

足関節背屈可動域および 骨盤可動性がしゃがみこみ動作に及ぼす影響に ついて

Influence of the range of ankle dorsiflexion and the mobility of the pelvis on
the ability to squat

景山 剛*1, 渡會公治*2

キー・ワード : squat, ankle dorsiflexion, mobility of pelvis

しゃがみこみ動作, 足関節背屈可動域, 骨盤可動性

【要旨】 【目的】本研究の目的はしゃがみこみ動作の可否に影響する要因として足関節背屈可動域だけでなく、腰椎・骨盤の可動性も影響することを検討することである。【方法】若年健常者 62 名の足関節背屈可動域（しゃがみこみ動作時，安静時），指床間距離，大腿最大周径，下腿最大周径，しゃがみこみ動作時の腰椎屈曲および骨盤後方への偏移の最大値を測定し，しゃがみこみ動作の可否との関連性を検討。【結果】対象者 62 名中しゃがみこみ動作が最終域まで出来なかった者は 19 名だった。足関節背屈可動域が 5° 以下の者はすべて最終域までのしゃがみこみ動作が不可能であったが，足関節背屈可動域が 10° から 15° の場合，しゃがみこみ動作が可能なる者，不可能なる者が混在する結果となった。しゃがみこみ動作不可能群は可能群に対し有意に指床間距離が短く，動作時の骨盤後方への偏移が大きかった ($p < 0.01$)。【結論】足関節背屈可動域はしゃがみこみ動作に大きく影響するが，骨盤可動性も関与することが考えられる。

はじめに

昨今，将来的に児童・生徒のロコモティブシンドロームやメタボリックシンドロームが懸念されている¹⁾。その対策として学童期からの運動器検診の必要性なども報告されており，従来の学校における定期健康診断での脊柱側彎症検診だけでなく，四肢の検診（関節の可動域や弛緩性など）も今後必要になると言われている^{2,3)}。そのような中で宮城県における運動器検診では 2011 年度以降は「しゃがみこみ不全」をチェック項目に加えており⁴⁾，しゃがみこみ動作を通して下肢関節の柔軟性・可動性に注目している。更には島根県の小・中学生 41,000 人あまりを対象とした運動器検診

において 5%～20% の生徒がしゃがめないとの報告やしゃがみこみ動作で後ろに倒れてしまう児童の報告もある^{5,6)}。

しゃがみこみ動作の可否については，従来の研究では足関節との関連性⁷⁻¹⁰⁾ や他の下肢関節との関連性¹¹⁾ なども報告されている。しかし，しゃがみこみ姿勢を保持するという事は下肢関節の可動域だけでなくその上部にある体幹の機能との関連性も要因として考えられる。

そこで我々は学童期にみられるようなしゃがみこみ動作の可否状況，しいては将来的なロコモティブシンドロームやメタボリックシンドロームの懸念は現代の青年期にも考えられることなのか，またしゃがみこみ動作の可否は下肢関節だけではなく体幹機能との関連性もあるのかを明らかにする目的で，大学生を対象にしゃがみこみ動作を実施し，その可否およびその動作と腰椎・骨

