

# 体幹深部筋トレーニングが競技パフォーマンスに与える影響

成田崇矢 金岡恒治 半谷美夏 小泉圭介 大久保雄

## 目 次

要約	1,2
課題 1: 体幹深部筋トレーニングが跳躍高へ与える即時的影響	3-5
課題 2: 体幹深部筋トレーニング+動作練習が片脚着地動作に及ぼす影響	6-10
課題 3: 競泳選手における体幹深部筋トレーニングが蹴伸び動作に及ぼす影響	11-15
まとめ	16

## 体幹深部筋トレーニングが競技パフォーマンスに与える影響

成田崇矢 金岡恒治 半谷美夏 小泉圭介 大久保雄

### 要約

我々はこれまで、スポーツ選手の腰部障害予防対策としての体幹深部筋トレーニング時の体幹筋活動を検証し、科学的根拠に基づいたトレーニング方法とするべく基礎的な研究を行ってきた。その結果から得られた知見を基に日本水泳連盟医事委員会では競泳選手に対する様々な腰部障害予防対策を実施している。当初は障害予防対策として実践してきた体幹筋深部トレーニングであるが、競技の直前のwarming-upとして実施した際、競技中のボディバランスが改善し、競技パフォーマンス向上にも寄与しているように感じる選手が多かった。しかし、体幹深部筋トレーニングが競技パフォーマンスに及ぼす影響についての検証は十分ではなく、特に即時効果は定かではない。このため、体幹深部筋トレーニングが競技力向上に及ぼす影響を検証することを目的に以下の3つの課題を行った。

### 課題1: 体幹深部筋トレーニングが跳躍高へ与える即時的影響

**方法:** 関東学生クラブリーグに所属している大学ラグビー選手30名(年齢:20.1±1.2歳、身長:172.2±5.3cm、体重:71.1±7.4kg)を対象に、体幹深部筋トレーニング前後の垂直跳びを5回ずつ計測した。垂直跳びの撮影は、ハイスピードカメラ(CASIO製EX-FH25)にて行い、シャッタースピードは毎秒120コマとした。体幹深部筋トレーニングはFront Bridge、Back Bridge、左右Side Bridgeの4種類を行なった。A、B、Cの3つのグループに群分けし、A、Bそれぞれのグループの体幹深部筋トレーニングの時間は、Aは一種目90秒合計360秒、Bは45秒間合計180秒、Cは体幹深部筋トレーニングを行わず、5分間のRestをした。また、各種目間には、15秒の休息を行った。垂直跳びは、5回のうちの最高点を記録として採用し、ハイスピードカメラより得られた画像を、フリーソフトImage Jを用いて、跳躍高の測定を行なった。マーカーから地面までの基本姿勢時の高さ、最高点での高さを計測しその差を最大跳躍高とし、得られた値からpostの値をpreの値で除し、100%を基準として、変化率を求めた。

**統計処理:** SPSS(IBM SPSS Statistics 19.1)を用いて、変化率に対して3群間の介入前の跳躍高、変化率を一元配置分散分析にて解析を行った。有意差を認められた場合は、TukeyのHSD法を用い事後検定を行った。有意水準は5%未満とした。

**結果:** 1種目90秒体幹筋トレーニングの介入したAグループの跳躍高の増加が大きく、体幹筋トレーニングを行わないCグループに比べ有意に増加した。

### 課題2: 体幹深部筋トレーニング+動作練習が片脚着地動作に及ぼす影響

**方法:** 大学女子バスケットボール選手7名(年齢20.3±1.4歳、身長168.1±5.0cm、体重58.7±4.9kg)を対象とした。介入(体幹深部筋トレーニング+動作練習)前後に手を腰にあてたまま30cmの高さの台から前方30cmの位置に片脚着地を行った。着地から5秒間その姿勢を保持し、その際の体幹周囲筋の筋活動、着地姿勢を測定した。介入は体幹深部筋トレーニングを3種類(Front Bridge30秒、Side Bridge左右30秒ずつ、Back Bridge30秒)、ドローイン(腹部引き込み動作)を行った。次に、着地動作の動作練習を、体幹筋活動を筋電図にてモニタリングし、正しい筋活動様式を学習させた後、再度試技を行った。着地姿勢は、体表にマーカーを装着(両方の肩峰、ASIS、膝蓋骨中央・足関節中央の8ヶ所)し、前額面よりハイスピードカメラを用いて撮影した画像を解析した。着地姿勢の測定項目は、肩峰傾斜角度、骨盤傾斜角度、膝関節外(内)反角度、股関節内転角度とした。筋活動は、右側の腹直筋、内腹斜筋/腹横筋、外腹斜筋、脊柱起立筋、大腿直筋、内転筋、大殿筋、中殿筋の8筋の活動の動作中モニタリングを行った。

**統計処理:** 三次元動作解析ソフトframeDIAS4を用いて、着地脚の接地から1秒間の水平面および三次元重心総軌跡長、膝関節屈曲角度、膝関節外反角度、股関節屈曲角度、股関節外転角度、骨盤側方傾斜角度、骨盤回旋角度、体幹前傾角度の8項目について解析した。各測定項目について、対応のあるt検定を用いてpre試技とpost試技間で比較した。有意水準は5%とした。

**結果:** 水平面重心軌跡長はpre試技260.96±40.21mm、post試技285.36±56.54mm、三次元重心総軌跡長はpre試技457.90±32.92mm、post試技491.27±47.29mm、膝関節屈曲角度はpre試技60.50±

7.77°、post 試技 58.18±10.74°、膝関節外反角度は pre 試技 18.48±4.04°、post 試技 17.40±8.28°、股関節屈曲角度は pre 試技 51.99±14.22°、post 試技 48.76±13.5°、股関節外転角度は pre 試技 89.70±3.72°、post 試技 91.72±5.62°、骨盤側方傾斜角度は pre 試技 9.83±4.94°、post 試技 8.75±4.99°、骨盤回旋角度は pre 試技 9.72±3.39°、post 試技 7.95±2.79°、体幹前傾角度は pre 試技 19.49±11.66°、post 試技 17.52±9.69°であった。全ての項目において、pre 試技と post 試技の間に有意な差を認めなかった。

