ち上がりが見られた時点反応点とし、開始点から反応点までの時間を筋反応時間とした(Fig. 1)。また、各被験筋に対する筋反応時間の測定は3回とし、スイッチを

押すタイミングはランダムにした。実測値は3回の平均とした。

筋電図はポータブルのMP100(BIOPAC 社)を使用し、筋電波形はEMG100A(BIOPAC 社)より、内反開始時の信号はERS100A(BIOPAC 社)より入力した。これらのシグナルをパーソナルコンピュータに取り込み、解析ソフト「Acqknowledge」により得られた筋電図波形から筋反応時間を分析した。電極の位置は油性ペンでしるしをつけておき、24 h 後(24時間後)にも同様の位置で電極を貼布できるようにした。

D. 機能的パフォーマンステスト

1. 閉眼片脚立ち

滑りにくい平らかな床の上で裸足になり、両手を腰におき、目を閉じて片足で立った姿勢を保持させ、その保持時間を秒単位で計測した。最大時間は①開眼した時点、②腰から手が離れた時点、③上げている足が床または支持足に触れた時点、④支持足が移動した時点のいずれかの条件までとした。測定はアイシングを適用した足から行い、

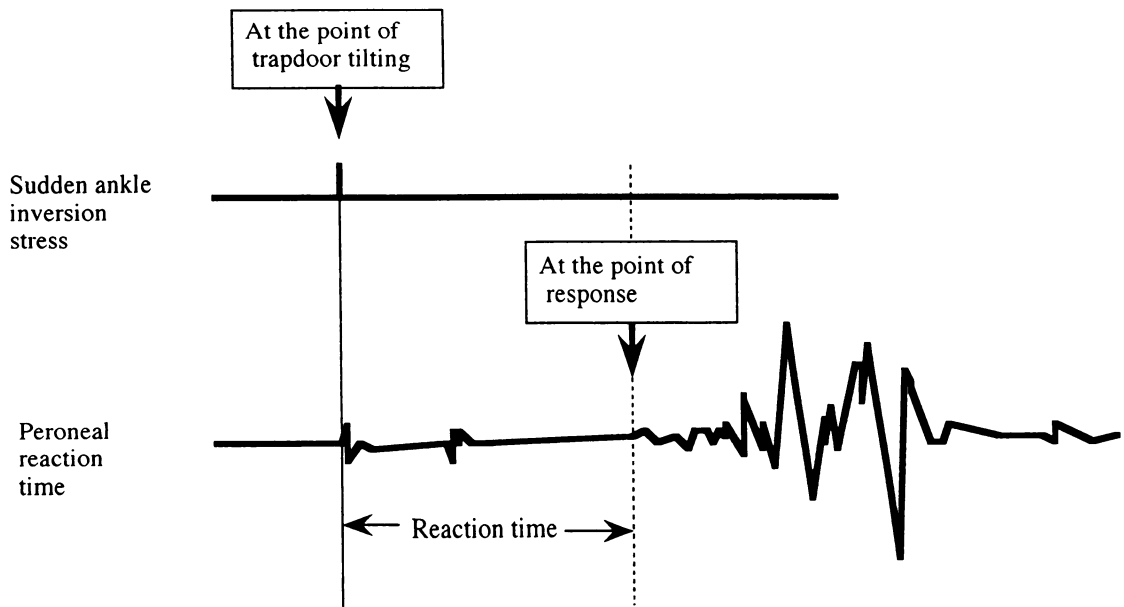


Fig. 1. Recording of peroneal reaction time.

Peroneal reaction times were recorded from the point of trapdoor tilting to the point of response.

短い休息の後, もう一方の足について行った. これらの測定は振動および雑音のない状況で実施した.

2. サイドステップ

中央をまたいだ状態から験者の開始合図とともに一定の時間内に繰り返してサイドステップし, そのステップした回数を数えた. 時間は20秒とし, 1.2m 間隔で引かれた3本の平行線を足が越えた, もしくは触れた時点を1回(1ステップ)とした. なお, この条件を満たさなかった場合は, 回数には数えないものとした. 測定は1セットとし, 滑りにくい平らかな床の上で裸足により実施した.

E. 統計処理

測定値は全て平均値±標準偏差で表した. 各測定値の分析には Wilcoxon 符号付順位検定を用いた. 有意水準は5%を採択した.

