

# 間欠的運動に対するスポーツ用弾性ストッキングの効果

島根大学大学院 教育学研究科 犬塚 剛弘  
島根大学 教育学部 健康・スポーツ教育講座 原 文貴

## Effects of sports elastic stockings on intermittent exercise

Takahiro INUZUKA (Graduate School of Education, Shimane University)

Taketaka HARA (Faculty of Education, Shimane University)

キーワード：弾性ストッキング，間欠的運動，バスケットボール

### 1. 緒言

運動中のエネルギー代謝は、運動強度によって異なり、低強度では主に有酸素性エネルギー供給機構に、高強度になるにつれて無酸素性エネルギー供給機構に依存するようになる。運動中は、ATP-CP系、解糖系、有酸素系の3つのエネルギー代謝機構が連動して働くことにより、運動の継続が可能となる。これらの代謝経路を働かせエネルギーを産生するためには、肺におけるガス交換や、心臓や血管系による酸素運搬なども必要であり、このうちいずれかが欠けることや、限界に達すると運動は継続できなくなる。また、無機リン酸や活性酸素種などの疲労物質の蓄積もエネルギー代謝を制限するため、パフォーマンスを低下させる要因となる。運動疲労の原因は様々であるが、高いパフォーマンスを発揮するためには、エネルギー発揮に関わる各機能をできるだけ高い状態で保ち続けることが重要となる。

近年では、先に述べたような運動を制限する物質等の蓄積や、疲労の抑制を目的とした様々な下肢の運動補助用具が用いられるようになってきており、その1つとして弾性ストッキングが挙げられる。弾性ストッキングとは、段階的な圧迫により運動時の余分な筋振動による無駄

なエネルギーの発散を抑え、運動効率を高める働きや、筋ポンプ作用の働きを促すことで抹消から中枢への静脈環流を促進する働きが期待されている運動補助用具である。弾性ストッキングは、これまで医療用として安静時の下肢の静脈循環障害や浮腫を伴う疾患の保存療法などに用いられてきた。早田ら<sup>1)</sup>は、段階的着圧ストッキングの着用により、筋ポンプ作用が増強することと微小循環が改善することを報告している。その要因として、弾性ストッキングの段階的圧迫による静脈血流速度や下肢静脈コンプライアンスの上昇に伴う静脈容量と最大静脈環流量の増大が示唆されている。さらに、白石ら<sup>2)</sup>は、弾性圧迫ストッキングを着用することで、静脈環流を亢進させ筋組織の相対的酸素濃度が上昇し、下肢血流の鬱滞を改善する可能性があるとしている。このように、医療用としての弾性ストッキングの効果は示されているが、運動時における効果については不明な点が多い。しかしながら、近年では、スポーツ現場においても弾性ストッキングが普及し始めており、特にバスケットボール競技においては非常に多くの選手が着用しているのが現状である。

バスケットボール競技は、ジャンプやダッシュ、切り返しなどを繰り返すことから、無酸素的運動と有酸素的運動を繰り返す間欠的

運動であるといえる。バスケットボールプレーヤーには瞬発力とともに、時間内を休むことなく動き続けられる持久力も求められる。また、2001年の国内バスケットボール競技のルール変更によって、20分ハーフの前後半制から10分クォーター制（高校、一般）となったことに伴い、攻撃回数が増え、ゲーム展開がよりアップテンポのハイスコアゲームが繰り返されるようになった<sup>3)4)</sup>。また、日本のバスケットボールの戦術は、走力、敏捷性、スピードを最大限に活かし、素早くシュートまでいく平面的で、ハイペースなバスケットボールが主流であることから<sup>5)</sup>、バスケットボール競技は40分の試合の中で不規則に間欠的運動を繰り返さなければならず、選手への体力的負担は非常に大きいといえる。そのために試合の勝敗はいかに試合終了まで高いパフォーマンスを持続することができるかが重要になる。

