

スクワット姿勢を制限する 膝関節屈曲に関する研究

三浦敏弘・小田慶喜

I 緒 言

立った姿勢から、つま先を少し開いてしゃがみこんだ深い膝関節屈曲姿勢、すなわち足底部を全体を床につけた姿勢でスクワットが、準備運動やトレーニングの場で利用されることは多い。栗山ら⁸⁾は、深いスクワット姿勢での下肢のストレッチングをとることが、両側の足関節後面、膝関節前面、鼠径部などのストレッチングによいことを紹介している。また、鈴木¹²⁾は、トレーニング中の事故をおこしやすい例として、つま先立ちのスクワット運動が腰部の傷害の原因になることを指摘し、全体重とバーベル重量を足裏全体でしっかりと支えて、スクワット運動に入ることを指導している。このように、足裏全体で体重を支え、膝関節を屈曲させる姿勢は多くのスポーツの場面でよく使用される運動形態である。しかし、Gerd Schnack⁶⁾は日常生活での家事や園芸などの作業を実施する際、腰を下ろして足裏全体でしっかりと支えて、膝関節を曲げることのできる者は安全であるが、つま先立ちでしかその姿勢がとれない者は、腓腹筋やヒラメ筋あるいはアキレス腱の柔軟性が乏しく、膝関節や腰部への過剰な負荷がかかることを指摘し、そのようなつま先立ちスクワットは、強すぎるストレッチングとして、足裏全体で体重を支えることができない者がスクワット姿勢をとることに注意を促している。このような状態で作業や運動を実施しなければならない者に対しては、筋や腱の柔軟性を増す柔軟性トレーニングが重要であることも指摘されている⁹⁾。柔軟性のトレーニングプログラムはストレッチングプログラムとして紹介され、生活における緊張やストレスか

らの緩和や、筋のリラクセーション、疼痛の軽減、スポーツ傷害の予防等に効果があることが報告されている¹⁾²⁾⁷⁾¹⁰⁾。このような状況下において、ストレッチングの効果を期待して指導をしても、つま先を少し開いてしゃがみこんだ深い膝関節屈曲姿勢である足底部を全体を床につけたスクワット姿勢をとることのできないものが存在することを経験している。Fry ら³⁾⁴⁾もこのような点に注目して、その要因を体軀や脚の長さ、柔軟性と関連させて分析している。Fry らの研究では、ストレッチングプログラムのトレーニング経験の少ない被験者を対象としているため、ストレッチングプログラムの遂行により、ストレッチングの効果が発現し、足底部を全体を床につけた姿勢でスクワットが可能になる要素を含んでいる。

本研究においては、より安全なスクワット姿勢である、足底部を全体を床につけたスクワット姿勢をとれるようにストレッチングトレーニングを継続しても、スクワット姿勢をとることのできない者の存在に注目をして、その要因を分析した。

II 方 法

体育専攻の男子学生の中から、足底部を全体を床につけた姿勢でしゃがみこんだ深い膝関節屈曲姿勢である深いスクワット姿勢を維持できない学生を抽出して、スクワット姿勢不可グループとした。また、比較対象グループとして、足底部を全体を床につけた姿勢で深いスクワット姿勢を簡単に維持できる学生を抽出し、スクワット姿勢可グループとした。いずれの学生にも測定の主旨を説明し、測定の上承を得た。被験者全員が、6年以上の競技スポーツの経験を有しており、入学以後、授業および講習会等でストレッチングに関する専門の講義を受講して修了し、加えてトレーニング理論や運動処方に関する専門の講義も20ヵ月以上受講している。また、講義以外にもインストラクターのための実習として、毎週1回以上のストレッチングおよびトレーニングに関する企業内実習を経験している。

スクワット姿勢不可グループの学生は、11名であり、その年齢は 19.7 ± 0.7

歳，身長は 169.6 ± 6.0 cm，体重は 65.8 ± 7.8 kgであった。また，スクワット姿勢可グループの学生は，13名であり，その年齢は 20.3 ± 0.6 歳，身長は 173.1 ± 4.5 cm，体重は 67.8 ± 8.5 kgであった。

測定項目は，皮下脂肪肩甲骨下部，皮下脂肪上腕背部，垂直跳び，立ち幅跳び，下肢長，下腿長，大腿長，大腿囲，下腿囲，足頸囲，立位体前屈，随意膝関節屈曲角度，受動膝関節屈曲角度，随意足関節背屈角度，受動足関節背屈角度，随意足関節底屈角度，受動足関節底屈角度とした。随意関節角度の測定は，自分の意思でできるだけ屈曲姿勢を取るよう指示し，受動関節角度の測定は，パートナーが細心の注意をして負荷をかける方法で実施された。膝関節の角度測定は，仰臥位で大腿骨外側上顆を軸心として，基本軸を大腿骨（大腿骨大転子と大腿骨外側上顆の中心）として，移動軸を下腿骨（腓骨小頭より腓骨外果）とする方法を採用した。足関節の角度測定は，腰かけ坐位で膝関節を屈曲した状態で，踵部足底を軸心として，基本軸を下腿骨軸への垂線（足底部），移動軸を第5中足骨として測定した¹¹⁾¹⁸⁾。

