

原著

ストレッチングの筋疲労回復に関する研究

坂上 昇¹⁾, 大倉 三洋¹⁾

The study on effect of stretching to recovery of muscle fatigue

Noboru Sakanoue¹⁾, Mitsuhiro Okura¹⁾

要 旨

ストレッチングはスポーツ活動後に疲労回復を促し、障害予防、パフォーマンスの維持・向上といった目的で実施されている。しかし、その実施状況は決して高率ではなく、その原因はストレッチングの効果が十分に理解されていないためと考えられる。そこで本研究は、健康成人男性4名(平均年齢20歳)を対象に、ストレッチングの筋疲労回復効果について検討した。自転車エルゴメーター(COMBI社製; POWERMAX-V_{II})による30秒間全力駆動を主運動として、その後10分間の休息を取らせることを2セット行った。その休息時に安静臥位、軽運動、ストレッチングを実施した。検討指標として筋柔軟性、血中乳酸値、作業能力、アンケートを取り上げた。

筋疲労による筋柔軟性低下の予防効果については軽運動が効果的であり、ストレッチングは大腿直筋においてはあまり効果がなく、ハムストリングスにおいても安静臥位とあまり差がない傾向を示した。血中乳酸値の回復については、ストレッチングは安静臥位と比較すると低い傾向にあるがその回復傾向には差が見られなかった。作業能力の回復については軽運動が比較的良く、ストレッチングが低い傾向を示した。このように、激運動後の筋疲労回復に対してストレッチングは全ての指標において安静臥位とあまり差がなく、効果的でない傾向を示した。

今回の結果は、運動後の筋疲労の速やかな回復という観点では、一般的に認識されているストレッチングの効果を否定する結果となった。しかし、今回の結果は、ストレッチングが身体に与える影響を全て否定するものではない。

キーワード：筋疲労回復、ストレッチング、軽運動、安静臥位

Abstract

This study was examined muscle fatigue recovery effect of a stretching after intense exercise of short time. The subject is 4 healthy adult men age were 20 years old. The subject did 2 sets of bicycle ergometer operating of 30 seconds of all power and rest of 10 minutes. During this rest period, the subject implemented 6 minutes of each muscle fatigue recovery strategies of rest, stretching and light exercise. An examination particular of a

1) 高知リハビリテーション学院 理学療法学科

Department of Physical Therapy, Kochi Rehabilitation Institute

muscle fatigue recovery adopted a muscle flexibility, blood lactate, work capacity and questionnaire.

The recovery rate of muscle flexibility of a Rectus femoris had the lowest stretching by 97.5% . The recovery rate of muscle flexibility of hamstrings had the lowest rest by 91.9% . The recovery of blood lactate tended to have a lower stretching than other strategy, but the tendency wasn't able to admit difference. The recovery rate of work capacity had the most expensive light exercise, and it had the lowest stretching. Thus a fatigue recovery effect of a stretching into a muscle fatigue after intense exercise didn't admit difference in all index compared with rest.

The result of this time denied an effect of the stretching which is generally recognized in viewpoint of a prompt recovery of muscle fatigue after exercise. But the result of this time doesn't deny all effect of a stretching. We consider that an appropriate formula to muscle fatigue recovery of a stretching is defined by study of future.

key words : muscle fatigue recovery, stretching, light exercise, rest

〔はじめに〕

現在、ストレッチングはウォーミングアップ、クーリングダウンをはじめとして、スポーツを行うための身体的コンディショニングを整える上で不可欠な存在となっている。ストレッチングが身体に与える効果として一般に、筋疲労の回復促進、筋腱傷害の予防、筋肉痛の緩和、競技パフォーマンスの改善などがあげられる。このストレッチングの習慣性について山本¹⁾は、某体育大学に在学中のスポーツ選手200名を対象にアンケート調査を行った結果、運動前後に行っている者は41.1%と比較的少なく、運動前だけ行い運動後には行わない者がかなりいる(50.0%)傾向がうかがえると報告している。体育大学に在学中のスポーツ選手において前述のような実施状況であるので、レクリエーションスポーツのレベルの者においてはその実施状況がさらに低下するであろうことは容易に想像される。このことは、上記のようなストレッチングの効果が十分理解されていないためではないかと考えられる。

そこで今回の研究は、競技あるいはレクリエーションスポーツ場面でのストレッチング指導の基礎的資料とすることを目的として、ストレッチングの身体に与える効果の中で「筋疲労の回復」という点に着目して、ストレッチングの実施が短時間激運動後の筋疲労の回復に対してどの程度効果を有してい