*1 帝京平成大学健康メディカル学部理学療法学科

*2 帝京平成大学ヒューマンケア学部鍼灸学科

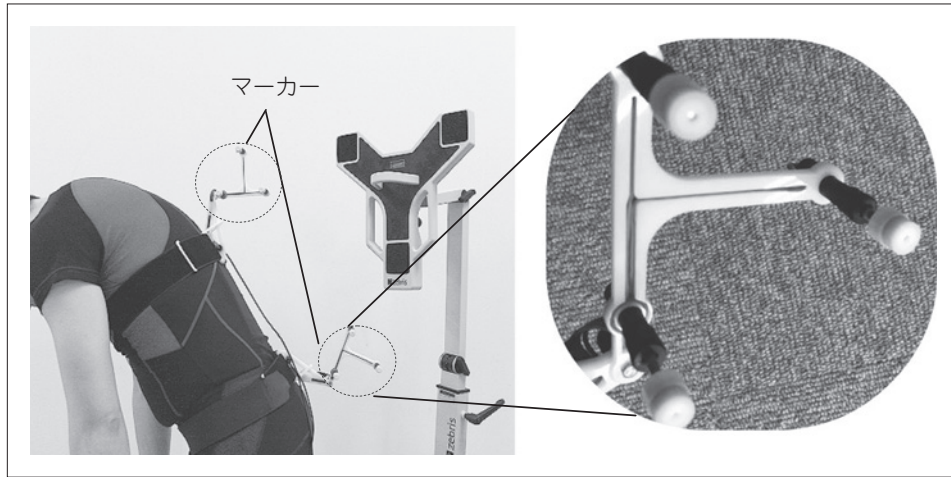


図1 ZEBRIS 3つに分かれた先端部についてのマーカー

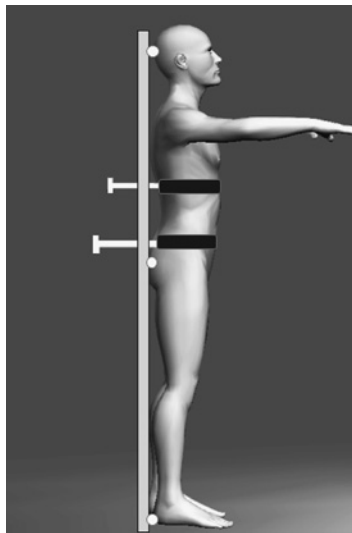


図2 キャリブレーション姿勢

盤・足関節背屈可動域との関連性を検討したので報告する。

■ 方法

1. 対象

研究主旨に同意の得られた整形外科的既往の無い大学生 79 名のうち、股関節・膝関節可動域が日本整形外科学会および日本リハビリテーション医学会による基準を満たしていない 12 名および、Body Mass Index (以下 BMI) の値が 25 以上の者 6 名 (BMI 平均 28.04 ± 2.6) を除く 62 名 (男性 38 名, 女性 24 名, 年齢平均 19.9 ± 0.7 歳, BMI 平均 20.4 ± 1.6 , 身長平均 167.4 ± 8.6 cm, 体重平均 56.9 ± 7.5 kg) を対象とした。

この研究は帝京平成大学倫理委員会の承認を得

ている (承認番号 26-072)。

2. 測定方法

測定項目として従来からしゃがみこみ動作との関連性を示した報告の多い足関節背屈可動域 (安静時他動的可動域・しゃがみこみ動作時可動域) を日本整形外科学会・日本リハビリテーション医学会の測定法に準じゴニオメータにて測定した。また股関節および腰椎・骨盤柔軟性の指標として指床間距離 (床面を 0cm とし, 指先が床面に到達していない者はマイナス換算), しゃがみこみ動作における膝屈曲の際, 筋腹の厚みにより膝屈曲に影響するのではという推測から大腿・下腿最大周径を計測した。さらに 3 次元動作解析システム (Zebris Medical GmbH 社製, ZEBRIS) によるしゃがみこみ動作時の腰椎・骨盤の偏移を計測した。

ZEBRIS は身体に固定した, 先端部が 3 つに分かれたマーカーそれぞれから発生する連続した超音波の発生伝播時間を測定し 3 次元座標化するシステムであり (図 1), 脊柱の動きや実際のスクワット動作の解析など既に ZEBRIS を用いた研究報告がある^{12~14)}。

今回の研究では胸腰椎 (Th12/L1) および骨盤 (腰部仙骨上) にそれぞれベルトにてマーカーを固定し, 身長計に踵部・臀部・後頭部をつけた状態を基本姿勢としてキャリブレーションを行った (図 2)。

ZEBRIS による腰椎の屈曲は図 3 で示すとおり, しゃがみこみ動作時の骨盤部のマーカーをキャリブレーション位置に合わせたときの, キャリブレーション時の胸腰椎部のマーカー位置①

