

平成 25 年度
順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科 修士論文

小学生に対するジャンプトレーニングが
疾走能力および跳躍能力に及ぼす影響

所属系 スポーツ科学系
氏 名 高田 将
論文指導教員 佐久間 和彦 教授

合格年月日 平成 26 年 2 月 27 日

論文審査員 主査 柳谷 登志雄

副査 青木 和浩

副査 佐久間 和彦

目次

目次	1
第1章 緒言	3
第2章 関連文献の考証	5
第1節 伸張-短縮サイクル運動	5
第2節 ジャンプトレーニング	7
第3章 目的	9
第4章 方法	10
第1節 被験者	10
第2節 研究プロトコル	10
第3節 実験期間および場所	11
(1) 実験期間	11
(2) 実験場所	11
第4節 測定項目および測定方法	11
(1) 疾走能力測定	11
(2) 跳躍能力測定	12
(3) 疾走時下肢関節角度、角速度、角度変位測定	13
(4) 跳躍時下肢関節角度、角速度、角度変位測定	13
(5) 等尺性筋力測定	13
(6) 形態計測	14
第5節 介入方法	14
(1) トレーニング内容	14
(2) トレーニング頻度	14
(3) トレーニング状況のモニタリング	14
第6節 疾走および跳躍時下肢関節角度、角速度、角度変位算出方法	15
(1) 疾走時	15
(2) 跳躍時	15
第7節 分析項目	15
(1) 50m 走タイムおよび10m毎の区間平均走速度	15
(2) 25~35m 区間におけるストライド、ピッチ、支持時間、非支持時間	15

(3) 疾走時下肢関節角度、角速度、角度変位	16
(4) 跳躍時下肢関節角度、角速度、角度変位	17
第 8 節 統計処理	17
第 5 章 結果	19
第 1 節 本研究における被験者の身長および体重の発達	19
第 2 節 ジャンプトレーニングが疾走能力に及ぼす影響	19
第 3 節 ジャンプトレーニングが跳躍能力に及ぼす影響	19
第 4 節 ジャンプトレーニングが疾走能力、跳躍能力の決定要因に及ぼす影響	20
(1) 疾走時の 25～35m 地点のピッチ、ストライド、接地時間、滞空時間	20
(2) 疾走時の 25～35m 地点の下肢関節角度、角速度、角度変位	20
(3) 跳躍能力の決定因子	23
(4) 膝関節および足関節の等尺性筋力	26
第 6 章 考察	27
第 1 節 ジャンプトレーニングが疾走能力および跳躍能力の決定要因に及ぼす影響	27
第 2 節 ジャンプトレーニングが跳躍能力および跳躍能力の決定要因に及ぼす影響	28
第 3 節 考察のまとめ	29
第 7 章 結論	30
第 8 章 要約	31
謝辞	33
引用文献一覧	34
欧文要約	38
図表一覧	39

第1章 緒言

ヒトは2歳前後で走運動および跳運動が可能となり、体力、動作等が複合的に変化しながら6歳ごろには成人に類似した、ほぼ成熟型の動作が獲得されると言われている²³⁾³³⁾。走運動および跳運動は、学習指導要領において小学校1年生から高校3年生までの全学年において扱われており²⁴⁾²⁵⁾²⁶⁾、様々な運動を行う際の基本となる運動であると言える。しかもそれは、誰もが特別な学習やトレーニングを行うことなく、自然発生的に身につけられていく。しかし、4歳から7歳頃にはすでに走能力の個人差が存在する事が指摘されており¹⁶⁾、この個人差は形態や動作¹⁷⁾、運動経験¹⁶⁾によるものであることが示唆されている。さらにその後の発育発達過程にも大きな個人差があるといわれているが、子どもがその時に持っている力を最大限に引き出すことは指導者の重要な役割であると言える。

これまでに、子供の走能力を高めることを目的として補助器具を用いること²⁰⁾、言葉による指示をすること¹⁹⁾、スプリントドリルを行うこと²⁵⁾などによって動作改善のための指導が検討されたり、ミニハードルやラダーを用いて、走能力の決定要因であるストライドやピッチを改善するための指導³⁵⁾などが検討されたりしてきた。しかし、ジャンプトレーニングを用いて、子供の疾走能力および跳躍能力を改善しようとしている研究はわずかである。Faigenbaum(2007)は「児童期の神経系はジャンプやスキップ、ランニングを伴う運動技能を学習する準備段階にあり、この時期にジャンプトレーニングを実施することは、その後の運動技能の獲得にとって有益である」⁵⁾としていることから、ジャンプトレーニングが小学生の運動能力にどのような影響を及ぼすかを検討することは重要であると考えられる。これまでジャンプトレーニングは、成人のトレーニングとして行われており、バリスティックな伸張-短縮サイクル(Stretch-Shortening Cycle : SSC)運動の遂行能力の改善、すなわち陸上競技における短距離種目や跳躍種目、球技スポーツのパフォーマンスを向上させる目的で扱われてきた⁴³⁾。

遠藤ら(2007、2009)は、垂直跳びとバリスティックな跳躍運動(リバウンドジャンプ)を対比させ、跳躍能力の発達についての検討を6歳~18歳を対象に行い、両跳躍能力は対応しながら発達していくこと、個人の跳躍能力の特性として垂直跳の遂行能力が優れている者とバリスティックな跳躍運動の跳躍能力が優れている者が存在すること、バリスティックな跳躍運動の跳躍能力が優れている者は垂直跳の遂行能力が優れている者と比較して疾走能力および球技スポーツなどにおけるフットワーク能力が優れていることを報告した³⁾

4)。さらに向井(2011)は、バリスティックな跳躍運動をジャンプトレーニングとして、1回10分程度、継続的に行うことでバリスティックな跳躍能力が向上することを示した²⁸⁾。これらの報告から、バリスティックな跳躍運動を用いたジャンプトレーニングによって小学生の疾走能力を高めることが可能であると考えられるが、それを明らかにした研究は見当たらない。バリスティックな跳躍運動を用いたジャンプトレーニングの影響を明らかにすることは、小学生の疾走能力および跳躍能力の向上を目指す指導にとって重要な研究課題であると考えられる。

第2章 関連文献の考証

第1節 伸張-短縮サイクル運動

伸張-短縮サイクル(Stretch-Shortening Cycle : SSC)運動は、着地直後に前方や上方へ移動する際に生じており、筋が強制的に伸展されることで短縮性収縮に先立って伸張性収縮が生じる筋活動のことで、短縮性収縮のみよりも大きな力を発揮できることが明らかになっている¹⁷⁾。SSC運動は、陸上競技における短距離種目や跳躍種目または球技スポーツなどにおけるフットワークのように、極めて短時間に行う踏切や方向転換する場面等において利用されている。特に、優れた短距離種目や跳躍種目、球技スポーツなどの選手は、SSC運動を非常に短時間で行っていることが明らかになっている⁴³⁾。この能力は、マルチジャンプテストという測定器を用いて、リバウンドジャンプ(以下RJ)やドロップジャンプ(以下DJ)、リバウンドドロップジャンプ(以下RDJ)などを行うことによって簡便に測定することができる⁴³⁾。これら測定運動はいずれもSSC運動を利用して、非常に短い運動遂行時間の中で行われるバリスティックな跳躍運動であり、跳躍時の跳躍高を踏切時間で除すことで得られるRJ(DJ、RDJ)指数によって、SSC運動の遂行能力が評価されている。

また、SSC運動の遂行能力を決定する要因について検討する研究もおこなわれている。図子ら(1995)はSSC運動の遂行能力を評価する指標の一つであるRDJの遂行能力を決定する要因について検討した⁴⁰⁾。その結果、RDJ遂行時の接地時間と跳躍高の間には有意な相関関係が認められなかったことから、バリスティックなSSC運動の遂行能力は「運動遂行時間の短縮能力」と「高い跳躍高の獲得能力」の二つの独立した能力によって決定されることを示唆している。さらに、それぞれ独立した能力について、その決定要因を検討した結果、筋力や瞬発力は「高い跳躍高の獲得能力」には大きく関係しているが「運動遂行時間の短縮能力」には必ずしも関係していないことを示した。「運動遂行時間の短縮能力」を決定する要因については図子ら(1995)が明らかにしている⁴¹⁾。すなわち、足関節に関与する筋群を予備緊張させることによってより短時間で大きな力を発揮できることが示された。また、予備緊張をさせるためには、時間的空間的な予測に基づいて接地直前に足関節を背屈させることが重要であることを示唆した。

図子ら(1992)はDJにおけるバリスティックなSSC運動の遂行能力について、その決定要因を検討した¹⁹⁾。既出の「高い跳躍高の獲得能力」は、スクワット運動による高い最大筋力や垂直跳びで高い跳躍高を獲得する能力を必要とし、「運動遂行時間の短縮能力」は、

踏切前半の足関節の貢献度を大きくする技術を引き出すための先取り能力、すなわち時間的空間的予測に基づいて接地直前に足関節を背屈させ、踏切に関わる足関節の筋群を予備緊張させることが必要であると示した。澤村ら(1998)は、ドロップジャンプの特徴を示す、跳躍高・踏切時間・DJ 指数の三つの変数と踏切動作との違いに着目し、キネマティクスの観点から明らかにしようとしたところ、跳躍高の達成度の差によって踏切動作の違いは見られなかったため、高く跳躍するための踏切動作は多様であること、短い踏切時間および高い DJ 指数を示した者の踏切動作の特徴は、踏切前から膝・足関節角度を小さくして踏切の先取りをし、接地後は下肢関節の屈曲量を小さくし、踏切後半では足関節を伸展し大きなキック力を発揮することであると示した³⁰⁾。

ここまでに示した先行研究は全て成人もしくは高校生を対象に検討した研究であり、これらの報告は、極めて短い SSC 運動の遂行能力は、二つの独立した要因によって決定されること、すなわち「高い跳躍高の獲得能力」と「運動遂行時間の短縮能力」であり、前者にはスクワットや垂直跳びに重要とされる筋力やパワーが重要とされ、後者には踏切の先取りをする能力および先取り能力、すなわち、時間的空間的予測に基づいて、接地前に膝・足関節角度を小さくし、接地前半では下肢関節の屈曲量を小さくすることが重要であると示している。

一方、成人のみならず、子どもを対象に極めて短時間に遂行される SSC 運動の遂行能力について明らかにしようという研究も存在する。田内ら(2005)は小学4,5,6年生と中学1,2年生を対象に RJ の発達プロセスについて検討し、RJ 指数は経年的に向上することを明らかにした³²⁾。志手ら(1996)は小学4,5,6年生を対象に RDJ の遂行能力の発達および特徴について報告した³¹⁾。まず「踏切時間」において、学年間では有意な差が認められなかった。一方「滞空時間」においては、学年間の比較では学年進行に伴う滞空時間の増加傾向を示した。このことから特に小学5年生以降における小学生の、バリスティックな SSC 運動の遂行能力の向上は、高い跳躍高の獲得能力の発達に起因するということが示唆された。遠藤(2009)は、志手らの報告が6~18歳の範囲においても同様に認められることを示した⁴⁾。すなわち、RJ 指数の経年的な増大は跳躍高の増大によるものであって接地時間に年齢間の差は認められないということである。この原因として、経年的に神経-筋系の機能が発達したとしても、体重及び跳躍高が増大するために、受け止めるべき伸張負荷も増大すること、身長が増大に伴って下肢のセグメント長が増加することで同じ角度でも動作範囲が大きくなることなどを挙げている。すなわち、RJ が行うことができるようになってからは、年齢

に関係なく、同じ運動遂行時間の中でより大きな力を発揮するように発達するということを示した。さらに遠藤ら(2007)は、0.5~0.8秒の比較的長い時間をかけて行われるSSC運動⁴⁰⁾を利用しているCMJの跳躍高と、バリスティックなSSC運動を利用しているRJの遂行能力の発達について関連付けて検討している。すなわち、CMJ跳躍高とRJ指数は対応しながら発達していくこと、第2次性徴開始時期(9-13歳)以降、CMJが優れている者とRJが優れている者に分かれていく可能性があることを示唆しており、陸上競技の短距離選手や跳躍選手でRJが相対的に優れており、スキージャンプやスケート選手ではCMJが相対的に優れていること⁴³⁾を踏まえると、RJとCMJを同時に評価することは子どもの跳躍能力を適切に測定できるのみならず、子どもの個性に応じたスポーツやトレーニングの選択に役立つ可能性を示唆した。

第2節 ジャンプトレーニング

図子(2006)は、バリスティックなSSC運動の遂行能力を改善するためには、脚が短時間に大きな力を発揮するプライオメトリックトレーニング(ジャンプトレーニング)が有効であることを示唆している³⁹⁾。またプライオメトリックトレーニングに用いられるジャンプそのものがバリスティックなSSC運動であるため、それを繰り返し行うことで能力は改善されるものと考えられる。高強度かつ極めて短時間に行われるSSC運動の遂行能力が要求される陸上競技の短距離走や跳躍種目などでは、専門的な筋力・パワートレーニングとして位置づけられて取り組まれてきた³⁷⁾。図子(2005)はHakkinenら(1985)の研究をもとに、DJトレーニングの効果を、しばしば筋力トレーニングの場で用いられるスクワットトレーニングと比較することで検討した。スクワットトレーニングが筋肥大などの構造要因が改善されて最大筋力が向上することに対して、DJトレーニングでは神経系が改善されることによって、最大筋力と素早く力を発揮する能力の両方が向上することを示唆した³⁷⁾¹⁴⁾。さらに、バリスティックなSSC運動が行われる疾走運動の遂行能力に対してジャンプトレーニングが及ぼす影響もいくつかの研究で検討されている。

岩竹ら(2008)は、高校1年生に対して、ジャンプトレーニングとしてハードルジャンプ、スキップ、バウンディングを週1回8週間行わせ、トレーニングの際には「できるだけ接地時間を短くして膝関節を曲げすぎないこと」と指示をした¹²⁾。結果として疾走能力において50m走タイム、最大疾走速度、30-40m、40-50m区間の疾走速度が向上したことを報告した。de Villarrealら(2008)は、普段ジャンプトレーニングを行っていない大学生を

対象に週 2 回 7 週間、トレーニング運動として 1 セット 10 回の DJ トレーニングを 6 セット行わせた。測定項目の 20m 走タイムおよび DJ の接地時間、最大筋力が有意に改善されたことを示した²⁾。また、短距離走への効果のみならず、高い跳躍や素早い踏切による切り返しなどの能力が要求される球技スポーツにおいても SSC 運動の遂行能力を高めることは重要であることから、球技スポーツのパフォーマンスに対するジャンプトレーニングの効果について検討がなされている。図子(2006)は 18~20 歳のバスケットボール選手を対象に週 3 回 7 週間の頻度でジャンプトレーニングとして RDJ を、できるだけ短い踏切と膝関節を曲げすぎないようにすることを指示した上で実施し、Post テストにおいて RDJ における接地時間の短縮から跳躍能力の向上、フットワークに関わる方向転換走タイムの短縮を報告した³⁸⁾。これらの報告は、ジャンプトレーニング、中でもバリスティックな跳躍運動によるジャンプトレーニングが跳躍能力のみならず疾走能力に対しても有効であることを示している。

