

バスケットボール選手における練習前後の下肢反応の比較

九州労災病院整形外科

井 原 秀 俊

九州労災病院リハ科

高 柳 清 美・三 輪 恵

福岡教育大学保健体育科

三 木 かおり・中 邨 博 子

Effects of Practice on Response of Lower Extremity in Basketball Player.

by

Hidetoshi Ihara

Department of Orthopaedic Surgery,
Kyushu Rosai Hospital

Kiyomi Takayanagi and Megumi Miwa

Department of Rehabilitation,
Kyushu Rosai Hospital, Kitakyushu

Kaori Miki and Hiroko Nakamura

Fukuoka University of Education, Fukuoka

Recent studies have documented increased multi-directional laxity in the knee and a reduction in muscular strength following exercise. The objectives of this study were to evaluate the effects of fatiguing- practice on lower extremity response in closed kinetic chain. Using a computerized system with two force platforms, subjects stood on these platforms and were instructed to shift their weight from one foot to another or jump as fast as possible following a sudden display of computer instructions which was randomly arranged. The parameters examined were: 1) reverse response time (RRT); time between the presentation of a stimulus and the beginning of the reverse response, 2) peak reverse value (PRV), 3) response time (RT); time between the presentation of a stimulus and the beginning of the shift in the opposite direction, and 4) gradient of shift (GS); acceleration of weight shift. Twenty-three university basketball players (thirteen women and ten men) with their average age being 20 years were tested before, during, and after practice of basketball. Testing took place in a gymnasium and the room temperature was at 12°C. In addition, a group of 11 other healthy volunteers, all of them being physiotherapy students, were studied for two consecutive days in order to evaluate retest reliability for the measurements included in the study. There were test-retest reliability in RRT, RT, and GS. RRT and GS did not change due to fatiguing practice. No significant difference was found between women and men in any parameter. There were significant improvement in RT between pre- and during-practice ($p<0.05$) in women. pre- and after-practice ($p<0.01$), and during- and after-practice ($p<0.05$) in men. The results obtained from this study were probably affected by two factors. 1) Because of the chill room temperature, warming with practice increased the extensibility of the musculotendinous unit. 2) Practice facilitated special neuromuscular coordination. These factors might thereby improve the response, however, no trends in these value may be identified due to the small sample size.

はじめに

関節運動速度が高速なスポーツ活動においては、拮抗筋活動が運動制御に大きく貢献し¹⁾、筋による身体制御能は損傷防止にとって重要な意味を持つ。一方、スポーツ活動の時間的経過とともに関節弛緩性の増大、関節周囲筋の疲労が生じることが報告されている。この場合、弛緩性を制御する関節周囲筋の反応が疲労により劣化すれば、関節にかかる多大な負荷を吸収できず、関節障害・損傷を引き起こされる機会が増大する。この筋による身体制御能として、立位時の下肢反応の運動経過による影響について、バスケットボールにおいて検討した。

対象と方法

対象は、大学のバスケットボール選手 23 名（女子 13 名、男性 10 名、平均年齢 20 才）である。

身体誘導能（下肢反応）測定には、竹井機器の垂直方向圧力盤 2 個とパーソナルコンピューターを組み合わせ、独自に作成したプログラムを用いた。被検者は、裸足にて 2 個の圧力盤に片足ずつ別個に乗せ、両脚立位にて、3 m 前方に位置させたディスプレイを見つめさせた。この場合の足の位置や四肢関節の屈曲度は自由にさせた。ディスプレイ上には三角形の図が示さ

れていて、三角形の白抜きの各隅のうちの 1 個が瞬時に白く変わり、被検者にはその瞬時位置させた方向へ、素早く体重を移動させるように指示した。姿勢は構わず、できるだけ速い反応が得られることを目指させた。この瞬時露出刺激は、左・右・上方向各 7 回をランダムに表示し、また表示待ち時間もランダムにし、更に異なる 3 種の組み合わせを用意した。上方向の表示の場合はジャンプを指示した。このようにして、視覚トラッキング動作による身体誘導能を測定した [図 1]。

