

骨盤傾斜の変化が動作の遅速に及ぼす影響

The effect of the postural differences for the movement speed

柳下幸太郎¹⁾, 広瀬統一²⁾

¹⁾ 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科

²⁾ 早稲田大学大学院スポーツ科学学術院

キーワード: 構え, 骨盤, サッカー, 地面反力, 動作開始時間

Key words: posture, pelvis, soccer, ground reaction force, motion time

要約

本研究では骨盤傾斜がニュートラルの状態(n.p)と意図的な前傾位(a.t)、後傾位(p.t)の姿勢の差を検証し、構え姿勢時における骨盤傾斜の違いが反応動作の遅速にどのような影響を及ぼすか検討することを目的とした。男子大学サッカー選手 6 名は構えの姿勢をとり、任意のタイミングでダッシュを行った。構えの姿勢は n.p と a.t, p.t の 3 試技を実施した。結果は、動作反応時間において n.p と a.t が、p.t よりも速くなった($p < 0.05$)。また、n.p と a.t のタイムに差はみられなかった。地面反力は、水平成分である X 成分において a.t および n.p が p.t よりも有意に大きい値を示した($p < 0.05$)。構えの自然姿勢と骨盤を前傾させた状態の姿勢を比較し、動作開始時間、地面反力の値に差は見られなかったのに対し、後傾位に関しては他の 2 つの姿勢と比べて低い値を示した。つまり、意図的にとった姿勢においても前傾位ではパフォーマンスが低下せず、反対に後傾位の場合ではパフォーマンスが低下する傾向がみられた。

Abstract

The purpose of this study was to investigate movement speed caused by the three pelvic tilt angle differences (neutral position (n.p), anterior pelvic tilt (a.t), and posterior pelvic tilt (p.t)) at the starting position.

Six highly trained collage soccer players choosed. Each player stood on the force plate and sprinted to the goal (2.5m) on anytime they started. The starting posture was changed into the three pelvic positions (neutral, anterior tilt, and posterior tilt).

At the result, in the motion time, n.p and a.t were faster than p.t ($p < 0.05$), however no significant difference between n.p and a.t was shown. On the X component which is horizontal component in the ground reaction force (GRF), a.t and n.p were significantly larger than p.t. The results in this study showed that the result of this study indicated that the pelvic angle differences between neutral and anterior angle showed no significant difference in movement speed because of movement reaction time and GRF. However the result in posterior pelvic tilt showed lower value than the other two pelvic angles. Therefore, it was considered that making anterior tilt did not impair the performance, while making posterior tilt impaired.

スポーツ科学研究, 10, 198-208, 2013 年, 受付日:2012 年 11 月 19 日, 受理日:2013 年 9 月 25 日
 連絡先:柳下幸太郎 早稲田大学スポーツ科学研究科 〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島 2-579-15
 E-mail:y: theaterofdreams7@gmail.com

I. 緒言

サッカーのような対人競技では相手よりも速く動く、または相手の動きに対して素早く反応する能力が重要である。このように素早く動く能力はアジリティと呼ばれている。アジリティとは刺激に反応し、素早く効率的に動作を開始し、適切な方向に移動する能力である¹⁸⁾。サッカー競技中の動作を分析した研究では、Bloomfield(2007)はサッカーの1試合の中で止まった状態から動作を切り替えて方向転換もしくはスピードを挙げた回数は合計1人当たり54回にも上ると報告しており⁸⁾、止まった姿勢から素早く動き出す場面がサッカーの試合中に多く起きていることがわかる。実際に1対1のディフェンスの場面では、相手がどの方向に動き出しても対応できなければいけない。この局面で相手より速く動くことができれば試合の勝敗を決定づける一つの要因になるといえる。そのためには Young ら(2002)が指摘するように、動き出す際に適切な準備姿勢をとっている必要がある¹⁹⁾。

上述した適切な準備姿勢、すなわち素早い動作を行うための動きやすい構えの姿勢をスポーツ現場では一般的にパワーポジションと呼んでいる。Howorth (1946)は脚を肩幅より開き、頸部、体幹を前傾させ、股関節、膝関節、足関節を軽度屈曲した姿勢を Basic dynamic posture と定義し、どの方向にも力強く運動することができるとしている⁷⁾。同様の姿勢を National Academy of Sports Medicine(NASM)ではアスレティックポジションと呼んでおり¹⁴⁾、機能的に安定したポジションで、素早く前後左右に移動できる姿勢と定義している。素早い動きのためにはこのような姿勢を瞬時に整えることが重要であると考えられている⁴⁾。このよう