III 結 果

スクワット姿勢不可グループの年齢は 19.7 ± 0.7 歳，身長は 169.6 ± 6.0 cm，体重は 65.8 ± 7.8 kgであった。また，スクワット姿勢可グループの年齢，身長，体重は，それぞれ 20.3 ± 0.6 歳， 173.1 ± 4.5 cm， 67.8 ± 8.5 kgであった。スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループの学生間の比較において，年齢，身長および体重に有意な差は認められなかった。

図1と図2に垂直跳びと立ち幅跳びの平均値を示した。スクワット姿勢不可グループの垂直跳びは 65.0 ± 9.2 cmであった。また，スクワット姿勢可グループの垂直跳びは 64.6 ± 5.7 cmであった。立ち幅跳びについては，スクワット姿勢不可グループ，スクワット姿勢可グループの値は，それぞれ 232.6 ± 22.3 cm， 234.6 ± 18.0 cmであった。垂直跳び，立ち幅跳びのいずれも，グループ間に有意な差は認められなかった。

図3は，両グループの下肢長を比較したものである。下肢長は直立姿勢での

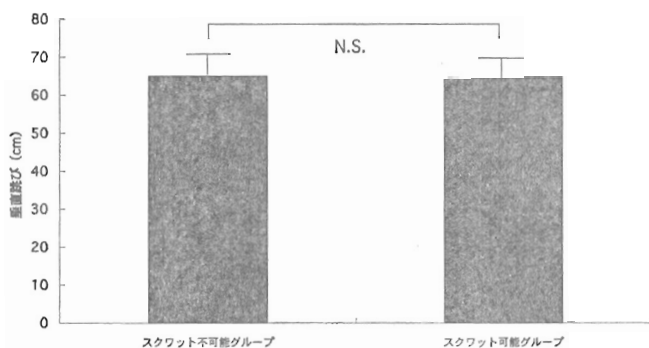


図1 垂直跳びの比較

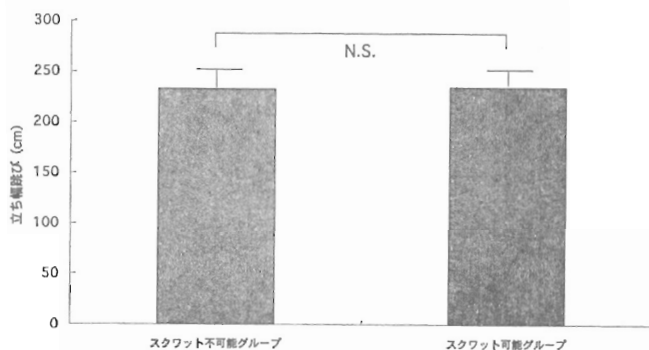


図2 立ち幅跳びの比較

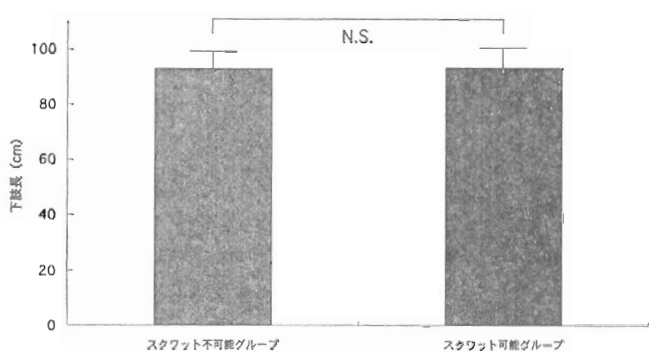


図3 下肢長の比較

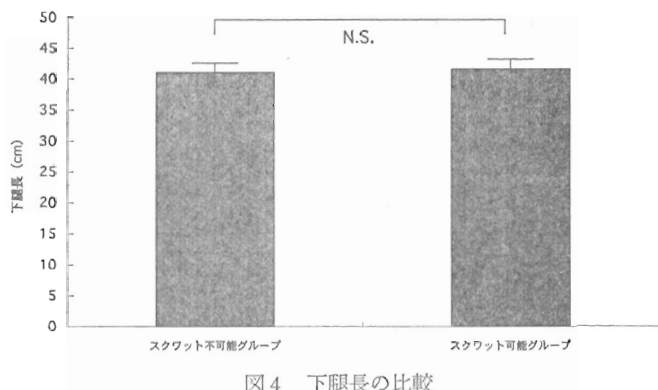


図4 下腿長の比較

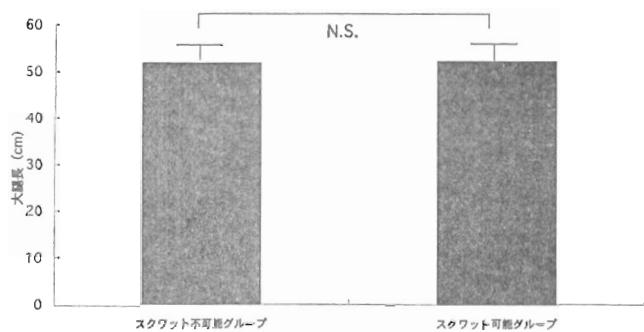


図5 大腿長の比較

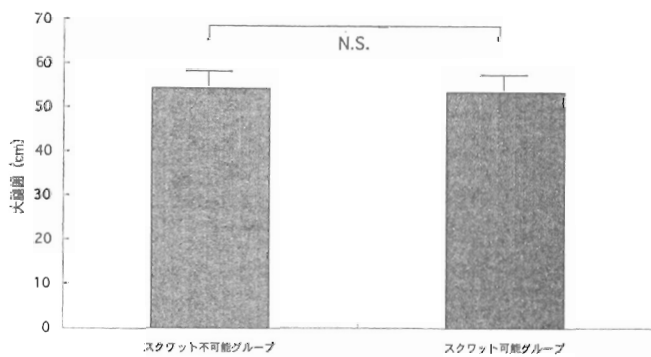


図6 大腿囲の比較

床面から大腿骨大転子突起までの高さを用いた。スクワット姿勢不可グループの下肢長は 92.8 ± 4.6 cmであった。また、スクワット姿勢可グループの下肢長は 93.2 ± 8.1 cmであった。スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループの間に有意な差は認められなかった。