一方、子どもに対してプライオメトリックトレーニングを実施し、跳躍能力や疾走能力にどのような影響を及ぼすのかを検討した研究はわずかである。荻山ら(2010)は小学 1 年生、5 年生を対象に週 3 回 2 週間、CMJ を行う群と RJ を行う群に分けて介入を実施し、小学 1 年生の CMJ トレーニング群の跳躍能力下位グループにおいてのみ、CMJ の跳躍高が認められ、CMJ によるトレーニングと RJ によるトレーニングでは効果が異なる可能性を示した¹⁵⁾。渡邊(2008)は小学 1 年生、2 年生を対象に 1 回 10 分程度の RJ トレーニングを実施し、RJ 指数の増加を報告した³³⁾。数少ない、これら、小学生に対するジャンプトレーニングの研究が示していることは、バリスティックな跳躍運動をトレーニング運動として用いた場合、バリスティックな跳躍能力が向上するということである。一方、バリスティックな跳躍運動を用いて、疾走能力への影響を明らかにした研究は、向井(2011)が RJ をトレーニング運動として用いて介入を行い、50m 走タイムに有意な変化は認められなかったと報告している以外に見当たらない。すなわち、小学生に対するジャンプトレーニングの効果を検討した中でも、トレーニング運動として RJ を用いた研究では、疾走能力に対する影響は十分に明らかにされてはいない。RJ に代表される、極めて短い時間に大きな力を発揮する能力と疾走能力との高い相関関係が報告されていることから、RJ そのものをトレーニングに用いることでバリスティックな SSC 運動の遂行能力が改善され、疾走能力にも好ましい効果を与える可能性が考えられる。これを明らかにすることは、小学生における疾走能力改善に向けた重要な研究課題であると考えられる。

第3章 目的

活動的な小学生に対するジャンプトレーニングが疾走能力および跳躍能力に及ぼす影響を明らかにすること。

第4章 方法

第1節 被験者

被験者は、週に2日、1時間程度の活動を行う地域型多種目運動クラブに所属する小学4年生11名、5年生5名、6年生7名の男女、計23名とした。被験者の身体的特性を表1に示した。なお、実験に先立ち、被験者およびその保護者に対して本研究の目的、実験内容および危険性についての説明を紙面および口頭で十分に行い、被験者として参加することを依頼した。研究への参加を承諾した被験者およびその保護者から、同意書に署名、捺印を得た。

第2節 研究プロトコル

被験者23名に対してPre測定を実施した。測定された疾走能力および跳躍能力をもとに被験者を介入群と対照群に振り分け、8週間の介入期間を設けて介入群に対してジャンプトレーニングを実施した。介入期間の8週間は、介入群はクラブの活動前にジャンプトレーニングを行い、対照群はクラブの活動のみを行った。介入期間終了後、被験者23名に対してPost測定を実施し、得られたデータを分析した。なお、介入期間のクラブの活動は、1回の活動時間1時間のうち、前半は鬼ごっこやタグとりなどのレクリエーションやコーディネーション運動で楽しみながら身体を多様に動かす運動、後半は特別な技術指導を行わないリレーや変形ダッシュなどで楽しみながらかけっこを行う運動であった。

介入群と対照群への振り分けは、まず23名の50m走タイムおよび5RJ指数の平均値と標準偏差を算出した。50m走タイムは8.94s(±0.78)、5RJ指数は1.34(±0.39)であった。次に各自の両記録を偏差値化した。各自の両記録の偏差値の平均値を求め、得られた値をこの集団における疾走能力と跳躍能力を考慮した値とした(表2,3)。その値が大きい順に並べ替えて上から2人ずつペアをつくり、そのうち1人を介入群に、もう1人を対照群に振り分けた。なお、振り分ける際には置換ブロック法を用いた。群分けの結果、介入群は6年生3人、5年生3人、4年生6人、対照群は6年生4人、5年生2人、4年生5人となった。2群間の差の有無を調べるために、まずF検定を行って2群の分散が等しいことを確認し、対応のないt検定を用いて平均値の差を検定した。その結果、50m走タイムおよび5RJ指数の群間に有意な差は認められなかった。なお、研究プロトコルを図1に示した。

第3節 実験期間および場所

(1) 実験期間

a) トレーニング実施期間：2013年6月4日から7月25日

b) Pre 測定実施日：2013年5月25日、6月1日

c) Post 測定実施日：2013年7月28日、8月1日

Pre および Post 測定の気象状況は表4に示した。

(2) 実験場所

a) トレーニング実施場所：印旛中央公園、小学校体育館

b) Pre および Post 測定実施場所：岩名運動公園陸上競技場、順天堂大学陸上競技場

第4節 測定項目および測定方法

(1) 疾走能力測定

疾走能力の指標は50m走タイム、10m毎の区間平均走速度とした。

被験者は、全天候型走路直線レーンにおいて各自のランニングシューズを着用し、スタンディング姿勢から雷管の合図で走りだし、50mの全力疾走を2回行った。太田ら(1998)が本研究と同様に2本の50m測定を実施した際に「疲労の影響がでないように十分配慮した」という報告にならい、本研究においても1本目と2本目の間隔は、2本目に疲労の影響がでないように配慮して十分に休息させた²⁹⁾。疾走中の左右へのふらつきを少なくするためにレーン間の線上を疾走した。測定方法を図2に示した。伊藤(2007)を参考に、スタートから30m地点の側方、30m離れた地点に三脚を用いて地上1.3mの高さに高速度カメラ(GC-PX1, 日本ビクター社製)を設置した⁷⁾。被験者をスタートからゴールまで毎秒300コマでパニング撮影を行った。50mのタイムおよび10m毎の各区間平均走速度を測定するため、カメラと各測定地点を結んだ線の上を通過する被験者の走路両脇延長線上にあらかじめポールを設置した。トルソーとポールが重なる瞬間のコマ数をもとに50m走タイムおよび10m毎の各区間平均走速度を測定した。なお、本研究と同様に疾走能力の指標として50m走タイムをパニング撮影によって測定している実験の多くで、スタート合図への反応時間を疾走能力に含めないために、合図によってスタートした後、被験者の後ろの足が地面から浮いた瞬間を50m走のスタートとし、映像解析ではそこからのコマ数をもとに

走タイムおよび走速度を算出した。本研究においても反応時間を疾走能力に含めないためにこれに従って撮影、解析を行い、50m 走タイムおよび 10m 毎の区間平均走速度を算出した。

(2) 跳躍能力測定

跳躍能力の指標は 5 回リバウンドジャンプ、ドロップジャンプ、カウンタームーブメントジャンプ、スクワットジャンプの各跳躍高とした。

実施前には数回の練習を行ったのち、以下 4 種類の跳躍運動を、マルチジャンプテスト (PTS-102, DHK 社製) を用いてそれぞれ 3 回の測定を行った。

a) 5 回リバウンドジャンプ (以下 5RJ とする) : 腰に手を当て、着地した瞬間にできるだけ素早く踏み切り、高い跳躍を 5 回連続で行う。跳躍高、接地時間、指数を測定した。なお、分析対象とした測定値は、1 試技 5 回の跳躍のうち、最も指数の大きかった跳躍時の指数、接地時間、跳躍高とした。短時間に大きな力を発揮するバリスティックな SSC 遂行能力の指標として測定した。

b) ドロップジャンプ (以下 DJ とする) : 腰に手を当て、高さ 30 cm の台上から跳び下り、着地した瞬間にできるだけ素早く踏み切り、高い跳躍をする。指数、接地時間、跳躍高を測定した。短時間に大きな力を発揮するバリスティックな SSC 遂行能力の指標として測定とした。

c) 反動あり垂直跳び (以下 CMJ とする) : 腰に手を当て、膝関節や股関節の反動を使い、できるだけ高い跳躍をする。跳躍高を測定した。反動を利用して発揮されるパワーの指標として測定した。

d) 反動なし垂直跳び (以下 SJ とする) : 腰に手を当て、胸を張り、できるだけ膝がつま先よりも先に出ないように注意しながら膝関節が 90 度になるまで腰を落とす。その姿勢で静止した状態からできるだけ高い跳躍をする。跳躍高を測定した。反動を利用せずに発揮されるパワーの指標として測定。

マルチジャンプテスト上で以上の跳躍運動を実施することで接地時間 (T_c)、滞空時間 (T_a)、跳躍高 (h)、指数が計算され、接続されたパソコン上に表示される。跳躍高および指数は以下の式によって求められる。

$$\text{跳躍高}(h) = \frac{1}{8} g \cdot t a^2 (\text{m}) \quad \text{なお、} g \text{ は重力加速度 (} 9.81 \text{m/s}^2 \text{) を示す}$$

$$\text{指数} = h/T_c \text{ [m/s]}$$

(3) 疾走時下肢関節角度、角速度、角度変位測定

小学生において最大走速度が生じるとされる 25m から 35m 地点^{7), 8), 9), 10), 17), 34)}の下肢関節角度、角速度、角度変位測定を測定するために、50m 走のスタートから 30m 地点の側方、15m 離れた地点に三脚を用いて地上 1.3m 高速度カメラを設置して毎秒 300 コマで固定撮影した。撮影時の高速度カメラは、フレームレイト 300fps、解像度 640×360p、画角はスタートから 25m 地点と 35m 地点の間 10m であった。測定方法を図 2 に示した。撮影は被験者の矢状面左側から行うこととし、測定試技前に被験者の各身体分析点(左大転子、左膝関節外側中心、右膝関節内側中心、左足関節外果、右足関節内果、左足部先端外側、右足部先端内側)に験者が 3 cm 角のテープを張り付け、角度、角速度、角度変位を算出するためのデジタイズの目印とした。なお、スタートから 30m 地点の走路上で 60cm の較正装置を用いて較正用の映像を上記と同様のカメラ位置から撮影した。

(4) 跳躍時下肢関節角度、角速度、角度変位測定

5RJ 測定時、マルチジャンプテストから側方に 5m 離れた地点に三脚を用いて地上 0.85m に高速度カメラを設置し、5RJ 測定を毎秒 300 コマで撮影した。撮影時の高速度カメラは、フレームレイト 300fps、解像度 640×360p、画角はマルチジャンプテストから跳躍の最高点到達時の全身が収まる範囲であった。測定方法を図 3 に示した。撮影は被験者の矢状面左側から行うこととし、測定試技前に被験者の各身体分析点(左大転子、左膝関節外側中心、左足関節外果、左足部先端外側)に験者が 3 cm 角のテープを張り付け、角度、角速度、角度変位を算出するためのデジタイズの目印とした。マルチジャンプテストの中心で 60 cm の較正装置を用いて較正用の映像を上記と同様のカメラ位置から撮影した。

(5) 等尺性筋力測定

ハンドヘルドダイナモメーター (ミュータス F100, アニマ社製) を用いて、アニマ社発行のマニュアルに従い以下の通り膝関節の等尺性伸展および屈曲筋力、足関節の等尺性背屈および底屈筋力をそれぞれ 3 回測定した。測定時には測定部位の関節角度はいずれも 90 度にし、5 秒間かけて最大の筋力発揮をするよう指示して実施した。

a) 膝関節伸展および屈曲筋力：背もたれのない台上に深く腰掛け、股関節屈曲位 90 度、膝関節屈曲位 90 度、足関節 0 度にし、両腕を胸の前で交差させて測定を実施した。

b) 足関節背屈筋力：長座位で股関節屈曲位 90 度、膝関節 0 度、足関節 0 度にし、両腕を胸の前で交差させて測定を実施した。

c) 足関節底屈筋力：腹臥位で股関節 0 度、膝関節屈曲位 90 度、足関節 0 度にて測定を実施した。

(6) 形態計測

身長計 (YG-200, YAGAMI 社製) を用いて身長を、体重計 (YT-150, YAGAMI 社製) を用いて体重を計測した。

第 5 節 介入方法

(1) トレーニング内容

トレーニング方法は図 4 に示した。介入群は 50 cm 間隔に設置されたフラットな 11 本のスティックを両脚で跳び越えていく、10 回の連続跳躍を 1 セットとして、これを 1 度のトレーニングで計 6 セット行った。跳躍は「できるだけ短い接地時間で高く跳び上がる」と指示し、最大努力で行わせた。トレーニングは屋外の芝生上および雨天時は体育館内の合成スポンジマット上で行った。なお、Chu (2006) に従い、トレーニング前のウォーミングアップとして、ジョギング、体操の後、10 分間程度の動的ストレッチを毎回実施した¹⁾。

(2) トレーニング頻度

介入群は、上記のトレーニングプログラムを週に 2 日 (火曜日、木曜日) に実施し、期間は 8 週間とした。トレーニング内容、条件および頻度は Barbara (2011)、Chu (2006) をもとに決定した¹³⁾¹⁾。

(3) トレーニング状況のモニタリング

週 2 回、8 週間のトレーニングの全てに験者である著者が立ち会い、トレーニングの前に実施するウォーミングアップを毎回同じ内容で行わせた。ウォーミングアップ後、験者が 50cm 間隔にスティックを設置し、被験者はそれを用いてトレーニングを実施した。毎回のトレーニング前には「最大努力でできるだけ短い接地時間で高い跳躍高を獲得できるように連続跳躍を行うこと」という指示をし、短い接地時間で高い跳躍高を獲得する連続

跳躍を習得している験者が実演にて模範を示した。トレーニング開始後、Barbara(2011)の安全にジャンプトレーニングを行うための報告¹³⁾に従い、各自の前のセットの跳躍終了から90秒以上の休息を1セット毎に確保した。介入群におけるすべての被験者が10回の連続跳躍を6セット、週2回、8週間の全てのトレーニングを実施した。

第6節 疾走および跳躍時下肢関節角度、角速度、角度変位算出方法

撮影した映像をコンピュータに取り込み、コンピュータソフトウェア(Dipp-Motion PRO, ディテクト社製)を用いて、疾走時の身体分析点7点(左大転子、左膝関節外側中心、右膝関節内側中心、左足関節外果、右足関節内果、左足部先端外側、右足部先端内側)に験者が3cm角のテープを張り付け、跳躍時の身体分析点4点(左大転子、左膝関節外側中心、左足関節外果、左足部先端外側)を1コマおきにデジタイズした後、スプライン補間によって欠落点を補完した。得られた二次元座標値を校正による相対値座標値から実長換算し、得られた座標値のデータにおける微細な誤差を取り除くために、3次スプラインで平滑化を行った。

