

ベンチエクササイズにおける上下肢挙上に伴う骨盤肢位制御

Pelvic Positional Control with Upper and Lower Extremities Elevation during Bench Exercises

吉 田 真¹⁾
Makoto YOSHIDA
山 本 敬 三¹⁾
Keizo YAMAMOTO

吉 田 昌 弘¹⁾
Masahiro YOSHIDA

I. はじめに

体の中心である体幹は構造および運動機能において核となることからコアと呼ばれている。コアの安定性は傷害予防やパフォーマンス向上において非常に重要な役割を担っている。コアとは、胸腰椎から骨盤帯および股関節をひとつのユニットとした複合構成体である。すなわち、天井にあたる上面は横隔膜であり、前面は腹直筋、側面は内外腹斜筋が位置し、その深部には腹横筋が存在する。後面は脊柱起立筋や多裂筋などからなる短背筋群そして殿筋群があり、床面となる下面には骨盤底筋群が存在する。コアの安定化には、脊柱を支持する骨、関節、靱帯からなる他動システム、脊柱周囲筋群からなる自動サブシステム、そしてこれら筋骨格系を制御する神経制御システムが重要な役割を果たす¹⁾。Kiblerら²⁾は、コアの安定化とは、統合された運動連鎖活動において最適なパフォーマンスを遂行し、末梢セグメントに力と運動を伝達および制御するために、骨盤や下肢の上に

ある体幹の位置や動きを制御する能力であると定義した。スポーツ現場において、傷害予防とパフォーマンス向上の観点から、コアの役割について理解を深め、その機能の改善や向上の方策に取り組むことは有意義なアプローチである。

いわゆる腰痛症は、直立二足歩行の機能を獲得したヒトにとって、宿命的な運動器疾患であり、約8割の人々が生来経験する疾患と言われている。腰痛症を予防するうえでコアの安定化機能が重要であり、安定化の手段として腹腔内圧を高めるドローインがある。ドローインは、臍を脊柱に近づけるように引き込む運動である。ドローインの実施は、安静時と比較して、体幹の横断面積が減少するにも関わらず、腹横筋と内腹斜筋の筋厚が増加することが明らかとなっている^{3, 4)}。健常者はドローインにより体幹の横断面積は減少するのに対して、腰痛群は体幹横断面積の減少率が乏しいことが報告されている^{5, 6)}。このことは、腰痛群のコアは適切なドローインをするための腹横筋をはじめとした筋が機能低

1) 北翔大学生涯スポーツ学部スポーツ教育学科

キーワード：体幹、骨盤、エクササイズ、安定、制御

下していることを意味する。腰痛症予防や改善の運動療法として、まずはドローインから取り組み、段階的に運動プログラムを組むためのエクササイズが用いられている。

コアの安定化には、腹横筋、腹斜筋、多裂筋などが重要な筋として着目されている。現在、腰痛予防の運動療法として活用されているエクササイズのうち、これらの筋が選択的あるいは優位に活動するエクササイズについて筋電図や超音波法による研究がなされている⁷⁻¹⁰⁾。運動課題として、ドローイン、カールアップ、ブリッジ、四つ這い肢位からの上下肢挙上、ベンチなどが採用されている。多くの競技動作において、腹側面を上方に向けて動作するよりも、下方すなわち床面に向けて動作する場面が多く見受けられる。また、コアはあらゆる動作において常時機能することから持続的能力が求められる。さらに、前出のエクササイズのなかでも、腹横筋の筋活動は背臥位や側臥位のベンチエクササイズで活動性が高い。そこで、我々はトレーニング指導の場面において、運動強度や持続的能力の向上を目的に、両肘と両足の4点支持によるベンチ肢位を基本として、支持点を変えつつも基本肢位のアライメントを保持するように運動指導している。しかしながら、我々が日々行っているベンチエクササイズの運動強度や難易度について、経験的な把握に留まっている現状にある。

現在、ベンチエクササイズはコアの安定化向上の手段として広く用いられているが、支持点の相違や上肢あるいは下肢の挙上により体幹アライメントがどのように変化するか、あるいは実施難易度については不明である。そこで本研究は、ベンチエクササイズにおい