先行研究において、山田ら<sup>6)</sup>は健康男性を対象にスポーツ用弾性ストッキングを用いて足関節の底屈、背屈運動後の下腿の筋硬度や筋力の減衰率の評価から、筋疲労の軽減や下腿のむくみの軽減が示唆されたと報告している。さらに、三浦ら<sup>7)8)</sup>は大学生を対象に漸増負荷法による歩行運動後の腓腹部周経圍の測定や全身および脚部の主観的運動強度による評価から疲労およびむくみの軽減に対する有用性が高いことを報告している。大澤ら<sup>9)10)</sup>は、段階的弾性タイツの影響について健康な成人男性を対象にランブ式漸増負荷自転車ペダリング運動試験を行い検討を行い、無酸素性作業閾値 (Anaerobic Threshold) 以下での運動において筋力減衰率の抑制や下腿部の静脈環流を促進する可能性を示唆する結果を得ている。加えて、安静時や回復期においても、腓腹筋酸素飽和度が大きく増加したことから、間欠的運動に効果が期待されると報告している。しかしこれらの報告では、局所筋のみを動員した単純な運動

や、歩行運動などの低強度の運動しか実施されておらず、実際の運動現場でみられるような高強度の全身運動に対する弾性ストッキングの効果については検証されていない。バスケットボール競技でも弾性ストッキングを着用する選手が増えていることから、高強度の間欠的運動を実践した際の弾性ストッキングの効果について検討する必要があるといえる。

そこで本研究では、バスケットボール競技(間欠的運動)の実践フィールドでのスポーツ用弾性ストッキングの影響について検討し、あわせて運動後の回復期におけるスポーツ用弾性ストッキングの影響について検討することを目的とした。

## II. 方法

### A. 対象

対象は、S大学男子バスケットボール部員8名(年齢:  $19.9 \pm 1.2$ 歳, 身長:  $174.3 \pm 6.3$ cm, 体重:  $65.8 \pm 5.1$ kg)である。

### B. 弾性ストッキング

本研究では、アルケア株式会社製のCGソックス・インナー 33を使用した。CGソックス・インナー 33は、オープントゥ形状のハイソックスタイプで、足首から膝下まで段階的に異なる圧迫圧を加える弾性ストッキングである。対象者には、運動開始直前に両下腿部に弾性ストッキングを着用させた(写真1)。



写真1 スポーツ用弾性ストッキング (アルケア株式会社製・CGソックス・インナー 33)