(1) 疾走時

撮影を行った25mから35m地点の中の3ランニングサイクル(6歩分)を対象として分析を行った。

(2) 跳躍時

撮影を行った3試技の5RJのうち、指数が最も大きかった試技の中でさらに5RJ指数の最も大きかった跳躍の着地前から離地するまでを対象として分析を行った。

第7節 分析項目

(1) 50m走タイムおよび10m毎の区間平均走速度

a) 10m毎の疾走速度(m/sec): 10(m)をそれに要した時間(sec)で除した値とした。

b) 10m毎および50mのタイム: 撮影した映像からコマ数を読み取り一コマあたりの時間(sec)を乗じて各タイムとした。

(2) 25~35m区間におけるストライド、ピッチ、支持時間、非支持時間

a) ストライド(m): 接地した足先から逆足が接地した際の足先間の距離とした。

b) ピッチ (Hz) : 1 歩(接地してから逆足が接地すること)に要した時間の逆数とした。
いずれも 6 歩分の測定値の平均値を分析対象とした。

c) 支持時間(sec) : 接地してから同側の足が離地するまでの時間とした。

d) 非支持時間(sec) : 離地してから逆足が接地するまでの時間とした。

(3) 疾走時下肢関節角度、角速度、角度変位

関節角度定義は、伊藤ら(1998)が用いている項目を参考にして¹⁹⁾、以下および図 5 に示した。なお、本研究では、地面から離れている脚をスイング脚、地面に接している脚を支持脚とした。それぞれの分析項目はいずれも左右の脚の平均値を測定値として採用した。

a) スイング脚

・ もも上げ角度 ($\theta 1$) : 大転子点と膝関節中心の結線と、大転子点を通る鉛直線のなす角度の最大値とした。

・ 引き付け角度 ($\theta 2$) : 大転子点と膝関節中心の結線と、膝関節中心と足関節中心の結線のなす角度の最小値とした。

・ 振り出し角度 ($\theta 3$) : 脚全体(大転子点と足関節中心の結線)と大転子点を通る鉛直線のなす角度の最大値とした。

・ 引き出し角度 ($\theta 4$) : 反対脚が接地した瞬間の大転子点と膝関節中心の結線と、大転子点を通る鉛直線のなす角度とした。

・ もも上げ角速度の最大値 ($\omega 1$) : 大転子点と膝関節中心の結線と、大転子点を通る鉛直線のなす角度の最大角速度とした。

・ 引き付け角速度の最大値 ($\omega 2$) : 大転子点と膝関節中心の結線と、膝関節中心と足関節中心の結線のなす角度の最大屈曲速度とした。

・ 振り出し角速度の最大値 ($\omega 3$) : 大転子点と膝関節中心の結線と、膝関節中心と足関節中心の結線のなす角度の最大伸展速度とした。

・ 振り戻し角速度の最大値 ($\omega 4$) : 接地直前の脚全体(大転子点と足関節中心の結線)と大転子点を通る鉛直線のなす角度の最大角速度とした。

b) 支持脚

・ 接地瞬間の股関節角度 ($\theta 5$) : 大転子点と膝関節中心の結線と、大転子点を通る鉛直線のなす角度。

- ・接地瞬間の膝関節角度 ($\theta 6$) : 大転子点と膝関節中心の結線と、膝関節中心と足関節中心の結線のなす角度。

- ・接地瞬間の足関節角度 ($\theta 7$) : 膝関節中心と足関節中心の結線と、足関節中心と足先の結線のなす角度。

- ・膝関節 ($\theta 8$) および足関節 ($\theta 9$) の関節角度の最小値。

- ・離地瞬間の股関節 ($\theta 10$)、膝関節 ($\theta 11$)、および足関節 ($\theta 12$) の関節角度。

- ・股関節 ($\omega 5$)、膝関節 ($\omega 6$)、および足関節 ($\omega 7$) 伸展速度の最大値 (なお、本研究における、足関節の伸展とは足底屈を意味している)。

- ・接地局面における脚全体スイング速度の最大値 ($\omega 8$)。

また、接地瞬間、接地局面における最小値および離地瞬間の関節角度から、膝関節および足関節の屈曲および伸展変位を算出した。なお、接地瞬間の股関節角度および離地瞬間の股関節角度は、大転子点を通る鉛直線よりも膝関節中心が前方にあれば正の値、後方にあれば負の値とした。最大振り戻し角速度、股関節の最大伸展速度および脚全体の最大スイング速度は算出された値を絶対値にして表記した。

(4) 跳躍時下肢関節角度、角速度、角度変位

関節角度定義は以下および図 6 に示した。

① 接地局面

- ・接地瞬間の股関節角度 ($\theta 13$) : 大転子点と膝関節中心の結線と、大転子点を通る鉛直線のなす角度。

- ・接地瞬間の膝関節角度 ($\theta 14$) : 大転子点と膝関節中心の結線と、膝関節中心と足関節中心の結線のなす角度。

- ・接地瞬間の足関節角度 ($\theta 15$) : 膝関節中心と足関節中心の結線と、足関節中心と足先の結線のなす角度。

- ・離地瞬間の股関節 ($\theta 16$)、膝関節 ($\theta 17$)、および足関節 ($\theta 18$) の関節角度。

- ・股関節 ($\theta 19$)、膝関節 ($\theta 20$) および足関節 ($\theta 21$) の最小角度。

- ・股関節 ($\omega 9$)、膝関節 ($\omega 10$)、および足関節 ($\omega 11$) 伸展速度の最大値。

また、接地瞬間、接地局面における最小値および離地瞬間の関節角度から、膝関節および足関節の屈曲および伸展変位を算出した。

第8節 統計処理

各測定項目について平均値と標準偏差を算出した。初めに、各群の Pre 測定値と Post 測定値を対応のある t 検定を用いて有意差の検討を行ったが、両群において多くの項目で有意差が認められ、トレーニングの効果によるものか発育発達によるものかを判断することができないため、発育発達の基準を対照群の成長度合いとして、以下の方法で介入群におけるトレーニング効果を検討した。各測定値について介入期間前後の変化率を、Post 測定値から Pre 測定値を減じ、この値を Pre 測定値で除することで算出した。各測定値の変化率を群間で対応のない t 検定を用いて有意差の検討を行った。有意差の有無は危険率 5% で判定した。なお、身長、体重においては被験者の身体的発達を確認するため、対応のある t 検定を用いて群内比較で有意差の検討を行った。有意差の有無は危険率 5% で判定した。

第5章 結果

第1節 本研究における被験者の身長および体重の発達

群内比較において、介入群の身長は Pre 測定値 $1.39 \pm 0.08\text{m}$ 、Post 測定値 $1.40 \pm 0.07\text{m}$ 、変化率 $0.8 \pm 0.5\%$ であり、有意に増加していた ($p < 0.001$)。体重は Pre 測定値 $32.87 \pm 7.07\text{kg}$ 、Post 測定値 $33.41 \pm 7.35\text{kg}$ 、変化率 $\Delta 1.6 \pm 2.1\%$ であり、有意に増加していた ($p < 0.05$)。対照群の身長は Pre 測定値 $1.39 \pm 0.07\text{m}$ 、Pre 測定値 $1.41 \pm 0.07\text{m}$ 、変化率 $\Delta 1.1 \pm 1.0\%$ であり、有意に増加していた ($p < 0.05$)。体重は Pre 測定値 $35.84 \pm 7.15\text{kg}$ 、Post 測定値 $37.49 \pm 7.38\text{kg}$ 、変化率 $\Delta 4.8 \pm 6.5\%$ であり、有意に増加していた ($p < 0.05$)。

群間比較において、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

第2節 ジャンプトレーニングが疾走能力に及ぼす影響

50m 走タイムは、介入群の Pre 測定値 $8.91 \pm 0.73\text{s}$ 、Post 測定値 $8.93 \pm 0.77\text{s}$ 、変化率 $\Delta 0.2 \pm 2.4\%$ 、対照群の Pre 測定値 $9.09 \pm 0.75\text{s}$ 、Post 測定値 $8.91 \pm 0.68\text{s}$ 、変化率 $\Delta -1.9 \pm 4.9\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。図 7 に示した。

10m 毎の区間平均走速度は、介入群の Pre 測定値では、0-10m は $4.5 \pm 0.29\text{m/s}$ 、10-20m は $6 \pm 0.49\text{m/s}$ 、20-30m は $6.1 \pm 0.56\text{m/s}$ 、30-40m は $6.1 \pm 0.59\text{m/s}$ 、40-50m は $5.95 \pm 0.62\text{m/s}$ 、Post 測定値では、0-10m は $4.46 \pm 0.33\text{m/s}$ 、10-20m は $5.96 \pm 0.49\text{m/s}$ 、20-30m は $6.15 \pm 0.6\text{m/s}$ 、30-40m は $6.12 \pm 0.62\text{m/s}$ 、40-50m は $5.92 \pm 0.62\text{m/s}$ 、変化率では、0-10m は $\Delta 3.0 \pm 5.9\%$ 、10-20m は $\Delta 5.7 \pm 10.0\%$ 、20-30m は $\Delta 0.2 \pm 2.4\%$ 、30-40m は $\Delta 6.6 \pm 10.1\%$ 、40-50m は $\Delta 5.7 \pm 9.1\%$ 、対照群の Pre 測定値では、0-10m は $4.43 \pm 0.21\text{m/s}$ 、10-20m は $5.87 \pm 0.4\text{m/s}$ 、20-30m は $5.99 \pm 0.57\text{m/s}$ 、30-40m は $5.96 \pm 0.59\text{m/s}$ 、40-50m は $5.79 \pm 0.6\text{m/s}$ 、Post 測定値では、0-10m は $4.46 \pm 0.25\text{m/s}$ 、10-20m は $5.9 \pm 0.39\text{m/s}$ 、20-30m は $6.09 \pm 0.47\text{m/s}$ 、30-40m は $6.07 \pm 0.51\text{m/s}$ 、40-50m は $5.88 \pm 0.61\text{m/s}$ 、変化率では、0-10m は $\Delta 7.7 \pm 5.3\%$ 、10-20m は $\Delta 13.2 \pm 9.2\%$ 、20-30m は $\Delta 19.5 \pm 13.4\%$ 、30-40m は $\Delta 13.6 \pm 8.2\%$ 、40-50m は $\Delta 12.0 \pm 7.1\%$ であり、いずれの区間平均走速度においても、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。表 5 および図 8 に示した。

第3節 ジャンプトレーニングが跳躍能力に及ぼす影響

5RJ 跳躍高は、介入群の Pre 測定値 $21.27 \pm 4.04\text{cm}$ 、Post 測定値 $20.79 \pm 5.21\text{cm}$ 、変化

率 $\Delta -3.2 \pm 8.0\%$ 、対照群の Pre 測定値 19.17 ± 3.41 cm、Post 測定値 18.04 ± 2.99 cm、変化率 $\Delta -5.4 \pm 7.4\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

DJ 跳躍高は、介入群の Pre 測定値 16.73 ± 5.27 cm、Post 測定値 18.55 ± 5.48 cm、変化率 $\Delta 9.5 \pm 21.7\%$ 、対照群の Pre 測定値 15.56 ± 4.37 cm、Post 測定値 16.03 ± 3.45 cm、変化率 $\Delta 25.9 \pm 10.4\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

CMJ 跳躍高は、介入群の Pre 測定値 24.2 ± 4.09 cm、Post 測定値 23.6 ± 4.42 sm、変化率 $\Delta -2.1 \pm 10.9\%$ 、対照群の Pre 測定値 23.8 ± 3.58 cm、Post 測定値 22.21 ± 2.46 cm、変化率 $\Delta 0.6 \pm 8.0\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

SJ 跳躍高は、介入群の Pre 測定値 21.23 ± 4.75 cm、Post 測定値 18.94 ± 3.69 sm、変化率 $\Delta -9.4 \pm 12.4\%$ 、対照群の Pre 測定値 18.99 ± 3.05 cm、Post 測定値 19.2 ± 2.89 cm、変化率 $\Delta 1.6 \pm 8.0\%$ であり、変化率に群間の有意な差が認められた($p < 0.05$)。表 6 に示した。

第 4 節 ジャンプトレーニングが疾走能力、跳躍能力の決定要因に及ぼす影響

(1) 疾走時の 25～35m 地点のピッチ、ストライド、接地時間、滞空時間

ピッチは、介入群の Pre 測定値 4.1 ± 0.31 cm、Post 測定値 4.08 ± 0.28 sm、変化率 $\Delta -0.4 \pm 2.2\%$ 、対照群の Pre 測定値 4.02 ± 0.32 cm、Post 測定値 4.04 ± 0.24 cm、変化率 $\Delta 0.8 \pm 4.6\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

ストライドは、介入群の Pre 測定値 130.74 ± 9.79 cm、Post 測定値 134.11 ± 11.02 sm、変化率 $\Delta 2.6 \pm 5.1\%$ 、対照群の Pre 測定値 132.27 ± 7.39 cm、Post 測定値 131.81 ± 10.28 cm、変化率 $\Delta -0.3 \pm 6.3\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

接地時間は、介入群の Pre 測定値 0.13 ± 0.02 s、Post 測定値 0.14 ± 0.02 s、変化率 $\Delta 0.9 \pm 7.0\%$ 、対照群の Pre 測定値 0.13 ± 0.02 s、Post 測定値 0.14 ± 0.02 s、変化率 $\Delta 3.7 \pm 11.2\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

滞空時間は、介入群の Pre 測定値 0.1 ± 0.01 s、Post 測定値 0.1 ± 0.01 s、変化率 $\Delta -2.5 \pm 8.8\%$ 、対照群の Pre 測定値 0.11 ± 0.01 s、Post 測定値 0.1 ± 0.02 s、変化率 $\Delta -6.7 \pm 15.0\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。表 7 に示した。

(2) 疾走時の 25～35m 地点の下肢関節の角度、角速度、角度変位

a) スイング脚

もも上げ角度は介入群の Pre 測定値 66.13 ± 4.62 deg、Post 測定値 62.26 ± 7.45 deg、

変化率 $\Delta -5.7 \pm 10.4\%$ 、対照群の Pre 測定値 $67.52 \pm 4.88 \text{ deg}$ 、Post 測定値 $63.02 \pm 2.47 \text{ deg}$ 、変化率 $\Delta -6.3 \pm 7.0\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

もも上げ角速度の最大値は介入群の Pre 測定値 $912.91 \pm 95.5 \text{ deg/sec}$ 、Post 測定値 $871.65 \pm 78.17 \text{ deg/sec}$ 、変化率 $\Delta -3.6 \pm 130\%$ 、対照群の Pre 測定値 $949.46 \pm 98.49 \text{ deg/sec}$ 、Post 測定値 $876.68 \pm 43.66 \text{ deg/sec}$ 、変化率 $\Delta -6.8 \pm 10.7\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

引き付け角度は介入群の Pre 測定値 $31.13 \pm 5.05 \text{ deg}$ 、Post 測定値 $36.53 \pm 10.92 \text{ deg}$ 、変化率 $\Delta 16.7 \pm 27.4\%$ 、対照群の Pre 測定値 $31.01 \pm 4.34 \text{ deg}$ 、Post 測定値 $36.13 \pm 4.65 \text{ deg}$ 、変化率 $\Delta 19.1 \pm 25.6\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

引き付け角速度の最大値は介入群の Pre 測定値 $1163.22 \pm 101.13 \text{ deg/sec}$ 、Post 測定値 $1130.68 \pm 102.86 \text{ deg/sec}$ 、変化率 $\Delta -2.6 \pm 7.1\%$ 、対照群の Pre 測定値 $1121.07 \pm 101.86 \text{ deg/sec}$ 、Post 測定値 $1024.85 \pm 383.67 \text{ deg/sec}$ 、変化率 $\Delta -9.3 \pm 34.7\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

振り出し角度は介入群の Pre 測定値 $29.64 \pm 3.27 \text{ deg}$ 、Post 測定値 $27.74 \pm 6.26 \text{ deg}$ 、変化率 $\Delta -6.3 \pm 20.0\%$ 、対照群の Pre 測定値 $29.44 \pm 2.14 \text{ deg}$ 、Post 測定値 $25.26 \pm 5.74 \text{ deg}$ 、変化率 $\Delta -14.7 \pm 15.5\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

引き出し角度は介入群の Pre 測定値 $-7.89 \pm 6.51 \text{ deg}$ 、Post 測定値 $-6.15 \pm 9.3 \text{ deg}$ 、変化率 $\Delta 21.1 \pm 218.2\%$ 、対照群の Pre 測定値 $-6.15 \pm 9.3 \text{ deg}$ 、Post 測定値 $-7.79 \pm 8.41 \text{ deg}$ 、変化率 $\Delta -14.8 \pm 98.5\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