図4と図5に下肢長を構成する下腿長と大腿長の平均値を示した。下腿長は足底部から大腿骨外側上顆間での長さとし、大腿長は大腿骨外側上顆から大腿骨大転子突起までの長さとした。スクワット姿勢不可グループの下腿長は 41.0 ± 1.4 cmであった。また、スクワット姿勢可グループの下腿長は 41.6 ± 1.8 cmであった。大腿長については、スクワット姿勢不可グループ、スクワット姿勢可グループの値は、それぞれ 51.8 ± 4.2 cm、 52.2 ± 4.7 cmであった。下腿長、大腿長のいずれにおいても、グループ間に有意な差は認められなかった。

幅育の測定として、大腿囲と下腿囲を図6と図7に示した。大腿囲と下腿囲とも両足の踵を10~15cm開いて両脚に体重を均等にかけた状態で測定をした。大腿囲は大腿部の内側の最大膨隆部を通り、大腿の長軸に垂直な横断面の周囲を計測し、同様に下腿囲は下腿の腓腹部の最大膨隆部を通り、下腿の長軸に垂直な横断面の周囲を計測した。スクワット姿勢不可グループの大腿囲は 54.3 ± 4.2 cmであった。また、スクワット姿勢可グループの大腿囲は 53.4 ± 4.3 cmであった。下腿囲については、スクワット姿勢不可グループ、スクワット姿勢可グループの値は、それぞれ 37.1 ± 2.6 cm、 36.8 ± 2.8 cmであった。大腿囲、下腿囲のいずれにおいても、グループ間に有意な差は認められなかった。

図8に足頸囲の平均値を示した。足頸囲は、脛骨下端の内果と腓骨下端の外果より上部で下腿長軸に垂直な最も小さな値を示す横断面の周囲を測定した。スクワット姿勢不可グループの足頸囲は 21.9 ± 1.0 cmであった。また、スクワット姿勢可グループの足頸囲は 21.7 ± 1.4 cmとほぼ等しい値を示し、グループ間に有意な差は認められなかった。

図9に立位体前屈の平均値を示した。スクワット姿勢不可グループの立位体前屈は 10.2 ± 4.5 cmであった。また、スクワット姿勢可グループの立位体前屈は 14.8 ± 5.4 cmであった。立位体前屈においては、スクワット姿勢不可グループ