Ⅲ. 結 果

A. 健側と患側による比較

健側と患側による比較では, 長・短腓骨筋反応時間は患側に有意な遅延が認められた(Table 2, $p < 0.05$). 例として, 短腓骨筋反応時間の比較を Fig. 2 に示した. 閉眼片足立ちでは患側に有意な短縮が認められた(Table 2, $p < 0.05$).

Table 2. Mean muscle reaction times and functional performances before, after, 24 h after an application of icing for each condition.

	Patient group		
	before icing	after icing	24h after icing
peroneus longus reation times (msec)			
NA	65.3±15.5	65.8±19.8	68.3±8.0
SA	72.8±9.9*	62.5±9.6	75.6±13.6
peroneus brevis reation times (msec)			
NA	66.1±9.9	68.9±14.6	68.1±10.1
SA	71.9±6.6*	64.7±7.9 [#]	75.8±11.8
standing on one leg with closed eyes (sec)			
NA	51.8±35.5	64.0±26.0	56.9±23.2
SA	14.7±7.7*	8.7±5.6	13.5±2.4
side-steps(num)	33.5±4.0	35.5±3.8*	34.8±5.3
	healthy group		
	before icing	after icing	24h after icing
peroneus longus reation times (msec)	70.3±13.3	77.5±5.2*	68.9±8.3*
peroneus brevis reation times (msec)	69.4±11.6	78.1±11.3*	70.8±11.10*
standing on one leg with closed eyes (sec)	30.2±21.3	16.6±12.3*	32.2±25.10*
side-steps (num)	43.3±4.1	42.5±3.9	44.2±2.5

NA non-spraind ankle ; SAspraind ankle

* : $p < 0.05$, significant difference spraind ankle nonspraind ankle.

[#] : $p < 0.05$, significant difference before and after icing application.

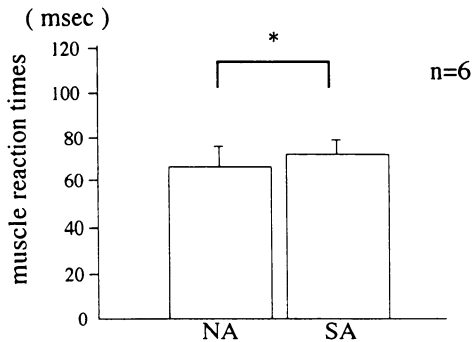


Fig. 2. Peroneus longus reaction times (patient group).

Comparing of nonsprained ankle (NA) and sprained ankle (SA). Values are the means \pm SD of 6 persons *: $p < 0.05$.

B. 患側におけるアイシング前・後による比較
患側におけるアイシング前・後による比較では、長腓骨筋反応時間はアイシング後に短縮する傾向にあった。一方、短腓骨筋ではアイシング後に有意な短縮が認められた (Fig. 3, $p < 0.05$)。閉眼片足立ちではアイシング前・後に有意な差はなかった。サイドステップでは、アイシング後に有意な増加が認められた (Table 2, $p < 0.05$)。

C. 非捻挫群におけるアイシング前・後による比較

非捻挫群におけるアイシング前・後による比較では、長・短腓骨筋反応時間ともにアイシング後

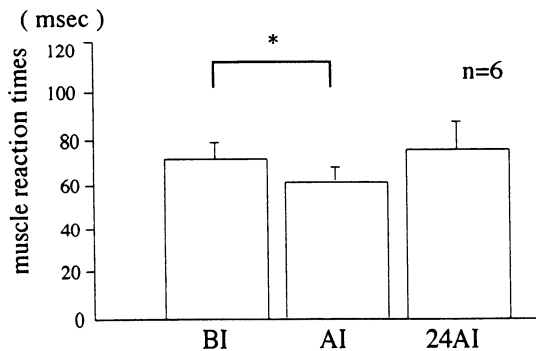


Fig. 3. Peroneus longus reaction times (patient group).

Comparing of before (BI), after (AI), 24 h after (24 AI) an application of icing. Values are the means \pm SD of 6 persons *: $p < 0.05$.

