

側臥位での draw-in が筋活動 および姿勢制御に及ぼす影響

The side lying draw-in exercise affects muscle activity and postural control

神部周仁*1, 大久保雄*2, 乙戸崇寛*2
澤田 豊*2, 赤坂清和*2, 宮川俊平*3

キー・ワード : side draw-in, muscle activity, deep trunk muscles
side draw-in, 筋活動, 腹部深部筋

〔要旨〕本研究では、側臥位での draw-in (side draw-in) を行った際の体幹筋活動量、および side draw-in 実施後の姿勢制御能力、筋活動様式に与える即時効果を検証することを目的とした。健常男性 15 名に対し、右側臥位の side draw-in および背臥位での draw-in (supine draw-in) を行った際の体幹筋活動量 (右脊柱起立筋, 右多裂筋, 腹直筋, 外腹斜筋, 内腹斜筋) を、2 元配置分散分析を用いて 2 つの draw-in (supine, side) および各筋間の左右差で比較した (実験 1)。さらに両エクササイズ実施前後に elbow-knee 姿勢保持時の姿勢アライメント (骨盤回旋角度, 体幹回旋角度, 腰椎伸展角度, 股関節屈曲角度) および体幹筋活動を測定し、side draw-in の即時効果を検討した (実験 2)。実験 1 にて、side draw-in では右側の外腹斜筋および内腹斜筋の筋活動量が有意に大きかった ($p < 0.05$)。実験 2 では、draw-in 実施後に姿勢アライメントおよび筋活動様式に有意な変化を認めなかった。本研究より、side draw-in は片側腹斜筋群の促通に有効である可能性が示唆された。

緒 言

腹部深部筋に対する運動療法は、臨床において重要とされ、その腹部深部筋にアプローチすることができる draw-in exercise が注目されている。Draw-in exercise とは、骨盤や脊柱を動かさずに下腹部を引き込む運動であり、腹部表層筋の活動を抑えながら腹部深層筋とされる内腹斜筋、腹横筋の筋活動を促す方法である¹⁾。Draw-in exercise の効果として内腹斜筋および腹横筋の筋厚の増加^{2,3)}、姿勢制御能力の向上⁴⁾などの報告がされている。

また、近年その draw-in を側臥位で行う side draw-in が体幹トレーニングとして用いられてい

る⁵⁾。side bridge などの腰椎安定性トレーニングは、床面に面した側の体幹筋が促通されやすいとされており⁶⁾、side draw-in は下側の腹部深部筋群の促通を目的として行われる。しかし、side draw-in を行った際の筋活動様式は明らかでない。また、side draw-in はアスリートに対して競技前に実施されることが多い。これは、競泳選手などで競技前に体幹安定性を向上させ、パフォーマンスを向上させる目的などで行われている⁵⁾。しかし、side draw-in の即時的な有効性を示した研究はない。

そこで本研究では、1) side draw-in は supine draw-in よりも片側に腹部深部筋の筋活動量が大きい、2) side draw-in 実施後は supine draw-in に比べて腰椎、骨盤の安定性が向上する、の 2 つの仮説を立てた。これらの仮説を立証するため 2 つの研究を実施し、side draw-in 実施中の筋活動様式 (実験研究) および実施前後の姿勢アライメ