振り戻し角速度の最大値は介入群の Pre 測定値 $253.27 \pm 66.11 \text{ deg/sec}$ 、Post 測定値 $221.29 \pm 63.22 \text{ deg/sec}$ 、変化率 $\Delta -9.4 \pm 25.6\%$ 、対照群の Pre 測定値 $274.92 \pm 77.79 \text{ deg/sec}$ 、Post 測定値 $214.84 \pm 63.26 \text{ deg/sec}$ 、変化率 $\Delta -20.1 \pm 17.3\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。表 8 に示した。

b) 支持脚

接地瞬間股関節角度は介入群の Pre 測定値 $33.38 \pm 6.35 \text{ deg}$ 、Post 測定値 $33.42 \pm 5.66 \text{ deg}$ 、変化率 $\Delta 3.6 \pm 27.6\%$ 、対照群の Pre 測定値 $32.73 \pm 3.59 \text{ deg}$ 、Post 測定値 $33.07 \pm 4.2 \text{ deg}$ 、変化率 $\Delta 1.2 \pm 7.8\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

接地瞬間膝関節角度は介入群の Pre 測定値 $145.38 \pm 6.9 \text{ deg}$ 、Post 測定値 $146.51 \pm$

4.33deg、変化率 $\Delta 0.9 \pm 4.2\%$ 、対照群のPre測定値 $143.55 \pm 6.08\text{deg}$ 、Post測定値 $146.37 \pm 6.19\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 2.0 \pm 2.6\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

接地瞬間足関節角度は介入群のPre測定値 $109.89 \pm 4.26\text{deg}$ 、Post測定値 $111.14 \pm 4.26\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 3.7 \pm 1.2\%$ 、対照群のPre測定値 $104.35 \pm 15.11\text{deg}$ 、Post測定値 $112.25 \pm 6.21\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 16.0 \pm 9.4\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

膝関節角度の最小値は介入群のPre測定値 $127.66 \pm 7.12\text{deg}$ 、Post測定値 $146.51 \pm 4.33\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 0.9 \pm 4.2\%$ 、対照群のPre測定値 $143.55 \pm 6.08\text{deg}$ 、Post測定値 $129.3 \pm 6.62\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 1.4 \pm 3.8\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

足関節角度の最小値は介入群のPre測定値 $83.81 \pm 8.45\text{deg}$ 、Post測定値 $83.75 \pm 5.63\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 0.4 \pm 6.5\%$ 、対照群のPre測定値 $86.78 \pm 9.1\text{deg}$ 、Post測定値 $85.6 \pm 4.07\text{deg}$ 、変化率 $\Delta -0.7 \pm 8.4\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

離地瞬間股関節角度は介入群のPre測定値 $-33.83 \pm 3.68\text{deg}$ 、Post測定値 $-35.26 \pm 2.6\text{deg}$ 、変化率 $\Delta -5.0 \pm 9.3\%$ 、対照群のPre測定値 $-34.15 \pm 3.46\text{deg}$ 、Post測定値 $-34.49 \pm 4.04\text{deg}$ 、変化率 $\Delta -1.3 \pm 12.4\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

離地瞬間膝関節角度は介入群のPre測定値 $155.74 \pm 17.34\text{deg}$ 、Post測定値 $159.84 \pm 4.18\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 3.7 \pm 10.6\%$ 、対照群のPre測定値 $155.86 \pm 10.5\text{deg}$ 、Post測定値 $175.17 \pm 38.48\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 12.4 \pm 22.7\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

離地瞬間股関節角度は介入群のPre測定値 $129.61 \pm 7.28\text{deg}$ 、Post測定値 $135.26 \pm 7.59\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 4.7 \pm 9.3\%$ 、対照群のPre測定値 $133.49 \pm 11.31\text{deg}$ 、Post測定値 $137.01 \pm 8.69\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 3.1 \pm 9.6\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

膝関節屈曲変位は介入群のPre測定値 $17.72 \pm 1.72\text{deg}$ 、Post測定値 $17.21 \pm 4.54\text{deg}$ 、変化率 $\Delta -3.0 \pm 23.7\%$ 、対照群のPre測定値 $14.93 \pm 5.44\text{deg}$ 、Post測定値 $16.86 \pm 7\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 11.8 \pm 18.4\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった(n. s.)。

足関節屈曲変位は介入群の Pre 測定値 $26.08 \pm 5.47 \text{deg}$ 、Post 測定値 $28.37 \pm 6.1 \text{deg}$ 、変化率 $\Delta 11.0 \pm 21.7\%$ 、対照群の Pre 測定値 $25.22 \pm 4.76 \text{deg}$ 、Post 測定値 $26.66 \pm 5.16 \text{deg}$ 、変化率 $\Delta 6.6 \pm 16.5\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

膝関節伸展変位は介入群の Pre 測定値 $28.08 \pm 15.2 \text{deg}$ 、Post 測定値 $30.54 \pm 7.11 \text{deg}$ 、変化率 $\Delta 8.8\%$ 、対照群の Pre 測定値 $27.24 \pm 10.28 \text{deg}$ 、Post 測定値 $31.37 \pm 8.7 \text{deg}$ 、変化率 $\Delta 15.2\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

足関節屈曲変位は介入群の Pre 測定値 $45.8 \pm 9.85 \text{deg}$ 、Post 測定値 $51.51 \pm 8.76 \text{deg}$ 、変化率 $\Delta 12.5\%$ 、対照群の Pre 測定値 $43.31 \pm 17.2 \text{deg}$ 、Post 測定値 $46.74 \pm 14.25 \text{deg}$ 、変化率 $\Delta 7.9\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

股関節伸展角速度の最大値は介入群の Pre 測定値 $808.88 \pm 97.06 \text{deg/sec}$ 、Post 測定値 $862.14 \pm 77.36 \text{deg/sec}$ 、変化率 $\Delta 7.4 \pm 11.0\%$ 、対照群の Pre 測定値 $831.25 \pm 86.02 \text{deg/sec}$ 、Post 測定値 $813.4 \pm 27.05 \text{deg/sec}$ 、変化率 $\Delta -1.1 \pm 11.7\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

膝関節伸展角速度の最大値は介入群の Pre 測定値 $616.81 \pm 114.66 \text{deg/sec}$ 、Post 測定値 $862.14 \pm 77.36 \text{deg/sec}$ 、変化率 $\Delta -10.3 \pm 18.4\%$ 、対照群の Pre 測定値 $675.04 \pm 130.98 \text{deg/sec}$ 、Post 測定値 $574.59 \pm 187.86 \text{deg/sec}$ 、変化率 $\Delta -12.2 \pm 32.9\%$ であり、変化率に群間の有意な差が認められた ($p < 0.05$)。図 9 に示した。

足関節伸展角速度の最大値は介入群の Pre 測定値 $1015.96 \pm 125.97 \text{deg/sec}$ 、Post 測定値 $1065.91 \pm 169.39 \text{deg/sec}$ 、変化率 $\Delta 5.3 \pm 13.9\%$ 、対照群の Pre 測定値 $922.32 \pm 306.64 \text{deg/sec}$ 、Post 測定値 $892.67 \pm 361.39 \text{deg/sec}$ 、変化率 $\Delta 17.2 \pm 82.0\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

脚全体のスイング速度は介入群の Pre 測定値 $611.6 \pm 72.94 \text{deg/sec}$ 、Post 測定値 $623.38 \pm 61.86 \text{deg/sec}$ 、変化率 $\Delta 2.5 \pm 9.1\%$ 、対照群の Pre 測定値 $570.17 \pm 53.59 \text{deg/sec}$ 、Post 測定値 $591.18 \pm 31.15 \text{deg/sec}$ 、変化率 $\Delta 4.6 \pm 12.8\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。表 9 に示した。

(3) 跳躍能力の決定因子

5RJ 指数は、介入群の Pre 測定値 1.39 ± 0.39 、Post 測定値 1.34 ± 0.41 、変化率 $\Delta 4.8 \pm 8.1\%$ 、対照群の Pre 測定値 157.08 ± 21.59 、Post 測定値 1.19 ± 0.3 、変化率 $\Delta -4.7 \pm 13.4\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

5RJ 接地時間は、介入群の Pre 測定値 $1.39 \pm 0.39\text{ms}$ 、Post 測定値 $159.58 \pm 18.52\text{ms}$ 、変化率 $\Delta 2.1 \pm 6.9\%$ 、対照群の Pre 測定値 $155 \pm 18.47\text{ms}$ 、Post 測定値 $155 \pm 20.23\text{ms}$ 、変化率 $\Delta 0.4 \pm 9.7\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

DJ 指数は、介入群の Pre 測定値 0.93 ± 0.31 、Post 測定値 1.04 ± 0.35 、変化率 $\Delta 15.0 \pm 29.3\%$ 、対照群の Pre 測定値 0.99 ± 0.33 、Post 測定値 0.85 ± 0.29 、変化率 $\Delta -10.8 \pm 28.3\%$ であり、変化率に群間の有意な差が認められた ($p < 0.05$)。図 10 に示した。

DJ 接地時間は、介入群の Pre 測定値 $182.75 \pm 23.26\text{ms}$ 、Post 測定値 $181.83 \pm 23.33\text{ms}$ 、変化率 $\Delta 0.4 \pm 13.7\%$ 、対照群の Pre 測定値 $160.71 \pm 19.08\text{ms}$ 、Post 測定値 $179.43 \pm 17.17\text{ms}$ 、変化率 $\Delta 12.0 \pm 5.8\%$ であり、変化率に群間の有意な差が認められた ($p < 0.05$)。図 11 に示した。

(4) 5RJ 時の接地直前から離地までの下肢関節の角度、角速度、角度変位

股関節伸展速度の最大値は介入群の Pre 測定値 $360.69 \pm 56.41\text{deg/sec}$ 、Post 測定値 $353.37 \pm 72.71\text{deg/sec}$ 、変化率 $\Delta 0.3 \pm 24.5\%$ 、対照群の Pre 測定値 $357.47 \pm 57.3\text{deg/sec}$ 、Post 測定値 $400.87 \pm 80.5\text{deg/sec}$ 、変化率 $\Delta 15.3 \pm 34.8\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

膝関節伸展速度の最大値は介入群の Pre 測定値 $730.12 \pm 98.35\text{deg/sec}$ 、Post 測定値 $720.85 \pm 91.15\text{deg/sec}$ 、変化率 $\Delta 0.6 \pm 19.5\%$ 、対照群の Pre 測定値 $740.19 \pm 102.01\text{deg/sec}$ 、Post 測定値 $797.5 \pm 125.22\text{deg/sec}$ 、変化率 $\Delta 9.4 \pm 23.1\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

足関節伸展速度の最大値は介入群の Pre 測定値 $894.89 \pm 132.44\text{deg/sec}$ 、Post 測定値 $868.05 \pm 131.46\text{deg/sec}$ 、変化率 $\Delta -2.0 \pm 14.2\%$ 、対照群の Pre 測定値 $866.03 \pm 122.12\text{deg/sec}$ 、Post 測定値 $798.7 \pm 92.47\text{deg/sec}$ 、変化率 $\Delta 6.2 \pm 16.2\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

接地瞬間股関節角度は介入群の Pre 測定値 $21.23 \pm 6.85\text{deg}$ 、Post 測定値 $20.22 \pm 5.92\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 9.0 \pm 59.9\%$ 、対照群の Pre 測定値 $19.05 \pm 4.43\text{deg}$ 、Post 測定値 $16.17 \pm 9.82\text{deg}$ 、変化率 $\Delta -9.5 \pm 59.4\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

接地瞬間足関節角度は介入群の Pre 測定値 $131.43 \pm 11.62\text{deg}$ 、Post 測定値 $138.97 \pm 8.48\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 6.7 \pm 13.1\%$ 、対照群の Pre 測定値 $102.61 \pm 13.08\text{deg}$ 、Post 測定値 106.76

±13.38deg、変化率 $\Delta 5.1 \pm 15.6\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

離地瞬間股関節角度は介入群の Pre 測定値 $0.8 \pm 5.01\text{deg}$ 、Post 測定値 $-2.41 \pm 4.94\text{deg}$ 、変化率 $\Delta -203.3 \pm 545.6\%$ 、対照群の Pre 測定値 $0.21 \pm 4.08\text{deg}$ 、Post 測定値 $-2.35 \pm 7.02\text{deg}$ 、変化率 $\Delta -99.2 \pm 307.5\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

離地瞬間膝関節角度は介入群の Pre 測定値 $170.5 \pm 6.08\text{deg}$ 、Post 測定値 $176.18 \pm 2.39\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 3.5 \pm 4.0\%$ 、対照群の Pre 測定値 $172.86 \pm 5.04\text{deg}$ 、Post 測定値 $172.81 \pm 6.22\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 0.1 \pm 5.1\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

離地瞬間足関節角度は介入群の Pre 測定値 $139.22 \pm 6.92\text{deg}$ 、Post 測定値 $143.89 \pm 10.74\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 3.4 \pm 6.6\%$ 、対照群の Pre 測定値 $138.02 \pm 11.96\text{deg}$ 、Post 測定値 $139.51 \pm 10.53\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 1.5 \pm 8.5\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

膝関節角度の最小値は介入群の Pre 測定値 $118.17 \pm 9.58\text{deg}$ 、Post 測定値 $123.46 \pm 8.15\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 5.0 \pm 10.0\%$ 、対照群の Pre 測定値 $120.09 \pm 4.4\text{deg}$ 、Post 測定値 $123.64 \pm 10.09\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 3.1 \pm 9.3\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

足関節角度の最小値は介入群の Pre 測定値 $78.39 \pm 6.13\text{deg}$ 、Post 測定値 $83.45 \pm 10.71\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 6.5 \pm 11.9\%$ 、対照群の Pre 測定値 $82.85 \pm 7.88\text{deg}$ 、Post 測定値 $85.26 \pm 6.18\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 3.4 \pm 9.3\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

膝関節屈曲変位は介入群の Pre 測定値 $13.26 \pm 7.27\text{deg}$ 、Post 測定値 $15.51 \pm 9.85\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 39.8 \pm 100.1\%$ 、対照群の Pre 測定値 $16.46 \pm 8.22\text{deg}$ 、Post 測定値 $16.47 \pm 8.58\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 23.2 \pm 78.0\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

足関節屈曲変位は介入群の Pre 測定値 $22.89 \pm 9.06\text{deg}$ 、Post 測定値 $26.12 \pm 6.39\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 26.2 \pm 46.2\%$ 、対照群の Pre 測定値 $19.76 \pm 8.09\text{deg}$ 、Post 測定値 $21.5 \pm 7.73\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 28.1 \pm 65.7\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

膝関節伸展変位は介入群の Pre 測定値 $52.33 \pm 5.82\text{deg}$ 、Post 測定値 $52.71 \pm 8.1\text{deg}$ 、変化率 $\Delta 1.1 \pm 13.6\%$ 、対照群の Pre 測定値 $52.77 \pm 5.66\text{deg}$ 、Post 測定値 $49.18 \pm 7.79\text{deg}$ 、

変化率 $\Delta -6.1 \pm 17.8\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

足関節伸展変位は介入群の Pre 測定値 $60.83 \pm 5.64 \text{deg}$ 、Post 測定値 $60.44 \pm 9.88 \text{deg}$ 、変化率 $\Delta -0.1 \pm 17.1\%$ 、対照群の Pre 測定値 $55.17 \pm 10.13 \text{deg}$ 、Post 測定値 $54.25 \pm 5.09 \text{deg}$ 、変化率 $\Delta 0.5 \pm 14.7\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。表 10 に示した。

(4) 膝関節および足関節の等尺性筋力

膝関節屈曲筋力は介入群の Pre 測定値 $7.89 \pm 2.17 \text{ kg}$ 、Post 測定値 $11.63 \pm 2.77 \text{ kg}$ 、変化率 $\Delta 51.0 \pm 27.1\%$ 、対照群の Pre 測定値 $9.2 \pm 3.24 \text{ kg}$ 、Post 測定値 $12.04 \pm 2.33 \text{ kg}$ 、変化率 $\Delta 44.1 \pm 52.9\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