て上肢および下肢の挙上に伴う骨盤の肢位制御について検討することを目的とした。

Ⅱ. 方 法

本研究の対象は、簡易的に抽出した健常な男子大学生10名とした。被験者の年齢は 20.9 ± 0.3 歳、身長 168.7 ± 6.1 cm、体重 63.5 ± 9.9 kgであった。本研究の実施にあたり、被験者には研究の目的および方法について十分に説明し、研究協力の同意を得て実施した。

本研究の運動課題であるであるベンチエクササイズは、次の順序で支持点を変えて実施した。はじめに、初期姿勢として両側の肘および足部の4点支持を行い、次に右脚を挙上し両肘と左足部での3点支持となり、左脚挙上、右腕挙上、左腕挙上の順で3点支持の肢位をとった。そして、右腕と左脚および左腕と右脚を交差して挙上した2点支持の肢位をとり、最後は最終姿勢として初期姿勢と同様に両肘と両足の4点支持を行った。以上8肢位を各5秒間保持した。

ベンチエクササイズ中における脊柱・骨盤の安定性を評価する指標として骨盤の移動距離を計測した。骨盤の移動距離を計測するために、3次元動作解析システム(Vicon, Oxford Metrix社製)を用いて10台の赤外線カメラによって運動課題であるベンチエクササイズを撮影した。動作解析のために、身体上に反射マーカを貼付して動作撮影を行い、初期姿勢を基準として骨盤の側方・前後・鉛直における3方向の移動距離を算出した。

統計処理において、ベンチエクササイズの8肢位および骨盤の移動距離(側方・前後・鉛直)に関する2要因について比較分析する

表1 ベンチエクササイズ中における骨盤の側方・前後・鉛直方向への移動距離

	側方移動 (mm)	前後移動 (mm)	鉛直移動 (mm)
初期姿勢			
右脚挙上	12±10	3±11	10±17
左脚挙上	2±8	5±13	13±25
右腕挙上	120±40	47±20	9±47
左腕挙上	-68±51	40±16	-3±38
右腕と左脚の挙上	79±32	56±23	21±51
左腕と右脚の挙上	-53±44	53±26	10±46
最終姿勢	2±25	17±27	-23±35

側方移動のプラスは左方向への移動、マイナスは右方向への移動を示す。前後移動のプラスは前方への移動、マイナスは後方への移動を示す。鉛直移動のプラスは上方向への移動、マイナスは下方向への移動を示す。

ために、2元配置分散分析を用いて検討した。次いで、各要因間の差を比較するためにBonferroniの多重比較検定を用いた。各検定において、危険率を5%未満に設定した。なお、統計処理ソフトにはStat Plus: mac (Mac OS, Version 2009)を用いた。

Ⅲ. 結果

ベンチエクササイズ中における、8肢位および骨盤の移動距離の結果を表1に示した。表1のうち、プラス記号は側方移動では左方向、前後方向では前方、そして鉛直方向では上方移動を示す。2元配置分散分析を用いてベンチエクササイズの肢位および骨盤の移動距離に関して比較検討したところ、初期姿勢に対して右腕を挙上した3点支持、右腕と左脚を挙上した2点支持において統計学的有意差が認められた ($p<0.01$)。

骨盤の移動方向別に、ベンチエクササイズの初期姿勢に対する各肢位との差を多重比較にて検討した。骨盤の側方移動において、初期姿勢は右腕の挙上 ($p<0.01$)、左腕の挙上

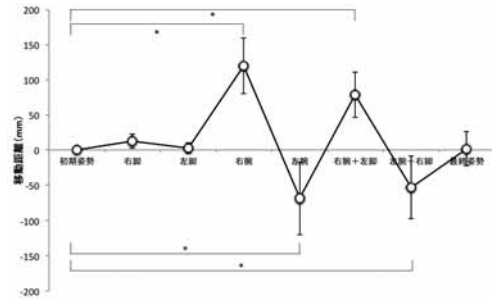


図1 ベンチエクササイズ中における骨盤の側方方向への移動距離

プラスは左方向への移動、マイナスは右方向への移動を示す。
*: 初期姿勢と比較して統計学的有意差あり ($p<0.01$)

