

## ストレッチングおよびアイシングが等速性膝伸展・屈曲動作後の筋力回復に及ぼす影響

### Effects of stretching and icing on recovery of muscle strength after isokinetic knee extensor and flexor movements

岡 将志<sup>1)</sup>・久保田浩史<sup>2)</sup>

Masashi OKA<sup>1)</sup> and Hiroshi KUBOTA<sup>2)</sup>

1) 岐阜大学大学院教育学研究科  
Graduate School of Education, Gifu University

2) 岐阜大学教育学部保健体育講座  
Department of Physical Education, Gifu University

**キーワード**: ストレッチング, アイシング, 等速性筋力, 筋力回復

**Key words**: stretching, icing, isokinetic muscle strength, muscle strength recovery

#### I. 緒言

サッカー, バスケットボール, ハンドボールなどのような球技スポーツでは, 走ることに加え, ストップ, ジャンプが繰り返され, 大腿筋群が使用されることが多い. 体育大学生200名を対象にした「スポーツ活動時における筋肉の自覚的使用感および疲労感」に関するアンケート調査では, サッカーやバスケットボールにおける自覚的使用感および疲労感を感じる部位として大腿四頭筋と大腿二頭筋が上位にあげられている<sup>1)</sup>. 球技スポーツの多くではそれらの筋は多用されるため疲労するが, その軽減および回復により, 競技パフォーマンスを低下させないことが, 試合に勝利するために重要となる. 多くの球技スポーツには試合中に休憩時間があり, 例えば, サッカーやラグビー, ハンドボールのハーフタイムや, バスケットボールの第2, 第3ピリオド間の休憩時間などが挙げられる. 試合の勝敗を左右するポイントとして, 休憩中に筋疲労を軽減し, 後半のパフォーマンスを維持することが考えられる<sup>2)</sup>. 筋疲労に対する休憩中の処置には, ストレッチング, アイシング, マッサージ方法などがある<sup>3)</sup>.

スポーツマッサージ, 軽運動, ホットパック

の効果について, 青木<sup>4)</sup>は, 自転車エルゴメーターの全力運動を用いて検討し, スポーツマッサージは作業能力に, 軽運動は仕事量に回復効果をもたらすこと, およびホットパックに効果がないことを報告している.

ストレッチングはアメリカのボブ・アンダーソン氏が考案してから30年ほどが経過し, 現在ではスポーツをする前のウォーミングアップ, 運動後のクーリングダウン, リラクゼーションなど様々な場面で利用されている<sup>5)</sup>. ストレッチングには様々な手法があり, その中でも, スタティックストレッチングは最も一般的な手法であり, 数多くの研究により柔軟性の向上や疲労回復効果が検討されている<sup>6)</sup>. 浅見, 福永<sup>7)</sup>は手の把握動作を, 山本<sup>1)</sup>は股関節の伸展・屈曲動作を用いて, ストレッチングが筋力に及ぼす影響を検討し, ストレッチングによる筋力回復効果がみられたと報告している.

一方, アイシングは, 応急処置のひとつとして広く普及している. アイシングにより, 筋温の低下, 細胞の新陳代謝の低下, 炎症の緩和, 疼痛の軽減, 血液循環への影響, 筋スパズムの軽減, 組織におけるスティッフネスの増加などが起こる<sup>2, 8, 9)</sup>. このような生理学的効果から,

アイシングは競技スポーツにおいても怪我した際の痛みの軽減や怪我の予防、クライオキネティクス、および運動時の疲労回復に利用されている<sup>2, 8, 9, 10, 11)</sup>。山本ら<sup>10)</sup>は、休憩20分間中に下肢筋群へ施したアイシングの処置が、休憩後の筋持久力低下を抑制すること、そして、それは冷却によって生じた筋組織の代謝レベルの低下によるエネルギーの浪費の減少によるものであると報告している。

以上のように、ストレッチングおよびアイシングは、容易に行うことができるため、スポーツにおいて筋力低下軽減や回復を目的に行われる最も主流な処置であろう。しかし、これらの処置をハーフタイムのような休憩中に行うことが間欠運動による筋力低下を軽減および回復させるか否か明確な答えは得られていない。そこで本研究では、連続的な等速性膝関節伸展屈曲動作を用いて、ストレッチングおよびアイシングが休憩後の筋力および筋持久力に影響を及ぼすか検討することとした。

## II. 方法

### 1. 被験者

被験者はG大学サッカー部に所属する男子学生16名（年齢 $19.2 \pm 1.3$ 歳）であった。すべての被験者に事前に実験内容を説明し、実験参加の同意を得た。