な素早い動きを可能にする構え姿勢に影響する要因として古屋(2008)⁴⁾や、湯野(2006)²⁰⁾は各下肢の関節角度の変化に着目しているが、その他の要素の一つに骨盤の傾斜角度がある。

骨盤は、立位時の上前腸骨棘 (Anterior superior iliac spines:以下 ASIS)と上後腸骨棘 (Posterior superior iliac spines:以下 PSIS)を結んだ線分と水平線とのなす角を骨盤傾斜角度と定義され¹³⁾¹⁷⁾、その角度は通常 8~11 度とされている²⁾³⁾⁶⁾ (Fig1)。パワーポジション時の骨盤傾斜は立位時と同様に前傾位を保っていると考えられる。実際に、骨盤の角度変化と動作のパフォーマンスの関係を検討した研究において、骨盤の前傾がジャンプ能力の向上につながると報告している¹⁰⁾。さらに Sleivert(2004)がジャンプスクワット時のパワーと 5m スプリントのタイムには相関があり、ジャンプ能力とスプリントの加速には関係がある⁵⁾としていたことから、骨盤の前傾は股関節伸展筋力の向上をもたらす、蹴り出しの強さに影響を与えていることが予想される。同様の報告は Novacheck(1998)¹⁶⁾によってされているが、このような骨盤前傾位が蹴り出しの強さや早い加速を生み出す要因として、骨盤の前傾が股関節伸展筋群の受動的な筋張力を高めることが挙げられている¹⁾¹⁵⁾。これらの研究から骨盤の前傾が股関節伸展動作のパフォーマンスにポジティブに作用することが推察される。言い換えると、骨盤の傾斜を前傾位、中間位(ニュートラルポジション)、後傾位の3つの姿勢をとらせた際には、後傾位に近づくほど反応動作は遅くなり、さらに蹴り出す力も小さくなるのではないかという仮説を立てることができる。

そこで本研究では、骨盤がニュートラルの状態

と意図的な前傾位、そして後傾位の 3 つの姿勢における動作の遅速を検証し、構え姿勢時における骨盤傾斜の違いが反応動作時の適切な姿

勢づくりに関する基礎情報を得ることを目的とした。

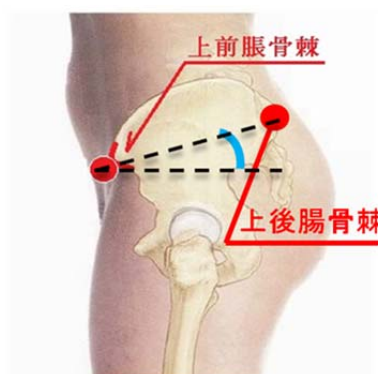


Fig 1 angle of pelvic (sagittal)

II. 方法

A. 被験者

被験者は現在、股関節周囲の筋及び骨に整形外科的疾患を有していない健常な男子大学サッカー選手 6 名とした。被験者の競技レベルは大学関東 1 部リーグに所属する熟練したレベルである。被験者特性を **Table1** に示す。今回の実験で解析を行う蹴りだし脚を左脚に統一するため、被

験者は右利きの者を選出した。

対象者にはあらかじめ実験内容及び実験により起こりうる危険性について十分に説明したうえで、参加の同意を得た。また、本研究はヘルシンキ宣言の趣旨に則り、早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」の承認を得て実施した。

Table1 Characteristics of study subject

age(years old)	Height(cm)	Weight(kg)	Career(years)
20.0±0.9	175.9±6.3	67.4±2.9	11.3±1.9

B. 測定内容

被験者はフォースプレート(Kistler 社製)上に左脚を乗せた状態で構えの姿勢をとった。その後、任意のタイミングでスタートをし、前方 2.5m 先のゴールまで全力で走るよう指示した。(Fig2)。スタートをする際には右脚から踏み出し、左脚で最後に強く踏み込むように指示した。この際構えの姿勢はパワーポジションでの自然肢位 (neutral

position 以下 n.p)と骨盤を意図的に最大前傾させた肢位 (anterior tilt 以下 a.t)、最大後傾させた肢位 (posterior tilt 以下 p.t) の 3 つの姿勢を順番にとらせて、各試技 2 回ずつ実施した。また、事前に予備実験を実施し、構え姿勢時の膝関節角度を分析した。これは骨盤の傾斜角度による違いを正確に分析する上で、下肢関節角度の影響を最小限に抑えるために実施した。52 名の被