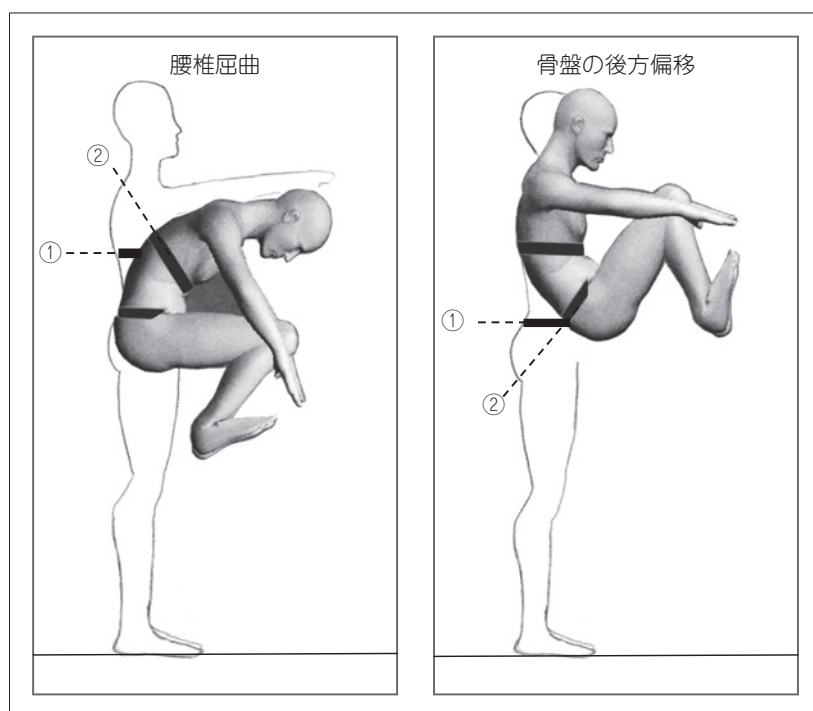


図3 ZEBRISによる腰椎屈曲，骨盤後方偏移の角度算出法

- ①：キャリブレーション時のマーカの位置
- ②：しゃがみこみ動作時のマーカの位置
- ①，②からなる角度を算出

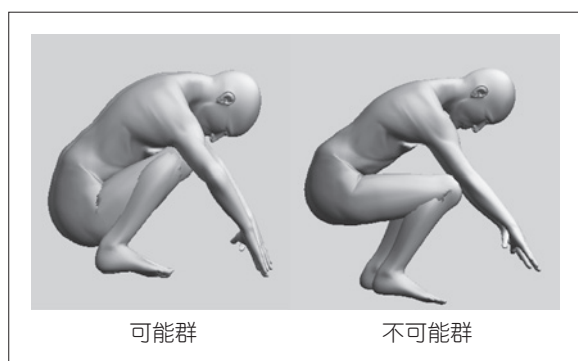


図4 しゃがみ込みの可否

と，しゃがみこみ動作時の胸腰椎部のマーカ位置②から成る角度を示すものであり，同様に骨盤の後方への偏移はしゃがみこみ動作時の胸腰椎部のマーカをキャリブレーション時の胸腰椎部のマーカの位置に合わせたときの，キャリブレーション時の骨盤部マーカ位置①と，しゃがみこみ動作時の骨盤部のマーカ位置②から成る角度を示すものである。

しゃがみこみ動作は粕山ら¹⁰⁾の方法を参考にし，左右足部内側をつけ足底全面接地し，両膝を閉じた状態のまま踵部を離床しないようにしゃがみこみ姿勢保持可能な位置まで実施した。なお

しゃがみこみ最終域までできた者を可能群，途中でしゃがみこみできない者を不可能群とした(図4)。

またしゃがみこみ動作最終域まで実施不可能な対象者に対し，しゃがみこみ動作に関する要因として報告の多い足関節の背屈可動域制限による影響が解消されれば最終域まで実施可能なのか，その際にZEBRISにおける腰椎・骨盤の偏移は変化するかを検討する目的で福井ら¹⁴⁾，佐伯ら¹⁵⁾の報告を参考にし，踵部に5cmの補高をした状態でしゃがみこみ動作を追加測定し補高前と比較した。

3. 統計的解析

足関節背屈角度，下腿・大腿周径，指床間距離，ZEBRISによる骨盤偏移・腰椎屈曲角度の最大値はしゃがみこみ動作実施可能群と不可能群とを対応のないt検定で比較した。またしゃがみこみ動作不可能群における踵部への補高の有無によってZEBRISによる骨盤偏移・腰椎屈曲に変化があるかどうかを対応のあるt検定にて比較検討した。統計学有意水準は5%とした。

結果

最終域までのしゃがみこみ動作の可否は，可能

表1 足関節背屈角度としゃがみこみ動作の可否

| しゃがみこみ動作時 足関節背屈角度 | しゃがみこみ可能 (n=43) | | しゃがみこみ不可能 (n=19) | |
|----------------------|--------------------|--------------|---------------------|-------------|
| | 男性 (n=22) | 女性 (n=21) | 男性 (n=16) | 女性 (n=3) |
| ≤5° | 0名 | 0名 | 2名 | 2名 |
| 10° | 1名 | 3名 | 10名 | 1名 |
| 15° | 9名 | 7名* | 4名 | 0名 |
| ≥20° | 12名 | 11名 | 0名 | 0名 |