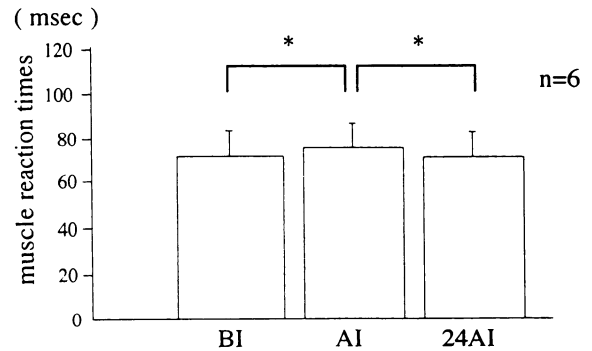


Fig. 4. Peroneus longus reaction times (healthy group).

Comparing of before (BI), after (AI), 24 h after (24 AI) an application of icing. Values are the means \pm SD of 6 persons *: $p < 0.05$.

に有意な遅延が認められた (Table 2, $p < 0.05$)。例として、短腓骨筋反応時間の比較を Fig. 4 に示した。閉眼片足立ちではアイシング後に有意な短縮が認められた (Table 2, $p < 0.05$)。サイドステップではアイシング前・直後に変化はなかった。

IV. 考 察

これまで外傷・傷害に対するアイシングが神経筋機能および機能性パフォーマンスに与える影響を検討した報告はほとんどないため、本研究では特に受傷後一週間以内の急性足関節捻挫を対象とし、アイシングが神経筋機能に及ぼす影響を検討した。さらに、急性足関節捻挫に対するアイシングが運動動作中の運動能力における機能性パフォーマンスに与える影響についても検討を加えた。

A. 健側と患側との比較

足関節の中で腓骨筋は足関節外側傷害に対する保護 (dynamic stabilizer) として働いていると考えられる²³⁾。Lofvenberg et al.²⁴⁾は突然の変位に対する足関節の固有知覚反応の遅延が足関節の外側不安定性の素因または原因であると指摘している。従って、腓骨筋反応時間は足関節の機能的不安定性を定量的評価する手段として有用であると考えられる。

捻挫群の健側と患側の筋反応時間を比較する

と、長・短腓骨筋ともに患側で有意な遅延が認められた (Table 2, Fig. 1, $p < 0.05$). Konradsen et al.²⁵⁾ は足関節の機能的不安定性を訴える患者15名と不安定性のない15名を対象として足関節に突発的内反ストレス刺激を加え、短腓骨筋の反応時間を測定したところ、不安定群で筋反応時間の有意な遅延がみられたと報告しており、本研究と同様の結果を示している。しかし、Konradsen らの報告の中では、この突発的足関節内反刺激に対する筋反応時間が損傷の結果として遅延する機序については明確に考察されていない。

Johnson M et al. と Johnson C.^{26,27)} は足関節捻挫による筋反応時間遅延の理由を三つ挙げ、第一に伸張、部分断裂、または完全断裂による足関節の外側の関節包靭帯構造の機械的損傷、第二に関節の求心性固有受容器の損傷または機能的傷害、第三に外反筋(長・短腓骨筋)の筋力低下であると推察しているが、それぞれに関する明確な指摘はされていない。本研究のような突発的足関節内反刺激を加えた場合、筋紡錘が刺激を感知しその情報は脊髄を上行し、中枢に達する。その後、大脳皮質からの指令により末梢の筋収縮が引き起こされると考えられる。本研究では足関節捻挫のため筋紡錘からの情報入力低下が生じ、筋反応時間が遅延したことが考えられる。また筋紡錘以外の靭帯や関節包に分布する神経終末であるメカノレセプターが損傷され、固有知覚が傷害を受けることにより、神経-筋のコントロール不全が生じるというメカノレセプターの関与も考えられる。メカノレセプターは、それぞれ特有の刺激に対して足関節周囲筋の緊張を調節する働きがある。突発的足関節内反刺激が加えられた瞬間に足関節周囲の筋および靭帯、関節包は他動的に伸張および短縮される。その伸張度合いの急激な変化により、筋においては筋紡錘が伸張されることによる反射が起こると同時に、関節包や靭帯においても急激な伸張に伴うメカノレセプターからの反射が起こる。その結果として、 α 運動ニューロンが興奮し、それに対応した足関節周囲筋の収縮が行われた可能性がある。