測定機器は体育館の横の部屋に設置して、練習中は被検者を次々に呼び出して行った。

室温は 12℃ であった。本測定を始める前に、1 度試行させてこのテストに慣らさせた。本測定を、1) 練習前：ウォーミングアップ前、2) 練習中期：練習開始より平均 1 時間 44 分後（1 時間 5 分～2 時間 40 分後）、3) 練習終了期：練習開始より平均 3 時間 19 分後（2 時間 47 分～3 時間 54 分後）に行った。男女は時間帯をずらして練習を行ったが、1 回に 1 人しか測定できないので、測定時間帯が大きくなった。詳しく記せば、女性では練習中期の測定時間は練習開始より平均 1 時間 57 分後（1 時間 20 分～2 時間 40 分後）、練習終了期では平均 3 時間 13 分後（2 時間 47 分～3 時間 54 分後）であり、男性では練習中期では平均 1 時間 28 分後（1 時間 5 分～2 時間 3 分後）、練習終了期では平均 3 時間 20 分後（3 時間 6 分～3 時間 42 分



図 1 身体誘導能（下肢反応）測定
前方に位置させたディスプレイによる指示にて、身体を素早く誘導する。

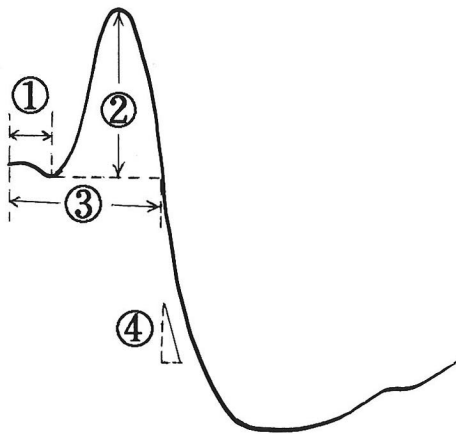


図 2 下肢反応曲線における各パラメーター
①応答時間、②逆応答値、③順応答時間、④順応答勾配

後)であった。

得られた反応曲線 [図 2] から、解析のためのパラメーターを選択した。目的とする移動方向の反応を順応答とし、それに先立つ逆方向の反応を逆応答とする。以下の 4 パラメーターを比較した。①応答時間 (刺激呈示から逆応答が起り始める時間)、②逆応答値 (逆応答の最大値)、③順応答時間 (刺激呈示から順応答開始時間: 逆応答開始時の基線と反応曲線の交差点までの時間)、④順応答勾配 (順応答の加速度: 順応答曲線の傾斜)。この 4 パラメーターにつき、男女間の比較、練習前後の比較を行った。尚、上方向のジャンプ時はトリック動作のため除去し、左右移動のデータのうち最大値と最小値を除いた各 5 個のデータの平均について、繰り返しのある一因子分散分析 (各因子間は Tukey の方法) にて統計処理した。

また、本測定の実現性をみるために、別な大学生 11 名にて 2 日間連続で本テストを行い、対応のある t 検定にて統計的に検討した。

結 果

本測定の実現性テストでは、応答時間、順応答時間、順応答勾配には有意差がなく、再現性が得られた。しかし、逆応答値には差がみられ ($p < 0.05$)、再現性が疑われたので、以下の評価では、応答時間、順応答時間、順応答勾配の 3 パラメーターについて検討した。また男女の受傷様式や頻度が異なるため、男女別に検討した。

練習前、練習中期、練習終了期それぞれにおいて男女間を比較すると、各パラメーターには差がみられず、いずれも男女差はみられなかった。

女性において、各パラメーターの、練習前・練習中期・練習終了期を比較した。応答時間、順応答勾配には経時的な有意差はなかった。しかし、順応答時間では、練習前 (313 ms) と練習中期間 (292 ms) に有意差があり ($p < 0.05$)、練習中期の方が反応が速くなっていた。