### 課題 3: 競泳選手における体幹深部筋トレーニングが蹴伸び動作に及ぼす影響

方法: 対象は、大学水泳部競泳部門に所属する競泳選手 19 名(男子 14 名、女子 5 名)とした。介入動作である体幹深部筋トレーニングは、Back Bridge、左右 Side Bridge ドローイン、Prone Bridge (エルボーニー+手挙げ、エルボーニー+脚挙げ)の 5 種目とした。各種目 60 秒、合計 300 秒行い、種目間に 15 秒の休息をとった。試技は介入前に 3 回行った。介入後は介入終了時から直後(1~2 分後)、15 分後、30 分後にそれぞれ 1 回行った。到達距離は指先の到達位置を目視で測定した。またハイスピードカメラを水中の 2.5m と 7.5m 地点に設置し、被験者の右側から蹴伸び動作を撮影した。解析は ImageJ を使用し、撮像した画像から座標を算出し、2.5m~7.5m の 5m 間の平均速度を算出した。また 2.5m から前後 10ms、計 20ms からそれぞれの瞬間速度を算出した。介入前、介入直後、介入 15 分後、介入 30 分後の到達距離、2.5m~7.5m の平均速度、2.5m の瞬間速度瞬間速度に対して SPSS(IBM SPSS Statistics 19.Ink)を用いて一元配置分散分析を行った。なお有意水準は 5%未満とした。

#### 【結果】

各測定項目の平均値を介入前、介入直後、介入 15 分後、介入 30 分後の順に示す。到達距離は 15.41±2.12m、14.99±2.20m、15.50±2.80m、15.42±2.54m であった。2.5m~7.5m の平均速度は 1.06±0.16m/s、1.05±0.15m/s、1.06±0.15m/s、1.05±0.16m/s であった。2.5m の瞬間速度は 2.02±0.25m/s、1.91±0.26m/s、2.01±0.23m/s、1.92±0.41m/s であった。7.5m の瞬間速度は 0.83±0.24m/s、0.76±0.19m/s、0.81±0.23m/s、0.75±0.25m/s であった。いずれも各試技間に有意な差を認めなかった。

#### まとめ

本研究では、体幹深部筋トレーニングの即時効果を、課題 1 では垂直跳び、課題 2 では片脚着地、課題 3 では蹴伸びを測定試技に検証を行った。

結果として、課題 1 の体幹深部筋トレーニングを 4 種類 90 秒行った後の垂直跳びのみパフォーマンスの向上を認め、その他の試技では、パフォーマンスの向上を認めなかった。

## 課題 1: 体幹深部筋トレーニングが跳躍高へ与える即時的影響

### 【目的】

体幹深部筋トレーニングが跳躍高に即時的に及ぼす影響と、トレーニング量との関係を明らかにすることを本課題の目的とした。

### 【方法】

被験者: 関東学生クラブリーグに所属している大学ラグビー選手 30 名を対象とした。被験者の年齢、身長、体重の平均値と標準偏差を以下の表 1 に示す。

表 1 被験者の年齢、身長、体重の平均値と標準偏差

身長(cm)	体重(kg)	年齢(歳)
172.2 ±5.3	71.1 ±7.4	20.2 ±1.3

(Mean ± SD)

使用機材: ハイスピードカメラ(CASIO 製 EX-FH 25)を用いて撮影した。設定は毎秒 120コマで撮影を行なった。

実験概要: 被験者には事前に身長と体重を調査し、それをもとに BMI を算出した。そのデータをもとに被験者の BMI の平均値が均等になるように A、B、C の 3 つのグループに分けた(表 2)。はじめに、5 回垂直跳びの撮影を行い、それぞれのグループで異なる介入を行なったあとに、再び 5 回の垂直跳びを撮影した。介入前の垂直跳びの跳躍高を pre とし、介入後の垂直跳びの跳躍高を post と定義した。

表 2 グループごとの身体特性の値

	A	B	C
身長(cm)	173.7 ±5.3	172.1 ±4.0	170.8 ±6.6
体重(kg)	71.6 ±5.4	71.6 ±7.4	70.1 ±9.6
BMI	23.8 ±2.2	24.2 ±2.5	24.0 ±2.5

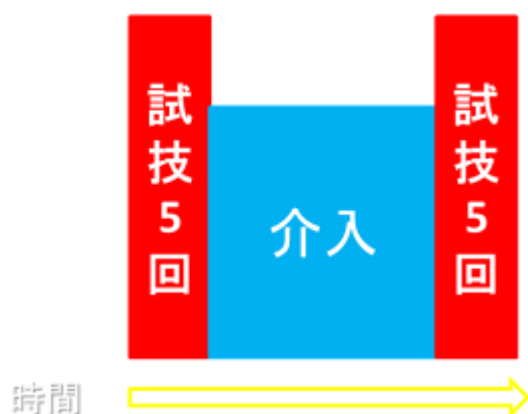


図 1 実験プロトコル

介入: 体幹トレーニングは Front Bridge、Back Bridge、左右 Side Bridge の 4 種類を行なった(図 2)。各種目は始めに Front Bridge、次に右 Side Bridge、左 Side Bridge、最後に Back Bridge の順番で行なった。A、B それぞれのグループの体幹トレーニングの時間は A では一種目 90 秒合計 360 秒、B では 45 秒間合計 180 秒行った。また、種目間に 15 秒の休息を行った。一方、C グループでは 5 分間の Rest を介入させた。(表 3)



a. Front Bridge

b. Back Bridge

c. Side Bridge

図 2 体幹トレーニング

表 3 各グループの体幹トレーニング実施時間

	グループ A	グループ B	グループ C
介入動作	Front Bridge Back Bridge 右 Side Bridge 左 Side Bridge		Rest
時間	各種目 90 秒 計 360 秒	各種目 45 秒 計 180 秒	300 秒

実験試技: ジャンプはカメラに対して正面を向いて行った。体幹トレーニングの前後に 5 回ずつ行い、それぞれ 5 回のうちの最高点をその被験者の記録として採用した。また、ジャンプは腕の振込動作の影響を排除するために腰に手を当てた状態で行い、地面に引いたラインにつま先を合わせて行った。また、解析時の目印となるように被験者の上前腸骨棘にビニールテープでマーカーを付けた。なお、計測の基準にするために地面に引いたラインに垂直でかつ、カメラに対して平行に 0.7m の棒を設置した(図 4)。