膝関節伸展筋力は介入群の Pre 測定値 $18.1 \pm 5.5 \text{ kg}$ 、Post 測定値 $18.51 \pm 5.58 \text{ kg}$ 、変化率 $\Delta 4.1 \pm 20.4\%$ 、対照群の Pre 測定値 $20.14 \pm 5.72 \text{ kg}$ 、Post 測定値 $19.65 \pm 3.76 \text{ kg}$ 、変化率 $\Delta 1.8 \pm 21.7\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

足関節底屈筋力は介入群の Pre 測定値 $32.45 \pm 8.97 \text{ kg}$ 、Post 測定値 $43.22 \pm 10.39 \text{ kg}$ 、変化率 $\Delta 38.4 \pm 34.7\%$ 、対照群の Pre 測定値 $34.18 \pm 10.8 \text{ kg}$ 、Post 測定値 $41.17 \pm 8.95 \text{ kg}$ 、変化率 $\Delta 27.4 \pm 35.1\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。

足関節背屈筋力は介入群の Pre 測定値 $10.09 \pm 1.94 \text{ kg}$ 、Post 測定値 $10.38 \pm 2.65 \text{ kg}$ 、変化率 $\Delta 2.9 \pm 16.3\%$ 、対照群の Pre 測定値 $9.32 \pm 2.32 \text{ kg}$ 、Post 測定値 $10.77 \pm 1.38 \text{ kg}$ 、変化率 $\Delta 18.3 \pm 14.0\%$ であり、変化率に群間の有意な差は認められなかった (n. s.)。表 11 に示した。

第6章 考察

第1節 ジャンプトレーニングが疾走能力および疾走能力の決定要因に及ぼす影響

本研究の結果、疾走能力においては、50m 走タイムおよび 10m 毎の区間平均走速度のいずれにおいても各群の変化率に群間の有意な差は認められなかった。大学生に対して、1 セット 10 回のジャンプトレーニングを 6 セット、週 2 回、7 週間にわたり実施した de Villarreal ら(2008)は疾走能力と跳躍能力がともに向上したことを報告している²⁾。本研究のトレーニングプログラムと非常に類似しているにもかかわらず、本研究では疾走能力の向上が認められなかったことから、一般的にトレーナビリティが高く、運動技能の習得が早いとされる子供であってもジャンプトレーニングを行ったことによる疾走能力への効果は成人とは異なる可能性が考えられる。そのため、小学生に適したプログラムを用いることで、疾走能力への効果が得られやすくなるのではないだろうか。ジャンプトレーニングを用いて小学生の疾走能力の向上を認めている Michailidis ら(2013)や katzamanidis(2006)はいずれも、両脚同時によるジャンプのみではなく、片脚のみのホッピングや両脚交互のバウンディングなどを含み、また、回数を漸増させていた³⁾⁴⁾。向井(2011)²⁸⁾が小学生に対し、週 2 回 12 週間のリバウンドジャンプトレーニングを実施し、疾走能力の向上が認められなかったことや、向井(2011)よりも 1 回あたりのジャンプ回数を増加させて実施したが疾走能力の向上が認められなかった本研究を踏まえると、トレーニング期間の長さや 1 回あたりのジャンプ回数よりもトレーニング内容が疾走能力に特異的かどうかや、一定の回数ではなく漸増させることが疾走能力への効果を左右すると考えられる。今後、片脚や両脚交互によるジャンプトレーニング、または回数を漸増させながら行うジャンプトレーニングを用いて小学生の疾走能力への影響を検討していくことが研究課題となると考えられる。

疾走能力の向上が認められなかった一方、本研究では、疾走能力を決定する要因の 1 つとして、疾走時の下肢関節における角度、角速度、角度変位を測定し、介入群の支持脚における膝関節伸展角速度の最大値に有意な増加が認められた。加藤(2001)は、優れた小学生の疾走時における下肢の変化の特徴を報告しており、その中の一つに「支持脚における膝関節伸展角速度の最大値が大きいこと」を示している¹⁷⁾。この報告を踏まえると、本研究のジャンプトレーニングによって疾走能力の高い小学生の特徴がトレーニング前よりトレーニング後において垣間見ることができたため、この角速度の変化が今後の疾走能力の

向上の一助となる可能性が推察される。

第2節 ジャンプトレーニングが跳躍能力および跳躍能力の決定要因に及ぼす影響

跳躍能力の決定要因では、介入群のDJ指数およびDJ接地時間において群間に有意な差が認められた。この結果は、跳躍能力の決定要因が向上した点で、本研究と同様にRJをトレーニング運動として介入を実施して、RJ指数の増加を認めた向井(2011)を支持するものであった²⁸⁾。また、先行研究では12週間の介入期間を設けたことに対して本研究では8週間の介入で同様の結果が得られた。このことは、RJをトレーニング運動として用いるジャンプトレーニングによって、8週間程度の期間で跳躍能力の向上に寄与する効果が得られることを示唆している。

先行研究では「踏切時間」の短縮によるRJ指数の向上を示している。本研究の結果について検討すると、接地時間は対照群で増加していたことに対し、介入群で維持していたため、群間の変化率の差が有意となった。すなわち、本研究におけるDJ指数の向上は接地時間を維持しながら跳躍高を増加させたことによるものと考えられる。一方で向井(2011)は、ジャンプトレーニングによって接地時間を減少させたことによるRJ指数の向上を報告した。図子ら(2005)によると、高い跳躍高の獲得能力は筋力および瞬発力が大きく関係している³⁷⁾。また運動遂行時間、すなわち接地時間の短縮能力においては澤村ら(1998)や図子(1995)が、動作の習熟が影響していることを示唆している^{45),43)}。本研究では、跳躍高の向上が示されたことから、ジャンプトレーニングによって筋力や瞬発力が改善されたと考えられる³⁰⁾⁴¹⁾。一方、向井(2011)は接地時間の短縮によって、RJ指数の向上を報告した²⁸⁾。向井(2011)が12週間にわたって介入したことを踏まえると、高い跳躍高の獲得能力は、本研究におけるトレーニングプログラムの参考にしたBarbaraら(2011)が示した8週間程度のジャンプトレーニング¹²⁾で改善されるが、踏切時間の短縮能力の改善およびそれに寄与する跳躍動作の変容にはより長いトレーニング期間が必要であることが推察される。

SJ跳躍高が介入群において有意に減少していたことは、これまでの研究には報告のない結果であった。発育やDJ能力の向上を考えると、SJの能力が低下することは考えにくい。そのため、対象が小学生であったことを踏まえると測定時の記録にばらつきがあった可能性が考えられる。本研究では、測定前に測定運動の練習を被験者に行わせ、験者が動作を確認したうえで測定を実施した。一方、跳躍能力の測定をしている図子ら(1995b)や、プ

ロトコルが本研究と類似している Kozamanidis(2006)などは、測定日より以前に各測定運動の練習を行ったうえで、後日測定を行っている⁴¹⁾²¹⁾。本研究の跳躍能力を測定する種目の中でも SJ は開始姿勢がやや難しく、日常的な姿勢ではない事を考えると、事前に練習および測定を行い、動作および記録が概ね一定となることを確認することで、SJ 跳躍高測定において、より正確な測定値が得られる可能性が考えられる。

第3節 考察のまとめ

本研究では、週2回8週間のジャンプトレーニングが疾走能力に及ぼす影響を明らかにすることを主たる目的としていたが、疾走能力の向上は認められなかったが、疾走能力と高い相関関係にある DJ 指数および DJ 接地時間の改善が認められたこと、および、疾走能力が優れている小学生の特徴の一つである疾走時の膝関節伸展速度の最大値が増加したと推察されたことなど、疾走能力に関連する項目が改善されていたことを踏まえるとトレーニングを継続的に実施することで疾走能力に対して好ましい効果が得られることが推察される。

第7章 結論

本研究の結果から、週2回8週間のジャンプトレーニングでは疾走能力の有意な改善を認めることができなかったが、疾走能力と高い相関関係にあるDJ指数が有意に向上したこと、および、優れた疾走速度を有する小学生の特徴が疾走能力を決定する因子の一つに認められたことから、RJを用いたジャンプトレーニングを継続して実施していくことで、疾走能力においても改善が認められる可能性が示唆された。

第8章 要約

【背景】

ジャンプトレーニングはこれまで専門的にはパワートレーニングの位置づけとして、成人の陸上競技の短距離や跳躍選手、球技スポーツの選手等によって取り組まれてきた。小学生の年代に対しては、反動によって大きな力を発揮する運動であること等からほとんど実施されてこなかった。小学生に対するジャンプトレーニングの安全性が示された (Chu 2006) 現在でも、小学生に対するジャンプトレーニングを扱った研究は少ない。しかし、Faigenbaum(2007)が「児童期の神経系はジャンプやスキップ、ランニングを伴う運動技能を学習する準備段階にあり、この時期にジャンプトレーニングを実施することは、その後の運動技能の獲得にとって有益である」としていることから、ジャンプトレーニングが小学生の運動能力にどのような影響を及ぼすかを検討することは重要であると考えられる。中でも、さまざまな運動の基礎的能力として重要であると考えられる疾走能力および跳躍能力に対して、ジャンプトレーニングがどのような影響を及ぼすかを検討することは重要な研究課題ではないだろうか。

【目的】

活動的な小学生に対して週2回、8週間のジャンプトレーニングを実施することが疾走能力および跳躍能力に及ぼす影響を明らかにすること。

【方法】

対象は多種目運動クラブに所属する小学4年生、5年生、6年生(23名)であった。疾走能力および跳躍能力に群間で差が生じないように配慮して介入群(12名)、対象群(11名)に群分けを行った。Pre測定の後、介入群に対して週2回、8週間のトレーニングを実施し、その後Post測定を行った。トレーニング内容は、両脚同時の跳躍を前方に向かって連続で10回行うことを1セットとし、計6セットを1回のトレーニング量とした。なお、トレーニング時には「できるだけ短い接地時間で高い跳躍高を得るように最大努力で跳躍を行うこと」という指示のもと行わせた。PreおよびPost測定の項目は、疾走能力として50mタイムおよび10m毎の区間平均速度、跳躍能力としてリバウンドジャンプ(以下RJ)、ドロップジャンプ(以下DJ)、カウンタームーブメントジャンプ(以下CMJ)、スクワットジャンプ(SJ)の跳躍高、その他、各能力の決定因子として、50m走時のピッチ、ストライド、接地時間、滞空時間および下肢関節の角度、角速度、角度変化、RJ、DJの接地時間および指

数、RJ時の下肢関節の角度、角速度、角度変化、膝および足関節の等尺性筋力、身長、体重を測定した。各被験者のPost測定値をPre測定値で標準化して、比率を求め、群間で対応のないt検定を用いて有意差の検討を行った。なお、危険率は5%とした。

【結果および考察】

疾走能力の50m走タイムおよび10m毎の区間平均走速度にはいずれも有意な差が認められなかった。跳躍能力においても、各跳躍の跳躍高には有意な改善は認められなかった。一方、跳躍能力に関連する項目において、DJ指数およびDJ接地時間で有意な差が認められた。また、疾走能力を決定する一因子として支持脚の膝関節伸展角速度の最大値に有意な差が認められた。DJ指数は疾走能力と高い相関関係にあり、膝関節伸展角速度の最大値は優れた疾走速度を持つ小学生の特徴の一つとして挙げられている。これらのことを踏まえ、今回のトレーニングを継続していくことで疾走能力が向上する可能性が示唆された。

【結論】

本研究において主たる目的としていた疾走能力は改善されなかったが、DJ指数、DJ接地時間の向上および疾走能力を決定する一因子である支持脚膝関節伸展角速度の最大値に改善傾向が見られたことから、本研究のジャンプトレーニングの継続によって疾走能力が向上する可能性が示唆された。

謝辞

本論文の作成にあたり、実験の被験者として御協力いただいた印旛ジュニアランニングクラブの児童、並びに保護者の皆様、測定の補助として協力いただいた印旛ジュニアランニングクラブ監督、コーチの皆様、体力トレーニング学研究室の皆様から心から感謝申し上げます。また、実験および論文の作成に際して御指導をいただいた青木和浩先生、柳谷登志雄先生、高梨雄太先生、河村剛光先生に深く感謝の意を申し上げますとともに、指導教官である佐久間和彦先生には最後まで温かい御指導、御支援をいただき心から感謝申し上げます。

引用文献一覧

- 1) Chu, D. A. , Faigenbaum, A. D. , Falkel, J. E (2006). Progressive plyometrics for kids. *Healthy Learning*. 53-62
- 2) de Villarreal, E. S. S. , Gonzalez-Badillo, J. J. , Izquierdo, M (2008). Low and moderate plyometric training frequency produces greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 22 (3). 715-725.
- 3) 遠藤俊典 (2009). 子どもから成人, アスリートに至るまでの跳躍能力の発達特性-垂直跳およびリバウンドジャンプの遂行能力の発達過程の対比に着目して - 陸上競技研究. 76 (1). 2-13.
- 4) 遠藤俊典, 田内健二, 木越清信, 尾縣貢 (2007). リバウンドジャンプと垂直跳の遂行能力の発達に関する横断的研究. *体育学研究*. 52 (2). 149-159.
- 5) Avery D. Faigenbaum (2007). Plyometrics for Kids: Facts and Fallacies. *NSCA's Performance Training Journal*. Volume 14 (7). 54-56.
- 6) 伊藤章, 市川博啓, 斉藤昌久, 佐川和則, 伊藤道郎, 小林寛道 (1998). 100m 中間疾走局面における疾走動作と速度との関係. *体育学研究*. 43 (5). 260-273.
- 7) 伊藤宏 (2007). 小学高学年の望ましい短距離疾走距離についての研究. *スプリント研究*. 17. 32-40.
- 8) 伊藤宏 (1984). 小学校 4 年生における走運動の分析. *静岡大学教育学部研究報告*. 自然科学篇. 34. 39-48.
- 9) 伊藤宏 (1985). 小学校 5 年生における走運動の分析. *静岡大学教育学部研究報告*. 自然科学篇. 35. 67-75.
- 10) 伊藤宏 (1986). 小学校 6 年生における走運動の分析. *静岡大学教育学部研究報告*. 自然科学篇. 36. 9-17.
- 11) 伊藤知之, 金子憲一, 袴田智子, 柏木悠, 船渡和男. (2012). レーザー速度測定器を用いた小学生男子児童の 50m 疾走能力の評価. 41 (2). 161-170
- 12) 岩竹淳, 北田耕司, 川原繁樹, 関子浩二 (2008). ジャンプトレーニングが思春期後期にある男子生徒の疾走能力に与える影響. *体育学研究*. 53 (2). 353-362.
- 13) Johnson, B. A. , Salzberg, C. L. , Stevenson, D. A (2011). A systematic review : plyometric

- training programs for young children. The Journal of Strength & Conditioning Research. 25 (9). 2623-2633.
- 14) K Hakkinen, PV Komi (1985). Effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles during concentric and various stretch-shortening cycle exercises. Scand J Sports Sci, 7 (2). 65-76.
- 15) 苅山靖, 遠藤俊典, 末松大喜, 尾縣貢 (2010). 短期間および短時間のジャンプトレーニングが小学生男子児童の疾走能力に及ぼす影響. 陸上競技研究第 80 号 (1). 35-43
- 16) 加藤謙一 (1999). 子どもの走る動作. 体育の科学. 49 (2). 108-114
- 17) 加藤謙一, 宮丸凱史, 松元剛 (2001). 優れた小学生スプリンターにおける疾走動作の特徴. 体育学研究. 46 (2). 179-194.
- 18) 加藤謙一, 宮丸凱史, 横井孝志, 阿江通良, 中村和彦 (1985). 幼児の疾走動作の発達に関する研究: 疾走能力の異なる幼児の疾走動作について. 日本体育学会大会号. (36). 400.
- 19) 川本和久 (1987). 小学生の疾走動作に関する研究. 福島大学教育学部論集. 41. 1-12
- 20) 木越清信, 加藤彰浩, 筒井清次郎 (2012). 小学生における合理的な疾走動作習得のための補助具の開発. 体育学研究. 57. 215-224
- 21) Kotzamanidis, C (2006). Effect of plyometric training on running performance and vertical jumping in prepubertal boys. The Journal of Strength & Conditioning Research. 20 (2). 441-445.
- 22) Michailidis, Y. , Fatouros, I. G. , Primpa, E. , Michailidis, C. , Avloniti, A. , Chatzinikolaou, A. , Kambas, A. (2013). Plyometrics ' Trainability in Preadolescent Soccer Athletes . The Journal of Strength & Conditioning Research. 27 (1). 38-49.
- 23) 宮丸凱史 (1976). 短距離走. 陸上競技のコーチング I. 大修館書店. 251-252.
- 24) 文部科学省 (2008). 小学校学習指導要領解説 体育編. 東洋館出版社.
- 25) 文部科学省 (2008). 中学校学習指導要領解説 体育編. 東洋館出版社.
- 26) 文部科学省 (2009). 高等学校学習指導要領解説 体育編. 東洋館出版社.
- 27) 森智美, 若吉浩二 (2005). スポーツ教室開催に伴う児童の疾走能力および動作の変化. 奈良教育大学紀要. 54 (2). 49-56
- 28) 向井史昭 (2011). 小, 中および高校生におけるリバウンドジャンプのトレーニング効果.