男性において、同じく各パラメーターの経時の変化をみると、女性と同じく応答時間、順応答勾配には経時的な有意差はなかった。しかし、順応答時間では、練習前 (324 ms) と練習終了期 (287 ms) ($p < 0.01$)、練習中期 (310 ms) と練習終了期 (287 ms) ($p < 0.05$) において有意の差があった [表 1]。

表 1 各パラメーターの経時変化

	練習前		練習中期		練習終了期	
	女性	男性	女性	男性	女性	男性
応答時間 (ms)	206	235	213	235	212	224
順応答時間 (ms)	313	324	292	310	301	287
順応答勾配 (%体重/ms)	506	438	519	412	488	401

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

考 察

運動後は靱帯性弛緩と筋疲労のために、関節の弛緩性が増加する (exercise-induced laxity)。Weisman¹⁴⁾ は周期的運動後の内側副靱帯コンプライアンスの平均 22.8% の増加、Stoller¹¹⁾ は運動 10~20 分後の膝回旋弛緩の 14% 増加、Steiner¹⁰⁾ はバスケットボール 90 分後やランニング 10 km 後の膝前後弛緩の 20% 増加、Skinner⁹⁾ は運動後の膝前後弛緩の 11% 増加、Johannsen⁴⁾ はランニング 30 分後の膝前後弛緩 16%・回旋弛緩 4.9% の増加を、それぞれ報告している。これらの運動後の弛緩性増加は、靱帯性弛緩と、筋緊張変化による修正が考えられている。

そうすると、その変位範囲の大きい動きを制動するために、より以上の筋の制御能が要求される。しかしながら、この時は筋も疲労した状態にあり、この能力を求めるにはいささか酷な状況になっているのである。Sherman⁸⁾ は、マラソン後はハムストリングや大腿四頭筋の筋力が 30~35% 減ずることを報告している。このようにスポーツ活動においては、その活動時間の経過とともに、筋疲労が生じることは経験からもうなずけることである。それ故、筋による身体制御能にも変化が起こることが予想され、それが関節の障害・損傷を惹起させることになっているのである。

そこで、実際の下肢関節外傷が、練習のどの時間帯に起こっているかを見るために、九州の大学に所属するバスケットボール選手にアンケート調査を行った。回答が得られた 241 名 (男子 127 名、女子 114 名) について検討した結果、膝・足関節の外傷を起こした時間帯は、練習開始から 30 分以内が 33 名 (17.9%)、30 分~60 分が 62 名 (33.7%)、60 分~120 分が 69 名 (37.5%)、120 分以上が 20 名 (10.9%) で、30 分~

120 分の間の受傷が多かった。120 分以上が少ない点として、この時間帯の試合や練習が少ないことが考えられる。30 分～120 分の間の受傷頻度の相対的な多さの要因として、上記に挙げたことが考えられる。

訓練疲労の下肢反応に与える影響についてみると、疲労惹起練習後も運動前応答時間・運動応答時間は変化なしとする報告^{2, 5)}があるが、いずれも外部負荷をしない測定である。一方、Morris⁷⁾は抵抗をかけた反応時間と神経筋疲労過程を検討し、応答時間（運動応答時間の成分）の延長があったと記している。

今回検討した、視覚トラッキングによる身体誘導能^{3, 13)}は、まさにこの関節を主とした身体の防御機能が、運動によりどの程度影響を受けるのかをみることであった。本実験の練習終了期においては、測定機器が1個なため測定時間帯が長くなり、練習終了直後の選手から、休息を入れて測定した選手まで含めた結果となった。そこで、練習終了期のうち最も早期に測定した3人と、最も遅く測定した3人の各パラメーターを比較してみた。その結果は有意差はなく、更に、この6人の経時的な比較を行ったが、差は出なかった。このことより、測定時間幅が長くなった練習終了期もそれなりの比較意義を有すると思われる。しかし、今回の実験においては、練習中期の数値でも平均104分経過しており、バスケットボール90分後の弛緩増加の報告からみても、練習中期との比較において筋疲労の影響を考慮できると考えた。