験者の膝関節角度を分析したところ、平均して膝屈曲 $45^{\circ} \pm 6.5^{\circ}$ という結果になった。この結果

を基に今回の実験においては、膝関節角度をあらかじめ膝屈曲 45° 程度に規定して実施した。

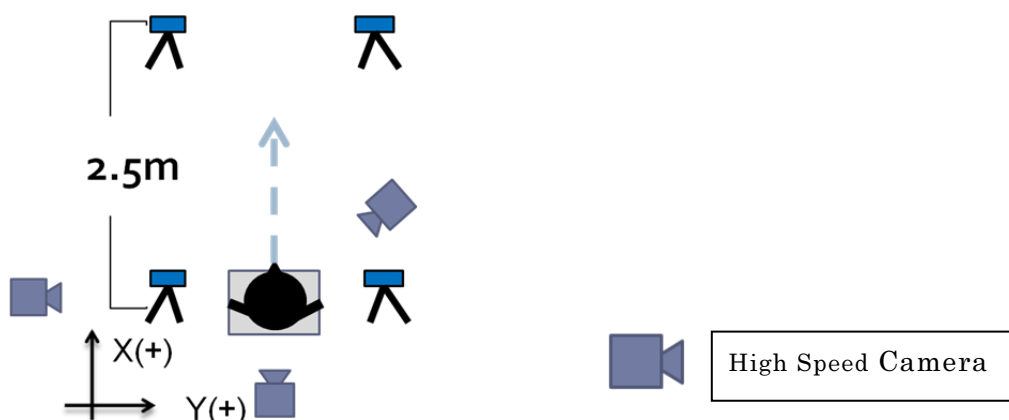


Fig 2 Person stands on the force plate and goes to goal for 2.5m. It takes a movie from start position to goal by three High Speed Camera.

C.動作分析

構えの姿勢からのスタート動作を 3 台のハイスピードカメラ(EX-F1,CASIO 社製)を用いて撮影をした。カメラの位置はFig2 のとおりである。カメラのフレームスピードは 300frame/sec(1frame=0.0033sec)で撮影した。得られた画像から動作解析ソフト(Frame-Dias, DKH 社製)を用いて 2 次元動作解析を行った。外果・左膝関節外側裂隙・大転子・第 7 頸椎

(C7)・上前腸骨棘(ASIS)・上後腸骨棘(PSIS)に貼付したマーカーをもとにデジタイズを行い、骨盤傾斜角度、股関節角度を算出した。骨盤傾斜角度は ASIS と PSIS を結んだ線と ASIS の水平軸とがなす角度とし、前傾方向を正の方向として定義した(Fig4)。また、C7 と大転子を結んだ線と大転子と膝関節外側裂隙を結んだ線がなす角を股関節角度とし伸展方向を正の方向として定義した(Fig5)。

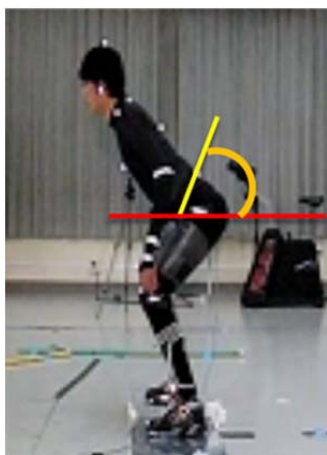


Fig 4 angle of pelvic



Fig 5 angle of hip

○地面反力

フォースプレート(Kistler 社製)を用い、踏み込

み脚の地面反力を計測した。フォースプレートのデータを取り込む際の A/D 変換器のサンプリング

周波数は 1kHz とした。動作の進行方向に対して前方向の水平成分を X 軸の正とし、鉛直方向の上方向を Z 軸の正とした。地面反力は動作時の Peak Power の大きさを分析対象とした。