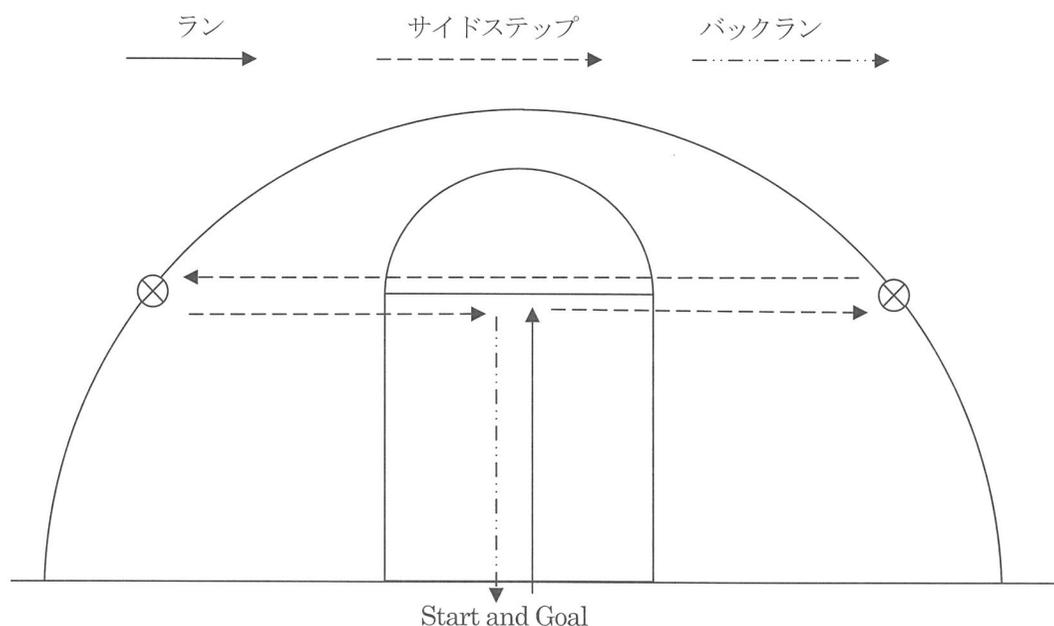


図1 T字走

### C. 間欠的運動

S大学男子バスケットボール部の2時間の通常練習を間欠的運動として、弾性ストッキングの影響を検討した。対象は、スポーツ用弾性ストッキングを着用して行う練習(着用条件)と、スポーツ用弾性ストッキングを着用せずにを行う練習(非着用条件)をそれぞれ1回ずつ行った。測定条件は対象毎に着用条件と非着用条件をランダムに振り分け、2回目の測定では条件を入れ替えて行った。

### D. 測定項目

間欠的運動に対する弾性ストッキングの影響を検討するために、1000m走、T字走、垂直跳び、足関節の底屈筋力および背屈筋力の測定を行った。1000m走は、練習後と練習終了から1時間半後の2回の測定を行った。T字走、垂直跳び、足関節の底屈筋力および背屈筋力は、練習前、練習後、練習終了から1時間半後の3回の測定を行った。

### 1) 1000m走

体育館に25m四方のコースを作り、10周することで測定を行った。ストップウォッチを用いて1/100秒単位までを手動計測で行った。

### 2) T字走

バスケットコートのエンドライン中央からスタートし、フリースローラインまでダッシュした後に、両サイドのスリーポイントライン上に置かれているボール間をサイドステップで移動する。フリースローライン中央までサイドステップで移動し、フリースローラインからエンドラインまではバック走を行いゴールとした(図1)。スタートはスタンディングで行い、ストップウォッチを用いて、1/100秒単位までを手動計測で行った。測定は1回とした。

### 3) 足関節の底屈筋力および背屈筋力

底屈筋力および背屈筋力の測定は握力計を用いて行った。両膝を曲げないよう長座の姿勢を保ち、足指関節を支点として屈曲および背屈動

作ができる高さに握力計を固定し計測した。測定は左右それぞれ1回とした。

#### 4) 垂直跳び

体力診断テストに準じて行い、測定は1回とした。

#### E. 統計処理

練習後と練習終了1時間半後の1000m走の記録の比較には、paired t-testを用いた。T字走、垂直跳び、足関節の底屈筋力および背屈筋力においては、nonparametric testであるfriedman-testを用いた。さらにfriedman-test

において有意な差が認められた測定項目については、wilcoxon signed-rank testを用いた。いずれの測定項目においても有意水準は5%未満( $p<0.05$ )とした。

### III. 結果

1000m走および垂直跳びでは、両条件ともに有意な記録の変化は認められなかった。T字走は、着用条件の練習前と練習後において有意( $p<0.05$ )な記録の向上が認められたが、非着用条件では、有意な記録の変化は認められなかった(表1, 2)。

表1. 着用条件の測定記録の推移

		pre	post	1.5h post
1000m	(分)	—	255.6±33.6	257.4±40.8
T字走	(秒)	9.81±0.87	9.26±0.60*	9.52±0.77
垂直跳び	(cm)	54.14±3.84	54.86±6.59	52.67±3.61

\*:  $p<0.05$  (vs pre)