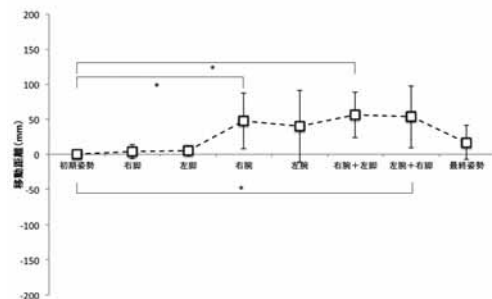


図2 ベンチエクササイズ中における骨盤の前後方向への移動距離

プラスは前方への移動、マイナスは後方への移動を示す。
*: 初期姿勢と比較して統計学的有意差あり ($p<0.01$)

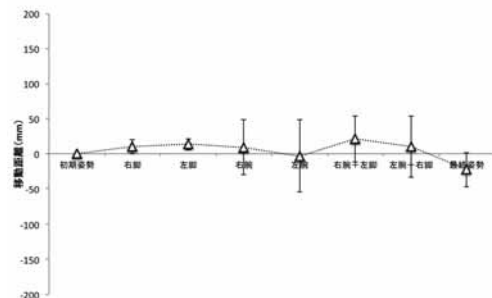


図3 ベンチエクササイズ中における骨盤の鉛直方向への移動距離

プラスは上方向への移動、マイナスは下方向への移動を示す。

($p<0.01$)、右腕と左脚の挙上 ($p<0.01$)、左腕と右脚の挙上 ($p<0.01$) との間に統計学的有意差が認められた (図1)。骨盤の前後移動において、ベンチエクササイズの初期姿勢は、右腕の挙上 ($p<0.05$)、右腕と左脚の挙上 ($p<0.01$)、左腕と右脚の挙上 ($p<0.01$)

との間に統計学的有意差が認められた(図2)。一方、骨盤の鉛直方向においては、初期姿勢とその他全ての肢位との間に有意な差は認められなかった(図3)。

Ⅳ. 考 察

本研究では、現在コアの安定化向上の手段として広く用いられているベンチエクササイズを運動課題として、支持点の相違や上肢あるいは下肢の挙上による体幹アライメントの変化を把握するために骨盤の移動距離を指標に分析を行った。本研究の結果では、ベンチエクササイズの初期姿勢に対して、右腕を挙上した3点支持および右腕と左脚を挙上した2点支持において統計学的有意な差が認められた。さらに、側方、前後および鉛直方向ごとに分析したところ、側方および前後方向において、腕の挙上に伴い骨盤の移動が有意に認められた。以上のことから、ベンチエクササイズの実施難易度は、脚の挙上よりも腕の挙上の方が、側方および前後方向への骨盤制御が困難であることが示唆された。

本研究の結果から、ベンチエクササイズにおいて脚の挙上よりも腕の挙上の方が、骨盤の制御が困難であることが明らかとなった。脚の挙上において骨盤は初期姿勢とほぼ同等の位置であったが、腕の挙上に伴い骨盤は前方に移動し、かつ挙上側とは反対側へ骨盤が側方移動した。腕の挙上に伴い重心の位置が前方に移動するのは、腕を頭側へ挙上することにも起因する。加えて、体の支持と重心位置の保持が両腕から片腕のみとなることから、支持する腕に負担が偏重する。右腕を挙上し左肘と両足による3点支持では、骨盤は

左側方へ120mm移動した。一方で、反対側の左腕を挙上し右肘と両足による3点支持では、骨盤は右側方へ68mm移動し、およそ半分の移動距離であった。この両側差は、多くの被験者が右利きであり、腕の筋力や神経筋制御能が利き側の右側優位であったことに影響を受けた可能性が推察される。

コアの安定化に寄与する腹横筋および内外腹斜筋は、腹直筋を介して左右に分かれて存在する。本研究の結果では、右腕を挙上し左肘と両足による3点支持では、骨盤は左側方へ120mm移動した。この骨盤が左側方へ移動する際に、体幹は軽度右側屈していた可能性があり、これを最小限にするために左の腹斜筋の遠心性収縮が求められるものと予想される。Okuboら⁹⁾は、健康男性を対象にスタビライゼーションエクササイズ中の筋電図分析により、腹横筋の活動に両側差が認められたのは交差ベンチ、サイドベンチ、そして片脚ブリッジであったと報告した。このように片側優位が予想される筋活動は、トレーニングの標的部位について選択性を可能とする。