るかを明らかにするために、筋疲労回復処置としてストレッチング以外に安静臥位と軽運動を実施し比較検討した。

〔被検者〕

被検者は、医療系専門学校の3年に在籍する健康成人男性4名であり、年齢は20歳、身長は 170.2 ± 5.7 cm、体重は 58.9 ± 10.7 kgであった(表1)。

被検者にはあらかじめ実験の目的および方法を説明した。また、実験に際しては苦痛および危険を伴うことを十分に説明し、参加に対する同意を得た。

〔方法〕

1. 実験手順

5分間の自転車エルゴメーター(COMBI社製; ERGOMETER 232C)でのウォーミングアップ(負荷50W, 回転数50rpm)実施後に、短時間激運動として自転車エルゴメーター(COMBI社製; POWERMAX-V_{II})にて30秒間の最大努力でのペダル駆動を2セット行わせた。被検者には運動中終始検者が口頭にて激励を与えた。セット間には10分間の休息を取らせた。この休息10分間の最初の2分と最後の2分は実験の設定のための時間とし、中の6分間に「安静臥位」、「ストレッチング」、「軽運動」の3種類の筋疲労回復処置を実施した(図1)。最

大努力でのペダル駆動時の負荷は、POWERMAX-V_{II}の無酸素パワーテストによって算出されたミドルパワートレーニング値(以下、MP値)とした。各自のMP値は表1に示す。

2. 筋疲労回復処置

短時間激運動後の筋疲労回復処置として「安静臥位」、「ストレッチング」、「軽運動」の3種類の方法を行わせた。各筋疲労回復処置は順序効果が現れないように安静臥位も含めてランダムに実施した。

安静臥位はプラットホームマット上に仰臥位にて6分間の安静状態を保たせた。

ストレッチングは短時間激運動にて主に使われる大腿直筋とハムストリングス(右側のみ)に対して各30秒間、交互に6セット、計6分間行った。

スポーツ場面における疲労回復のための軽運動と

しては、低強度のランニングいわゆるジョギングや歩行が行われている。しかし、本研究では運動強度を一定にするために、自転車エルゴメーターによるペダル駆動を6分間行わせた。運動強度はウォーミングアップ時と同じ負荷(50W)、回転数(50rpm)とした。

3. 筋疲労回復の検討項目

各種筋疲労回復処置の疲労回復度を検討する項目として「筋柔軟性」、「血中乳酸値」、「自転車エルゴメーターの値」、「アンケート」を取り上げた。

1) 筋柔軟性

大腿直筋とハムストリングスの筋柔軟性の測定を、ウォーミングアップ後の実験開始前と2セット終了後の疲労回復処置実施後の2回実施した(図1)。各処置ごとに実験開始前の値を基準として、2セット終了後の値を除し100を乗じた値を算出し、回復率として比較検討した。筋柔軟性を測定する方法として、大腿直筋は被検者を腹臥位にし、右膝関節を屈曲した時の大腿骨と腓骨の成す角度を測定した。また、ハムストリングスは被検者を仰臥位とし、左下肢は股関節・膝関節伸展位で固定し、右下肢を膝関節伸展位の状態で挙上した時の体幹と大腿骨の成す角度を測定した。

被検者	年齢	身長(cm)	体重(kg)	MP値(kp)
A	20	167.0	52.1	3.5
B	20	178.7	74.9	4.8
C	20	168.3	54.0	3.7
D	20	166.9	54.6	3.5
平均	20	170.2	58.9	
標準偏差	0	5.7	10.7	