○動作開始時間

体幹移動開始地点を静止時の地面反力の平均値を超えたタイミングとし、体幹移動開始時から右脚離地時までの時間を動作開始時間として計測した。離地のタイミングは得られた映像から判断した。平均値を超える定義として今回は地面

反力の水平成分が基線の 2SD を超えたタイミングとした(Fig6)。この理由は身体の動き始めの指標として、推進力の指標ともなる地面反力水平成分が大きくなり始めた時点が移動の開始地点として適切であると考えたためである。

時間の算出には Frame-Dias 上の映像を用い、1Frame=0.0033 秒とし、フレーム数から時間に換算した。フォースプレートとハイスピードカメラは LED 型シンクロナイザ(DKH 社製)を用い同期した。

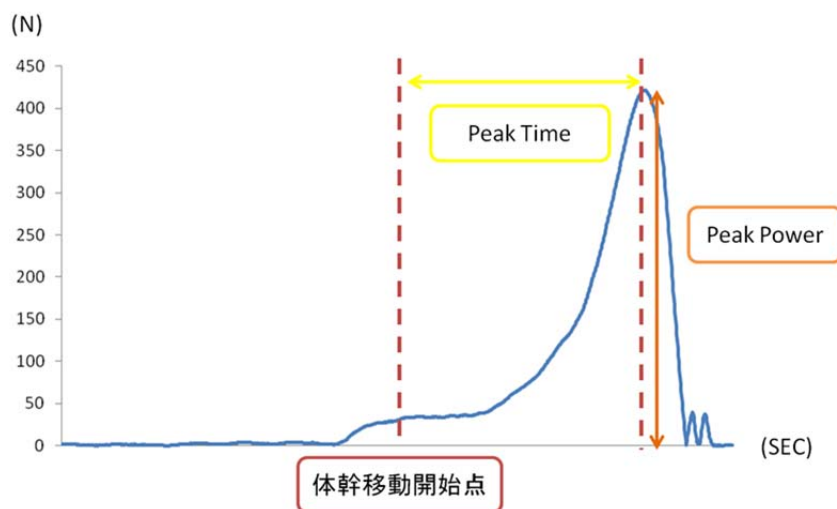


Fig 6 motion time

D. 統計処理

測定結果は、平均値±標準偏差(SD)で表示し、統計的検定量の算出には IBM SPSS statistics(ver 20.0 for Windows)を用いた。各測定値の 3 つの条件間の比較には繰り返しのあ一元配置分散分析を用い、有意差を認めた場合は Bonferroni test を用いて多重比較を行った。また、全被験者の地面反力の水平成分の値と動作開始時間の値の相関関係を Pearson の相関係数を用いて求めた。統計学的有意水準は危険率 5%とした。

III. 結果

III-i 骨盤・股関節角度

各試技ごとの骨盤傾斜角度を Fig7 に示した。n.p は平均 61.9±4.8 度、a.t は 66.4±5.2 度、p.t は 52.8±5.3 度であった。3 試技の比較をしたところ、p.t が他の 2 群と比べて有意に角度が小さいことが分かった(p<0.05)。一方、n.p と a.t の数値を比較すると前傾位の方が数値は大きいものの有意な差は見られなかった。

各試技ごとの股関節角度を Fig8 に示した。n.p は平均 132.6±8.9 度、a.t は 134.46±8.0 度、p.t は 137.91±10.66 度という結果だった。股関節角

度について比較したところ試技間に有意な差は見られなかった。

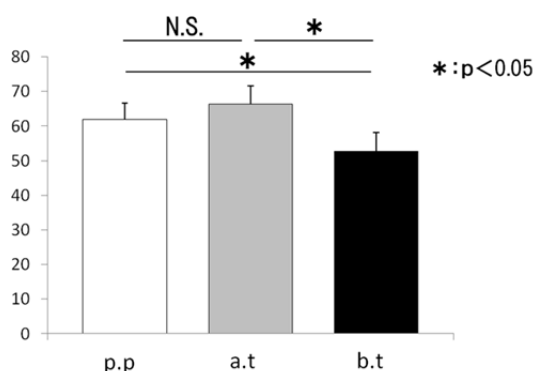


Fig 7 angle of pelvic
Comparison of angle of pelvic between group n.p(neutral position), a.t(anterior tilt) and p.t(posterior tilt)
Data are expressed as means \pm S.D.