*1 筑波大学大学院人間総合科学研究科

*2 埼玉医科大学保健医療学部理学療法学科

*3 筑波大学体育系

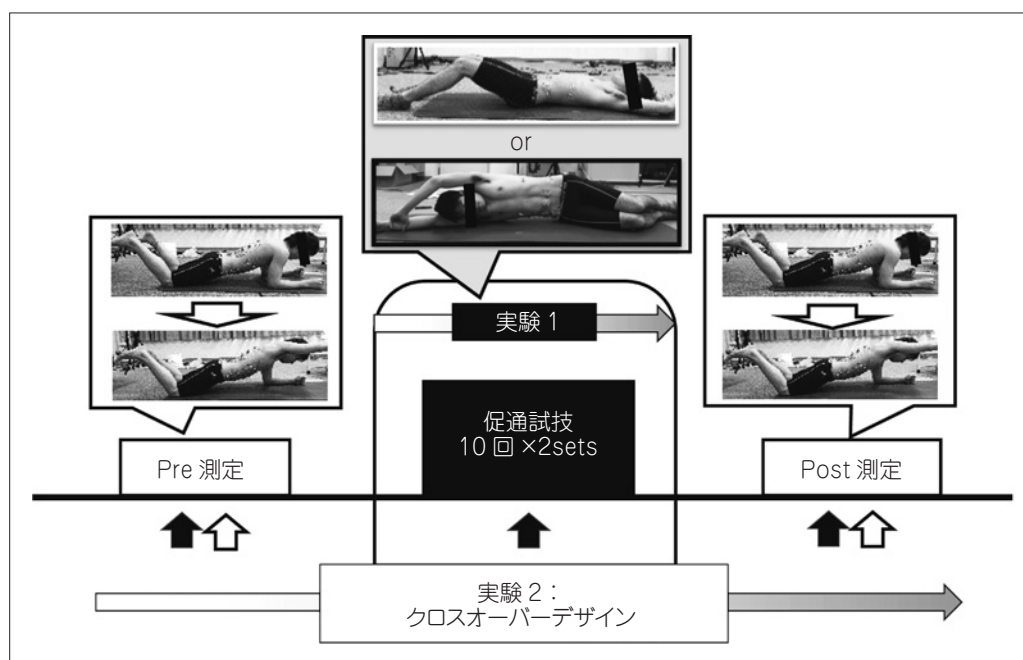


図1 研究プロトコル
黒矢印は筋活動量の測定，白矢印は姿勢アライメントの測定を示す。

ント，筋活動量（即時効果の検証）を検証した。

対象および方法

1. 対象

対象者は健康成人男性 15 名とし除外基準は下肢および体幹に整形外科的な手術歴のある者，現在体幹に運動制限を有する者，過去 6 か月の間に腰痛を有する者とした。対象者の身体特性は，年齢：21.4±0.6 歳，身長：170.2±6.5cm，体重：64.3±6.9kg，BMI：22.2±1.9kg/m²（全て平均値±標準偏差）であった。全ての対象者に文書および口頭によって本研究の説明を十分に行い，文書による同意を得た後実験を実施した。なお，本研究は埼玉医科大学保健医療学部倫理委員会承認を得て行った（承認番号：151）。

2. 方法

2-1. 測定前準備

2-1-1. 筋電図

筋活動量測定に際して，表面筋電計（MQ-Air，キッセイコムテック社製）を用いた。被検筋は脊柱起立筋（L3 高位），多裂筋（L5 高位），腹直筋，外腹斜筋，内腹斜筋とし，腹筋群には両側，背筋群には右側のみに電極を貼付した⁷⁾。皮膚処理とアルコール消毒を十分に行った後，筋線維方向と平行に双極性表面電極（ブルーセンサー，メッツ社製）を貼付した。サンプリング周波数は 1000Hz

とし，Band-pass filter を 20～500Hz にしフィルタリング処理を行った。

筋電データを正規化するため，各筋の最大随意収縮（Maximal voluntary contraction：MVC）測定を行った。測定方法は，対象者に対して Daniels らの徒手筋力検査法で Normal の肢位を保持させ，検者が最大徒手抵抗を加えた際の筋活動を測定した⁸⁾。MVC 測定は各筋 2 回実施し，1 回の測定時間は 3 秒間とした。各筋 2 回の測定値のうち，高い値を解析に用いた。

2-1-2. 反射マーカー

姿勢分析を行うため対象者に反射マーカーを貼付した。反射マーカーの貼付位置は肩甲骨下角の高さの脊柱起立筋最大膨隆部，腋窩線上の第 7 肋骨と第 10 肋骨，Th12 棘突起，L3 棘突起，S1 棘突起，上後腸骨棘（Posterior superior iliac spine：PSIS），大転子，大腿骨外側上顆の 11 箇所とした。第 7 肋骨，第 10 肋骨，大転子，大腿骨外側上顆の反射マーカーは右側のみに貼付し，脊柱起立筋最大膨隆部と PSIS は左右両側に貼付した。