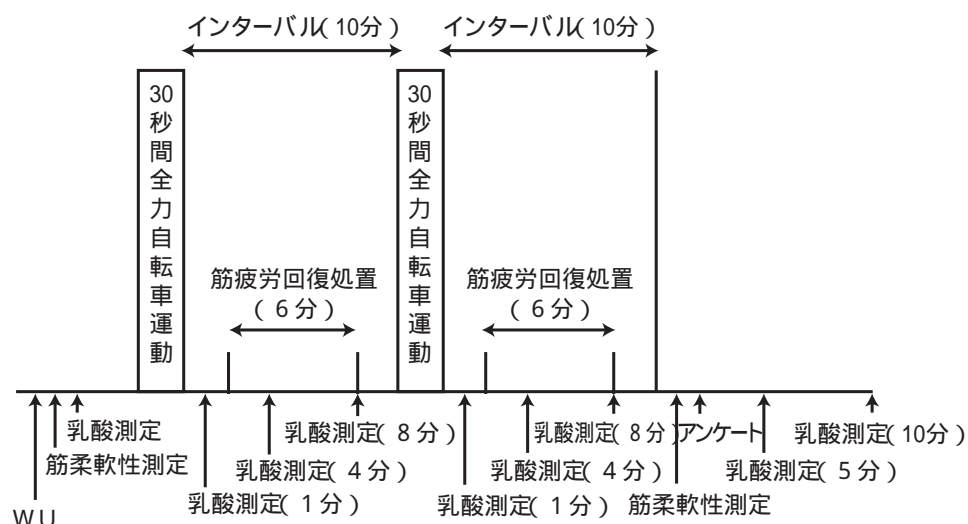


図1 実験手順

2) 血中乳酸濃度

短時間の激運動を行うと、無酸素性のエネルギー供給システムが関与して、主動筋で乳酸が産生される。この乳酸の血中濃度を疲労の指標とした研究が報告されている^{2), 3), 4)}。本研究においても、血中乳酸値を指標として各種筋疲労回復処置を比較検討した。血中乳酸値測定には LACTATE ANALYZER YSI MODEL 23L (YSI Incorporated 製) を用いた。血液採取は1セット終了後の1分、4分、8分と、2セット終了後の1分、4分、8分、15分、20分にそれぞれ実施した(図1)。

3) ピーク回転数、平均パワー、対ピーク比

一般的に短時間の激運動を行った際には、その主動筋は疲労を生じ、発揮できるパフォーマンスは低下すると考えられる。POWERMAX - V_{II}によって得られるデータのうちピーク回転数、平均パワー、対ピーク比の値の低下を、各処置ごとに1セット目の値を基準として、2セット終了後の値を除し100を乗じた値を算出し、回復率として比較検討した。

4) アンケート

各種筋疲労回復方法に対する被検者の自覚的、主観的な筋疲労回復の程度を実験終了後にアンケート調査した。調査項目は「筋疲労回復処置の実施による筋疲労回復程度」と「筋疲労回復処置の実施による2セット目への意欲」の2項目である。各調査項目ともに回答として4段階の選択肢を設定し、最も

あてはまる状態を選択してもらった。

〔結果〕

1) 筋柔軟性

筋疲労回復処置別に筋柔軟性を比較すると、大腿直筋においてはストレッチングが実験前後で -3.8° の低下を示し、最も柔軟性が低下した。安静臥位と軽運動は -2.5° の低下を示した。回復率でみると軽運動98.3%、安静臥位98.3%、ストレッチング97.5%となった。

ハムストリングスにおいては安静臥位が実験前後で -6.3° の低下を示し、最も柔軟性が低下した。以下、ストレッチングが -5.0° 、軽運動が -2.5° の低下を示した。回復率でみると軽運動96.8%、ストレッチング93.5%、安静臥位91.9%となった。

2) 血中乳酸値

筋疲労回復処置別の乳酸値の変化を図2に示した。実験開始前のウォーミングアップ後の乳酸値は $2.8-3.1\text{mmol/l}$ とやや高値を示した。30秒間全力自転車運動によってその値はさらに上昇し、1セット終了後の回復期1分では $7.0-8.1\text{mmol/l}$ 、回復期4分では $9.0-10.2\text{mmol/l}$ の値を示し、回復期1分と4分においては軽運動が最も高い値を示した。回復期8分では軽運動が 9.1mmol/l と 1.1mmol/l 低下し、ストレッチングも 8.9mmol/l とわずか 0.1mmol/l であるが低下した。安静臥位においては 9.4mmol/l と上昇した。