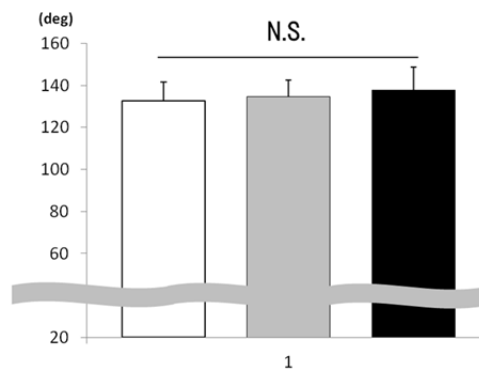


Fig8 angle of hip joint
Comparison of hip joint angle between group n.p(neutral power position), a.t(anterior tilt) and p.t(posterior tilt).
Data are expressed as means \pm S.D.

III - ii 動作開始時間

各試技ごとの動作開始時間を Fig9 に示した。n.p は平均 0.28 ± 0.04 秒、a.t は 0.28 ± 0.03 秒、

p.t は 0.39 ± 0.12 秒という結果だった。n.p と a.t の動作開始時間が、p.t よりも有意に速くなった。また、n.p と a.t のタイムに差は見られなかった。

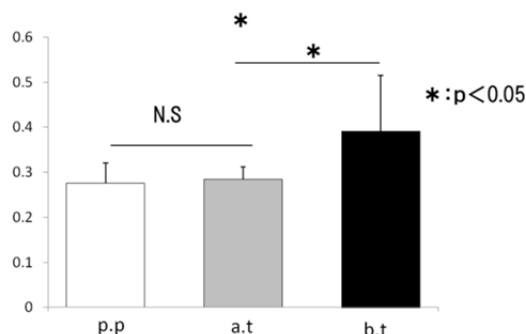


Fig 9 motion time
Comparison of motion time between group n.p(neutral position), a.t(anterior tilt) and p.t(posterior tilt).
Data are expressed as means \pm S.D.

III - iii 地面反力

各試技ごとの地面反力の水平成分を Fig10 に示した。n.p は平均 636 ± 80.9 N、a.t は 619.2 ± 37.8 N、p.t は 543.8 ± 61.6 N という結果だった。a.t および n.p が p.t よりも有意に大きい値を示した。

各試技ごとの地面反力の鉛直成分を Fig11 に示した。n.p は平均 1050.2 ± 80.3 N、a.t は 1054.6 ± 113 N、p.t は 1017.16 ± 87.9 N という結果だった。どの値にも有意な差は見られなかったが、a.t および n.p が p.t よりも大きい値を示した。

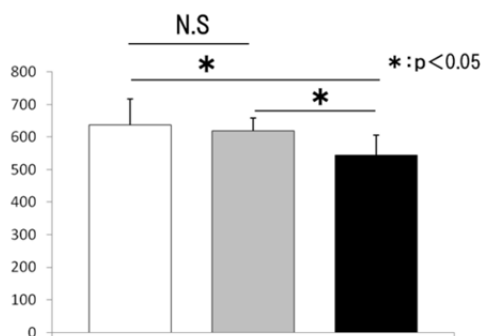


Fig 10 ground reaction force(horizontal direction)
Comparison of ground reaction force(horizontal direction) between group p.p(neutral position), a.t(anterior tilt) and p.t(posterior tilt).
Data are expressed as means \pm S.D

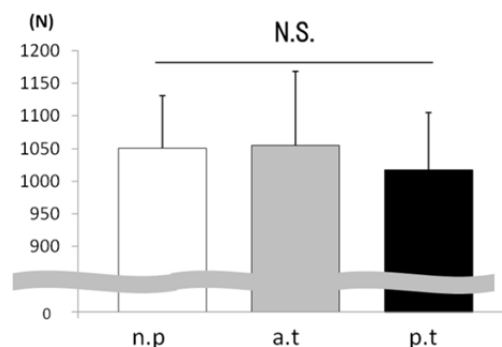


Fig 11 ground reaction force(vertical direction)

地面反力の水平成分と動作開始時間との間には有意な負の相関がみられた。(r=-0.71) (Fig12)。さらに地面反力の水平成分と骨盤傾斜角度との相関で有意な正の相関がみられた。

(r=0.66) (Fig13)

また骨盤傾斜角度と動作開始時間との間に有意な負の相関がみられた。(r=0.62) (Fig14)