閉眼片足立ちはバランスを測定するテストの一

つであり、足関節に対する機能性不安定性の評価に適した方法である²⁸⁾。本研究における捻挫群の健側と患側の比較では、患側で有意な短縮が認められた (Table 2, $p < 0.05$)。Brunt et al.²⁸⁾ は、足関節におけるバランスのコントロールは、主に足関節固有受容器によるものであると報告している。また、末梢感覚は身体の静的姿勢維持に重要であると述べている。本研究で観察された時間の短縮は、これらの固有受容器や靭帯損傷によって患側のバランス能力が低下したためと考えられる。

B. 患側のアイシング前・後による比較

捻挫群での患側の長腓骨筋反応時間はアイシング後に短縮する傾向にあり、短腓骨筋では有意な短縮が認められた (Fig. 3, $p < 0.05$)。アイシング後に長・短腓骨筋の反応時間が短縮した原因の一つとして、アイシングによって固有受容器の増幅率が増加したことが考えられる^{29,30)}。つまり、アイシングにより固有受容器が活性化し、刺激に対する反応が早まったと考えられる。Roland et al.²⁹⁾ は筋の能動的収縮に伴う kinesthesia と受動的収縮に伴う kinesthesia として区別している。運動感覚の基礎となる感覚は深部の関節、筋および腱に分布する受容器からの情報に基づく感覚である。この感覚に関与する受容器は固有受容器ともいわれ、ルフィニ小体、パチニ小体、ゴルジ小体、自由神経終末などの関節受容器、筋紡錘、ゴルジ腱等の腱受容器の受容器があると言われている。本研究において捻挫群の患側の筋反応時間に遅延がみられたことは、上記の関節受容器あるいは腱受容器のどこかに障害を有している可能性が考えられる。本研究では、足関節捻挫として靭帯を中心とした関節内メカノレセプター、または筋紡錘からの情報入力低下、中枢からの運動指令の何らかの抑制がアイシング適用によって改善した可能性が考えられる。しかしながら、本実験系では関節周囲軟部組織のメカノレセプターや筋紡錘もしくは、末梢神経系に対して中枢からの抑制が反映されたのか、それぞれの関与の割合に関しては不明のままであり、これらの考察に関しても

あくまで可能性を示唆したにすぎない。今後、それぞれのレセプターに関して生理学的な実験系により研究を行う必要がある。アイシングによって筋反応時間が短縮したもう1つの原因として、疼痛の軽減による可能性が考えられる。坂根³⁰⁾は足関節不安定性を有する運動選手に足関節足根洞部を局注し、疼痛を除去することによって遅延していた反応時間が有意に改善したと報告している。このことは、我々の推察を支持していると考えられる。

患側の閉眼片足立ちでは、アイシング前・後に有意な差はなかった。Tropp et al.³¹⁾は捻挫の既往があるサッカー選手群と既往のないサッカー選手群のアイシング前・後にバランス能力を比較したところ、変化がないことを報告している。Ingersoll et al.²¹⁾は足関節に対するアイシングはバランス能力に影響しないと報告している。このように、多くの研究者によってアイシングがバランス能力に影響を与えないことを報告しており³²⁾、本研究と同様の結果を示している。

患側のサイドステップでは、アイシング後に有意な増加が認められた(Table 2, $p < 0.05$)。疼痛は筋力、柔軟性、パワー、そしてスピード発揮を抑制させると言われている³⁾。本研究では、アイシングによって疼痛の軽減が生じ、パフォーマンスを向上させた可能性が考えられる。

C. 非捻挫群におけるアイシング前・後による比較

非捻挫群の筋反応時間では長・短腓骨筋(Fig. 2)ともにアイシング後に有意な遅延が認められた(Table 2, $p < 0.05$)。神経と神経の機能的な接合部はシナプスと呼ばれ、シナプス伝達は組織温度の低下によって減少すると報告されている^{33,34)}。Foldes et al.³³⁾は筋温を37℃から17℃に低下させたときに前シナプスにおけるアセチルコリンの放出が60%以上減少したことを示している。上述の報告と同様、本研究でも、組織温度の低下によって各シナプス間に何らかの抑制が働き、反応時間が遅延した可能性が考えられる。

非捻挫群の閉眼片足立ちではアイシング直後に

有意な短縮を示し(Table 2, $p < 0.05$)、先行研究の報告と必ずしも一致しない。本研究で用いた非捻挫群は、主にスポーツを行っていない対象であるため、アイシングに慣れておらず、心理的な不安、恐怖などにより思うようなパフォーマンスが発揮できなかったと考えられる。また、組織温度の低下は皮膚からの入力や筋紡錘の感受性を減ずる³⁵⁾という報告もあり、温度の低下とともにバランスをコントロールする能力が低下したため、保持時間が短縮したとも推察できる。