図 4 実験試技

測定: フリーソフト Image J を用いて、撮動した映像から跳躍高の測定を行なった(図 4)。マーカーから地面までの基本姿勢時の高さ、最高点での高さを計測しその差を最大跳躍高とし、得られた値から post の値を pre の値で除し、100%を基準として、変化率を求めた。

統計処理: SPSS(IBM SPSS Statistics 19.Ink)を用いて、3 群間の介入前の跳躍高、変化率を一元配置分散分析にて解析を行った。有意差を認めた場合は、Tukey の HSD 法を用い事後検定を行った。有意水準は 5%未満とした。また、画像からの測定の信頼性を確認するため、A グループの最高点を記録した動画 20 本を 3 回解析し、それらの実数値に対して ICC 検定を行なった。

## 【結果】

Aグループの最高点を記録した動画20本を3回解析し、それらの実数値に対してICC検定を行なったところICC(1.1)=0.89となり、今回の解析は信頼性があるものとした。

介入前の跳躍高は、Aグループ 47.7±6.3 cm、Bグループ 42.6±5.9 cm、Cグループ 43.7±6.0 cmであった。また、3群間の結果に有意差を認めなかった。

体幹トレーニング前後の垂直跳びの変化率は、90秒ずつトレーニングを行ったAグループは、104.0±4.0%、45秒ずつトレーニングを行ったBグループは101.6±7.2%、トレーニングを行わなかったCグループは、99.5±4.3%であった。事後検定により、AグループとCグループの変化率に有意差を認めた。(図5)

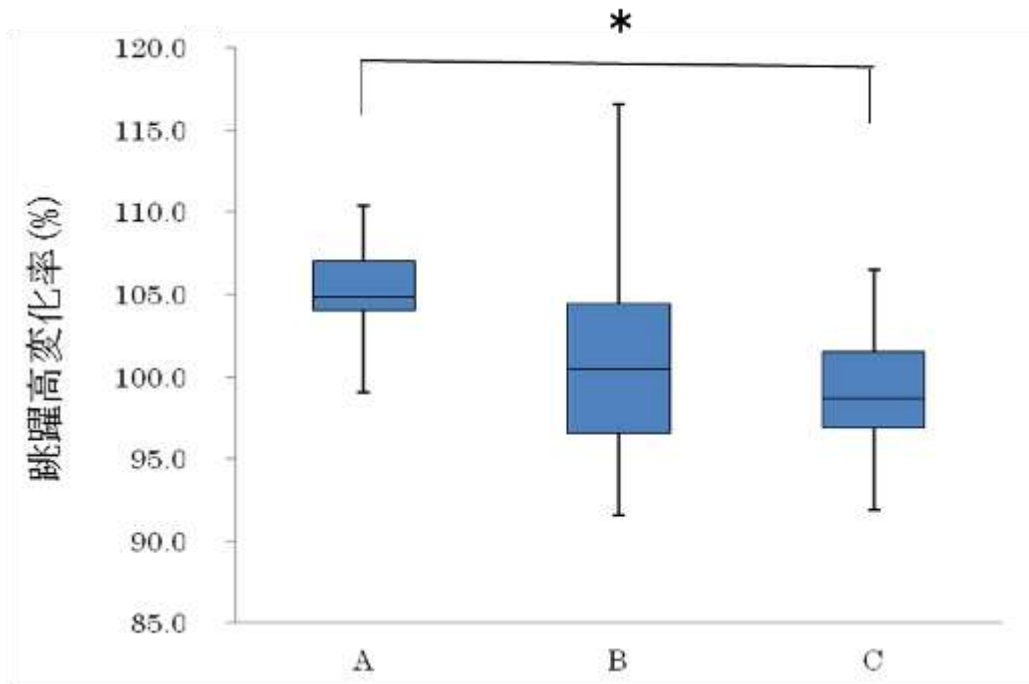


図5 体幹トレーニング前後の変化率  
A群:90秒介入 B群:45秒介入 C群:介入なし

## 【考察】

90秒の体幹トレーニングを行なったA群と45秒の体幹トレーニングを行なったB群の変化率に有意差を認めなかったが、体幹トレーニングを行わなかったC群の変化率はA群の変化率は有意差を認めた。このことから、4種類の体幹トレーニング90秒行なった場合、何もしない場合と比較し、垂直跳びのパフォーマンスが向上すると考える。しかし、トレーニング時間が45秒のB群とC群の変化率に有意差を認めなかったことから、同じ体幹トレーニングであっても、45秒以下のエクササイズでは垂直跳びのパフォーマンスが向上しないことが示唆された。

先行研究では5分間6種目の体幹トレーニングを介入動作として行なったが垂直跳びに有意差は認めなかった<sup>1)</sup>。この実験の体幹トレーニングの持続時間は60秒より短かった。本研究においても45秒よりも90秒の体幹トレーニングにより、垂直跳びのパフォーマンス向上が示唆された。1種目90秒ずつトレーニングを行なった方が体幹筋群の深層の細かい筋肉にまで刺激が届いた可能性がある。

今後の課題として、垂直跳びよりも、ドロップジャンプとリバウンドジャンプを行なった際に、体幹トレーニングの介入効果が高いと報告<sup>1)</sup>があることから、試技を検討し、より体幹トレーニングの効果の高い試技を検討する必要があると考える。

## 【参考文献】

1) 橋本輝、前大純郎、山本正嘉 一過性の体幹スタビライゼーションエクササイズが垂直跳び、ドロップジャンプ、リバウンドジャンプのパフォーマンスに及ぼす効果 2011:3:71-80

## 課題 2: 体幹深部筋トレーニング+動作練習が片脚着地動作に及ぼす影響

【目的】バスケットボールの競技中に多く見られ、ACL 損傷の発生機転となり得る片脚着地時のバランス能力に、体幹深部筋トレーニングが及ぼす即時効果について検証することを本研究の目的とした。

### 【方法】

被験者: 大学バスケットボールリーグ 1 部に所属し、トレーニング習慣のある女子バスケットボール選手 6 名(年齢  $20.3 \pm 1.5$  歳、身長  $167.0 \pm 4.5$ cm、体重  $58.2 \pm 5.2$ kg)を対象とした。また、過去に膝関節傷害の既往歴が無く、過去 6 ヶ月以内にその他の下肢傷害の既往歴がないことを被験者の条件とした。