2-2. 研究内容

研究プロトコルを図 1 に示す。本研究は実験研究（実験 1）およびクロスオーバーデザインによる即時効果の検証（実験 2）の 2 つの実験を行った。

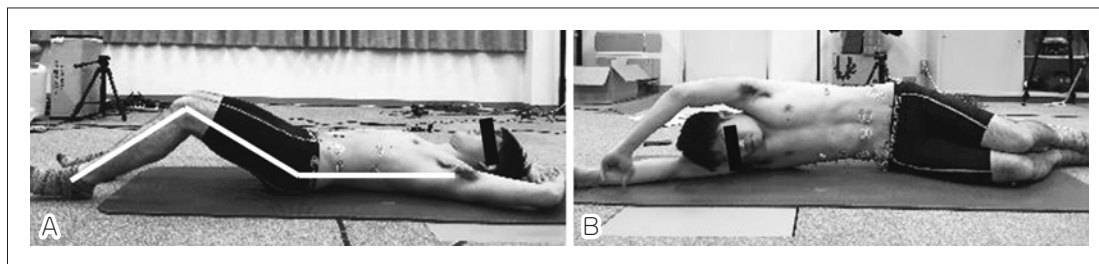


図2 draw-inの姿勢 (A: supine draw-in, B: side draw-in)
各姿勢は両上肢挙上位, 股関節・膝関節屈曲位で統一した。

2-2-1. 実験1: supine draw-in と side draw-in 実施中の筋活動様式の比較

実験1では side draw-in 実施中の体幹筋の筋活動量を supine draw-in と比較検証した。試技は以下の方法で supine draw-in, side draw-in を実施した。

i) 試技の方法

i) -1. supine draw-in

肢位は背臥位で両上肢挙上, 股・膝関節軽度屈曲位とした(図2A)。対象者には, 普段通りの呼吸の終わりに臍部をやさしく背骨の方向に引き込み, 普段の呼吸を続けながら10秒間収縮を保持することを口頭にて指示した⁹⁾。その際骨盤や背部筋で代償しないように指導した。測定前に対象者に対して, 内腹斜筋の筋電図を目視にて確認させ, 視覚的フィードバックを用いながら正しい運動方法を学習させた。十分に練習させた後, 測定を実施した。

i) -2. side draw-in

肢位は右側臥位で両上肢挙上, 股・膝関節軽度屈曲位とした(図2B)。対象者には, 普段通りの呼吸の終わりに腹部を絞りながら臍部をやさしく上方(天井の方向)に床面から引き上げるように指示した。その際骨盤や背部筋で代償しないように指導した。supine draw-in と同様に, 測定前に対象者に対して, 内腹斜筋の筋電図を目視にて確認させ, 視覚的フィードバックを用いながら正しい運動方法を学習させた。十分に練習させた後, 測定を実施した。

ii) 試技の時間・回数

それぞれの draw-in は10秒収縮, 10秒休憩で1回とし, これを10回2セット実施した³⁾。10回のうち中間回数の3回(4~6回目)の計6回を解析対象とした。

iii) 解析方法

解析はBIMUTAS-Video (キッセイコムテック社製)を用いた。解析区間は, draw-in 実施中の500 msecとした。各解析区間のRoot mean square (RMS)を算出し, draw-in 時のRMSをMVC時のRMSで除して正規化(%MVC)し, 試技6回分の筋活動量の平均値を算出した。

iv) 統計処理

統計処理は解析ソフト statcel2 を用いた。試技による筋活動量の差異を確認するために, 片側測定した脊柱起立筋, 多裂筋ではt検定(supine draw-in vs. side draw-in)を行った。また, 両側測定した腹直筋, 外腹斜筋, 内腹斜筋には, 試技および筋の左右側の筋活動量の差異を確認するために, 試技間(supine draw-in, side draw-in)と筋の左右の二要因に対して二元配置分散分析を行った。交互作用や主効果がみられた場合はTukey-Kramer法を用いて事後検定を行った。有意水準は全て5%とした。

2-2-2. 実験2: side draw-in が姿勢アライメントおよび体幹筋活動に及ぼす即時効果

side draw-in および supine draw-in を促通試技とし, 両者の即時効果をクロスオーバーデザインにて検証した。両者の draw-in 前後に膝と肘で front bridge を保持した elbow-knee (EK) および elbow-knee 右上肢挙上 (EK 右上肢挙上) を行い, それらを行った際の姿勢アライメントと筋活動量を測定した (draw-in 実施前: Pre 測定, draw-in 実施後: Post 測定)(図1)。本研究における姿勢アライメントとは, EK 時および EK 右上肢挙上時の矢状面方向, 水平面方向から確認できる4項目(骨盤回旋角度, 体幹回旋角度, 腰椎伸展角度, 股関節屈曲角度)の角度を指す。