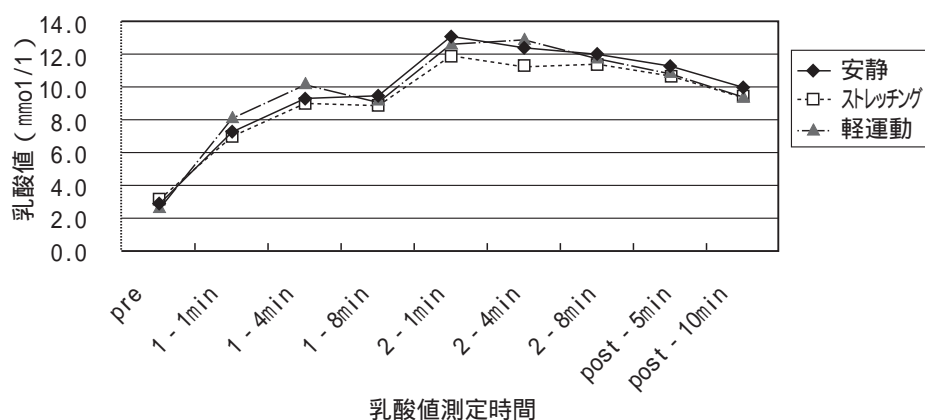


図2 筋疲労回復処置別の乳酸値の変化

2セット終了後の回復期1分では、各処置ともに1セット終了後の回復期1分と比較してさらに上昇し11.9–13.0mmol/lとなった。回復期4分では軽運動のみ12.9mmol/lと上昇し、安静臥位とストレッチングは低下した。回復期8分では軽運動が11.7mmol/lと1.2mmol/l低下し、安静臥位も12.0mmol/lと0.4mmol/lの低下を示したが、ストレッチングは11.4mmol/lと0.2mmol/lの上昇を示した。2セット目の筋疲労回復処置終了後5分では各処置ともに低下し、軽運動が0.9mmol/lと最も大きい低下量を示した。終了後10分では各処置ともにさらに低下し、1.3–1.4mmol/lの低下量を示した。

3) ピーク回転数、平均パワー、対ピーク比

回復率が最も良かった処置は軽運動でピーク回転数94.3%、平均パワー94.7%、対ピーク比94.8%であった。安静臥位はそれぞれ91.9%、94.2%、94.3%であり、ストレッチングは回復率が最も低くそれぞれ89.7%、92.4%、92.5%であった。

4) アンケート

筋疲労回復処置の実施による回復の程度を問う質問では、「かなり回復した」、「ある程度回復した」を回復群、「あまり回復しなかった」、「全く回復しなかった」を未回復群として集計した結果、安静臥位は回復群0名、未回復群4名、ストレッチングは回復群1名、未回復群3名、軽運動は回復群4名、未回復群0名であった。1セット目終了後の筋疲労回復処置の実施によって2セット目に臨む気持ちを問う質問では、「かなりやれる気がした」、「ある程度やれる気がした」を意欲群、「あまりやれる気がしなかった」、「全くやれる気がしなかった」を無意欲群として集計した結果、安静臥位は意欲群2名、無意欲群2名、ストレッチングは意欲群2名、無意欲群2名、軽運動は意欲群3名、無意欲群1名であった。

筋疲労回復処置実施中の訴えとしては、「安静臥位はじっとしているのではなく体を動かしたい」、「ストレッチングは大腿直筋とハムストリングスを

伸張すると痛いのでできればしたくない」という訴えがほとんどの被検者から聞かれた。

〔考察〕

短時間の激しい運動後のストレッチング実施による筋柔軟性低下の予防効果について、山本¹⁾は大腿四頭筋とハムストリングスを対象に実験を行い、ストレッチングの実施は筋の柔軟性を高め、筋疲労による関節可動域の低下を予防する効果があるものと思われると報告している。ストレッチングを実施することで、伸張を加えている筋や筋膜といった軟部組織の伸張性が増大し筋柔軟性が増大することは周知の事実である。しかし、今回の研究では、筋疲労による筋柔軟性低下の予防効果については軽運動が効果的であり、ストレッチングは大腿直筋においてはあまり効果がなく、ハムストリングスにおいても安静臥位とあまり差がない傾向の結果となった。また、ストレッチングを実施している時に被検者が伸張を加えている筋に疼痛を強く訴え、ストレッチングを避けたいという発言がほとんど全員から聞かれた。激運動を行うと疲労物質である乳酸が筋肉中や血中に多量に蓄積し、筋肉組織のpHが低下し、筋疲労が生じて一時的に筋収縮が阻害されたりする^{2), 3)}。しかし、乳酸の蓄積は筋の疼痛を生ずる原因ではなく、筋の疼痛の原因は発痛物質や発痛増強物質の発生であると考えられる^{5), 6), 7)}。この発痛物質の刺激が侵害受容線維を伝わって脊髄に興奮が送られ侵害逃避反射が誘発されて当該筋の筋緊張が亢進したため^{5), 7)}、ストレッチングを実施したものの十分な伸張を加えることができず、筋の柔軟性が低下する傾向となったと考える。

短時間の激しい運動後に実施する筋疲労回復処置の疲労回復効果を、血中乳酸値の変化動態によって捉えようとする研究^{2), 3), 4)}はこれまでも報告されている。これらの研究結果は概ね、激運動後の回復期に疲労した筋肉を動かすことが乳酸の除去を促すとしている。激運動後の回復期に適度な運動を行うことによって乳酸消失が加速されるのは、運動によって組織の血流量が増加するため、活動筋から