プレー中にピボットフット(軸脚)にしやすい方の脚を着地脚と定義した。6 名の被験者のうち、右脚を着地脚とした者が 2 名、左脚を着地脚とした者が 4 名であった。

測定試技: 30cm の高さの台から着地脚と反対側の脚で踏み切り(図 1)、前方に片脚着地を行い、着地後 5 秒間着地姿勢(図 2)を保持するよう指示した(pre 試技)。その後体幹深部筋トレーニングを実施し、再び同様の試技を行った(post 試技)。試技は、上肢による影響を排除するために両手を腰に当て行った。また、シューズによる影響を排除するために試技は全てシューズを履かずに行った。試技を行う前に十分に練習を行い、「手が腰から離れた」、「遊脚が床に接地した」、「極端に上体が傾いた」、「着地脚が接地後に接地点より移動した」場合を失敗試技とし、pre 試技、post 試技ともに成功試技が 2 回得られるまで測定を実施した。



図 1 踏切姿勢



図 2 着地姿勢

体幹深部筋トレーニングは Front Bridge(FB)、Side Bridge(SB)左右、Back Bridge(BB)を、それぞれ 30 秒 1 セットずつ行った(図 3)。



図 3-1 Front Bridge (FB)



図 3-2 Back Bridge (BB)



図 3-3 Side Bridge (SB)

動画撮影:ハイスピードカメラ(CASIO 社製 EX-F1)を用いて、被験者が台から降りて着地し、5 秒間静止する様子を 300Hz で撮影した。カメラは被験者の前額面と矢状面が撮影できるよう、前方、左側方、右側方の 3 ヶ所に、全身が写るようにそれぞれ着地位置から 4m の地点に設置した(図 4)。

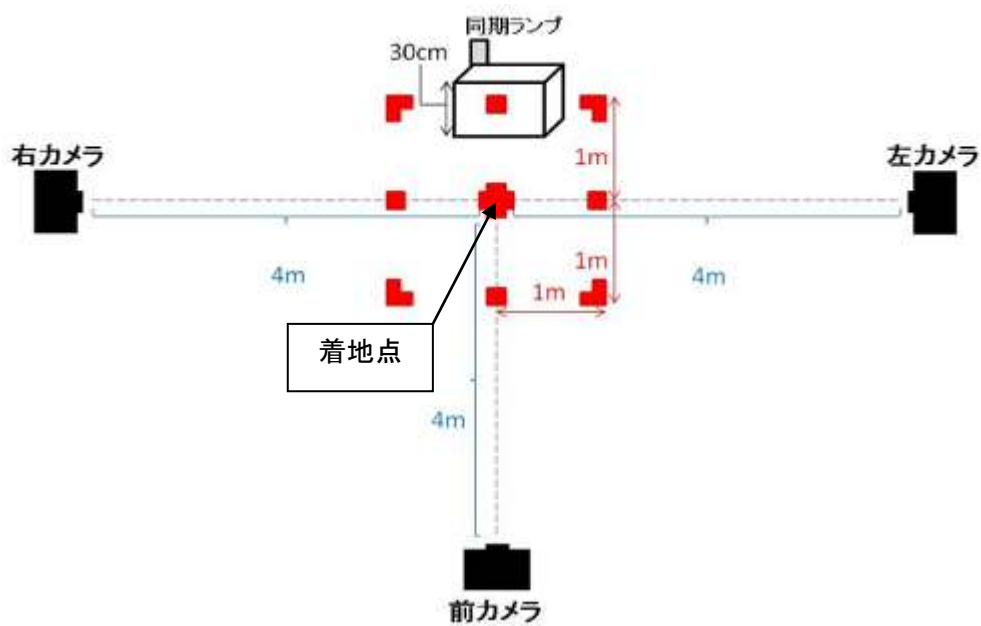


図 4 カメラ位置



マーカー貼付位置は頭頂と左右の肩峰、肘頭、手関節中央、大転子、上前腸骨棘(ASIS)、上後腸骨棘(PSIS)、膝関節外側裂隙、膝蓋骨中央、腓骨頭、外果、足関節中央、踵骨隆起、足先の合計 27 ヶ所とした(図 5)。



図 5 マーカー貼付位置

動作解析:三次元動作解析ソフト frameDIAS4(DKH 社製)を用いて、被験者の前・左・右の 3 方向から各マーカーを 2 台のカメラで撮影し、動画を解析した。

接地は着地脚の足先が床面に着いた瞬間と定義し、接地から 1 秒間を解析区間とした。解析対象は、水平面および三次元重心総軌跡長、膝関節屈曲角度(図 6 角度 a)、膝関節外反角度(図 6 角度 b)、股関節屈曲角度(図 6 角度 c)、股関節外転角度(図 6 角度 d)、骨盤側方傾斜角度(図 6 角度 e)、股関節回旋角度、体幹前傾角度(図 6 角度 f)、の 9 項目について解析した。骨盤側方傾斜角度および股関節回旋角度は前額軸、体幹前傾角度は垂直軸をそれぞれ 0° とし、そこからの変化量を絶対値として算出した。

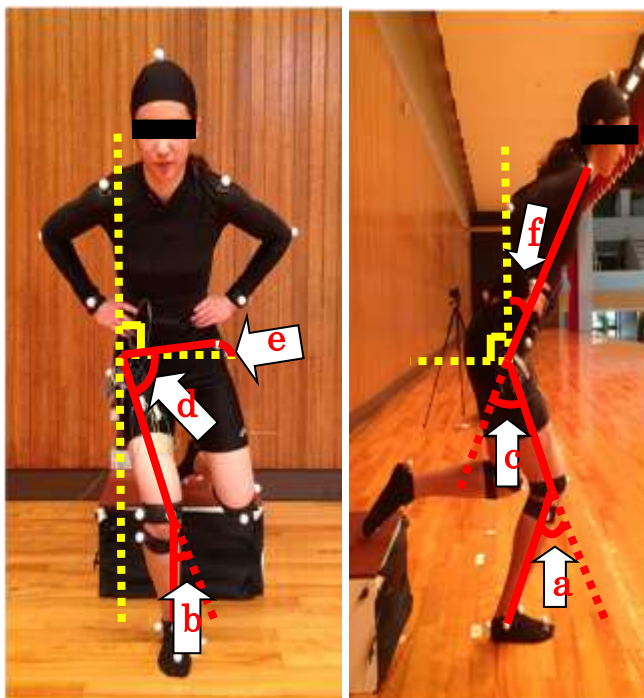


図 6 測定角度

統計処理:各測定項目について対応のあるt検定を用いて、pre 試技と post 試技間で比較した。有意水準は 5%とした。

【結果】

重心動揺:片脚着地における水平面上および三次元重心総軌跡長は、pre 試技と post 試技の間に有意な差を認めなかった(表 1)。

表 1 水平面および三次元重心軌跡長の平均±標準偏差 (単位:mm)