平成 23 年愛知教育大学修士学位論文.

- 29) 太田涼, 有川秀之 (1998) 短距離走における主観的強度と客観的強度の対応関係に関する研究—小学生から大学生を対象に—. 陸上競技研究. 32 (1). 2-14.
- 30) 澤村博, 川井昂, 阿部信博, 小山裕三, 高橋正則, 青山清英, 下河内洋平, 安井年文 (1998). ドロップジャンプの跳躍高・踏切時間・遂行能力に影響を与える動作要因. 陸上競技研究. 35 (4). 16-24.
- 31) 志手典之, 新開谷央 (1996). 小学校児童におけるリバウンドドロップジャンプを用いた跳躍動作のパワー発揮の発達に関する研究. スポーツ教育学研究. 16. 39-46.
- 32) 田内健二 (2005). 大きなパワー発揮が要求される跳躍運動における動作の習熟プロセス (特集動作の習熟プロセス). 体育の科学. 55 (7). 512-516.
- 33) 辻野昭, 岡本勉, 後藤幸弘, 橋本不二雄, 徳原康彦 (1974). 発育にともなう動作とパワーの変遷について—跳躍動作 (垂直跳び, 立ち幅跳び) —身体運動の科学 (I) —Humanpower の研究—. キネシオロジー研究会 (編). 杏林書院. 203-243.
- 34) 渡邊蔭司 (2008). プライオメトリックトレーニングを取り入れた運動教室の頻度が子供のリバウンドジャンプ能力に及ぼす影響. 体力科学. 57 (3). 420
- 35) 山崎健, 石山和人 (1998) トレーニングによる小学生の疾走動作の変容. 日本陸上競技連盟. 陸上競技紀要. 11. 44-51
- 36) 財団法人日本陸上競技連盟 (2010). 陸上競技指導教本アンダー12 楽しいキッズの陸上競技. 大修館書店.
- 37) 図子浩二 (2005). スポーツアスリートにおけるばねに関する理論とその可能性. 陸上競技研究第 60 号 (1). 2-17
- 38) 図子浩二 (2006a). バスケットボール選手におけるプライオメトリックスがジャンプとフットワーク能力およびパス能力に及ぼす効果. 体力科学. 55 (2). 237-246.
- 39) 図子浩二 (2006b). 跳躍動作とその指導・トレーニング—プライオメトリックトレーニングに注目して—. トレーニング科学. 18 (4). 297-305.
- 40) 図子浩二, 高松薫 (1995a). バリスティックな伸張-短縮サイクル運動の遂行能力を決定する要因—筋力および瞬発力に着目して—. 体力科学. 44 (1). 147-154.
- 41) 図子浩二, 高松薫 (1995b). リバウンドドロップジャンプにおける踏切時間を短縮する要因: 下肢の各関節の仕事と着地に対する予測に着目して. 体育学研究. 40 (1). 29-39.
- 42) 図子浩二, 高松薫, 古藤高良 (1992). Drop Jump におけるパワー発揮能力を決定する要

因. 日本バイオメカニクス学会第 11 回大会論集. 245-251

- 43) 関子浩二, 高松薫, 古藤高良 (1993). 各種スポーツ選手における下肢の筋力およびパワー発揮に関する特性. 体育学研究. 38 (4). 265-278.

欧文要約

Effect to running and jumping ability derived by jump training in kids

Sho Takada

【Purpose】 The purpose of this study was to clarify the Effect to running and jumping ability derived by jump training in aggressive kids.

【Methods】 The subjects were twenty-three elementary school students (boy:17, girl:6). Subjects was divided into two groups: the intervention group (age:10.83±0.8, body height:139.07±8.2, body weight:32.87±7.0) and control group (age:10.71±0.9, body height:139.94±7.4, body weight:35.84±7.2). The intervention group performed jump training twice a week for eight weeks. The contents of the training were six sets of beyond eleven sticks by ten times of both legs jumps to the front. The flat sticks were displayed every 50cm interval. The ability for run and jump, the running and jumping motion, the lower limbs isometric muscle strength and morphology of the subjects were measured before and after the intervention period.

【Result and Discussion】 The results in this study, DJ index, DJ contact time, the maximal extension velocity of knee while running and SJ height, were significantly difference between intervention group and control group. Unfortunately the significant difference was not recognized in running ability. However tendency to increase in DJ index and maximal extension velocity of knee of the intervention group is important in this study. Higher DJ index means The possibility that running ability will go up in future. Increase in maximal extension velocity of knee means emphasis of the “kick motion”. From the results, if they perform this rebound jump training continuously, a good effect to running and jumping ability may be got.

【Conclusion】 It is clarified that the rebound jump training has influence that it is rebound jump ability and tunning motion. So, it is important to performe the jump training to aim at improvement of the jumping ability, and if kids jump training continuously, a good effect to running ability may be got.

表 1. 被験者の身体的特徴

Group	人数	年齢	身長		体重	
			Pre	Post	Pre	Post
介入群	12(3) ¹⁾	10.83±0.8	139.07±8. 2	140.1±7.9	32.87±7.0	33.41±7. 4
対照群	11(3) ¹⁾	10.71±0.9	139.94±7. 4	141.54±7. 9	35.84±7.2	37.49±7. 4

1). () 内は女子の人数 Mean±SD

表 2. 群分けに伴う偏差値化

被験者	50m 走タイムの偏差値	RJ 指数の偏差値
1	64.0	67.8
2	55.3	55.3
3	64.4	57.4
4	62.4	64.3
5	49.0	51.6
6	47.6	56.9
7	44.0	52.2
8	44.0	39.1
9	52.1	52.9
10	39.4	39.1
11	36.7	37.4
12	46.1	43.3
13	60.1	58.8
14	56.8	50.1
15	52.9	39.5
16	38.4	40.3
17	49.3	56.1
18	45.2	52.6
19	33.8	39.4
20	60.4	48.9
21	66.7	68.9
22	33.9	33.6
23	47.3	44.6

表 3. 50m 走タイムおよび RJ 指数の偏差値の平均

被験者	偏差値の平均値
1	65.9
2	55.3
3	60.9
4	63.4
5	50.3
6	52.2
7	48.1
8	41.6
9	52.5
10	39.3
11	37.1
12	44.7
13	59.4
14	53.4
15	46.2
16	39.4
17	52.7
18	48.9
19	36.6
20	54.7
21	67.8
22	33.8
23	46.0

表 4. Pre および Post 測定時の気象条件

	Pre		Post	
測定日	5月25日	6月1日	7月28日	8月1日
天候	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
気温(°C)	22.4	22.3	31.1	31.3
湿度(%)	68	68	75	83

表5. 50m走タイムおよび10m毎の区間平均速度

	50m走タイム (秒)		区間平均走速度 (m/sec)				区間平均走速度 (m/sec)					
			0-10m		10-20m		20-30m		30-40m		40-50m	
	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群
Pre	8.91±0.73	9.09±0.75	4.46±0.33	5.96±0.49	6±0.49	5.96±0.49	6.1±0.56	6.15±0.6	6.1±0.59	6.12±0.62	5.95±0.62	5.92±0.62
Post	8.93±0.77	8.91±0.68	4.46±0.25	5.9±0.39	5.87±0.49	5.9±0.39	5.99±0.57	6.09±0.47	5.96±0.59	6.07±0.51	5.79±0.6	5.88±0.61
変化率 (%)	Δ0.2±2.4	Δ-1.9±4.9	Δ3.0±5.9	Δ7.7±5.3	Δ5.7±10.0	Δ13.2±9.2	Δ0.2±2.4	Δ19.5±13.4	Δ6.6±10.1	Δ13.6±8.2	Δ5.7±9.1	Δ12.0±7.1
Mean±SD												

表6. 跳躍能力および跳躍能力決定要因

	RJ						DJ						CMJ						SJ								
	跳躍高 (cm)		指数		接地時間 (msec)		跳躍高 (cm)		指数		接地時間 (msec)		跳躍高 (cm)		指数		接地時間 (msec)		跳躍高 (cm)		指数		接地時間 (msec)				
	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群			
Pre	21.27 ± 4.04	19.17 ± 3.41	1.39 ± 0.39	1.26 ± 0.32	157.08 ± 21.59	155 ± 18.47	16.73 ± 5.27	15.56 ± 4.37	0.93 ± 0.31	0.99 ± 0.33	182.75 ± 23.26	160.71 ± 19.08	24.2 ± 4.09	23.8 ± 3.58	21.23 ± 4.75	18.99 ± 3.05	18.55 ± 5.48	16.03 ± 3.45	1.04 ± 0.35	0.85 ± 0.29	181.83 ± 23.33	179.43 ± 17.17	23.6 ± 4.42	22.21 ± 2.46	18.94 ± 3.69	19.2 ± 2.89	
Post	20.79 ± 5.21	18.04 ± 2.99	1.34 ± 0.41	1.19 ± 0.3	159.58 ± 18.52	155 ± 20.23	18.55 ± 5.48	16.03 ± 3.45	1.04 ± 0.35	0.85 ± 0.29	181.83 ± 23.33	179.43 ± 17.17	23.6 ± 4.42	22.21 ± 2.46	18.94 ± 3.69	19.2 ± 2.89	18.55 ± 5.48	16.03 ± 3.45	1.04 ± 0.35	0.85 ± 0.29	181.83 ± 23.33	179.43 ± 17.17	23.6 ± 4.42	22.21 ± 2.46	18.94 ± 3.69	19.2 ± 2.89	
変化率 (%)	Δ-3.2 ± 8.0	Δ-5.4 ± 7.4	Δ4.8 ± 8.1	Δ-4.7 ± 13.4	Δ2.1 ± 6.9	Δ0.4 ± 9.7	Δ9.5 ± 21.7	Δ25.9 ± 10.4	Δ15.0 ± 29.3	Δ-10.8 ± 28.3	Δ0.4 ± 13.7	Δ12.0 ± 5.8	Δ-2.1 ± 10.9	Δ0.6 ± 8.0	Δ-9.4 ± 12.4	Δ1.6 ± 8.0											

* p < 0.05 Mean ± SD

表7. 疾走能力決定要因

	ピッチ (Hz)		ストライド (cm)		接地時間 (sec)		滞空時間 (sec)	
	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群
Pre	4.1 ± 0.31	4.02 ± 0.32	130.74 ± 9.79	132.27 ± 7.39	0.13 ± 0.02	0.13 ± 0.02	0.1 ± 0.01	0.11 ± 0.01
Post	4.08 ± 0.28	4.04 ± 0.24	134.11 ± 11.02	131.81 ± 10.28	0.14 ± 0.02	0.14 ± 0.02	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.02
変化率 (%)	Δ-0.4 ± 2.2	Δ0.8 ± 4.6	Δ2.6 ± 5.1	Δ-0.3 ± 6.3	Δ0.9 ± 7.0	Δ3.7 ± 11.2	Δ-2.5 ± 8.8	Δ-6.7 ± 15.0

Mean ± SD

表8. 疾走時下肢関節動作(スイング脚)

	もも上げ角度(deg)		もも上げ角速度の最大値(deg/sec)		引き付け角度(deg)		引き付け角速度の最大値(deg/sec)	
	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群
Pre	66.13±4.62	67.52±4.88	912.91±95.5	949.46±98.49	31.13±5.05	31.01±4.34	1163.22±101.13	1121.07±101.86
Post	62.26±7.45	63.02±2.47	871.65±78.17	876.68±43.66	36.53±10.92	36.13±4.65	1130.68±102.86	1024.85±383.67
変化率(%)	Δ-5.7±10.4	Δ-6.3±7.0	Δ-3.6±130	Δ-6.8±10.7	Δ16.7±27.4	Δ19.1±25.6	Δ-2.6±7.1	Δ-9.3±34.7

	振り出し角度(deg)		引き出し角度(deg)		振り戻し角速度の最大値(deg/sec)	
	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群
	29.64±3.27	29.44±2.14	-7.89±6.51	-6.15±9.3	253.27±66.11	274.92±77.79
	27.74±6.26	25.26±5.74	-8.31±8.08	-7.79±8.41	221.29±63.22	214.84±63.26
	Δ-6.3±20.0	Δ-14.7±15.5	Δ21.1±218.2	Δ-14.8±98.5	Δ-9.4±25.6	Δ-20.1±17.3

Mean±SD

表9. 疾走時下肢関節動作(支持期)