本研究の結果から、ベンチエクササイズを導入および展開するにあたり、両肘と両足支持、片脚挙上、片腕挙上あるいは交差挙上の順で実施するのが望ましい。運動療法のプログラミングにおいて、易しいものから難しいものへ、軽負荷から高負荷へと段階的に組み立てることが原則となっている。コアのスタビライゼーションエクササイズの実施において、腹腔内圧を高める手段としてドローインの習得がポイントとなる。腹部筋群の筋活動は、背臥位よりも腹臥位の方が高い筋活動を発生することから⁷⁾、ドローインの段階的プログラミングとして、まずは背臥位から開始

することが推奨される。また、コアの安定性に対する腹部筋群の活動に関して、腹横筋と内腹斜筋が鍵となる筋であり、最大随意等尺性収縮の10%から20%程度の筋活動によりコアの安定性を高めると言われている^{11, 12)}。逆に最大随意等尺性収縮の20%以上の筋活動はコアの安定性増加には寄与しないとされている¹¹⁾。また、多くの競技動作において、腹側面を上方に向けて動作するよりも、下方すなわち床面に向けて動作する場面が多く見受けられる。そのため、まずは背臥位において適切なドローインを習得し、競技動作への移行を踏まえて段階的に腹臥位のエクササイズを導入することが望ましい。

本研究には次の限界があげられる。一つ目は標本数が10名と少ないことがあげられることから、今後は標本数を増やして検討することが望まれる。二つ目に、体幹アライメントの変化を把握する指標として、骨盤肢位の移動距離を代替して用いたことである。脊柱に複数のマーカーを貼付し、脊柱内および脊柱と骨盤との相対的位置関係を分析することが今後の課題といえる。最後に、本研究で用いたのは運動学的動作分析手法であり、コアの安定性について着手した多くの先行研究では筋電図や超音波法などを用いていたことから、両者を合わせた包括的分析により体幹アライメントの制御機構についてより理解を深めることができると考えられる。

付 記

本研究は、平成23年度から平成25年度文部科学省「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」の助成を受けて実施したものである。

引用文献

- 1) Panjabi M.M.: The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord* 5 (4): 383-389; discussion 397, 1992.
- 2) Kibler W.B., Press J., Sciascia A.: The role of core stability in athletic function. *Sports Med* 36 (3): 189-198, 2006.
- 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 (Phila Pa 1976)* 31 (6): E175-178, 2006.
- 4) Teyhen D.S., Rieger J.L., Westrick R.B., et al.: Changes in deep abdominal muscle thickness during common trunk-strengthening exercises using ultrasound imaging. *J Orthop Sports Phys Ther* 38 (10): 596-605, 2008.
- 5) Hides J.A., Boughen C.L., Stanton W.R., et al.: A magnetic resonance imaging investigation of the transversus abdominis muscle during drawing-in of the abdominal wall in elite Australian Football League players with and without low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 40 (1): 4-10, 2010.
- 6) Hides J., Stanton W., Freke M., et al.: MRI study of the size, symmetry and function of the trunk muscles among elite cricketers with and without low back pain. *Br J Sports Med* 42 (10) : 809-813, 2008.
- 7) Escamilla R.F., Lewis C., Bell D., et al.:

Core muscle activation during Swiss ball and traditional abdominal exercises. J Orthop Sports Phys Ther 40 (5) : 265-276, 2010.

8) Unsgaard-Tondel M., Fladmark A.M., Salvesen O., et al.: Motor control exercises, sling exercises, and general exercises for patients with chronic low back pain: a randomized controlled trial with 1-year follow-up. Phys Ther 90 (10) : 1426-1440, 2010.

9) 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 40 (11): 743-750, 2010.

10) Imai A., Kaneoka K., Okubo Y., et al.: Trunk muscle activity during lumbar stabilization exercises on both a stable and unstable surface. J Orthop Sports Phys Ther 40 (6): 369-375, 2010.

11) Stokes I.A., Gardner-Morse M.G., Henry S.M.: Abdominal muscle activation increases lumbar spinal stability: analysis of contributions of different muscle groups. Clin Biomech (Bristol, Avon) 26 (8): 797-803, 2011.

12) Hodges P.W., Pengel L.H., Herbert R.D., et al.: Measurement of muscle contraction with ultrasound imaging. Muscle Nerve 27 (6): 682-692, 2003.