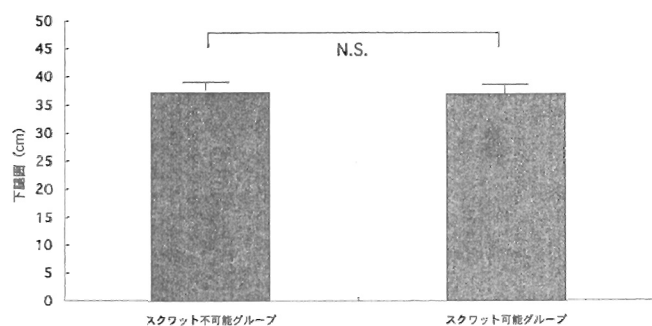


図7 下腿囲の比較

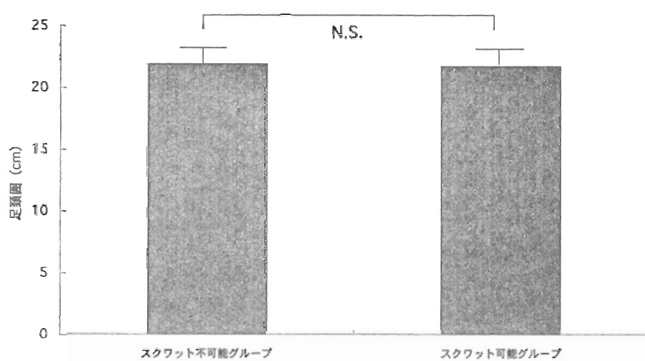


図8 足頸囲の比較

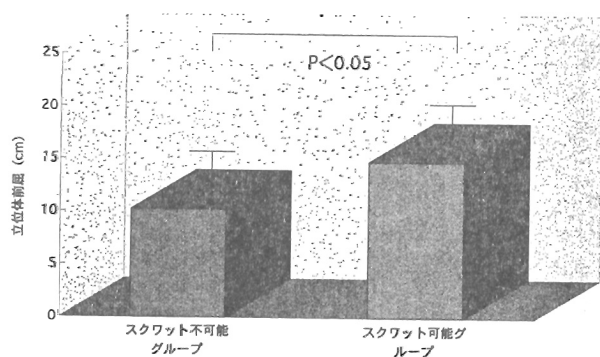


図9 立位体前屈の比較

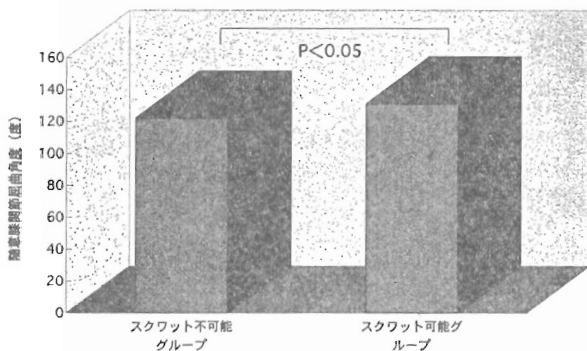


図10 随意膝関節屈曲角度の比較

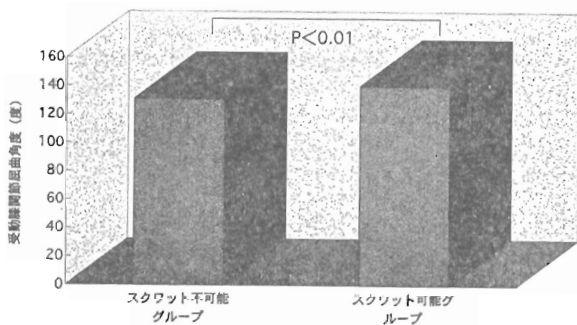


図11 受動膝関節屈曲角度の比較

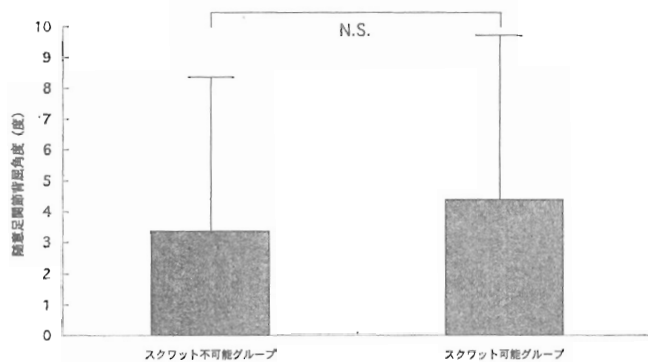


図12 随意足関節背屈角度の比較

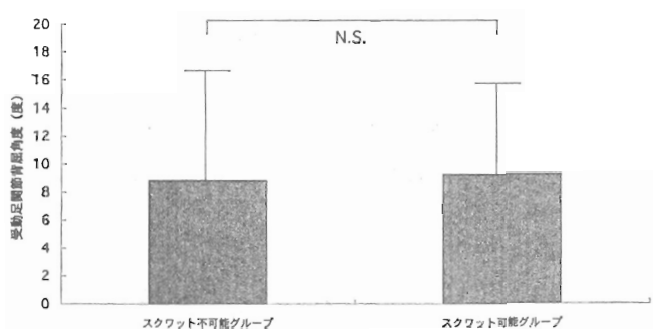


図13 受動足関節背屈角度の比較

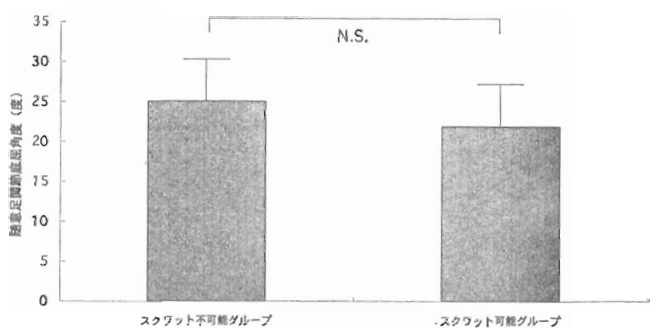


図14 随意足関節底屈角度の比較

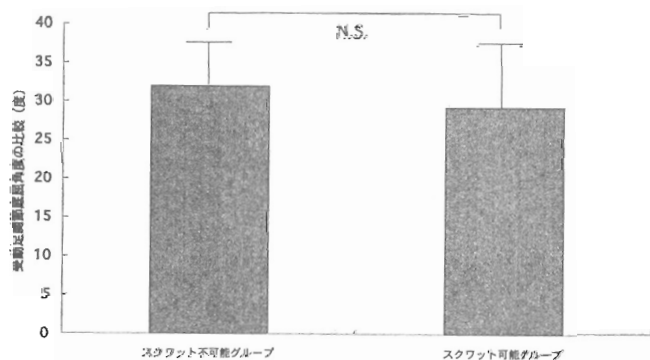


図15 受動足関節底屈角度の比較

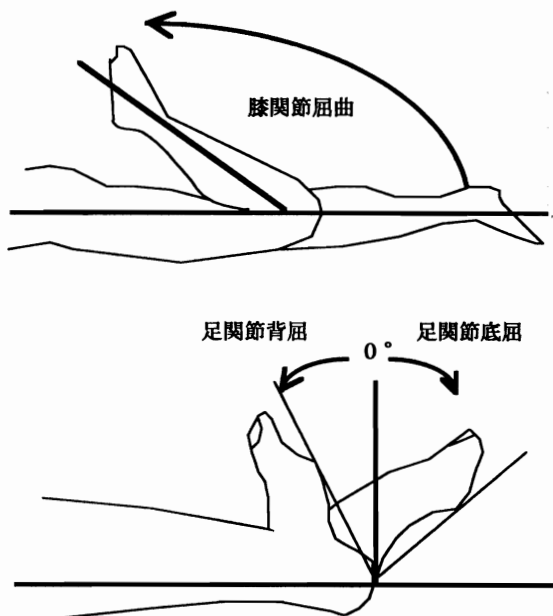


図16 膝関節屈曲角度と足関節背屈・底屈角度

プとスクワット姿勢可グループ間に5%水準で有意な差が認められた。

随意膝関節屈曲角度と受動膝関節屈曲角度を、図10と図11に示した。随意膝関節屈曲角度は、スクワット姿勢不可グループにおいて $122.0 \pm 8.4^\circ$ であった。また、スクワット姿勢可グループの随意膝関節屈曲角度は $131.0 \pm 10.7^\circ$ であった。随意膝関節屈曲角度においては、スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループ間に5%水準で有意な差が認められた。受動膝関節屈曲角度は、スクワット姿勢不可グループにおいて $131.1 \pm 8.1^\circ$ であった。また、スクワット姿勢可グループの受動膝関節屈曲角度は $140.2 \pm 5.4^\circ$ であった。受動膝関節屈曲角度においては、スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループ間に1%水準で有意な差が認められた。