### 2. 測定項目および測定方法

等速性筋力測定機器 (BIODEX system4) を用いて、膝関節伸展・屈曲動作を行い、その際の最大トルク、平均パワーを記録した。測定は全て各対象者の利き脚で行った。角速度、回数設定およびセット数は、先行研究および予備実験の結果をもとに設定し<sup>26, 30)</sup>、角速度 $180^\circ / \text{sec}$ 、35回/セットで、前半3セット、後半3セット、計6セットとした。前半3セットと後半3セットの間に10分、各セット間に3分の休憩をとった (図1)。

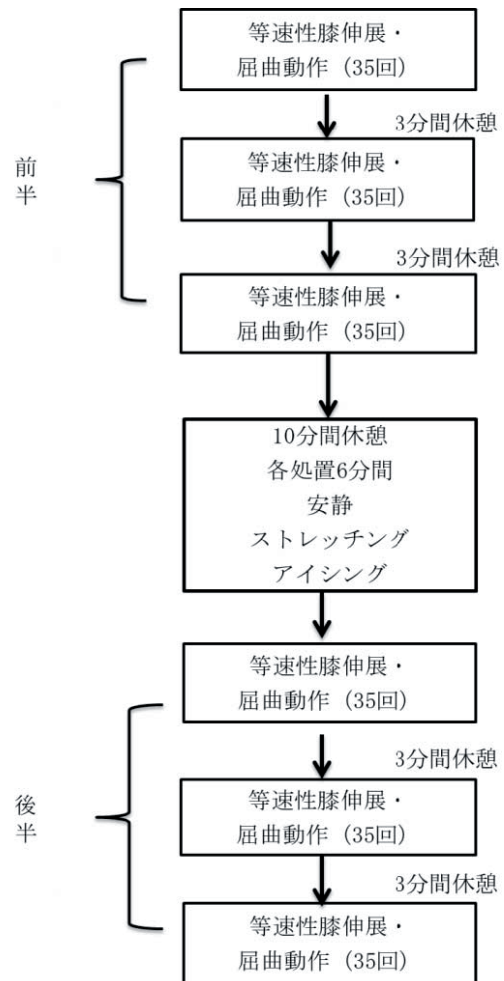


図1 測定手順

### 3. 処置方法

前半3セットと後半3セットの間の10分間休憩時に、以下の3条件の処置（6分）および次の測定準備（4分）を行った。

#### 1) 安静条件

椅座位の状態です6分間安静にする。

#### 2) ストレッチング条件

30秒実施+20秒休憩を1セットとし、これを大腿部前側と後側に4セットずつ行った。検者が被験者に他動的にストレッチングすることによって施術を統一した。

#### 3) アイシング条件

椅座位の状態で大腿部前面と後面を同時に6分間冷却する。なお、アイシングにはアイスパッドを用いた。

4. 統計解析

各処置前後での比較を行うために、2要因とも対応のある2要因分散分析を行った。分散分析の結果、主効果が認められた場合、Bonferroniの方法による多重比較検定を行った。有意水準は5%未満とした。

IV. 結果および考察

膝関節伸展動作における最大トルクにおいて、条件間で差は認められず、各条件における前半1セット目と後半1セット目にも差は認められなかった(表1)。本研究の結果から、10分間の休憩により、各条件とも筋力は回復することが

表1 膝関節伸展動作における最大トルクと検定結果

		前1	前2	前3	後1	後2	後3	F-value	post-hoc.Bonferroni
N	Mean	128.7	126.1	120.1	127.4	121.0	115.0	F1=0.32	N:前1>前3,後2,3, 前2,後1>後3
	SD	18.1	17.1	16.3	19.4	18.4	17.5	F2=14.89*	
S	Mean	131.1	130.6	123.7	124.0	121.5	120.0	F3=1.62	S:前1,2>後2,3
	SD	18.8	18.0	17.7	23.2	18.0	18.4		
I	Mean	129.0	127.5	121.7	126.7	122.2	115.0		I:前1,2,後1>後3
	SD	21.1	17.5	17.5	17.8	17.3	17.9		

注1) 前=前半, 後=後半 注2) N=安静条件, S=ストレッチング条件, I=アイシング条件  
 注3) F1=処置条件, F2=セット, F3=交互作用 注4) \*:p<0.05

表2 膝関節伸展動作における平均パワーの検定結果

		前1	前2	前3	後1	後2	後3	F-value	post-hoc.Bonferroni
N	Mean	180.1	171.4	159.9	178.7	159.8	150.2	F1=1.56	N:前1,後1>前3,後2,3, 前2>後3
	SD	27.2	19.9	17.5	24.2	19.0	17.9	F2=32.24*	
S	Mean	187.8	177.6	162.5	177.1	165.9	161.6	F3=1.20	S:前1,2>前3,後2,3, 後1>前3,後3
	SD	30.5	22.9	20.6	31.4	22.5	21.6		
I	Mean	179.4	172.3	159.3	179.9	163.2	152.5		I:前1,後1>前3,後2,3, 前2>前3,後3
	SD	24.9	18.8	18.4	23.8	20.0	20.6		