*：内2名の他動的足関節背屈角度は20°

表2 しゃがみこみの可否による比較（全体）

| しゃがみこみ動作 | 可能群 (n=43) | 不可能群 (n=19) | P 値 |
|-------------|------------|-------------|--------|
| 動作時足関節背屈 | 19.2±5.1° | 11.1±4.6° | 0.001※ |
| 指床間距離 | 5.7±11.9cm | -2.9±11.3cm | 0.011※ |
| 大腿最大周径 (右) | 51.5±4.1cm | 50.9±3.7cm | 0.527 |
| (左) | 49.9±7.9cm | 50.7±4.0cm | 0.592 |
| 下腿最大周径 (右) | 33.5±5.5cm | 35.0±2.3cm | 0.818 |
| (左) | 35.1±6.1cm | 34.8±2.2cm | 0.527 |
| 骨盤後方への偏移最大値 | 60.8±10.6° | 79.2±11.5° | 0.001※ |
| 腰椎屈曲最大値 | 58.3±12.2° | 61.5±12.1° | 0.349 |

平均値±標準偏差

※：有意差あり（対応のないt検定）

指床間距離の“-”は指先が床面に到達していないことを意味する

43名（男性22名，女性21名），不可能19名（男性16名，女性3名）という結果であった。しゃがみこみ動作時の足関節背屈角度（左右の可動域の小さい値を採用）との比較では背屈角度5°以下の者は4名（男性2名，女性2名）おり，すべてしゃがみこみ動作不可能であった。足関節背屈角度10°の者は15名おり，しゃがみこみ動作可能な者4名（男性1名，女性3名），不可能な者11名（男性10名，女性1名）であった。足関節背屈角度15°の者は20名で，内しゃがみこみ動作可能な者16名（男性9名，女性7名），不可能な者4名（すべて男性）であった。足関節背屈角度20°以上の者はすべてしゃがみこみ動作可能であり23名（男性12名，女性11名）であった。以上のことから足関節背屈10°から15°にしゃがみこみ動作が可能な者，不可能な者が混在する結果となった。

ここでしゃがみこみ動作時には足関節背屈が被験者の最大可動域まで達しているのか安静時の他動的足関節背屈角度としゃがみこみ動作時の足関節背屈角度を比較すると，全対象者の中で2名（女性）のみ最大背屈角度に達していなかった（表1）。

次に最終域までのしゃがみこみ動作可能群と不

可能群に分け，動作時足関節背屈角度，指床間距離，大腿最大周径，下腿最大周径，ZEBRISによる骨盤の後方偏移・腰椎屈曲の最大値に差があるかを比較したところ，動作時足関節背屈角度はしゃがみこみ不可能群で有意小さかった（ $p<0.01$ ）。指床間距離は，しゃがみこみ動作不可能群で有意に小さかった（ $p<0.05$ ）。下腿・大腿周径にはどちらも有意差はなかった。骨盤後方偏移の最大値はしゃがみこみ不可能群で有意に大きく（ $p<0.01$ ），腰椎の屈曲は有意差がなかった（表2）。

同様に，最終域までのしゃがみこみ動作が可能な者・不可能な者の混在する動作時足関節背屈10°～15°の者35名（可能群20名，不可能群15名）においてしゃがみこみ動作可能群・不可能群との間に指床間距離，下腿・大腿最大周径，ZEBRISによる骨盤後方偏移・腰椎屈曲最大値に差があるかを比較すると，指床間距離は不可能群のほうが有意に小さかった（ $p<0.01$ ）。腿・大腿周径だがどちらも有意差はなかった。骨盤後方偏移の最大値は不可能群のほうが有意に大きく（ $p<0.01$ ），腰椎屈曲の最大値は有意差がなかった（表3）。

しゃがみこみ動作不可能群19名の踵部に対し

表3 しゃがみこみの可否による比較 (足関節背屈 10°~15° の被験者)

| しゃがみこみ動作 | 可能群 (n=20) | 不可能群 (n=15) | P 値 |
|-------------|------------|-------------|--------|
| 指床間距離 | 8.3±12.7cm | -4.1±12.1cm | 0.006※ |
| 大腿最大周径 (右) | 51.8±3.7cm | 49.9±3.3cm | 0.131 |
| (左) | 51.6±3.6cm | 49.7±3.4cm | 0.126 |
| 下腿最大周径 (右) | 34.1±2.2cm | 35.1±2.5cm | 0.209 |
| (左) | 34.1±2.2cm | 34.9±2.4cm | 0.318 |
| 骨盤後方への偏移最大値 | 63.3±12.0° | 79.6±12.2° | 0.001※ |
| 腰椎屈曲最大値 | 56.6±10.8° | 60.9±12.3° | 0.276 |