随意足関節背屈角度と受動足関節背屈角度を、図12と図13に示した。随意足関節背屈角度は、スクワット姿勢不可グループにおいて $3.4 \pm 5.1^\circ$ であった。

スクワット姿勢を制限する膝関節屈曲に関する研究 (三浦・小田)

また、スクワット姿勢可グループの随意足関節背屈角度は $4.4 \pm 5.3^\circ$ であった。受動足関節背屈角度は、スクワット姿勢不可グループにおいて $8.8 \pm 7.4^\circ$ であった。また、スクワット姿勢可グループの受動足関節背屈角度は $9.2 \pm 7.3^\circ$ であった。随意足関節背屈角度と受動足関節背屈角度のいずれにおいても、スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループ間に差は認められなかった。

随意足関節底屈角度と受動足関節底屈角度を、図14と図15に示した。随意足関節底屈角度は、スクワット姿勢不可グループにおいて $25.1 \pm 6.6^\circ$ であった。また、スクワット姿勢可グループの随意足関節底屈角度は $21.9 \pm 6.7^\circ$ であった。受動足関節底屈角度は、スクワット姿勢不可グループにおいて $32.0 \pm 5.9^\circ$ であった。また、スクワット姿勢可グループの受動足関節底屈角度は $29.3 \pm 8.6^\circ$ であった。随意足関節底屈角度と受動足関節底屈角度のいずれにおいても、スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループ間に差は認められなかった。

屈関節膝屈角度と足関節背曲角度および足関節底屈角度の計測法については図16に示した。

IV 考 察

足底部を全体を床につけた状態での深い屈関節の膝屈姿勢、すなわち足底部を全体を床につけた姿勢でのスクワットが、準備運動やトレーニングの場面で利用されることは多い。ウェイトトレーニングなどで実施するスクワット姿勢は、安全かつ効果的にウェイトトレーニングを実施するために、足の裏全体でしっかりと重量を支えることが重要である。しかし、ウェイトトレーニングの指導を実施してみると、足の裏全体で体重を支えるスクワット姿勢がとれない者が存在する。これらの者は必然的につま先立ちでスクワット姿勢をとることになり、腰部の傷害等を引き起こすトレーニング中の事故につながるものが懸念される。そこで、深いスクワット姿勢で足関節後面、膝関節前面、鼠径部等の下肢のストレッチングをとることを指導することとなる。また、Gerd