の乳酸の洗い出し，および乳酸処理組織における乳酸の取り込みが増大するためと考えられている²⁾．本研究においても，激運動や回復期の条件設定は先行研究と異なるところはあるが，軽運動が効果的である傾向が伺える．ストレッチングについて，山本ら³⁾は乳酸の回復には有意な効果をもたらさなかったと報告している．また平川⁸⁾は，筋のクレアチンリン酸量の変化，細胞内の pH の変化を調べ，ストレッチング群はクレアチンリン酸の回復が遅く，pH の戻りが悪いという結果となり，乳酸などの血液中にできた疲労物質は筋のポンピング作用によって除去されるものであり，運動後に伸張を加えることはそれ自体疲労物質を細胞外に出すことにプラスの作用をしていないのではないかと報告している．本研究においても，安静臥位と比較すると血中乳酸値は低い傾向にあるがその回復傾向には差が見られず，これらの研究の結果を示唆するものとする．

ストレッチングと軽運動が疲労回復におよぼす影響を，作業能力との関連で見た研究はいくつか挙げられる^{1), 3), 4), 9)}．ストレッチングの効果については，いずれの研究においても肯定的な結果を報告している．軽運動の効果についても肯定的な結果の報告^{3), 4)}がなされているが，山本ら³⁾は疲労回復の効果には有意な効果が得られなかったが，その原因は軽運動の運動強度が強すぎたためであり，運動強度を低くすることで作業能力の回復に有意な効果を得られる可能性があるとしている．本研究においては，自転車エルゴメーター (COMBI 社製；POWERMAX - V_{II}) によるピーク回転数，平均パワー，対ピーク比を1セット目と2セット目で比較した結果，軽運動の効果については先行研究の結果を支持する結果となったが，ストレッチングにおいては否定的な結果となった．ストレッチングが効果的でない原因としては，発痛物質の発生による筋の疼痛による筋緊張の亢進と，運動後の筋を伸張することで逆に疲労物質の除去が促進されず，筋の収縮が阻害されたためであると考えられる．

今回の研究から，激運動後の筋疲労回復処置としては軽運動が効果的であり，ストレッチングはあま

り効果的でないという傾向を示した．しかし今回の結果は，激運動直後の筋疲労回復効果についてであり，ストレッチングの全ての効果を否定するものではないと考える．平川⁸⁾は，間欠的な運動の合間に行うストレッチングは，主運動との関係から，実施するタイミングや時間，セット数などをさまざまに変えていく必要があることを示唆している．

〔まとめ〕

本研究では筋疲労回復処置としてのストレッチングの効果を検討する目的で，短時間激運動後に安静臥位，軽運動，ストレッチングを実施した際の筋柔軟性，血中乳酸値，作業能力 (POWERMAX - V_{II} によって得られる値)，アンケートを指標に研究を行った．そして，激運動後の筋疲労回復に対してストレッチングは全ての指標において安静臥位とあまり差がなく，効果的でない傾向を示し，運動後の筋疲労の速やかな回復という観点では，一般的に認識されているストレッチングの効果を否定する結果となった．しかし，今回の結果は，ストレッチングが身体に与える影響を全て否定するものではないと考える．

スポーツ活動後のクーリングダウンは疲労回復，障害予防，パフォーマンスの維持・向上のために必要な処置である．理学療法士はクーリングダウンに関する正しい知識を持ち，指導・啓蒙に取り組む必要があろう．

最後に，本論文作成にあたりご協力いただきました被検者の方々に深く感謝いたします．

〔引用文献〕

- 1) 山本利春：スポーツとストレッチング．理学療法 7 (5) : 351-361, 1990 .
- 2) 池上晴夫，他：乳酸消失からみたクーリング・ダウンに関する研究－特に漸減強度の回復期運動の効果について－．筑波大学体育科学系紀要 9 : 151-158, 1986 .
- 3) 山本正嘉，他：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効果－作業能力および血中乳酸の回復を指標として－.体力科学42：82－92，1993．
- 4) 青木純一郎，他：間歇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リングダウンに関する研究：27－33，1983．
- 5) 横田敏勝：疼痛の生理学．P Tジャーナル29(3)：148－154，1995．
- 6) 鈴木重行 他：腰周辺の疼痛の評価 .P Tジャーナル29(3)：155－160，1995．
- 7) 辻井洋一郎：マイオセラピー．理学療法ハンドブック第1巻理学療法の基礎と評価，改訂第3版，pp147－190，協同医書出版，2000．
- 8) 平川和文：ストレッチングが筋エネルギー代謝に及ぼす影響．コーチング・クリニック14(6)：10－13，2000．
- 9) 浅見俊雄，他：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リングダウンに関する研究：46－50，1983．