非捻挫群のサイドステップではアイシング前後で変化はなかった。Knight et al.³⁶⁾は足関節と腓腹筋のアイシングでは敏捷性テストに影響を与えなかったと報告している。おそらく、組織温度低下に伴い、筋力発揮が低下する分を動員する運動単位の増加により補うのであろうと述べている。Kenneth と Todd A et al.^{3,16)}はアイシング後に筋肉が冷やされたときや激しい運動が要求されるとき敏捷性は低下したと報告している。また、Davied と Young^{20,37)}は筋収縮速度と筋力発生能力は冷却によって減じると報告している。本研究では、非捻挫群における敏捷性はアイシング適用によって影響を受けないことが確認された。

V. 結 語

本研究では、足関節捻挫に対するアイシングが筋反応時間および機能性パフォーマンスに及ぼす影響について検討し、以下の知見を得た。

足関節捻挫におけるアイシング施行によって筋反応時間の短縮、サイドステップの増加を認めた。従って、アイシング施行は急性外傷による神経筋機能および機能性パフォーマンスの低下を改善する可能性が示唆された。

謝 辞

本研究遂行にあたりご指導いただいた筑波大学大学院博士課程医学研究科 赤萩 博氏に深くお礼申し上げます。

(受理日 平成13年11月30日)