Schnack⁶⁾は、深い座り込み姿勢であるスクワット姿勢を、ヨーロッパ人は踵をあげてつま先で支持することが多く、アジア人のように踵をつけて足裏全体で体重を支持することが、日常生活での家事や園芸などの作業を実施する際に安全であることを指摘し、筋や腱の柔軟性を増す柔軟性トレーニングが重要であることを推奨している。このように、つま先立ちでしかスクワット姿勢がとれない者は、腓腹筋やヒラメ筋あるいはアキレス腱の柔軟性が乏しく、膝関節や腰部への過剰な負荷がかかることを指摘して、ストレッチングによる下腿背部の筋の柔軟性のトレーニングを指導している。

一方、日常生活でストレッチングの手法を用いて、十分に柔軟性のトレーニングをしているにも関わらず、足底部を全体を床につけた状態でスクワット姿勢がとれない競技者が存在することも否定できない。Fry ら⁸⁾⁴⁾もこのような点に注目して、その要因を身長や座高、大腿部の長さ、柔軟性と関連させて分析した結果、身長や脚長のが大きく関与し、身長が高く、座高の低い者が、身長が低く座高の高い者に比べて、足底部を全体を床につけた状態でスクワット姿勢がとれないことを報告している。これは、Gerd Schnack が指摘しているように、ヨーロッパ人とアジア人の形態的な差に通じる結果とも考えられる。

そこで、日常生活でストレッチングの手法を用いて、十分に柔軟性のトレーニングをしている体育専攻学生を対象として、足底部を全体を床につけた状態でスクワット姿勢がとれる者ととれない者の要因を検討し、今後の指導に役立てることを目的として、スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループの測定および分析をおこなった。

スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループの年齢および身長、体重に有意な差は認められず、ほぼ同一のグループと認めることができる。

図3において、両グループの下肢長を比較した。スクワット姿勢不可グループの下肢長は 92.8 ± 4.6 cm、スクワット姿勢可グループの下肢長は 93.2 ± 8.1 cmで、両グループの間に有意な差は認められなかった。図4と図5で、下肢長を構成する下腿長と大腿長の値を示した。スクワット姿勢不可グループの下腿長

は 41.0 ± 1.4 cm, スクワット姿勢可グループの下腿長は 41.6 ± 1.8 cmであった。また、大腿長はスクワット姿勢不可グループ 51.8 ± 4.2 cm, スクワット姿勢可グループ 52.2 ± 4.7 cmであった。下腿長, 大腿長のいずれにおいても, グループ間に有意な差は認められなかった。すなわち, 身長や下肢長, 下肢長を構成する下腿長と大腿長において両グループ間に差は認められず, 形態による差ではなく, 他の要因が関係していることが考えられる。下肢長は環境的影響を受けることが, 身体各部の長育成長の中で最も高いとされている。ヨーロッパ人とアジア人の形態的な差は, 環境的要因が大きく影響していることは否定できない。さらに下肢長は, 下肢の長短によって運動の伸縮領域に関係し, 特に, 跳躍力に大きく関係するとされている。そこで, 跳躍力の比較を図1と図2に垂直跳びと立ち幅跳びの値で示した。垂直跳びの値は, スクワット姿勢不可グループ 65.0 ± 9.2 cm, スクワット姿勢可グループ 64.6 ± 5.7 cmではほぼ同様の能力を示している。立ち幅跳びについては, スクワット姿勢不可グループ 232.6 ± 22.3 cm, スクワット姿勢可グループ 234.6 ± 18.0 cmであり, 瞬発的な筋力を比較する測定項目の垂直跳び, 立ち幅跳びのいずれも, グループ間に有意な差は認められなかった。

脚筋量の測定として, 図6と図7で大腿囲と下腿囲を比較した。スクワット姿勢不可グループの大腿囲は 54.3 ± 4.2 cm, スクワット姿勢可グループの大腿囲は 53.4 ± 4.3 cmではほぼ同等の値を示した。下腿囲についても, スクワット姿勢不可グループ 37.1 ± 2.6 cm, スクワット姿勢可グループ 36.8 ± 2.8 cmであり, 大腿囲, 下腿囲のいずれにおいても, グループ間に有意な差は認められなかった。

下肢の骨格の太さに差があるのではないかと, 最も筋の影響を受け難い足頸囲の測定との比較を図8において検討した。足頸囲は, スクワット姿勢不可グループ 21.9 ± 1.0 cm, スクワット姿勢可グループ 21.7 ± 1.4 cmとほぼ等しい値を示し, グループ間に有意な差は認められなかった。大腿囲と下腿囲, 足頸囲, パフォーマンスとしての垂直跳びと立ち幅跳び等がほぼ同じ値を示していることから, 両グループはほぼ同一の集団とみなすことができる。

柔軟性の尺度として図9において、立位体前屈の平均値を比較検討すると、スクワット姿勢不可グループの立位体前屈 $10.2 \pm 4.5 \text{cm}$ 、スクワット姿勢可グループの立位体前屈 $14.8 \pm 5.4 \text{cm}$ となり、スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループ間に5%水準で有意な差が認められた。立位体前屈は、股関節の柔軟性を測定する項目であるが、その制限因子となる筋は、大腿部の背面および下腿部の背面の筋群と考えられる。すなわち、ハムストリングスを構成する大腿二頭筋、半膜様筋、半腱様筋や、下腿三頭筋を構成する腓腹筋、ひらめ筋の緊張が強い可能性が考えられる⁵⁾。