表2. 非着用条件の測定記録の推移

		pre	post	1.5h post
1000m	(分)	—	258.6±27.6	264.0±36.6
T字走	(秒)	9.63±0.82	9.74±1.08	9.67±0.90
垂直跳び	(cm)	52.75±7.61	54.86±6.64	53.00±6.21

左足関節の底屈筋力は、非着用条件において、運動前と比べて運動後および運動終了1時間半後に有意( $p<0.05$ )な記録の低下が認められ、さらに、運動後と運動終了1時間半後の記録においても有意( $p<0.05$ )な記録の低下が認められた(図2)。一方、着用条件においては、有意な記録の変化は認められなかった(図3)。右足関節の底屈筋力および両足関節の背屈筋力については、両条件ともに有意な記録の変化は認められなかった(図4, 5)。

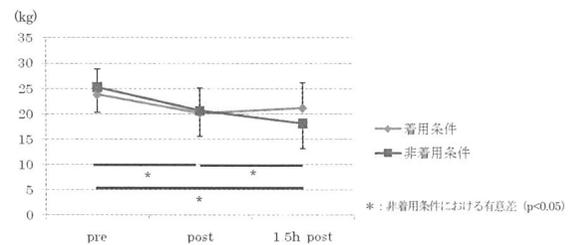


図2 左足関節の底屈筋力

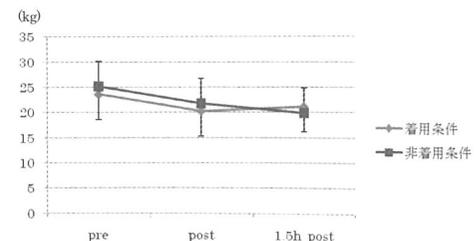


図3 右足関節の底屈筋力

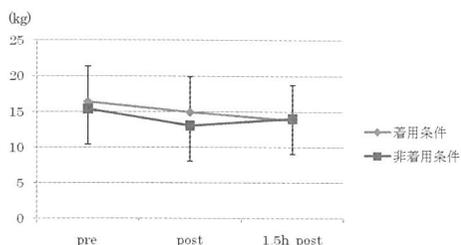


図4 左足関節の背屈筋力

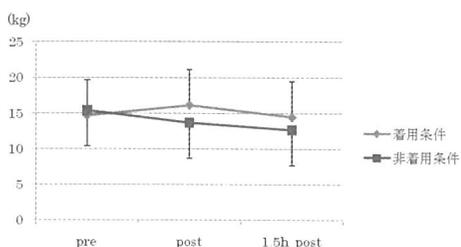


図5 右足関節の背屈筋力

#### IV. 考 察

バスケットボール競技の実践フィールドにおける長時間の間欠的運動およびその後の回復期において、スポーツ用弾性ストッキング非着用条件では、足関節の底屈筋力の記録に有意な低下が認められたのに対して、着用条件では、足関節の筋力に有意な低下はみられなかった。この結果は、長時間の間欠的運動時および回復期にスポーツ用弾性ストッキングを着用することで筋力の低下が抑制されることを示唆するものである。

細谷ら<sup>11)</sup>は、衣服圧と筋疲労の関係を、前脛骨筋と腓腹筋の筋電図計測から検討したところ、下腿部の衣服圧が10gf/cm<sup>2</sup> (10.2hPa) 以下、あるいは35gf/cm<sup>2</sup> (35.7hPa) 以上では疲労軽減効果はなく、10~35gf/cm<sup>2</sup>の衣服圧において、疲労軽減効果を認めており、筋血流量の促進を起こすためには適切な衣服圧があり、その範囲内で圧迫することが筋持久力の向上に関与するのではないかと報告している。本研究で使用した弾性ストッキングは、足首の圧

迫圧が33hPa、下腿部の圧迫圧が23hPaであり、細谷ら<sup>11)</sup>の示した疲労軽減効果が期待できる衣服圧の範囲内であった。そのため、比較的高強度の間欠的運動においても、弾性ストッキング着用による圧迫が血流を促進させ、有酸素系のエネルギー代謝を活発にし、疲労の原因といわれる無機リン酸や活性酸素種の蓄積を抑制することで筋力の低下が抑制されたのではないかと考えられる。