		接地瞬間		離地瞬間		屈曲角度変位	
		股関節角度(deg)		膝関節角度(deg)		足関節角度(deg)	
介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群
33.38±6.35	32.73±3.59	145.38±6.9	143.55±6.08	109.89±4.26	104.35±5.11	127.66±7.12	128.62±4.57
33.42±5.66	33.07±4.2	146.51±4.33	146.37±6.19	111.14±4.26	112.25±6.21	129.3±6.62	129.51±6.33
Δ3.6±27.6	Δ1.2±7.8	Δ0.9±4.2	Δ2.0±2.6	Δ3.7±1.2	Δ16.0±9.4	Δ-2.6±7.1	Δ1.4±3.8
		足関節角度の最小値(deg)		足関節角度の最小値(deg)			
介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群
83.81±8.45	86.78±9.1	83.81±8.45	86.78±9.1	83.81±8.45	86.78±9.1	83.81±8.45	86.78±9.1
83.75±5.63	85.6±4.07	83.75±5.63	85.6±4.07	83.75±5.63	85.6±4.07	83.75±5.63	85.6±4.07
Δ0.4±6.5	Δ-0.7±8.4	Δ0.4±6.5	Δ-0.7±8.4	Δ0.4±6.5	Δ-0.7±8.4	Δ0.4±6.5	Δ-0.7±8.4
		伸張角度変位		伸張角度変位		伸張角度変位	
		股関節角度(deg)		膝関節角度(deg)		足関節角度(deg)	
介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群
-33.83±3.68	-34.15±3.46	155.74±17.34	155.86±10.5	129.61±7.28	133.49±11.31	17.72±1.72	14.93±5.44
-35.26±2.6	-34.49±4.04	159.84±4.18	175.17±38.48	135.28±7.59	137.01±8.69	17.21±4.54	16.86±7
Δ-5.0±9.3	Δ-1.3±12.4	Δ3.7±10.6	Δ12.4±22.7	Δ4.7±9.3	Δ3.1±9.6	Δ-3.0±23.7	Δ11.8±18.4
		伸張速度の最大値		伸張速度の最大値		伸張速度の最大値	
		股関節(deg/sec)		膝関節(deg/sec)		足関節(deg/sec)	
介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群
808.88±97.06	831.25±86.02	616.81±114.66	675.04±130.98	1015.96±125.97	922.32±306.64	611.6±72.94	570.17±53.59
862.14±77.36	813.4±27.05	670.22±117.47	574.59±187.86	1065.91±169.39	892.67±361.39	623.38±61.86	591.18±31.15
Δ7.4±11.0	Δ-1.1±11.7	Δ-10.3±18.4	Δ-12.2±32.9	Δ5.3±13.9	Δ17.2±92.0	Δ2.5±9.1	Δ4.6±12.8
		脚全体の最大スイング速度(deg/sec)					
介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群
570.17±53.59	570.17±53.59	570.17±53.59	570.17±53.59	570.17±53.59	570.17±53.59	570.17±53.59	570.17±53.59
591.18±31.15	591.18±31.15	591.18±31.15	591.18±31.15	591.18±31.15	591.18±31.15	591.18±31.15	591.18±31.15
Δ4.6±12.8	Δ4.6±12.8	Δ4.6±12.8	Δ4.6±12.8	Δ4.6±12.8	Δ4.6±12.8	Δ4.6±12.8	Δ4.6±12.8

* p<0.05

Mean±SD

表10. 50時下股関節動作

	接地瞬間				膝関節角度の最小値(deg)				足関節角度の最小値(deg)				離地瞬間			
	股関節角度(deg)		膝関節角度(deg)		足関節角度(deg)		膝関節角度(deg)		足関節角度(deg)		股関節角度(deg)		膝関節角度(deg)		足関節角度(deg)	
	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群
Pre	21.23±6.85	19.05±4.43	131.43±11.62	136.55±10.7	101.28±11.37	102.61±13.08	118.17±9.58	120.09±4.4	76.39±6.13	82.85±7.88	0.8±5.01	0.21±4.08	170.5±6.08	172.86±5.04	139.22±6.92	138.02±11.96
Post	20.22±5.92	16.17±9.82	138.97±8.48	140.11±14.54	109.57±13.06	106.76±13.38	123.46±8.15	123.64±10.09	83.45±10.71	85.26±6.18	-2.41±4.94	-2.35±7.02	176.18±2.39	172.81±6.22	143.89±10.74	139.51±10.53
変化率(%)	Δ9.0±59.9	Δ-9.5±59.4	Δ6.7±13.1	Δ3.1±13.1	Δ8.6±10.6	Δ-5.1±15.6	Δ5.0±10.0	Δ3.1±9.3	Δ6.5±11.9	Δ3.4±9.3	Δ-208.3±545.6	Δ-99.2±307.5	Δ3.5±4.0	Δ0.1±5.1	Δ3.4±6.6	Δ1.5±8.5

	屈曲角度変位				伸展角度変位				伸展速度の最大値					
	膝関節(deg)		足関節(deg)		膝関節(deg)		足関節(deg)		膝関節(deg/sec)		膝関節(deg/sec)		足関節(deg/sec)	
	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群
	13.26±7.27	16.46±8.22	22.89±9.06	19.76±8.09	52.33±5.82	52.77±5.66	60.83±5.64	55.17±10.13	360.69±56.41	357.47±57.3	730.12±98.35	740.19±102.01	894.89±132.44	866.03±122.12
	15.51±9.85	16.47±8.58	26.12±6.39	21.5±7.73	52.71±8.1	49.18±7.79	60.44±9.88	54.23±5.09	353.37±72.71	400.87±80.5	720.85±91.15	797.5±125.22	868.05±131.46	798.7±92.47
	Δ39.8±100.1	Δ23.2±78.0	Δ26.2±46.2	Δ28.1±65.7	Δ1.1±13.6	Δ-6.1±17.8	Δ-0.1±17.1	Δ0.5±14.7	Δ0.3±24.5	Δ15.3±34.8	Δ0.6±19.5	Δ9.4±23.1	Δ-2.0±14.2	Δ6.2±16.2

Mean±SD

表11. 膝および足関節等尺性筋力

	膝関節				足関節			
	屈曲筋力(kg)		伸展筋力(kg)		底屈筋力(kg)		背屈筋力(kg)	
	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群
Pre	7.89±2.17	9.2±3.24	18.1±5.5	20.14±5.72	32.45±8.97	34.18±10.8	10.09±1.94	9.32±2.32
Post	11.63±2.77	12.04±2.33	18.51±5.58	19.65±3.76	43.22±10.39	41.17±8.95	10.38±2.65	10.77±1.38
変化率(%)	Δ51.0±27.1	Δ44.1±52.9	Δ4.1±20.4	Δ1.8±21.7	Δ38.4±34.7	Δ27.4±35.1	Δ2.9±16.3	Δ18.3±14.0
	Mean±SD							

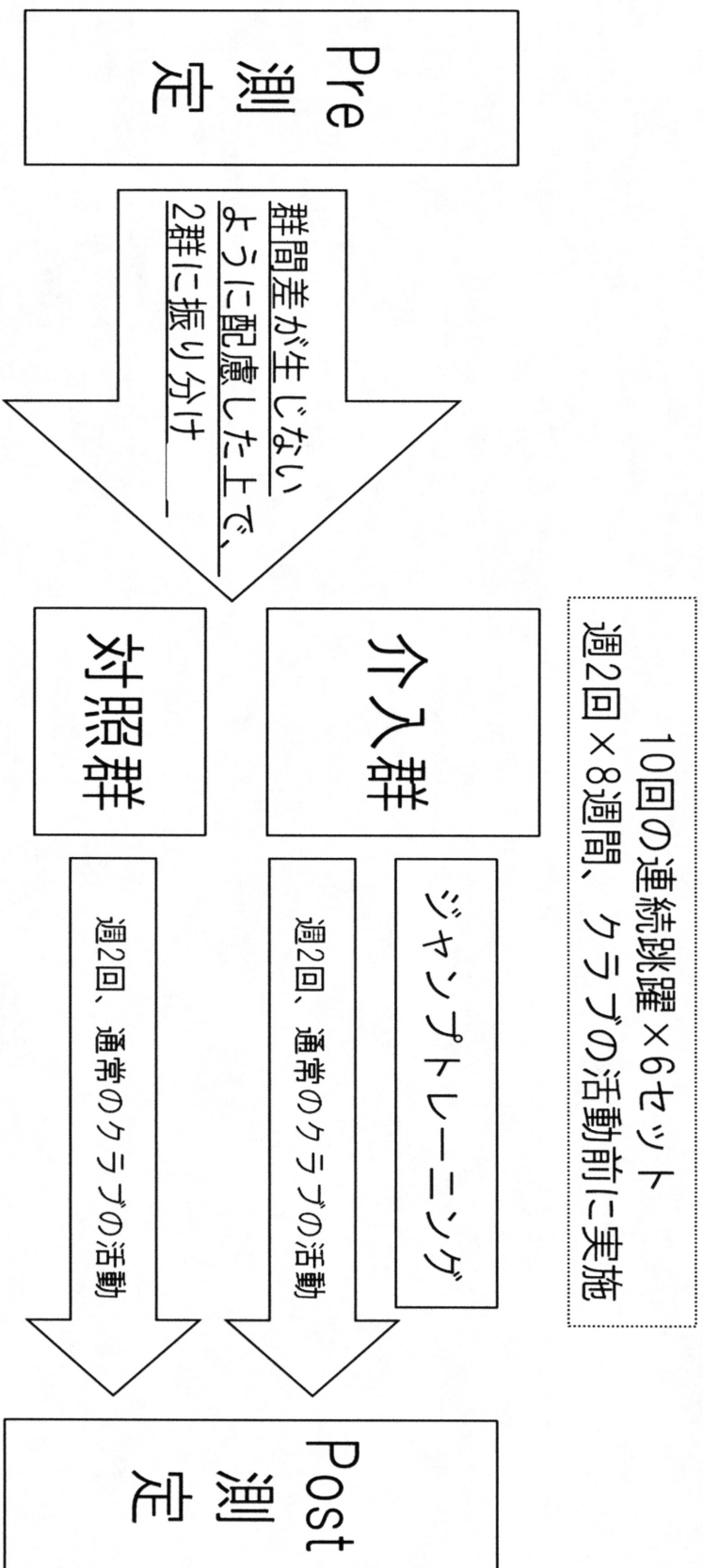


図1. 研究プロトコル

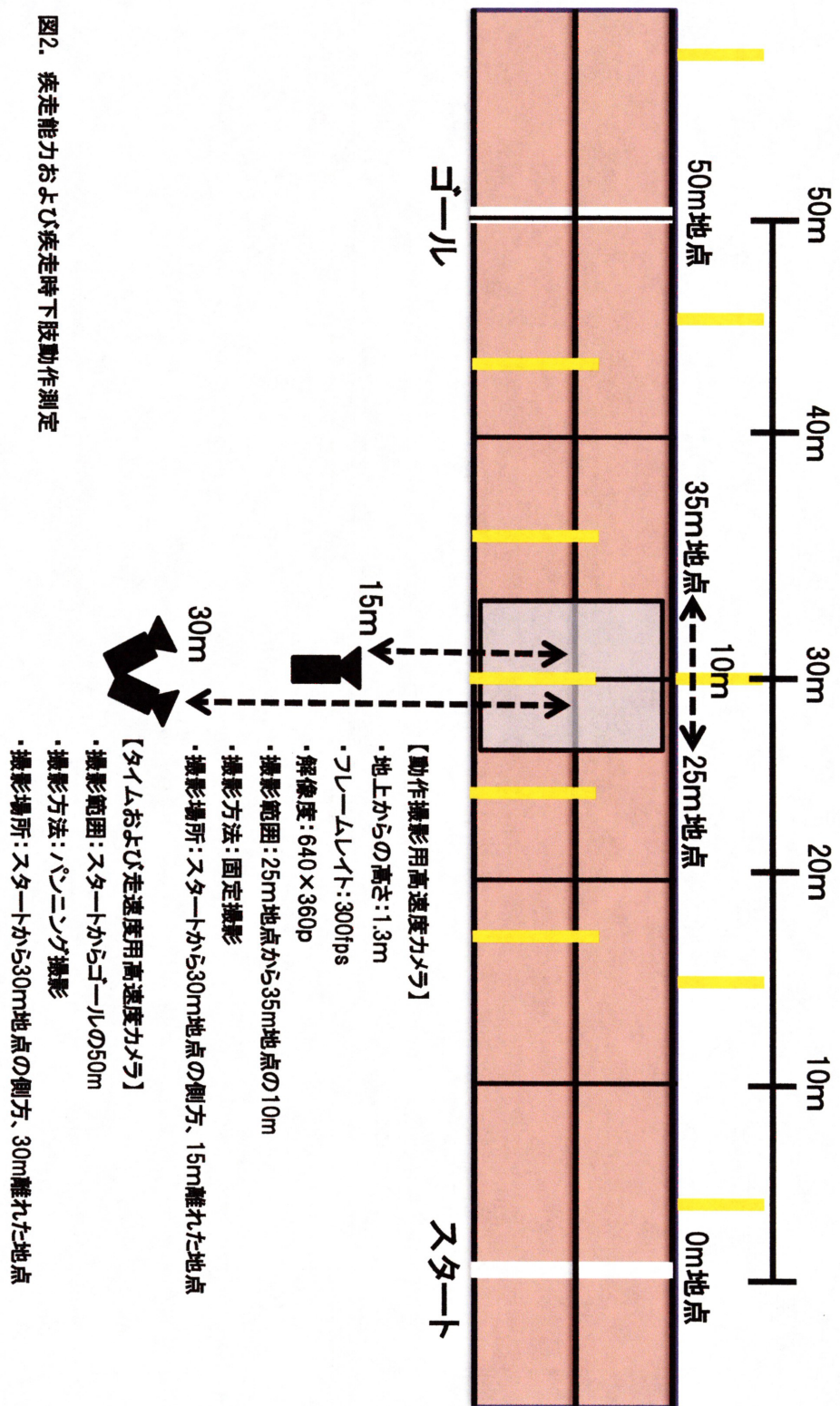
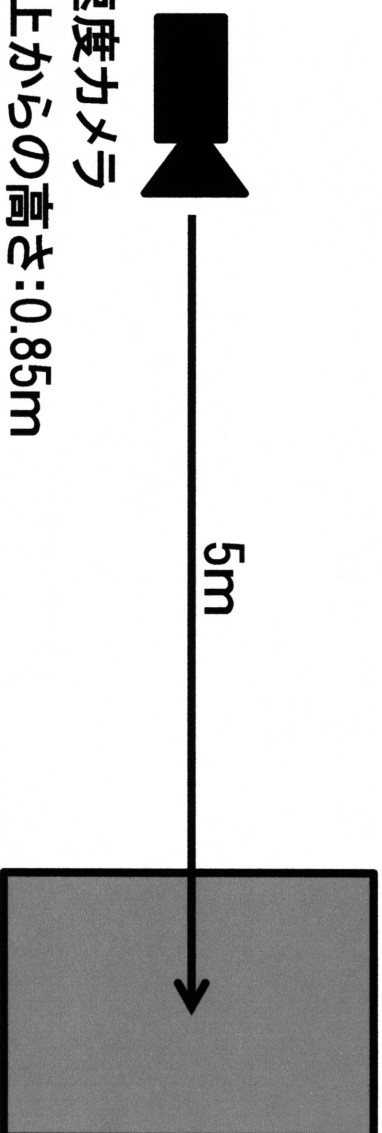


図2. 疾走能力および疾走時下肢動作測定



高速度カメラ

- ・地上からの高さ: 0.85m
- ・フレームレイト: 300fps
- ・解像度: 640×360p
- ・撮影範囲: 接地中から跳躍時の最高点の全身
- ・撮影方法: 固定撮影
- ・撮影場所: マルチジャンプスタの中心から側方5mの地点
- ・RJ測定時に、被験者の矢状面に対して垂直に撮影を実施した。