参 考 文 献

- 1) Boland, A. L. Rehabilitation of the injured athlete. *Am. J. Sports Med.*, (1979), **5**, 226-234.
- 2) Swenson, C., Sward, L., Karlson, J. Cryotherapy in sports medicine. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, (1996), **6**, 193-200.
- 3) Kenneth, L. K., (田淵健一訳), Cryotherapy in sport injury management. *Sportsmedicine Quarterly*, ブックハウス・エイチデイ, 東京, (1997).
- 4) Foldes, C. F., Kuze, S., Deery, A. The influence of temperature on neuromuscular performance. *J. Neural. Transmission*, (1978), **43**, 27-45.
- 5) Rantanen, J., Hurme, T., Kalimo, J. H. Effects of early cryotherapy in experimental skeletal muscle injury. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, (1993), **3**, 46-51.
- 6) Palmer, J. C., Knight, K. L. Ankle and thigh skin surface temperature changes with repeated ice pack application. *J. Athletic Training*, (1992), **27**, 138.
- 7) 山本 利春, 運動後のアイシンの効果を測る〜クーリングダウンとしてのアイシングがパフォーマンスに及ぼす影響, *Training Journal*, (1998), **19**, 76-79.
- 8) Sherwin, S. W., Marc, N. C., Robert, K., Allen, B. R. The effects of ice blood flow and bone metabolism in knees. *Am. J. Sports Med.*, (1994), **22**, 537-540.
- 9) Sherwin, S. W., Richard, L. I., Richard, W. M., Peter, J. T., Malcolm, D. C., Bruce, R. Comparison of various icing times in decreasing bone metabolism and blood flow in the knee. *Am. J. Sports Med.*, (1995), **23**, 74-76.
- 10) Glen, A. G. Therapeutic heat and cold for athletic injuries. *Physician Sportsmed*, (1990), **18**, 87-94.
- 11) Matsen, F. A., Questad, K., Matsen, A. L. The effect of local cooling on postfracture swelling. *Clin. Orthop.* (1975), **109**, 201-206.
- 12) Halar, E. M., DeLisa, J. A., Brozovich, F. V. Nerve conduction velocity relationship of skin subcutaneous intramuscular temperatures. *Arch. Physician Med. Rehabil.*, (1980), **61**, 199-203.
- 13) Mary, B. C., Lowell, B. S. Electromyographic response of peroneal muscles in surgical and nonsurgical injured ankles during sudden inversion. *J. Athletic Training*, (1993), **18**, 497-501.
- 14) Auvo, K., Pekka, M. A performance test protocol and scoring scale for the evaluation of ankle injuries. *Am. J. Sports Med.*, (1994), **22**, 463-469.
- 15) Kevin, M. C., Rick, W. Functional performance following an ice immersion to the lower extremity. *J. Athletic Training*, (1996), **31**, 113-116.
- 16) Todd, A. E., Kenneth, L. K., Cross, K. M. Agility following the application of cold therapy. *J. Athletic Training*, (1995), **30**, 231-234.
- 17) 吉松俊紀, 斉藤明義, 佐藤賢治, 阿部健男, 相原利男, 秋元良美, 上原マリ子, 小林由香, 龍順之助, 寒冷療法が神経-筋パフォーマンスに与える影響, *日本整形外科スポーツ医学会雑誌*, (1999), **19**, 180.
- 18) Heinz, L., Wilfried, A., Albert, G. Neuromuscular properties and functional aspects of taped ankles. *Am. J. Sports Med.*, (1999), **27**, 69-75.
- 19) Halar, E. M., Delia, J. A., Soine, T. L. Nerve conduction studies in upper extremities: skin temperature corrections. *Arch. Physician Med. Rehabil.*, (1983), **64**, 412-416.
- 20) Gerig, B. K. The effects of cryotherapy upon ankle proprioception. *J. Athletic Training*, (1990), **25**, 119.
- 21) Ingersoll, C. D., Knight, K. L., Merrick, M. A. Sensory perception of the foot and ankle following therapeutic application of heat and cold. *J. Athletic Training*, (1992), **27**, 231-234.
- 22) Lareviere, J., Osternig, L. R. The effect of ice on joint position sense. *J. Sports Rehabil.*, (1994), **3**, 58-67.
- 23) Claude, H., Laurent, M., (井原秀俊, 中山彰一訳). 膝・足関節・足部の新しい神経-運動器協調訓練: Proprioceptive exercise の実際, 医歯薬出版, 東京, (1985).
- 24) Lofvenberg, R., Karrholm, J., Sundelin, G., Ahlgren, O. Prolonged reaction time in patients with chronic lateral instability of the ankle. *Am. J. Sports Med.*, (1995), **23**, 414-417.
- 25) Konradsen, L., Bohsen, R. J. Prolonged peroneal reaction time in ankle instability. *Int. J. Sports Med.*, (1993), **12**, 290-292.
- 26) Johns, R. J., Wright, V. Relative importance of various tissues in joint stiffness. *J. Appl. Physiol.*, (1962), **17**, 824-828.
- 27) John, W. F. Effect of an ankle orthosis and ankle ligament anesthesia on ankle joint proprioception. *Am. J. Sports Med.*, (1994), **22**, 648-653.
- 28) Martin, B., Thomas, H. Ankle orthoses effect on single-limb standing balance in athletes with functional ankle instability. *Arch. Physician Med. Rehabil.*, (1998), **79**, 939-944.
- 29) Roland, P. E., Ladegard, P. H. A quantitative analysis of sensations of tension and kinesthesia in man. *Brain*, (1977), **56**, 671-692.
- 30) 坂根正孝, 足関節不安定性を有する運動選手の腓骨筋反応時間, *日本足の外科学会誌*, (1995), **16**, 283-284.
- 31) Tropp, H., Odenrick, P., Gillquist, J. Stabilometry recordings in functional and mechanical instability of the ankle joint. *Int. J. Sports Med.*, (1985), **6**, 180-182.
- 32) Lareviere, J., Osternig, L. R. The effect of ice on joint position sense. *J. Sports Rehabil.*, (1994), **3**, 58-67.
- 33) Foldes, F. F., Kuze, S., Vizi, E. S., Deery, A. The influence of temperature on neuromuscular performance. *J. Neural Transmission*, (1978), **43**, 27-45.
- 34) Thornton, R. J., Blakeney, C., Feldman, S. A. The effects of hypothermia on neuromuscular conduc-

- tion. *British J. Aesthetics*, (1976), **48**, 264.
- 35) Moberg, E. The role of cutaneous afferents in position sense, kinesthesia, and motor function of the hand. *Brain*, (1983), **106**, 1-19.
- 36) Knight, K. L., Ingersoll, C. D., Trowbridge, C. A., Cordova, M. L., Hyink, K. L., Welch, S. M. The effects of cooling the ankle, the triceps surae, or both on functional agility. *J. Athletic Training*, (1994), **29**, 165.
- 37) Lareviere, J., Osternig, L. R. The effect of ice on joint position sense. *J. Sports Rehabil.*, (1994), **3**, 58-67.