平均値±標準偏差

※：有意差あり (対応のない t 検定)

指床間距離の“-”は指先が床面に到達していないことを意味する

表4 不可群における補高の有無による比較 (n=19)

| 踵部の補高 | なし | あり | P 値 |
|-------------|------------|------------|--------|
| 骨盤後方への偏移最大値 | 79.2±11.5° | 53.5±14.8° | 0.001※ |
| 腰椎屈曲最大値 | 58.3±12.2° | 60.6±10.5° | 0.780 |

平均値±標準偏差

※：有意差あり (対応のある t 検定)

5cm の補高をしたところ、すべての者がしゃがみこみ動作可能となり、骨盤の後方偏移の最大値が補高前の値から有意に減少した ($p < 0.01$)。一方腰椎上部の屈曲最大値は補高前と比べ有意差は認められなかった (表4)。

考 察

しゃがみこみ動作中の足関節背屈角度は2名を除き全ての者が自身の最大可動域に達しており従来の研究⁷⁻¹⁰⁾と同様、足関節背屈制限はしゃがみこみ動作の可否に大きく影響し、背屈制限の大きいものについては決定要因と考えられる。しかし今回の結果より足関節背屈 10°~15° の者の中に最終域までのしゃがみこみ動作が可能なもの、不可能なものが混在し、足関節背屈だけが決定要因ではないと言える。しゃがみこみ動作不可能群は可能群よりも骨盤の後方への偏移が大きかった。同じ足関節可動域でありながら、しゃがみこみ可能群は骨盤の後方への偏移を少なくすることで後方への転倒を防ぐことが出来、結果最終域までしゃがみこみ可能であったと考える。今回の研究では下肢だけでなく体幹機能もしゃがみこみ動作の可否に関係するのではないかとすることを明らかにすることが目的の一つであった。腰椎の屈曲はしゃがみこみ可能群・不可能群で有意差がなかったことは、体幹機能の中でも骨盤が足関節の

背屈制限を代償すべく十分な可動性を有しているか否かもしゃがみこみ動作の可否に影響することが考えられる。

足関節の背屈制限によるしゃがみこみ動作への影響を排除する目的で実施した踵部への5cm補高の有無による比較では、補高によりしゃがみこみ動作不可能だったものが全員可能となり、更には骨盤の後方への傾きも有意に軽減したことからも、足関節背屈程度と骨盤の偏移とに関連性があることを示していると考えられる。

しゃがみこみ動作時にハムストリングスや下腿三頭筋など膝屈曲によって接触する筋群が肥大している場合、その筋腹の厚みによりしゃがみこみ動作の可否に影響するのではないかという推測から大腿・下腿の最大周径を計測し比較したが、しゃがみこみ動作可能群・不可能群と有意差はなかったことから、今回の被験者に関しては影響が無かったと考える。

指床間距離は大臀筋等の股関節伸展筋や、二関節筋であるハムストリングス両者の影響が考えられるが、膝屈曲位となるしゃがみこみ動作において可能群と不可能群とで有意差があったことは、骨盤の後方偏移に有意差があったことから大股筋の影響が推測される。

学童期検診において、しゃがみこみ動作の可否から懸念される将来的なロコモティブシンドローム

ムやメタボリックシンドロームは今回の研究より青年期においても懸念材料として考えられる。更には壮年期・高齢期においてもしゃがみこみ動作とロコモティブシンドロームやメタボリックシンドロームとの関連性が示唆される。

今回の研究においてはBMIによる被験者の選別を行ったため肥満との関連性は言及出来ないものの、今後は青年期の肥満や運動器機能と将来的なロコモティブシンドロームやメタボリックシンドロームとの関連性をより明確にする必要がある。また今回の被験者の中には小・中・高校と運動系部活に所属していたにも関わらず最終域までのしゃがみこみ動作が不可能であった者が少なからずいる。このことから過去の運動経験としゃがみこみ動作の可否、しいては将来的なロコモティブシンドロームとの関連性も検討の余地があると考えられる。