注1) 前=前半, 後=後半 注2) N=安静条件, S=ストレッチング条件, I=アイシング条件  
 注3) F1=処置条件, F2=セット, F3=交互作用 注4) \*:p<0.05

表3 膝関節屈曲動作における最大トルクと検定結果

		前1	前2	前3	後1	後2	後3	F-value	post-hoc.Bonferroni
N	Mean	84.1	80.3	76.1	78.6	71.1	68.4	F1=0.14	N:前1>前3,後1,2,3, 前2,後1>後2,3
	SD	14.7	13.2	13.6	15.4	13.0	13.0	F2=26.19*	前3>後3
S	Mean	78.4	78.5	74.1	77.1	73.4	72.0	F3=2.62*	S:前1,2>後3
	SD	13.2	8.5	8.7	12.1	11.2	12.6		
I	Mean	83.6	78.7	74.2	75.5	71.3	70.9		I:前1>前3,後1,2,3, 前2>後2,3
	SD	12.0	11.0	11.5	13.7	13.0	13.7		

注1) 前=前半, 後=後半 注2) N=安静条件, S=ストレッチング条件, I=アイシング条件  
 注3) F1=処置条件, F2=セット, F3=交互作用 注4) \*:p<0.05

表4 膝関節屈曲動作における平均パワーの検定結果

		前1	前2	前3	後1	後2	後3	F-value	post-hoc.Bonferroni
N	Mean	113.4	96.3	85.1	98.9	77.9	72.8	F1=0.19	N:前1>前2,3, 後1,2,3
	SD	27.7	21.1	20.7	23.3	17.0	15.0	F2=53.24*	前2,後1>前3,後2,3, 前3>後3
S	Mean	103.9	91.4	84.1	100.1	89.5	81.8	F3=5.14*	S:前1>前2,3,後2,3, 後1>前3,後2,3
	SD	21.2	12.7	15.7	24.7	19.3	17.6		
I	Mean	111.1	95.4	84.4	94.4	81.9	73.6		I:前1>前2,3,後1,2,3, 前2,後1>前3,後2,3
	SD	21.0	16.9	18.2	22.1	17.5	16.4		前3>後3

注1) 前=前半, 後=後半 注2) N=安静条件, S=ストレッチング条件, I=アイシング条件  
 注3) F1=処置条件, F2=セット, F3=交互作用 注4) \*:p<0.05

示唆された。同様に、市橋ら<sup>12)</sup>は、つま先立ちを疲労困憊に至るまで行わせた後のストレッチングの効果を検討し、安静とストレッチングの疲労回復率に差は認められなかったことを報告している。各条件間での差はみられなかったものの、安静条件およびアイシング条件では後半1セット目に比べ後半3セット目で低く、ストレッチング条件では差は認められなかった(表1)。このことから、ストレッチングは後半の膝関節伸展動作における筋力低下を抑制する可能性があることが示唆された。また、本研究では、膝関節伸展動作における筋力に対するアイシングの効果は確認されなかった。本研究で設定した6分間のアイシングは、効果がでるに至るまで筋を十分冷却できなかつたのかもしれない。

膝関節伸展動作における平均パワーにおいて各条件で前半1セット目と後半1セット目に差はなかった。また、安静条件およびアイシング条件では、後半1セット目に比べ後半2セット目で低かったが、ストレッチング条件では差は認められなかった(表2)。このことから、ストレッチングにより後半の筋持久力低下が抑制されることが示唆された。同様に、山本ら<sup>13)</sup>は自転車エルゴメーターを用いて激運動を行った後、休憩中10分間に、ストレッチング、スポーツマッサージ、軽運動、ホットパックの各処置を実施し、その効果を検証し、ストレッチングとスポーツマッサージは作業能力の回復効果があると報告している。

膝関節屈曲動作における最大トルクにおいて、安静条件およびアイシング条件では、前半1セット目に比べ後半1セット目で低かったが、ストレッチング条件では差は認められなかった。このことから、伸展動作の結果と同様に、ストレッチングが後半の筋力低下を抑制することが示唆された。また、安静条件は後半1セット目に比べ後半3セット目で低下したが、ストレッチング条件およびアイシング条件では低下しなかった(表3)。このことから、ストレッチングおよびアイシングが後半における筋力低下を抑制することが示唆された。