i) elbow-knee の規定

EK および EK 右上肢挙上を以下の規定に則り

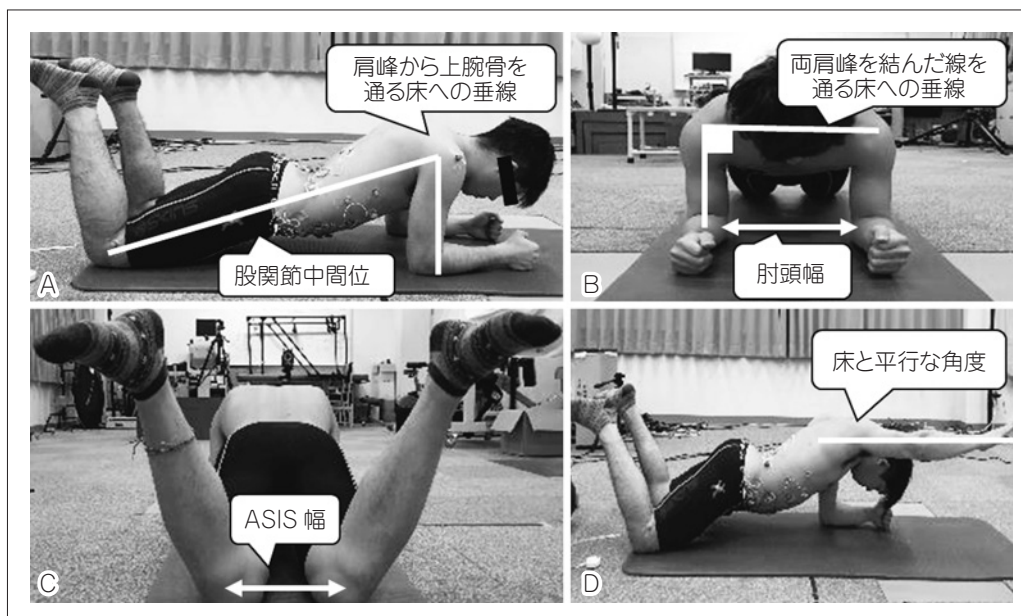


図3 姿勢規定 (A: 矢状面 B, C: 水平面 D: elbow-knee 右上肢挙上) ASIS (Anterior superior iliac spine): 上前腸骨棘

実施した。

i) -1. EKの姿勢規定

肘頭幅: a) 矢状面上で肩峰から上腕骨を通る床への垂直線 (図3A)

b) 水平面上で両肩峰を結んだ線を通る床への垂直線 (図3B)

a), b) で規定した左右の肘頭位置の幅 (図3B)

股関節角度: 股関節矢状面中間位 (図3A)

膝幅: 対象者の上前腸骨棘 (Anterior superior iliac spine: ASIS) 幅 (図3C)

これらの姿勢規定から膝と肘の位置を床面に記し, draw-in 実施前後で位置が異なることを防止した。

i) -2. EK 右上肢挙上の姿勢規定

EK 右上肢挙上はEK 姿勢より右上肢を挙上することで, 左肘および両膝の3点で姿勢を保持する肢位とした (図3D)。右上肢の挙上角度は, 次の通りに規定した。

上肢挙上角度: 上肢が床面と平行となる角度 (図3D)

ii) draw-in の規定

促通試技を supine draw-in, side draw-in とし, 運動方法は実験1と同様の肢位, 口頭指示にて行わせた (図2A, B)。それぞれ10秒収縮, 10秒休憩を10回行い, 2セット実施した。それぞれの促

通試技の影響を受けないようにするために2つの促通試技は最低1日以上空けて実施し, その順序は検者が無作為に分類した。

iii) アウトカムの測定

iii) -1. 姿勢アライメント

EK および EK 右上肢挙上の姿勢アライメントをデジタルカメラ (EK-100, CASIO) を用いて, 水平面 (マット端から1m) と矢状面 (マット端から1m30cm) の2箇所から撮影を行った。解析は Image J (NIH) を用い, 骨盤回旋角度 (図4A), 体幹回旋角度 (図4A), 腰椎伸展角度 (図4B), 股関節屈曲角度 (図4B) を求めた。またそれぞれの角度は, EK 右上肢挙上時の角度から EK 時の角度を引いた, 上肢挙上に伴う角度変化量を算出した。

iii) -2. 筋活動量

EK, EK 右上肢挙上の最も姿勢が安定していた500msec を解析区間とし, 実験1同様に%MVC を算出して正規化を行った。さらに, 以下式より, EK から EK 右上肢挙上へと姿勢変化したことでのEK を基準としたときの筋活動変化率を求めた。