ランプ式漸増負荷自転車運動中の弾性タイツの着用は、呼吸循環動態や筋酸素飽和度には関与せず、運動中の筋ポンプ作用を補助するものではないものの、安静時の弾性タイツの着用は腓腹筋における酸素飽和度を増加させることが認められており<sup>9)10)</sup>、筋弛緩期の多い間欠的な運動や下腿筋の収縮が少ない運動には弾性ストッキングの着用が効果的である可能性がある。早田ら<sup>11)</sup>は、弾性ストッキングの着圧によって、仰臥位安静時の下腿静脈コンプライアンスが上昇し、静脈容量および最大静脈環流量が増大することを示唆する結果を報告している。間欠的運動は、定常負荷運動とは異なり、高強度運動と低強度運動を繰り返すものである。今回はバスケットボール部の2時間の通常練習を間欠的運動として設定した。この練習中には、短時間ではあるが休息時間が数回設けられており、また練習中においても常に高強度の運動を続けているのではなく、歩行などの低強度の運動を行う局面も頻繁に観察された。そのような低強度の運動時に着圧により静脈環流が亢進され、練習後の筋力低下が抑制されたのではないかと考えられる。さらに、弾性ストッキング非着用条件は、足関節の底屈筋力が運動終了時と比較して1時間半後の記録においても有意に低下していることが認められた。この結果は、回復期における弾性ストッキングの着用が、安静時や低強度運動と同様に静脈環流の促進や筋酸素摂取量を増大させ、筋疲労を抑制す

る可能性を示唆するものである。実際のスポーツ現場においては、1日に数試合行うこともありうるため、運動中だけでなく回復期における弾性ストッキングの着用も、筋力低下などの疲労に対して有効ではないかと考えられる。

本研究では、下腿部のみの弾性ストッキングを使用した。着圧の効果が期待されるとする運動補助用具として、下肢全体や全身を覆うものもみられる。大澤ら<sup>9)10)</sup>は、段階的弾性タイツによる下肢全体の圧迫がAT強度以下の筋収縮力が小さい運動で、静脈環流の促進を示唆する結果を得ている。さらに、外島ら<sup>12)14)</sup>は、胸郭に弾性圧を加えた条件で自転車エルゴメータによる多段階負荷運動を実施し、運動中の胸郭運動と呼気ガス動態の評価から、胸郭の左右間距離の拡大に伴い呼吸数と換気量の上昇を認めており、胸郭圧迫が胸郭運動を補助することで呼吸筋の筋力に影響すると報告している。本研究において、間欠的運動では下腿部のみの圧迫においても、筋疲労の低下を抑制する働きが示されたが、大腿部のみの圧迫においても同様の効果が示されていることから<sup>15)</sup>、下肢全体を覆う弾性ストッキングにおいても、筋ポンプ作用の増強により、静脈環流量が増大し筋疲労の低下を抑制する働きがあると考えられる。さらに上半身を圧迫する運動補助用具を併用することで、筋疲労の抑制に対してより効果が期待できるのではないかと考えられる。しかし、今回の研究ではそこまで言及できる証拠は得られていないため、さらなる検討が必要である。

## V. まとめ

間欠的運動時に両下腿部を覆うスポーツ用弾性ストッキングを着用することによって、下腿部の筋力低下は抑制されることが示唆され、加えて、運動終了後の回復期におけるスポーツ用弾性ストッキングの着用も、筋疲労の低減に効