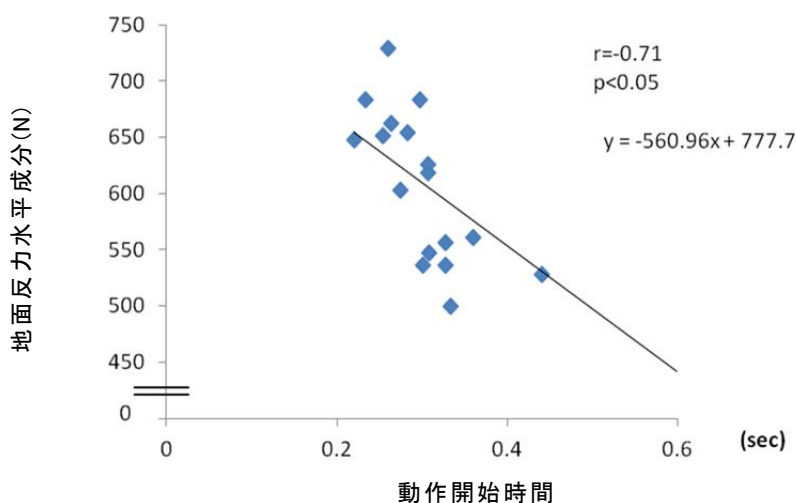


Fig 12 relationship between ground reaction force (horizontal direction) and motion time
Correlation of ground reaction force (horizontal direction) and motion time between group n.p(neutral position), a.t(anterior tilt) and p.t(posterior tilt).
Data are expressed as means \pm S.D.

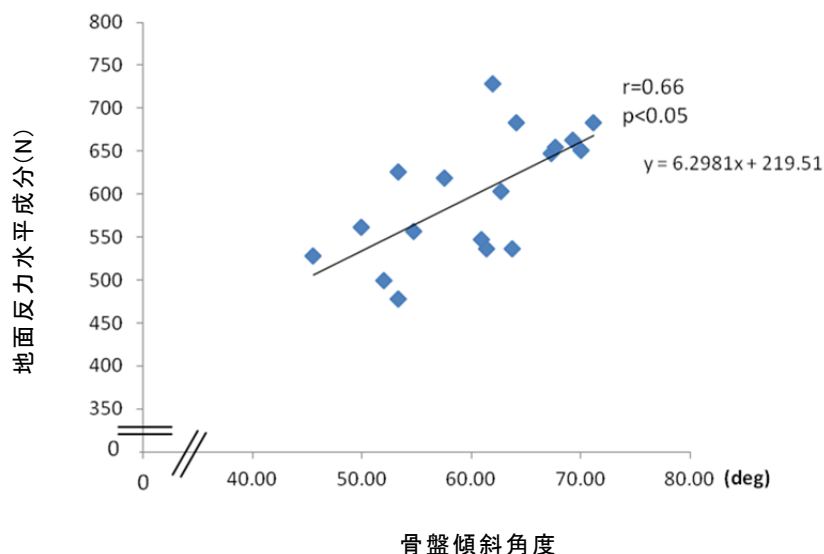


Fig 13 relationship between ground reaction force (horizontal direction) and angle of pelvic
 Correlation of ground reaction force (horizontal direction) and angle of pelvic between group
 p.p(neutral position), a.t(anterior tilt) and p.t(posterior tilt).
 Data are expressed as means \pm S.D.

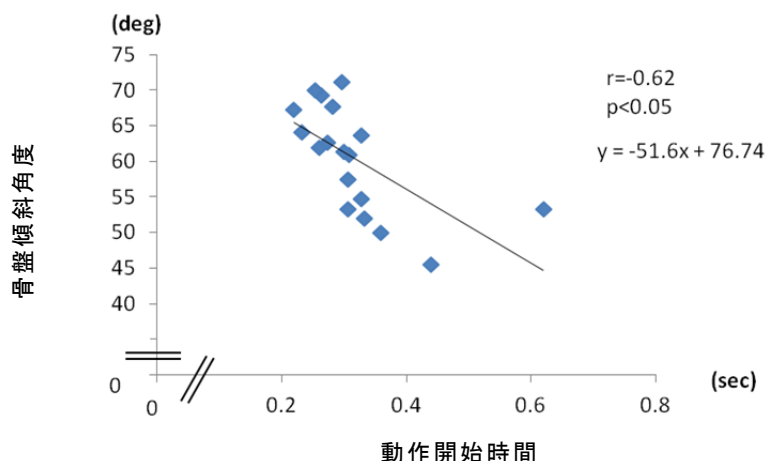


Fig 14 relationship between motion time and angle of pelvic
 Correlation of motion time and angle of pelvic between group n.p(neutral position),
 a.t(anterior tilt) and p.t(posterior tilt)
 Data are expressed as means \pm S.D.