	水平面上重心総軌跡長	三次元重心総軌跡長
pre試技	260.96±40.21	457.90±32.92
post試技	285.36±56.54	491.27±47.29

関節角度:各関節の最大角度は、pre 試技と post 試技の間に有意な差を認めなかった(表 2、図 7)。

表 2 各関節角度の平均±標準偏差 (単位:°)

	膝関節屈曲角度	膝関節外反角度	股関節屈曲角度	股関節外転角度
pre試技	60.50±7.77	18.48±4.04	51.99±14.22	89.70±3.72
post試技	58.18±10.74	17.40±8.28	48.76±13.5	91.72±5.62

	骨盤側方傾斜角度	骨盤回旋角度	体幹前傾角度
pre試技	9.83±4.94	9.72±3.39	19.49±11.66
post試技	8.75±4.99	7.95±2.79	17.52±9.69

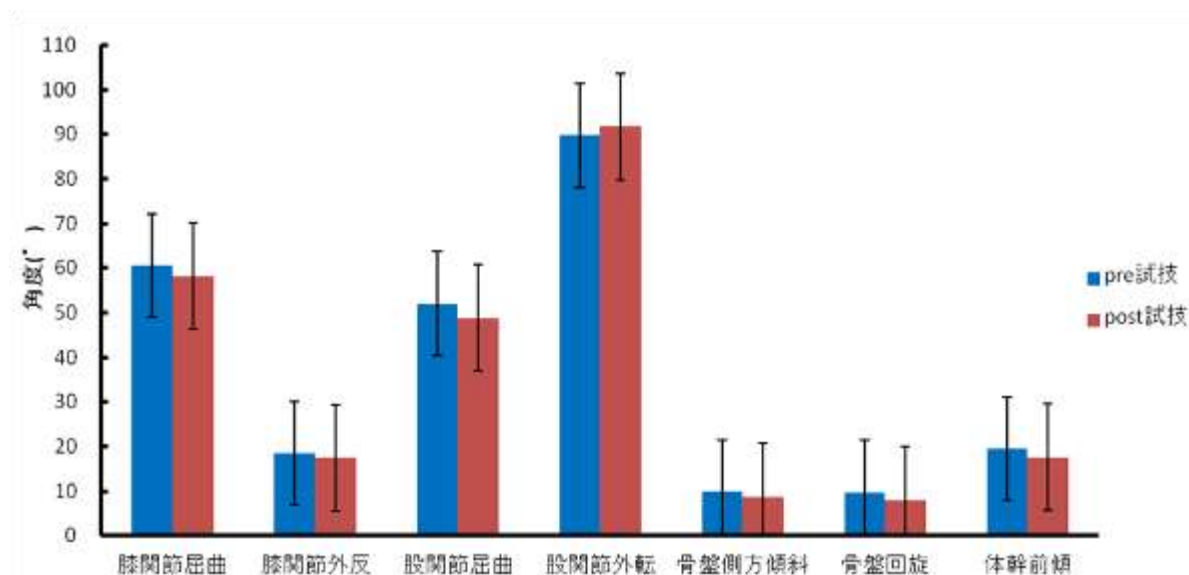


図 7 各関節角度の比較 (全て有意差なし)

【考察】

本研究において、体幹深部筋トレーニングにより片脚着地時の重心総軌跡長および各関節角度が変化しなかったことから、体幹深部筋トレーニングが片脚着地時の重心動揺および関節角度に及ぼす影響は無い、または極めて小さいということが示唆された。

体幹深部筋トレーニングにより閉眼状態での片脚立位時の重心動揺が減少し、静的バランスが即時的に向上すると報告されている<sup>1,2)</sup>。また、体幹深部筋トレーニングによってローカル筋が活性化され、体幹の安定性が向上し動的バランスが向上することが示唆されている<sup>3)</sup>。しかし、ここで示された動的バランスの評価は、片脚立位姿勢から能動的に前方・斜め後方内側・斜め後方外側など多方向に遊脚を伸ばすテストであり、本研究で行った片脚着地のように、接地後に大きな床反力を受けながら減速する動作中のバランスとは性質の異なるものであると考える。

片脚静止立位時には、両脚静止立位時と比較して遊脚側の脊柱起立筋、外腹斜筋、立脚側の内腹斜筋、腰部多裂筋の筋活動が高く、遊脚側の腰部脊柱起立筋が骨盤を水平保持し重心の安定化に、外腹斜筋が重心の側方動揺の制御に付与していると報告されている<sup>1)</sup>。片脚着地時には、両脚着地時よりも着地脚の膝関節屈曲角度が減少し、膝関節外反角度が増加、また中殿筋、大内転筋、内側広筋、大腿直筋、大腿二頭筋、半腱様筋の筋活動が増加する<sup>4,5)</sup>ことから、片脚着地時には着地脚側の中殿筋と大内転筋が股関節の内外転を制御し、大腿四頭筋が着地時の衝撃緩和に伴う膝関節の屈曲によりエキセントリック収縮を呈し、ハムストリングスが脛骨の前方変位を制御していると考えられる。

体幹深部筋トレーニングにおける筋活動については、先行研究において、FB では腹横筋、腹直筋、外腹斜筋が、SB では支持側の腹横筋、外腹斜筋、中殿筋が、BB では多裂筋、脊柱起立筋、大殿筋の筋活動が大きいと報告されている<sup>3,4,6)</sup>。