果的であることが示唆された。

## VI. 謝辞

本研究を進めるにあたり、協力していただいた島根大学男子バスケットボール部、そして多くの指摘を下さいました健康系教育コースの同期の皆様に感謝いたします。

## VII. 参考文献

- 1 早田剛, 三浦隆, 岩寄徹治, 宮地元彦, 段階的弾性ストッキング着用による下腿圧増加が腿静脈コンプライアンスを増加させる, 体力科学, 第55巻, 421-428, 2006.
- 2 白石聖, 村瀬訓生, 木目良太郎, 長田卓也, 井上英昭, 三浦隆, 早田剛, 勝村俊仁, 弾性ストッキング着用が筋内酸素化におよぼす影響, 体力科学, 第53巻, 695, 2004.
- 3 永山亮一, バスケットボールのルール改正がゲームに及ぼす影響: 大学男子トップレベルを対象として, 北陸学院短期大学紀要, 第34巻, 197-208, 2003.
- 4 永山亮一, バスケットボールのルール改正がゲームに及ぼす影響: 大学男子トップレベルを対象として第2報, 北陸学院短期大学紀要, 第36巻, 237-248, 2005.
- 5 芦川尚子, 川口鉄二, ハーフコートオフエンスの戦術体系に関する研究, 仙台大学大学院スポーツ科学研究科修士論文集, 第11巻, 27-34, 2010.
- 6 山田陸雄, 草野修輔, 山本満, 大井直住, 高倉保幸, 熊本圭吾, 雨宮克也, 陶山哲夫, スポーツ用弾性ストッキングの運動時着用の効果について (第1報), 日本リハビリテーション医学会誌, 第43巻, 202, 2006.
- 7 三浦隆, 早田剛, 岩寄徹治, 若吉浩二, 段

- 階的圧迫機能を持つ弾性ストッキング装着による歩行時の生理的影響, 体力科学, 第53巻, 695, 2005.
- 8 三浦隆, 福島丈晴, 岩寄徹治, 柳沢修, 福林徹, 段階的圧迫機能を持つスポーツ用弾性圧迫ソックスの運動時着用効果, 体力科学, 第56巻, 879, 2007.
- 9 大澤拓也, 村瀬訓生, 藤岡正子, 佐藤綾佳, 安生幹子, 江崎和希, 下村浩祐, 木目良太郎, 長田卓也, 真田亜希子, 三浦隆, 岩寄徹治, 勝村俊仁, 段階的弾性タイツによる下肢圧迫が自転車運動中の心肺機能及び筋酸素動態に及ぼす影響(その1), 体力科学, 第57巻, 722, 2008.
- 10 大澤拓也, 村瀬訓生, 藤岡正子, 佐藤綾佳, 安生幹子, 江崎和希, 下村浩祐, 木目良太郎, 長田卓也, 真田亜希子, 三浦隆, 岩寄徹治, 勝村俊仁, 段階的弾性タイツによる下肢圧迫が自転車運動中の心肺機能及び筋酸素動態に及ぼす影響(その2), 体力科学, 第57巻, 721, 2008.
- 11 細谷聡, 斎藤健治, 機能性靴下の衣服圧と下腿および足部の筋疲労に関する研究, デサントスポーツ科学, 第31巻, 42-51, 2010.
- 12 外島裕之, 芝喜崇, 長澤弘, 前田真治, 運動時の胸郭への圧迫刺激が胸郭運動に及ぼす影響, 理学療法学, 第24巻, 47, 1997.
- 13 外島裕之, 芝喜崇, 長澤弘, 前田真治, 運動時の胸郭への圧迫刺激が胸郭運動に及ぼす影響-第2報-, 理学療法学, 第25巻, 489, 1998.
- 14 外島裕之, 長澤弘, 前田真治, 運動時の胸郭への圧迫刺激が生体に及ぼす影響-トレーニング効果-, 理学療法学, 第27巻, 233, 2000.
- 15 芝崎学, 佐藤留美子, 登倉尋賓, 被服圧が有酸素運動時の生体反応に及ぼす影響, デサントスポーツ科学, 第22巻, 14-22, 2001.