IV. 考察

本研究では構え動作時の骨盤前傾角度の違いが動作開始時間の遅速に及ぼす影響について検討した。本実験の仮説は骨盤の傾斜角の違いが動作開始時間に影響し、特に骨盤後傾位は動作開始時間を遅延させるというものである。

動作開始時間について比較したところ、自然な構えの姿勢(n.p)と骨盤を意図的に前傾した前

傾位(a.t)の動作開始時間が、意図的に後傾した後傾位(p.t)よりも速い結果であった。一方、n.p と a.t のタイムには差が見られなかった。この動作開始時間の相違は地面反力にも反映されており、3群間で地面反力のデータを比較すると、水平成分である X 成分において a.t および n.p が p.t よりも有意に大きい値を示した。水平方向の地面反力の大きさとスタートから 1 歩目の推進力と初速

には相関がある¹²⁾。さらに Hunter (2005)はスプリントの加速には蹴りだし脚の地面への強い踏み込みが重要であり、推進力は高い加速力を得るために必要だとしている⁹⁾。つまり、今回 p.t の値が水平方向の地面反力が有意に低かったことは p.t が蹴りだしの際に他の 2 つの姿勢と比べて蹴りだしの際の十分な力発揮を行うことができずに推進力を適切に得られていないことを示唆するものと考えられる。

実際に、全被験者の水平成分の値と動作開始時間の値の相関関係を Pearson の相関係数を用いて求めたところ、 $r=-0.708$ の有意な負の相関関係が認められた。つまり水平成分が大きくなればなるほど、動作開始時間は短くなるという可能性が示唆された。さらに骨盤傾斜角度と動作開始時間にも相関がみられたことから、骨盤傾斜の違いによる地面反力の水平成分の大きさの差が先の結果で示した動作開始時間の差にも影響を及ぼしているといえる。

一方、a.t と n.p においても推進力に大きな差は見られないことから意図的な骨盤前傾と自然肢位の構えにはパフォーマンスにあまり差がないことが示された。この結果を説明する要因として骨盤傾斜角度が相似していることが考えられる。本研究において n.p と a.t の骨盤傾斜角度の数値をみると a.t の方が数値は大きいものの有意な差は見られなかった。今回の結果は、パワーポジションのニュートラルな姿勢における骨盤傾斜は意図的な前傾位に近い姿勢をとっていることを示すものと考えられ、このような骨盤傾斜角度の近似性により動作開始時間に差が生じなかったものとする。また、股関節角度について比較したところ各姿勢の試技間に有意な差は見られなかった。今回の実験では膝の関節角度も規定した状態で実施していることから、下肢の関節角度の違いが動作開始時間に及ぼす影響というのは少ないものと考えられる。つまり試技間の結果の違

いは、骨盤傾斜の影響によるものが大きいことが考えられる。

一方、本研究の限界として、動作開始時間に影響を及ぼす項目として地面反力の分析を行ったが、その他にも筋張力、重心位置、姿勢等が影響を及ぼす項目として考えられる。今後は、映像による分析もより詳細に行い、骨盤の傾斜による影響をさらに分析していく必要がある。また本研究での試技は前方向のみであり、その結果として骨盤の後傾が前方向への運動の時間の遅延につながるものと考えた。横及び後方への移動における時間に影響するかどうかには言及している研究はいまだ散見されていない。よって今後はさらにサッカーの競技場面に即した動作における影響についても分析していく必要があると考える。