これらの先行研究から、体幹深部筋トレーニングにより外腹斜筋や中殿筋、多裂筋や腰部脊柱起立筋が活性化されることでバランス能力が向上すると予想された。しかし、本研究の結果では、体幹深部筋トレーニング介入前後で重心動揺および関節角度の変化は認めなかった。この理由として、本研究で行ったFB、SB、BBの3種類の体幹深部筋トレーニングでは、全ての関節を固定させることから、腰椎と膝関節の安定性を高めることが出来たとしても、股関節のmobilityの獲得は期待出来ないため、片脚着地時の各関節角度の改善は見られなかったものと考えられる。

本研究においては体幹深部筋トレーニングによって片脚着地時の即時的な動的バランスの向上は認めなかったが、体幹深部筋トレーニングの種類や介入期間、他のエクササイズとの組み合わせを検討することで、体幹深部筋トレーニングが傷害予防に貢献する可能性があると思われる。

## 【参考文献】

1. 鈴木哲ほか. 片脚立位時の体幹筋活動と重心動揺との関係. 理学療法科学. 2009;24(1):103-107
2. 今井厚ほか. 異なる体幹エクササイズが静的バランスに及ぼす即時効果. The journal of Japanese Stabilization Society of Clinical Sports Medicine. 2012;20(3),469-474
3. 今井厚. Stabilization Exercise 体幹深部筋トレーニングの有効性. 筑波大学大学院人間総合科学研究科博士論文.2012
4. 林慶光ほか. 2次元および3次元動作解析法を用いたジャンプ着地動作中の下肢外反アライメントの比較. 弘前医学. 2009;60:77-85
5. 根地島誠ほか. 片脚および両脚着地時の下肢関節角度と筋活動. 理学療法科学. 2008;23(3):447-451
6. 大久保雄ほか. 腰椎 Stabilization Exercise 体幹深部筋トレーニング時の四肢挙上による体幹筋活動変化. The journal of Japanese Stabilization Society of Clinical Sports Medicine. 2011;19(1),94-101

### 課題 3: 競泳選手における体幹深部筋トレーニングが蹴伸び動作に及ぼす影響

【目的】体幹深部筋トレーニング介入前後の蹴伸び動作のパフォーマンスを比較し、体幹深部筋トレーニングの競泳競技のパフォーマンスへの効果を明らかにすることを目的とする。

#### 【方法】

対象: 大学水泳部競泳部門に所属する競泳選手 19 名 (男子 14 名、女子 5 名、年齢  $20 \pm 1$  歳、身長  $174.1 \pm 6.9$ cm、体重  $67.7 \pm 8$ kg) であった。

#### 2.2 介入

体幹深部筋トレーニングは Back Bridge、左右 Side Bridge ドローイン、エルボーニー+手挙げ、エルボーニー+脚挙げの 5 種目とした。1 種目 60 秒、合計 300 秒行った。また種目間に 15 秒の休息をとった。各エクササイズの詳細を以下に示す。

##### (1) Back Bridge (図 1)

膝を曲げた背臥位の姿勢をとり、そこから臀部を持ち上げ体幹を真っ直ぐにする。その状態で片方の脚を 1 秒で床から挙上し 1 秒で下げる。続けて反対脚でも同様に行い、これを左右 15 回ずつ合計 30 回行う。



図1 Back Bridge



図2 Side Bridge ドローイン

##### (2) Side Bridge ドローイン (図 2)

Side Bridge で体幹を側屈し、腰部を挙上する。3 秒で挙上し 3 秒は脱力する。合計 10 回行う。

##### (3) エルボーニー (図 3, 4)

肘と膝で身体を支える。肘は肩の下あたりにつけ、肩から膝までが一直線になるようにし、腹部はドローインする。これが基本姿勢である。手挙げでは、基本姿勢を保持したまま、片方の上肢を 1 秒で前方に出し 1 秒で戻す。続けて反対側でも同様に行い、これを左右 15 回ずつ行う。脚挙げでは、基本姿勢を保持したまま、片方の膝を 1 秒で床から挙上し 1 秒で下げる。続けて反対脚でも同様に行い、これを左右 15 回ずつ行う。



図3 エルボーニー+手挙げ



図4 エルボーニー+脚挙げ

実験試技:水深1.3m、1コースあたりの幅2mのプールで行った。蹴伸びは介入前に3回行った(図5)。1、2回目は練習とし、3回目の記録を介入前のデータとして採用した。介入後は介入終了時から直後(1~2分後)、15分後、30分後にそれぞれ1回行った。蹴伸びの際には「息が苦しくなる」「これ以上進まなくなる」「脚が沈む」のいずれかに当てはまる場合に、試技をやめるよう指示した。到達距離は最大到達距離時の指先を目視で測定した。また速度の測定にはハイスピードカメラ(HAS-220,DITECT 社製)を使用した。ハイスピードカメラは水中の2.5m および7.5m 地点に設置し、被験者の右側から撮影した。カメラの設定は200fps、シャッタースピードは1/500とした。解析時に2.5m および7.5m 地点を明確にするため、ガムテープでしるしをつけたカラーコーンを被験者の左側に設置した(図6、7)。なお水着は競泳用練習水着を着用した。