謝 辞

今回の研究をするにあたり、赤羽リハビリテーション病院の三ヶ月将伍氏、東京北医療センターの松尾佳歩氏、中野共立病院の林田典子氏の多大なるご協力をいただき感謝いたします。

文 献

- 1) 帖佐悦男：ロコモ対策：学童期からの取り組み—なぜ子どもの頃からロコモティブシンドローム（ロコモ）予防が必要か—。The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine 51(2): 113-119, 2014.
- 2) 松井 譲, 内尾祐司ほか：学校における運動器検診モデル事業の成果と課題—島根県—。臨床スポーツ医学 26(2): 165-170, 2009.
- 3) 内尾祐司, 熊橋伸之ほか：学校における運動器検診の実態と課題。日本臨床医学会誌 21(3): 567-573, 2013.
- 4) 山口奈美, 山本恵太郎ほか：子どもからのロコモ予防の重要性—運動器検診を通じて—。日本臨床スポーツ医学会誌 22(2): 250-253, 2014.
- 5) 内尾祐司, 門脇 俊ほか：タイトネスがロコモに与える影響。日本臨床スポーツ医学会誌 22(2): 246-249, 2014.
- 6) 柴田輝明, 林 承弘ほか：埼玉県小学校運動器検診の今度の課題—子供のロコモ, ロコモチェック—。日臨整誌 37(1): 13-26, 2012.
- 7) 山崎裕司, 井口由香利ほか：足関節背屈可動域としゃがみ込み動作の関係。理学療法学 25(2): 209-212, 2010.
- 8) Conradsson, D, Friden, C et al.: Ankle-joint mobility and standing squat posture in elite junior cross-country skiers. A pilot study. J Sport Med Phys Fitness 50: 132-138, 2010.
- 9) Macrum, E, Bell, DR et al.: Effect of Limiting Ankle-Dorsiflexion Range of Motion on Lower Extremity Kinematics and Muscle-Activation Patterns During a Squat. Journal of Sport Rehabilitation 21: 144-150, 2012.
- 10) 柏山達也, 坂本雅昭ほか：足関節背屈制限がしゃがみこみ動作に及ぼす影響。理学療法学 35(suppl-2.1): 100, 2008.
- 11) 外間宗和, 塩島直路ほか：しゃがみこみにおける関節角度と重心の関係について。理学療法学 31(suppl-2.1): 27, 2004.
- 12) Walsh, JC, Quinlan, JF et al.: Three-dimensional Motion Analysis of the Lumbar Spine During “Free Squat” Weight Lift Training. The American Journal of Sports Medicine 35(6): 927-932, 2007.
- 13) Dvir, Z, Prushansky, T: Reproducibility and instrument validity of a new ultrasonography-based system for measuring cervical spine kinematics. Clinical Biomechanics 15(9): 658-664, 2000.
- 14) 福井 勉, 金 承革ほか：踵挙上と踵接地でのスクワット動作の違いについて。理学療法学 28(suppl-2): 158, 2001.
- 15) 佐伯秀幸, 山本尚司ほか：スクワット動作の分析—路面傾斜角の影響—。理学療法学 22(suppl-2): 128, 1995.

(受付：2015年9月16日, 受理：2015年12月9日)

Influence of the range of ankle dorsiflexion and the mobility of the pelvis on the ability to squat

Kageyama, T. ^{*1}, Watarai, K. ^{*2}

^{*1} Department of Physical Therapy, Faculty of Health and Medical Science, Teikyo Heisei University

^{*2} Department of Acupuncture and Moxibustion, Faculty of Health Care, Teikyo Heisei University

Key words: squat, ankle dorsiflexion, mobility of pelvis

[Abstract] [Objectives] We investigated the factors that influenced the ability to squat, which included the range of ankle dorsiflexion and the mobility of the lumbar spine and pelvis. [Methods] We studied 65 young healthy volunteers. We investigated the relationship of their ability to squat with the following parameters: the range of ankle dorsiflexion (with the knee flexed), finger-floor distance, maximum femoral circumference, maximum calf circumference, degree of lumbar spine flexion during squatting, and maximum posterior pelvic inclination. [Results] We found that when the range of ankle dorsiflexion was 10-15°, the results of those who were able and unable to squat were mixed. The posterior pelvic inclination was significantly larger in the individuals who could not squat. [Conclusion] In addition to the range of ankle dorsiflexion, which greatly influences the ability to squat, we believe that pelvic mobility also contributes to this ability.