図3. 5RJ時下肢関節動作測定

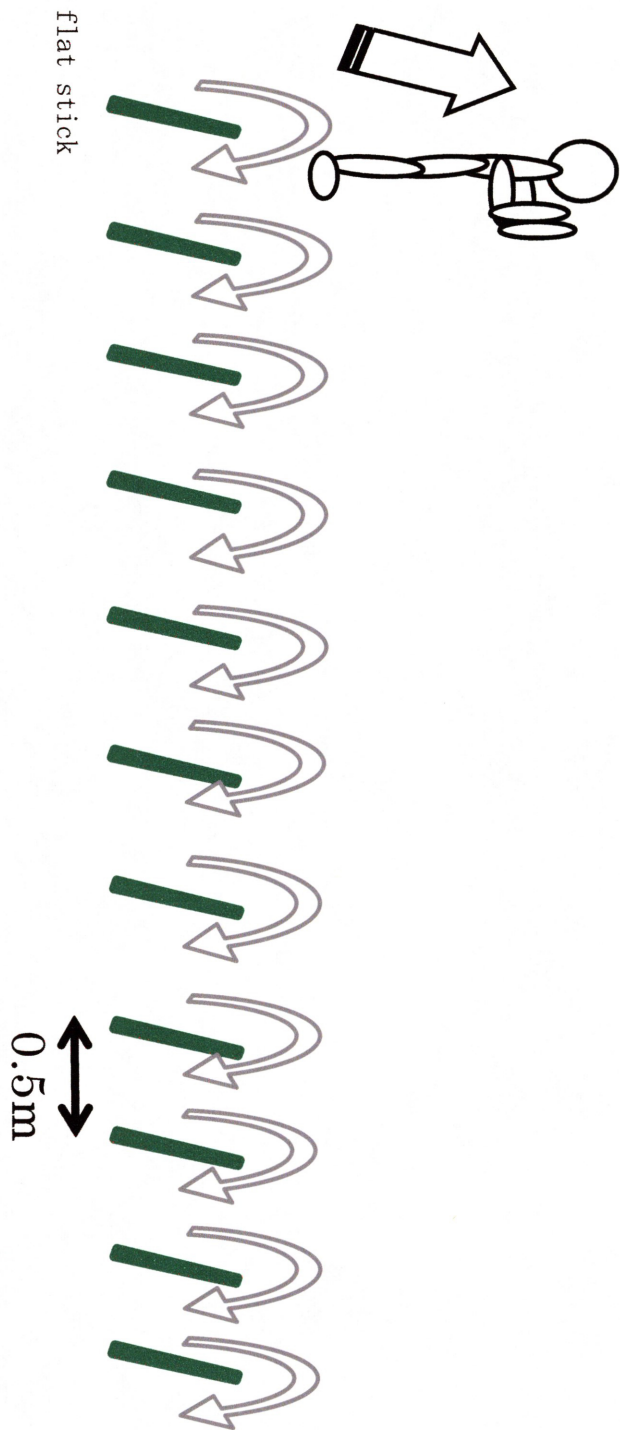
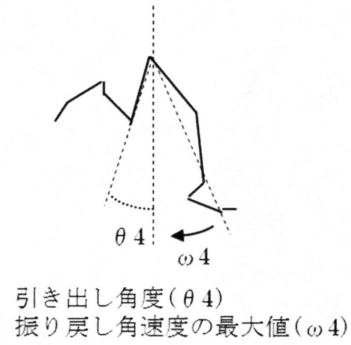
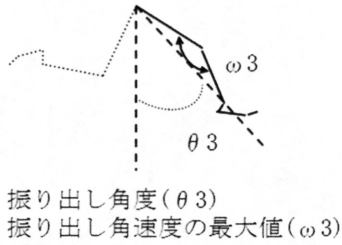
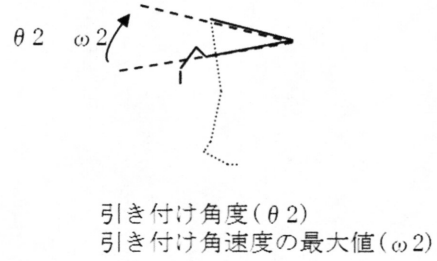
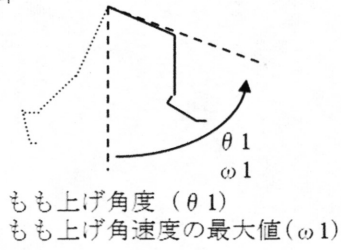


図4. トローニング方法

スイング脚



支持脚

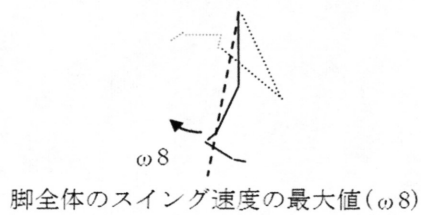
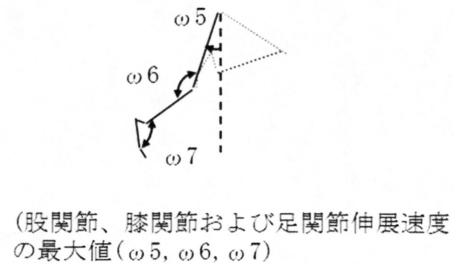
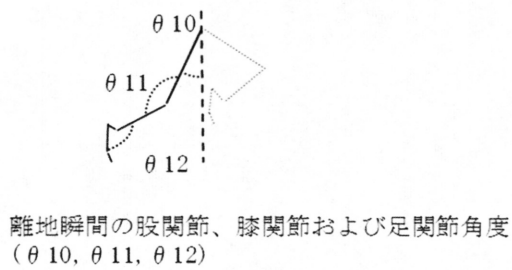
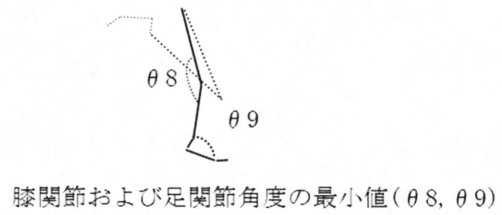
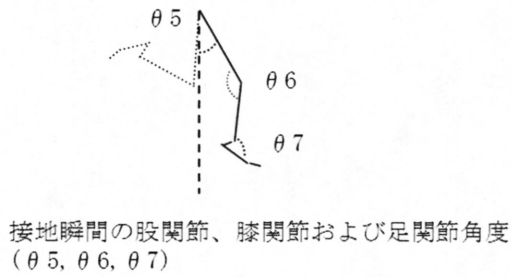
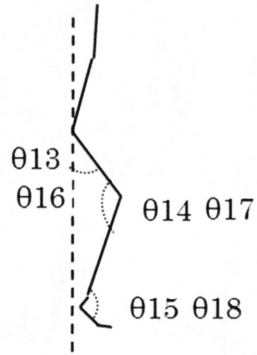
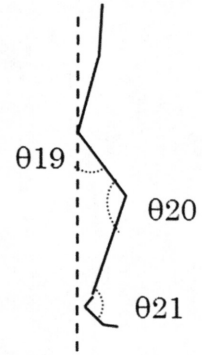


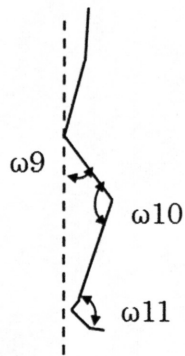
図5. 疾走時下肢関節動作定義



接地瞬間の股関節、膝関節および足関節角度
($\theta_{13}, \theta_{14}, \theta_{15}$)
離地瞬間の股関節、膝関節および足関節角度
($\theta_{16}, \theta_{17}, \theta_{18}$)



股関節、膝関節および足関節の最小角度
($\theta_{19}, \theta_{20}, \theta_{21}$)



股関節、膝関節および足関節伸展速度の
最大値($\omega_9, \omega_{10}, \omega_{11}$)

図6. 5RJ時下肢関節動作

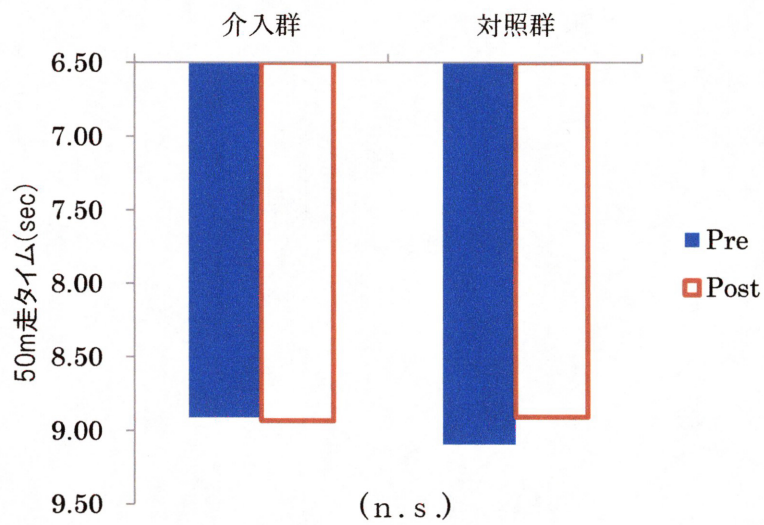


図 7. 50m 走タイム

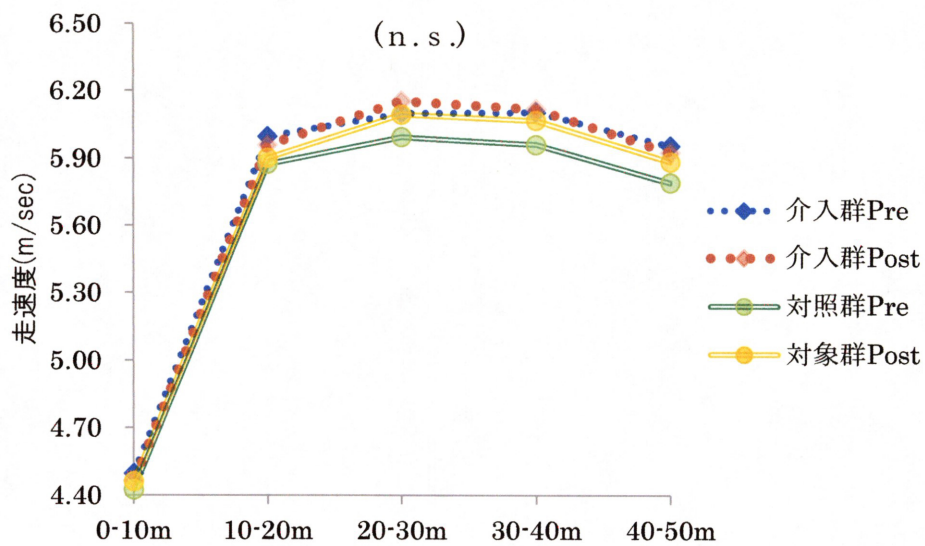


図 8. 10m 毎の区間平均速度

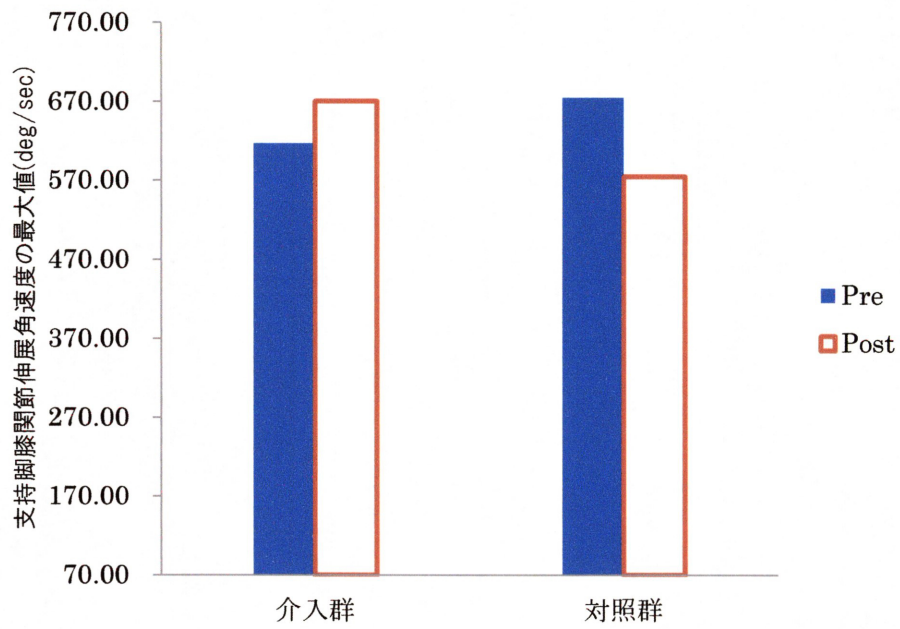


図 9. 膝関節伸展速度の最大値

* $p < 0.05$

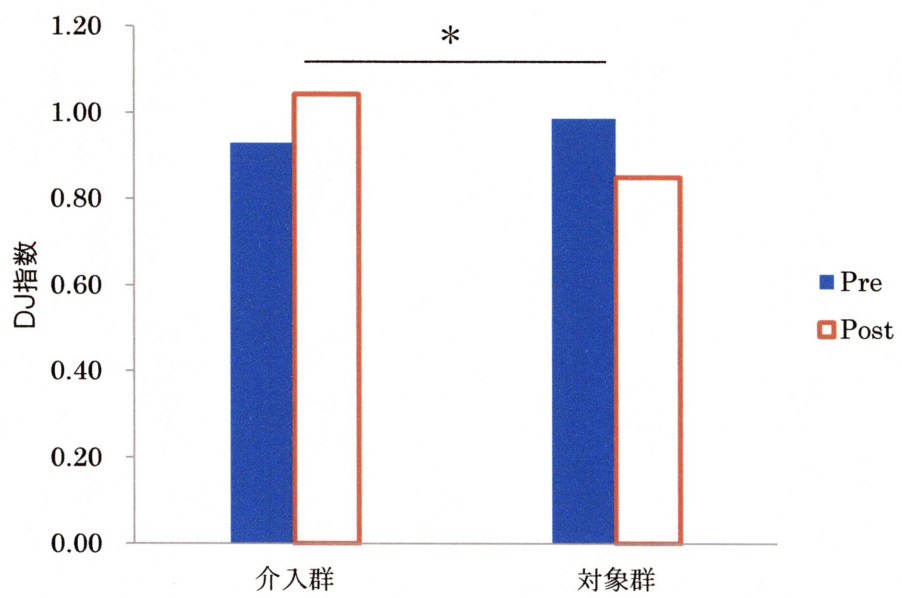


図 10. DJ 指数

* $p < 0.05$

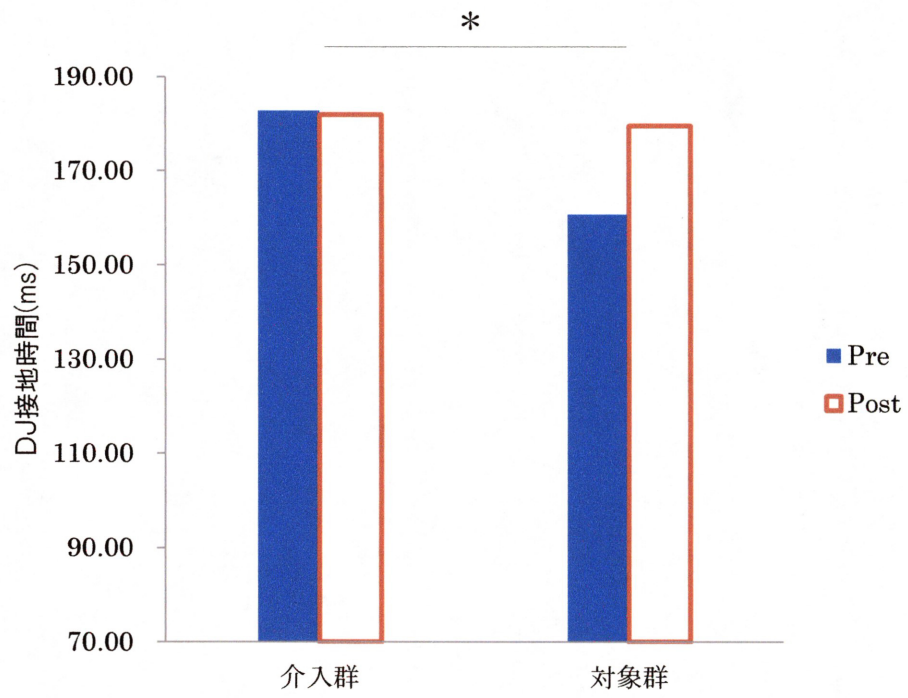


図 11. DJ 接地時間

* $p < 0.05$