図5 蹴伸びの様子

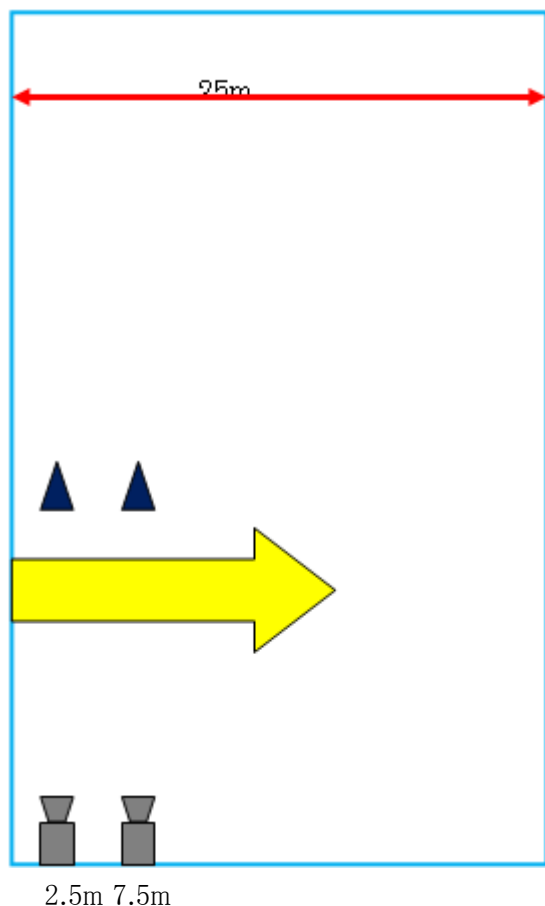


図6 実験のセットアップ



図7 カラーコーンの位置

解析:解析はフリーソフトImageJを用いて行った。撮像した画像から座標を算出し、2.5m~7.5mの5m間の平均速度を算出した。2.5m、7.5mから前後10ms、計20msからそれぞれの瞬間速度を算出した。

統計処理:介入前、介入直後、介入 15 分後、介入 30 分後の到達距離、2.5m~7.5m の平均速度、2.5m の瞬間速度、7.5m の瞬間速度に対して SPSS(IBM SPSS Statistics 19.Ink)を用いて一元配置分散分析を行った。なお有意水準は 5%未満とした。

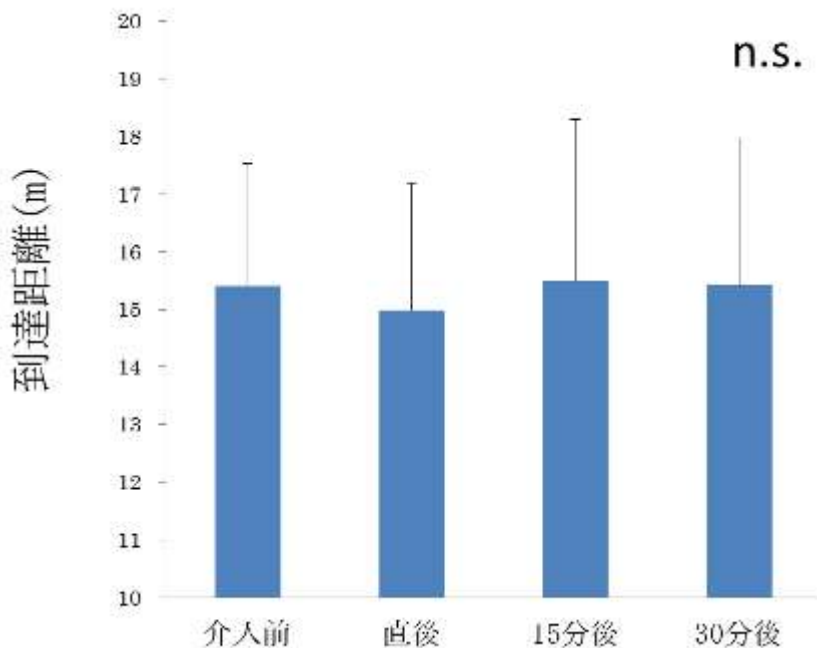


図 8 介入前後における到達距離の比較

到達距離の平均値はそれぞれ、介入前 15.41 ± 2.12m、介入直後 14.99 ± 2.20m、介入 15 分後 15.50 ± 2.80m、介入 30 分後 15.42 ± 2.54m となった。ペアごと比較すると、介入前と直後 (p=0.82)、介入前と 15 分後 (p=1.00)、介入前と 30 分後 (p=1.00)、直後と 15 分後 (p=0.98)、直後と 30 分後 (p=1.00)、15 分後と 30 分後 (p=1.00) となり、各試技間に有意差は見られなかった。

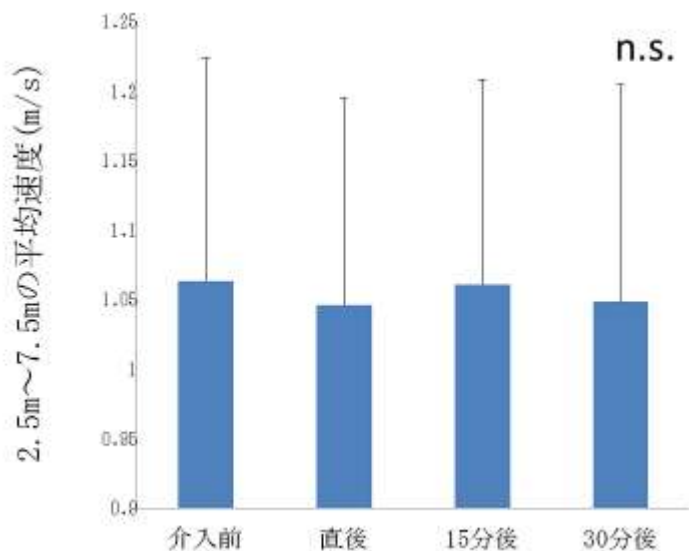


図 9 介入前後における 2.5m~7.5m の平均速度の比較

2.5m~7.5m の平均速度の平均値はそれぞれ、介入前 1.06 ± 0.16m/s、介入直後 1.05 ± 0.15m/s、介入 15 分後 1.06 ± 0.15m/s、介入 30 分後 1.05 ± 0.16m/s となった。ペアごと比較すると、介入前と直後 (p=1.00)、介入前と 15 分後 (p=1.00)、介入前と 30 分後 (p=1.00)、直後と 15 分後 (p=0.73)、直後と 30 分後 (p=1.00)、15 分後と 30 分後 (p=1.00) となり、各試技間に有意差は見られなかった。