筋活動増加量 = EK 右上肢挙上の%MVC - EK の%MVC

筋活動変化率 = 筋活動増加量 / EK の%MVC

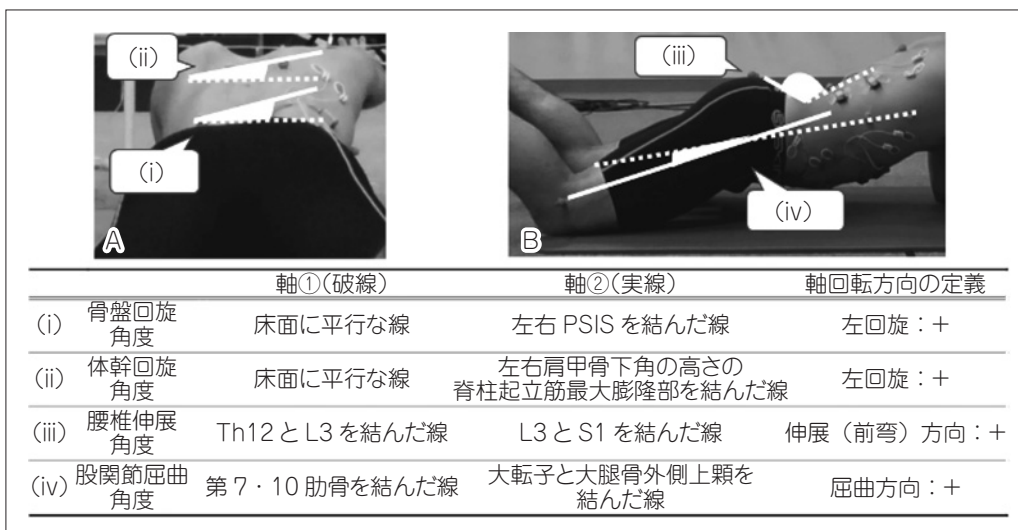


図4 各角度の算出方法と軸方向の定義 (A：水平面 B：矢状面)
各角度は軸①と軸②のなす角度で算出した。
PSIS：上後腸骨棘

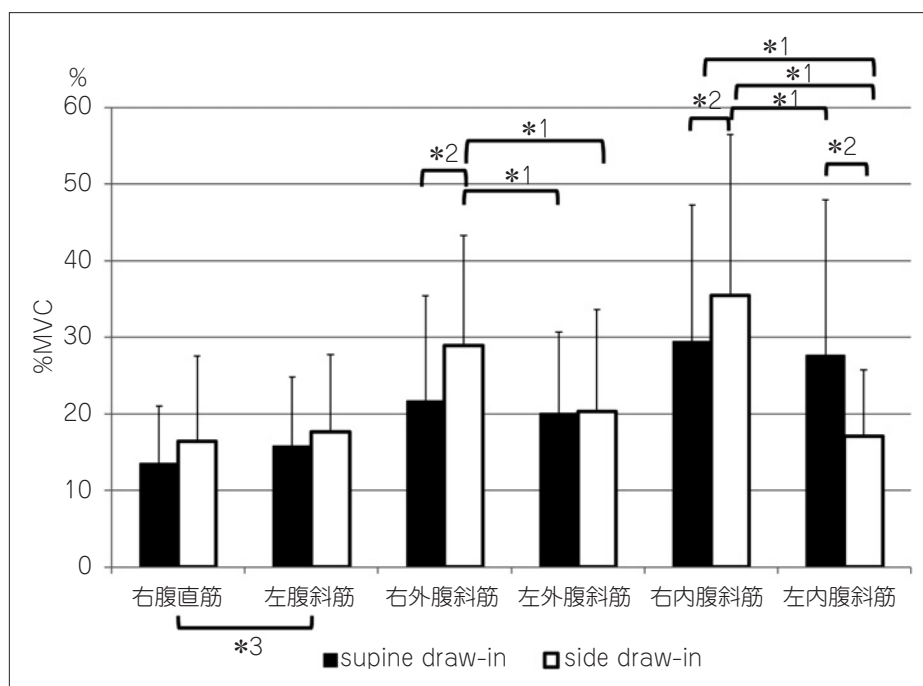


図5 draw-in 実施中の筋活動様式
*1 左の筋よりも有意に筋活動量が高い. $p < 0.05$
*2 試技間で有意差あり. $p < 0.05$
*3 試技間で主効果あり.

iv) 統計処理

促通試技(supine draw-in, side draw-in)と促通試技実施前後の二要因に対して二元配置分散分析を行い、実験1同様に交互作用や主効果が見られた場合は Tukey-Kramer 法を用いて事後検定を行った。有意水準は全て5%とした。

結果

1. 実験1

draw-in 実施中の筋活動量(図5)は、side draw-in の右外腹斜筋が $28.9 \pm 14.5\%MVC$ と同試技の左外腹斜筋、supine draw-in 時の両側の外腹斜筋