本実験では骨盤傾斜の違いが反応動作の遅速に及ぼす影響について検討を行った。その結果パワーポジションと呼ばれる構えの自然姿勢と骨盤を前傾させた状態の姿勢を比較し、両条件間で動作開始時間、地面反力の値に差は見られなかった。一方、後傾位に関しては他の 2 つの姿勢と比べて動作開始時間と地面反力成分で低い値を示した。今回の 3 つの姿勢のうち前傾位と後傾位はどちらも自然に構えた姿勢から意図的に骨盤傾斜を変えて試技を行い、動作開始時間の遅速に与える影響を検討したが、意図的にとった姿勢においても前傾位ではパフォーマンスが低下しないことが示唆され、反対に意図的にとった姿勢でも後傾位の場合ではパフォーマンスが低下する傾向がみられた。よって構え姿勢において骨盤の後傾が反応動作の遅速のパフォーマンスを低下させると考えられた。本実験の結果を現場に応用する際には、構えの姿勢をとる場合に骨盤は後傾位よりも前傾位あるいは中間位をとる方が前方向への移動には効果的であることという現場における指導の指針につなげることができる。さらにサッカー以外にも構えの姿勢をとるスポーツ

は数多く存在し、それらのスポーツにおいても本実験の結果を応用できると考える。本実験では被験者数が6名と少ないため今後被験者数を増やした詳細な分析が必要であると考え。

参考文献

- 1) Anthony G, Schache, Peter D, Blanch, Anna T Murphy (2000) Relation of anterior pelvic tilt during running to clinical and kinematic measures of hip extension British Journal Sports Medicine 34 279-283
- 2) Chad Starkey Jeff Ryan 監訳 中里伸也 (2005) スポーツ外傷・傷害評価ハンドブック NAP Limited 第3章 p38
- 3) Day J.W, Smidt G.L, Lehmann (1984) Effect of pelvic tilt on standing posture Physical Therapy. 64(4) 510-516
- 4) 古屋宏基 (2008)単純・選択反応動作における構え姿勢の違いが反応時間と下肢の筋活動パターンに与える影響 東京工業大学修士論文
- 5) Gordon Sleivert Matiu Taingahue (2004) The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes European journal of an. plied physiology 2004 91 46-52
- 6) Heino J.G, Godges J. J, Carter C.L. (1990).Relationship between hip extension range of motion and postural alignment Journal of sport and Physical Therapy 16 243-247
- 7) Howorth (1946) Dynamic posture J.A.M.A. 131 1398-1404
- 8) J Bloomfield, R Polman (2007) Turning movements performed during FA Premier League soccer matches Journal Sports Science and Medicine 9-10
- 9) Joseph P. Hunter (2005) Relationships Between Ground Reaction Force Impulse and Kinematics of Sprint-Running Acceleration JOURNAL OF AN.PLIED BIOMECHANICS, 21, 31-43
- 10) 木越清信 (2004) 運動開始時の構えが下肢筋群の筋出力に及ぼす影響 筑波大学大学院博士論文
- 11) 江依法 (2003) 自然立位姿勢時の身体動揺と重心動揺間の関係 体力科学 Volume: 52 5 533
- 12) Mero A (1988) Force-time characteristics and running velocity of the sprinters during the acceleration phase of sprinting. Research Quarterly For Exercise and sport 1988,49,2, 94-98
- 13) Martha L Walker, Jules M Rothstein, Sheryl D Finucane and Robert L Lamb(1987) Relationships Between Lumbar Lordosis, Pelvic Tilt, and Abdominal Muscle Performance 67 512-516.
- 14) National Academy of Sports Medicine (2010) NASM Essential Corrective Exercise Training chapter13 p.p275-276
- 15) Sullivan M. ,K,Dejulia J.J and Worreell T.W (1992) Effect of pelvic position and stretching method on hamstring muscle flexibility Medicine Science Sports Exercise 24 1383-1389
- 16) Tom F Novacheck (1998) biomechanics of running. Gait and posture 25 77-95
- 17) Ton.penberg R.M Bullock M.I (1990) Normal lumbo-pelvic muscle lengths and their interrelationships in adolescent females Australian Journal of Physiotherapy 36 105-109
- 18) Verstegen M., B. Marcello (2001) agility

- and coordination. Human Kinetics 139-165
- 19) Young W., M Hawken, and L.McDonald.(2002) Is muscle power related to running speed with changes of direction? J.Sports Med.Physical.Fitness. 42:282-288
- 20) 湯野治 (2006)構え姿勢の違いが反応動作時の応答時間と下肢関節動作に及ぼす影響 東京工業大学修士論文