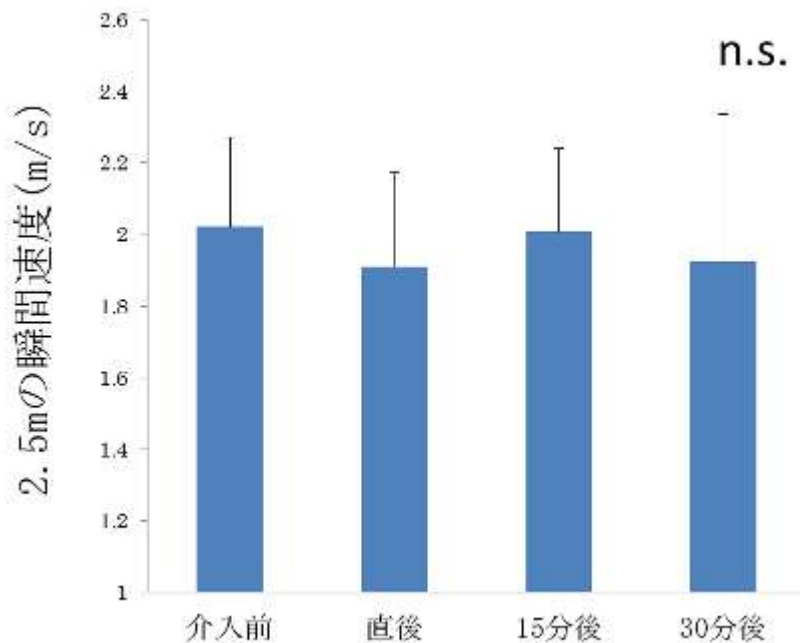


図 10 介入前後における 2.5m の瞬間速度の比較

平均値はそれぞれ、介入前  $2.02 \pm 0.25 \text{m/s}$ 、介入直後  $1.91 \pm 0.26 \text{m/s}$ 、介入 15 分後  $2.01 \pm 0.23 \text{m/s}$ 、介入 30 分後  $1.92 \pm 0.41 \text{m/s}$  となった。ペアごと比較すると、介入前と直後 ( $p=1.00$ )、介入前と 15 分後 ( $p=1.00$ )、介入前と 30 分後 ( $p=1.00$ )、直後と 15 分後 ( $p=1.00$ )、直後と 30 分後 ( $p=1.00$ )、15 分後と 30 分後 ( $p=1.00$ ) となり、各試技間に有意差は見られなかった。

#### 【考察】

介入前後の到達距離に有意な差を認めなかった。有意差を認めなかったが、介入直後が最も到達距離が短かった。これは体幹深部筋トレーニングがやや高強度なトレーニングであったため、疲労により、到達距離が減少したと考える。また、蹴伸びが真っ直ぐ進まず、コースロープにぶつかってしまい到達距離が短くなってしまった被験者もいた。これは蹴り出し時に両足の力に差が生じてしまった、または介入時による体幹深部筋への刺激に左右差があったからだと考える。本実験は蹴り出す際の接地位置、水深、方向について被験者に対し特に指示をしなかった。しかし、杉浦らは到達距離の長短について、蹴り出しの接地位置が関係していることを報告している<sup>1)</sup>。また、蹴り出す方向はほとんど水面と平行に行うことと、潜行する場合の水深は 0.35m~0.60m 付近が適切であるとの報告もある<sup>2)</sup>。水中ハイスピードカメラによる 2.5m および 7.5m 付近の映像から、試技によって水深や蹴り出す方向が変わってしまった被験者がいた。そのため、蹴り出し時の接地位置、蹴り出す方向が到達距離に影響を与えたと考えられる。介入直後、介入 15 分後、介入 30 分後の試技はそれぞれ 1 回のみであったため、蹴り出し時にうまく壁を蹴ることができなかつたり、水深や方向を誤ってしまつたりすることで、体幹深部筋トレーニングが姿勢に与えた影響を相殺してしまったことも考えられる。多くの被験者が胸式呼吸を行っていたが、呼吸法について特に指定しなかったため、より空気を取り込もうと腹式呼吸を行った被験者がいた。丸山らは腹式呼吸を用いることで、胸式呼吸と比較して浮心の重心に対する相対位置がより尾側に位置することを報告している<sup>3)</sup>。浮心と重心のずれによって下肢が沈む方向へモーメントが働き、圧力抵抗の増大につながる。そのため、呼吸法の違いによって圧力抵抗が変化し、到達距離に影響を与えたことも考えられる。以上より、蹴伸びの到達距離には姿勢以外に影響を及ぼす要因が多いため、体幹深部筋トレーニングが蹴伸びの到達距離に影響を与えなかったとは言えないと考える。

介入直後、介入 15 分後、介入 30 分後のいずれも介入前より到達距離が向上した被験者 3 名に関しては、2.5m~7.5m の平均速度も増加していたが、全被験者について見ると有意差を認めなかった。杉浦らは、水中の移動速度を保持するのは姿勢であるが、速度を作り出すのは壁を蹴る力積であると報告している<sup>12)</sup>。介入後それぞれ 1 回のみを試技であったため、うまく壁を蹴ることができず力積が小さくな

り、体幹深部筋トレーニングで姿勢が良くなっても速度が遅くなった可能性がある。また体幹深部筋トレーニングは、スタティックなものではなく四肢を動かすダイナミックなものを採用したため、体幹深部筋だけでなく蹴り出し時に使われる大腿四頭筋など下肢の筋にも刺激が入り、被験者によっては下肢の筋が疲労し力積が小さくなってしまったと考える。

**【参考文献】**

1. 杉浦加枝子ら 熟練者における蹴伸び動作と力発揮との関係 日本水泳・水中運動学会 4,2001:11-15
2. 合屋十四秋、野村照夫、松井敦典 蹴伸び動作の力発揮と前方牽引による受動抵抗との関係 愛知教育大学研究報告 55,2006:21-25
3. 丸山祐丞、近田彰治、矢内利政 呼吸様式が重心位置と浮心日に与える影響:水泳における水平姿勢維持への示唆 体育学研究 57,2012:641-651
4. 杉浦加枝子、合屋十四秋 大学熟練泳者における蹴伸び動作の性差 愛知教育大学教育実践総合センター紀要 7,2004,91-95



## まとめ

本研究では、体幹深部筋トレーニングの即時効果を、課題 1 では垂直跳び、課題 2 では片脚着地、課題 3 では蹴伸びを測定試技に検証を行った。

結果として、課題 1 の体幹深部筋トレーニングを 4 種類 90 秒行った後の垂直跳びのみパフォーマンスの向上を認め、その他の試技では、パフォーマンスの向上を認めなかった。

実際のスポーツ選手は、パフォーマンスの向上を認めることから、どのような種目や課題で有効なのか等の検証を今後行っていきたい。