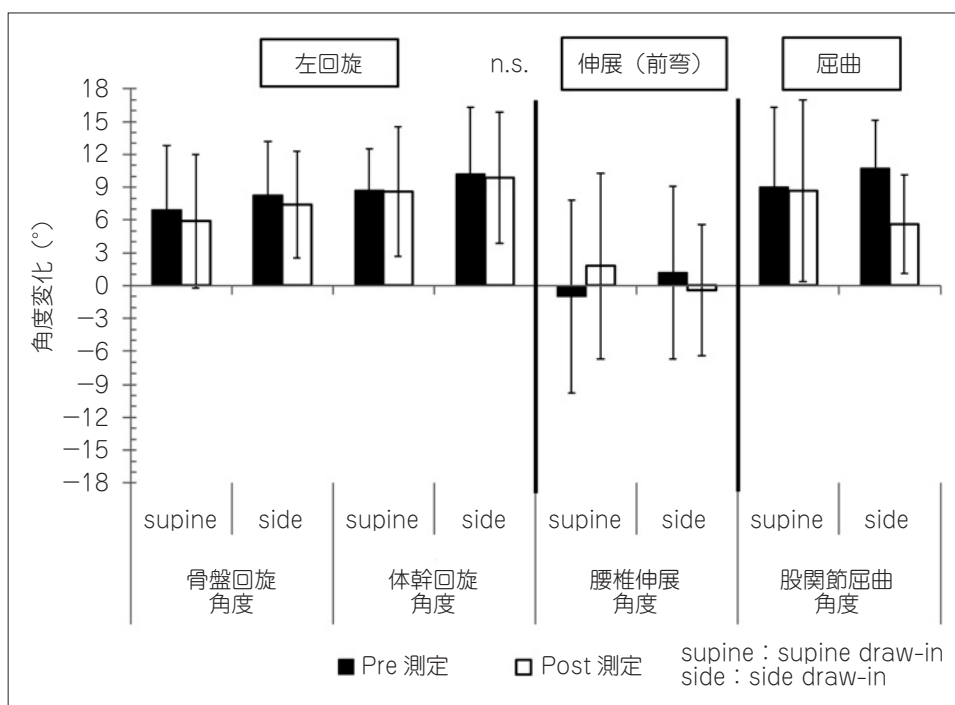


図6 2つの draw-in 前後の角度変化量の比較
 いずれの角度においても draw-in 前後で有意な差はなかったが、股関節屈曲角度でのみ side draw-in 実施後に減少傾向を示した。
 正の値：骨盤・体幹回旋角度は左回旋方向，腰椎伸展角度は伸展方向，股関節屈曲角度は屈曲方向への変化を表している。

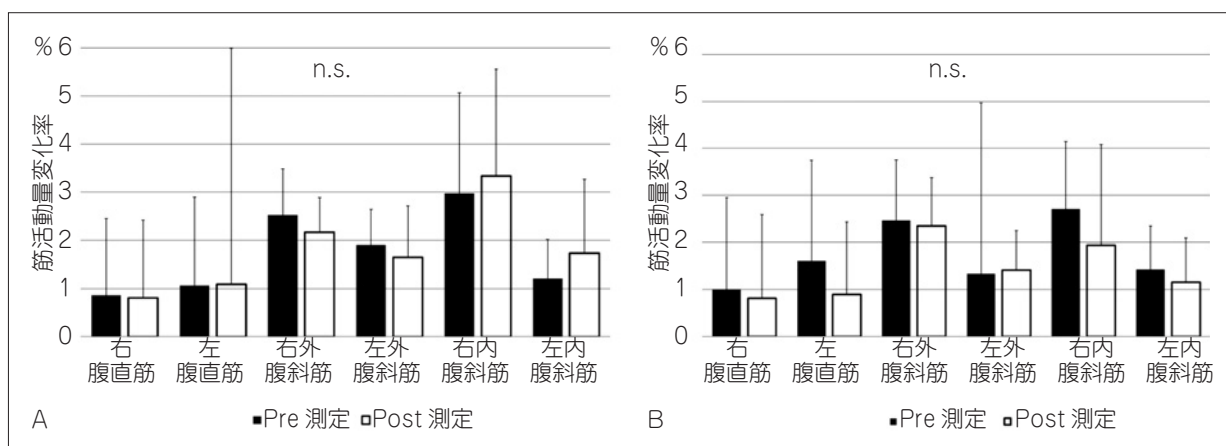


図7 2つの draw-in 前後の筋活動変化率 (A：supine draw-in, B：side draw-in)
 elbow-knee, elbow-knee 右上肢挙上の筋活動変化率において、有意な差はなかった。