しかし、結果は予想に反して反応時間の低下が起こらず、むしろ順応時間でみ限り運動経過とともに反応が速くなっていた。運動の経時的影響として、①[ポジティブ効果]: 1) ウォーミングによる筋・腱伸張性改善, 2) 神経運動器協調能改善, ②[ネガティブ効果]: 1) 靱帯の粘弾性弛緩増大, 2) 筋疲労進行, 3) 神経運動器協調能低下, 4) 熱中による無理な動作実行, 5) 精神集中力低下, が考えられる。今回の結果からは、この運動のポジティブ効果が出たと考えられた。つまり、1) 今回の実験では、膚寒いという感じの室温であったため、運動そのものがウォーミングアップの役を果たし、暖まった筋・腱の伸張性の増加が起こり^{6, 12)}、反応向上の役を果たした。2) 運動経過とともに特有の神経の運動器協調能が覚醒し促進された。このように実験環境に今後留意する必要があると思われる。

それ故、今後このような経時的身体制御能にて対して、1) 適当な室温下を実施, 2) 異なる運動種類, 3) より複雑なトラッキング, 4) 異なる測定法, 5) 母集団の増加, 6) 運動終了直後の測定工夫, 7) 反応以外の筋機能の測定, などを課題として検討し、慎重に結論を導いていきたいと考えている。

結 論

①バスケットボールにおける運動の経時的経過が、身体制御能に与える影響を検討するため、独自に工夫した視覚トラッキング動作による身体誘導能を、練習前、練習中、練習後に測定した。

②その結果、反応速度を表すパラメーターの1部に、経時的な改善をみた。

③しかし、本データのみから特定の結論を引き出すことはできなかった。

文 献

- 1) Hagood, S. et al.: The effect of joint velocity on the contribution of the antagonist musculature to knee stiffness and laxity. *Am.J.Sports Med.* 18: 182-187, 1990.
- 2) Hayes, K.C.: Effects of fatiguing isometric exercise upon Achilles tendon reflex and plantar flexion reaction time components in man. *Europ.J.Apply. Physiol.* 34: 69-79, 1975.
- 3) 井原秀俊, 中山彰一: 関節トレーニング, 協同医書, 東京, 1990.
- 4) Johannsen, H.V. et al.: Exercise-induced knee joint laxity in distance runners. *Br.J.Sports Med.* 23: 165-168, 1989.
- 5) Kroll, W.: Effects of local muscular fatigue due to isotonic and isometric exercise upon fractionated reaction time components. *J.Mot.Behav.* 5: 81-93, 1973.
- 6) LaBan, M.M.: Collagen tissue. Implication of its response to stress in vitro. *Arch.Phys.Med.Rehab.* 43: 461-446, 1962.
- 7) Morris, A.F.: Effects of fatiguing isometric and isotonic exercise on resisted and unresisted reaction time components. *Europ.J. Appl.Physiol.* 37: 1-11, 1977.
- 8) Sherman, W.M. et al.: Recovery of muscular strength, power, and work capacity following intense endurance exercise. The marathon. *Med.Sci.Sports Exerc.* 14: 135, 1982.
- 9) Skinner, H.B et al.: Exercise-related knee joint laxity. *Am.J.Sports Med.* 14: 30-34, 1986.

-
- 10) Steiner, M.E. et al.: The effect of exercise on anterior-posterior knee laxity. *Am.J.Sports Med.* 14 : 24-29, 1986.
 - 11) Stoller, D.W. et al.: The effect of exercise, ice and ultrasonography on torsional laxity of the knee. *Clin. Orthop.* 174 : 172-180, 1983.
 - 12) Strickler, T. et al.: The effects of passive warming on muscle injury. *Am.J.Sports Med.* 18 : 1441-145, 1990.
 - 13) 高橋清美, 他: 荷重下での身体誘導能における性差の検討. *九州スポーツ医・科学会誌*, 1 : 47-50, 1988.
 - 14) Weisman, G. et al.: The effect of cycling loading on knee ligaments. *Am.J.Sports Med.* 8 : 24-30, 1980.
- ~~~~~