膝関節屈曲動作における平均パワーにおいて、ストレッチング条件は前半1セット目と後半1

セット目、前半2セット目と後半2セット目、前半3セット目と後半3セット目に差はなかったが、安静条件およびアイシング条件では差が認められた(表4)。森谷ら<sup>14)</sup>は、70%MVCの負荷を用いて踵あげ運動を行い、筋痛を生じさせた結果、EMGのRMS値は顕著に増加したが、ストレッチングによって安静状態に近似した値まで回復すると報告している。本研究においても、膝関節屈曲において、ストレッチングは筋疲労を軽減させ、筋力および筋持久力を維持することが認められた。この理由として、ストレッチングは、筋の神経伝達速度を回復させる<sup>12)</sup>こと、筋ポンプ作用を活性化させ疲労産物の除去作用を補助する<sup>1)</sup>ことが考えられる。また、アイシングによって膝関節屈曲における筋力を維持する可能性が考えられたが、筋持久力回復に対するアイシングの効果は確認されなかった。

以上のことから、ストレッチングは、膝関節伸展・屈曲動作ともに、筋力、筋持久力の低下抑制および回復を促す効果があることが示唆された。一方、アイシングは、膝関節伸展動作における筋力に対して効果はなかったが、膝関節屈曲動作では筋力低下を軽減させる効果があることが示唆された。したがって、対象となる筋群や動作によってストレッチングおよびアイシングの筋力に対する低下抑制および回復効果は異なる可能性がある。

## V. まとめ

本研究は、連続的な等速性膝関節伸展屈曲動作を用いて、ストレッチングおよびアイシングが休憩後の筋力および筋持久力に影響を及ぼすか検討した。その結果、ストレッチングには膝関節伸展および屈曲動作における筋力および筋持久力の低下を抑制、回復する効果がある可能性が示唆された。また、アイシングは膝関節屈曲動作においてのみ筋力低下を軽減させる効果がある可能性が示唆された。

**謝辞** 本研究にご協力いただいたサッカー部の皆様並びにご尽力いただいた本保健体育講座卒業生の上山輝氏に感謝の意を表します。

## VII. 引用・参考文献

- 1) 山本利春 (1990) スポーツとストレッチング. 理学療法, 7(5): 351-361.
- 2) 山本利春, 吉永孝徳 (2001) スポーツアイシング. 大修館書店, 12-30.
- 3) 山本利春 (2008) 知的アスリートのためのスポーツコンディショニング. ベースボールマガジン社, 146-151.
- 4) 青木純一郎, 富田寿人, 高岡郁夫 (1983) 間欠的短時間最大運動のパフォーマンスに及ぼすホットパック, マッサージ, 低周波電気刺激, および関連運動の効果, 昭和58年度日本体育協会スポーツ科学研究報告No.VI. ウォーミングアップとクールダウンに関する研究, 27-33.
- 5) 小林義樹 (2008) 健康・スポーツ科学の基礎知識. 道和書院, 150-156.
- 6) 岡村大介, 松田朋子, 竹井仁, 田口孝行, 柳澤健 (2001) 筋力・筋持久力に及ぼす静的ストレッチングの効果. 理学療法, 28 (supple2): 405.
- 7) 浅見俊雄, 福永哲夫 (1983) 筋のストレッチあるいは軽負荷での動的収縮が間欠的等尺性最大筋力の連続発揮能力におよぼす影響, 昭和58年度日本体育協会スポーツ科学研究報告No.VI. ウォーミングアップとクールダウンに関する研究, 46-50.
- 8) 吉永孝徳 (2002) スポーツ・アイシング. ナツメ社, 14-25.
- 9) 吉永孝徳 (2008) パフォーマンスアップのためのアイシング. Coaching Clinic 2008-8, 6-9.
- 10) 山本利春 (1998) 応急処置とコンディショニングとしてのアイシング. Coaching Clinic 1998-12, 6-10.
- 11) 山本利春 (2006) 疲れたとき, からだを動かす!. 岩波書店, 87-106.
- 12) 市橋則明, 吉田正樹 (1991) 筋疲労回復におけるストレッチングの効果-筋電図の周波数解析による検討-. 理学療法のための運動生理, 6(4): 181-185.
- 13) 山本正嘉, 山本利春 (1993) 激運動後のストレッチング, スポーツマッサージ, 軽運動, ホットパックが疲労回復におよぼす影響 - 作業能力および血中乳酸の回復を指標として -, 体力科学, 42: 82-92.
- 14) 森谷敏夫 (1987) ストレッチングによる筋痛の生理学的効果に関する電気生理学的解明. デサントスポーツ科学, 8, 212-220.