よりも有意に活動量が大きかった ($p < 0.05$)。内腹斜筋では、side draw-in の右内腹斜筋が $35.5 \pm 21.1\%MVC$ と同試技の左内腹斜筋，supine draw-in の両側の内腹斜筋よりも有意に活動量が大きかった。また、side draw-in の左内腹斜筋が $17.1 \pm 8.6\%MVC$ と supine draw-in の両側の内腹斜筋よりも有意に活動量が小さかった。腹直筋では試技間で主効果がみられ、side draw-in が supine

draw-in よりも有意に大きかった。

2. 実験2

姿勢アライメント (図6) は骨盤回旋角度，体幹回旋角度，腰椎伸展角度，股関節屈曲角度の2つの draw-in 間および draw-in 前後で有意な差は認められなかった。しかし、股関節屈曲角度は side draw-in 実施前後において pre: $10.7 \pm 4.4^\circ$, post: $5.6 \pm 4.5^\circ$ ($p=0.15$) となり、減少傾向を示した。ま

た、筋活動量(図7)においても促通試技間・促通試技の実施前後に有意な差は認められなかった。

考 察

実験1より、side draw-inにおいて外腹斜筋および内腹斜筋の活動量は、左側よりも右側が大きいという特徴がみられた。腰椎安定性トレーニング時の筋電図を測定した先行研究では、これらのトレーニングは床面に面する体幹筋が促通されることを報告している⁶⁾。よって、side draw-inにおいても床面に面する下側の筋(本研究では右側)が促通されやすいという観点からsupine draw-inよりも筋活動量が右腹斜筋群で有意に増加し($p < 0.05$)、我々の仮説を支持する結果を得た。一方、腹直筋は両側ともにside draw-inがsupine draw-inよりも活動量が大きい結果となった。背臥位では、腹筋群の収縮は重力方向と同じ向きになるため、活動量が減少することが考えられる。背臥位と立位のdraw-in時の筋厚変化を比較した先行研究においても、背臥位では腹筋群の収縮程度が低下することが報告されている¹⁰⁾。本研究においても、背臥位よりも側臥位で腹筋群全体の活動量が増加したため、side draw-inで両側腹直筋の活動が増加したと考える。

実験2では、side draw-inがEK、EK右上肢挙上の姿勢アライメントおよび筋活動に及ぼす即時効果を検証したが、draw-in実施前後で有意な違いを示さなかった。core exerciseの即時効果を検証した先行研究では、動的バランスや静的バランス能力が向上することが報告されている¹¹⁾。しかし、これらの先行研究で用いている運動課題は肘と足尖を支点として体幹を支持するfront bridge(elbow-toe)や背臥位で殿部を挙上するback bridgeであり、本研究のdraw-inより負荷量大きいことが予想される。同時に体幹を安定させるためには、腹壁を構成する筋の共同収縮が必要であることが報告されている¹²⁾。以上から、本研究で用いた腹部深部筋のみの促通を図ったdraw-inでは、EK右上肢挙上肢位を保持するための十分な促通には至らず、姿勢アライメントや筋活動様式を即時的に変化させなかったことが考えられる。本結果より、現場にて体幹安定性を高めるためには、draw-inだけでなく体幹筋群を共同収縮させるエクササイズを加える必要性がある。

一方、有意差を示さなかったが、side draw-in

実施後には股関節屈曲角度に減少傾向を認めた(side draw-in前: $10.7 \pm 4.4^\circ$, side draw-in後: $5.6 \pm 4.5^\circ$, $p=0.15$)。本実験では、EK肢位保持時なるべく股関節角度を中間位で保つよう指示したが、EK右上肢挙上では、股関節屈曲角度を増大させる代償動作を伴う対象者が多かった。これは姿勢保持時に腸腰筋や大腿直筋など股関節屈筋群の活動が関与していた可能性があり、今後は股関節屈筋群の活動変化にも着目して検討する必要がある。

以上から本研究で実施したside draw-inは、片側腹斜筋群の筋活動促進に有効なトレーニングになりうることが示唆された。本結果は野球^{13,14)}やバドミントン¹⁵⁾、バレー¹⁵⁾、陸上の投擲種目¹⁵⁾など、片側的な腹筋群の促通が要求される競技現場での運動処方にも有用な情報になり得ると考える。しかし、side draw-inが競技パフォーマンスや傷害予防に及ぼす効果については今後の検討課題である。

結 語

side draw-inはsupine draw-inよりも腹筋群を促通させ、特に片側腹斜筋群の促通に有効であることが示唆されたが、即時的な筋活動および姿勢アライメントへの変化は示さなかった。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) Richardson C, Hodges P, Hides J. Therapeutic exercise for spinal stabilization in low back pain: scientific basis and clinical approach. New York, NY: Churchill Livingstone; 1999.
- 2) O'sullivan PB, Phytty GD, Twomey LT, et al. Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low back pain with radiologic diagnosis of spondylolysis or spondylolisthesis. Spine. 1997; 22(24): 2959-2967.
- 3) Hides J, Wilson S, Stanton W, et al. An MRI investigation into the function of the transversus abdominis muscle during "drawing-in" of the abdominal wall. Spine. 2006; 31(6): 175-178.
- 4) Lee NG, You JS, Kim TH, et al. Intensive Abdominal Drawing-In Maneuver After Unipedal Postural

- Stability in Nonathletes With Core Instability. *J Athl Train*. 2015; 50(2): 147-155.
- 5) 金岡恒治. 体幹深部筋と腰痛—体幹トレーニングのキーポイント—. *Sports medicine*. 2013; 153: 14-28.
 - 6) Okubo Y, Kaneoka K, Imai A, et al. Electromyographic analysis of transversus abdominis and lumbar multifidus using wire electrodes during lumbar stabilization exercises. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010; 40(11): 743-750.
 - 7) 下野俊哉. 表面筋電図マニュアル 基礎編. 東京: 酒井医療; 287-104, 2004.
 - 8) 津山直一, 中村耕三. Hislop HJ, Avers D, Brown M(編). 新・徒手筋力検査法. 第9版. 東京: 株式会社共同医書出版社; 55-64, 2014.
 - 9) Saliba SA, Croy T, Guthrie R, et al. Differences in transverse abdominis activation with stable and unstable bridging exercises in individuals with low back pain. *North Amer J Sports Phys Ther*. 2010; 5(2): 63-73.
 - 10) Mew R. Comparison of change in abdominal muscle thickness between standing and crook lying active abdominal hollowing using ultrasound imaging. *Man Ther*. 2009; 14(6): 690-695.
 - 11) 今井 厚, 金岡恒治, 大久保雄, 他. 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. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 2012; 20(3): 469-474.
 - 12) 平沼憲治, 岩崎由純. コアコンディショニングとコアセラピー. 東京: 講談社; 12-58, 2008.
 - 13) 長谷川伸, 小野高志. 野球投手の筋厚の非対称性とボールスピードの関係. *体力科学*. 2012; 61: 227-235.
 - 14) 長谷川伸. 野球投手の体幹筋における形態的特性. *九共大紀要*. 2017; 7(2): 43-49.
 - 15) 村松正隆, 星川佳広, 飯田朝美, 他. 高校生スポーツ選手の体幹筋群の筋サイズ—性差と競技種目差の検討—. *体力学研究*. 2010; 55: 577-590.

(受付: 2018年8月17日, 受理: 2019年11月26日)

The side lying draw-in exercise affects muscle activity and postural control

Kambe, N.^{*1}, Okubo, Y.^{*2}, Otsudo, T.^{*2}
Sawada, Y.^{*2}, Akasaka, K.^{*2}, Miyakawa, S.^{*3}

^{*1} Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba

^{*2} Department of Physical Therapy, Faculty of Health and Medical Care, Saitama Medical University

^{*3} Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

Key words: side draw-in, muscle activity, deep trunk muscles

[Abstract] The purpose of this study is to investigate the activity pattern of trunk muscles during the side-lying draw-in exercise (side draw-in) and the spontaneous effect of postural alignment and muscle activity. Fifteen men participated in this study. We measured electromyographic activity during side draw-in in the right lateral and supine positions. The concerned trunk muscles are as follows; erector spinae and multifidus on the right side, bilateral rectus abdominis, bilateral external oblique (EO), and bilateral internal oblique (IO). The muscle activities were compared by 2-way analysis of variables between trials and different sides (Experiment 1). We also examined the spontaneous effect on postural alignment, such as the degree of pelvic rotation, trunk rotation, lumbar extension, hip flexion and trunk muscle activity during elbow-knee posture after the 2 draw-in exercise (Experiment 2). Experiment 1 showed significantly greater activity in EO and IO on the right side during the side draw-in ($p < 0.05$). In contrast, Experiment 2 showed no significant differences in postural alignment or muscle activity after both interventions. These results suggested that the side draw-in may be more effective than supine draw-in to facilitate ipsilateral oblique muscles.