スクワット姿勢には、膝関節の屈曲と足関節の背屈も大きく関与すると考え、膝関節と足関節の関節角度の測定を実施した。各自の努力で自発的に実施した膝関節の屈曲を随意膝関節屈曲角度とし、パートナーが注意して力を加えて膝関節の屈曲を補助した場合を受動膝関節屈曲角度として二通りの測定を実施した。図10に示したように、随意膝関節屈曲角度は、スクワット姿勢不可グループにおいて $122.0 \pm 8.4^\circ$ 、スクワット姿勢可グループの随意膝関節屈曲角度は $131.0 \pm 10.7^\circ$ であった。随意膝関節屈曲角度においては、スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループ間に5%水準で有意な差が認められた。スクワット姿勢は、体重を膝関節の屈曲と足関節の背屈で支えることになり、各自の努力で自発的に実施した膝関節の屈曲である随意膝関節屈曲角度よりも、強い屈曲を負荷される可能性が高いと考え、パートナーが力を加える受動膝関節屈曲角度を図11で比較検討した。受動膝関節屈曲角度は、スクワット姿勢不可グループにおいて $131.1 \pm 8.1^\circ$ 、スクワット姿勢可グループ $140.2 \pm 5.4^\circ$ であった。受動膝関節屈曲角度においては、スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループ間に1%水準で有意な差が認められた。大腿屈、下腿屈のいずれにおいても、グループ間に有意な差は認められないことから、大腿背部および下腿背部の筋が膝の屈曲を制限しているのではないことは明らかであることから、膝関節の屈曲におけるグループ間の差は、膝関節の屈曲を制限する大腿前面の大腿四頭筋である大腿直筋、外側広筋、内側広筋、中間広筋の緊張が強い可能性が考えられる。

足関節の背屈についても同様に、各自の努力で自発的に実施した足関節の背屈を随意足関節背屈角度とし、パートナーが注意して力を加えて足関節の背屈を補助した場合を受動足関節背屈角度として二通りの測定を実施した。図12に示すように随意足関節背屈角度は、スクワット姿勢不可グループ $3.4 \pm 5.1^\circ$ 、スクワット姿勢可グループ $4.4 \pm 5.3^\circ$ であった。また、図13に示すように受動足関節背屈角度は、スクワット姿勢不可グループ $8.8 \pm 7.4^\circ$ 、スクワット姿勢可グループ $9.2 \pm 7.3^\circ$ となり、随意足関節背屈角度と受動足関節背屈角度のいずれにおいても、スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループ間に差は認められなかった。すなわち、足関節の背屈に関しては、スクワット姿勢に影響を与えていないことが示唆された。足関節の背屈を制限する筋は、下腿三頭筋を構成する腓腹筋、ひらめ筋であるが、足関節の背屈において両グループ間に差が認められないことから、大腿部の背面の筋群であるハムストリングスの緊張が特に影響を与えていると考えることができる。

足関節の底屈も背屈と同様に、随意足関節底屈角度と受動足関節底屈角度を比較検討した（図14、図15）。随意足関節底屈角度は、スクワット姿勢不可グループ $25.1 \pm 6.6^\circ$ 、スクワット姿勢可グループ $21.9 \pm 6.7^\circ$ であった。受動足関節底屈角度は、スクワット姿勢不可グループ $32.0 \pm 5.9^\circ$ 、スクワット姿勢可グループ $29.3 \pm 8.6^\circ$ であった。随意足関節底屈角度と受動足関節底屈角度のいずれにおいても、スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループ間に差は認められなかった。

スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループの比較から、足底部を全体を床につけた状態での深い膝関節の屈曲姿勢、すなわち足底部を全体を床につけた姿勢でのスクワットができない要因を導き出すならば、立位体前屈の制限因子となった大腿部の背面のハムストリングスの強い緊張による柔軟性の低下が考えられる。さらに、膝関節の屈曲においてグループ間に差が認められることから、膝関節の屈曲を制限する大腿前面の大腿四頭筋の緊張による柔軟性の低下も重要な要因である。このように大腿部の前面および後面の筋の影響が大きいことが示された。大腿部の前面および後面の筋群は、拮抗作用を

示す筋として知られており、普段からのバランスのとれたトレーニングおよびストレッチングの指導が重要であることが示されたことになる。今後の課題としては、足底部を全体を床につけた姿勢でのスクワットができない者に対する、大腿部の前面および後面の筋群の緊張を緩和する実践的研究が必要となる。

V 結 論

足底部を全体を床につけた状態での深い膝関節の屈曲姿勢、すなわち足底部を全体を床につけた姿勢でのスクワットが、準備運動やトレーニングの場面で利用されることは多い。ウェイトトレーニングなどで実施するスクワット姿勢は、安全かつ効果的にウェイトトレーニングを実施するために、足の裏全体でしっかりと重量を支えることが重要である。日常生活でストレッチングの手法を用いて、十分に柔軟性のトレーニングをしているにも関わらず、足底部を全体を床につけた状態でスクワット姿勢がとれない競技者が存在することも否定できない。そこで、日常生活でストレッチングの手法を用いて、十分に柔軟性のトレーニングをしている体育専攻学生を対象として、足底部を全体を床につけた状態でスクワット姿勢がとれる者ととれない者の要因を検討し、今後の指導に役立てることを目的として、スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループの測定および分析をおこなった。

スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループの年齢および身長、体重に有意な差は認められなかった。

スクワット姿勢不可グループの下肢長は 92.8 ± 4.6 cm、スクワット姿勢可グループの下肢長は 93.2 ± 8.1 cmで、両グループの間に有意な差は認められなかった。

スクワット姿勢不可グループの下腿長は 41.0 ± 1.4 cm、スクワット姿勢可グループの下腿長は 41.6 ± 1.8 cmであった。また、大腿長はスクワット姿勢不可グループ 51.8 ± 4.2 cm、スクワット姿勢可グループ 52.2 ± 4.7 cmであった。下腿長、大腿長のいずれにおいても、グループ間に有意な差は認められなかった。

垂直跳びの値は、スクワット姿勢不可グループ 65.0 ± 9.2 cm、スクワット姿勢可グループ 64.6 ± 5.7 cmであった。立ち幅跳びについては、スクワット姿勢不可グループ 232.6 ± 22.3 cm、スクワット姿勢可グループ 234.6 ± 18.0 cmであった。瞬発的な筋力を比較する測定項目の垂直跳び、立ち幅跳びのいずれも、グループ間に有意な差は認められなかった。

スクワット姿勢不可グループの大腿囲は 54.3 ± 4.2 cm、スクワット姿勢可グループの大腿囲は 53.4 ± 4.3 cmでほぼ同等の値を示した。下腿囲についても、スクワット姿勢不可グループ 37.1 ± 2.6 cm、スクワット姿勢可グループ 36.8 ± 2.8 cmであり、大腿囲、下腿囲のいずれにおいても、グループ間に有意な差は認められなかった。

足頸囲は、スクワット姿勢不可グループ 21.9 ± 1.0 cm、スクワット姿勢可グループ 21.7 ± 1.4 cmとほぼ等しい値を示し、グループ間に有意な差は認められなかった。

スクワット姿勢不可グループの立位体前屈 10.2 ± 4.5 cm、スクワット姿勢可グループの立位体前屈 14.8 ± 5.4 cmとなり、スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループ間に5%水準で有意な差が認められた。

膝関節の屈曲と足関節の背屈も大きく関与すると考え、膝関節と足関節の関節角度の測定を実施した。随意膝関節屈曲角度は、スクワット姿勢不可グループにおいて $122.0 \pm 8.4^\circ$ 、スクワット姿勢可グループの随意膝関節屈曲角度は $131.0 \pm 10.7^\circ$ であった。随意膝関節屈曲角度においては、スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループ間に5%水準で有意な差が認められた。

パートナーが力を加える受動膝関節屈曲角度は、スクワット姿勢不可グループにおいて $131.1 \pm 8.1^\circ$ 、スクワット姿勢可グループ $140.2 \pm 5.4^\circ$ であった。受動膝関節屈曲角度においては、スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループ間に1%水準で有意な差が認められた。

随意足関節背屈角度は、スクワット姿勢不可グループ $3.4 \pm 5.1^\circ$ 、スクワット姿勢可グループ $4.4 \pm 5.3^\circ$ であった。また、受動足関節背屈角度は、スクワット姿勢不可グループ $8.8 \pm 7.4^\circ$ 、スクワット姿勢可グループ $9.2 \pm 7.3^\circ$ とな

り、随意足関節背屈角度と受動足関節背屈角度のいずれにおいても、スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループ間に差は認められなかった。

随意足関節底屈角度は、スクワット姿勢不可グループ $25.1 \pm 6.6^\circ$ 、スクワット姿勢可グループ $21.9 \pm 6.7^\circ$ であった。受動足関節底屈角度は、スクワット姿勢不可グループ $32.0 \pm 5.9^\circ$ 、スクワット姿勢可グループ $29.3 \pm 8.6^\circ$ であった。随意足関節底屈角度と受動足関節底屈角度のいずれにおいても、スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループ間に差は認められなかった。

スクワット姿勢不可グループとスクワット姿勢可グループの比較から、足底部を全体を床につけた状態での深い膝関節の屈曲姿勢、すなわち足底部を全体を床につけた姿勢でのスクワットができない要因を導き出すならば、立位体前屈の制限因子となった大腿部の背面のハムストリングスの強い緊張による柔軟性の低下が考えられる。さらに、膝関節の屈曲においてグループ間に差が認められることから、膝関節の屈曲を制限する大腿前面の大腿四頭筋の緊張による柔軟性の低下も重要な要因である。このように大腿部の前面および後面の筋の影響が大きいことが示された。大腿部の前面および後面の筋群は、拮抗作用を示す筋として知られており、普段からのバランスのとれたトレーニングおよびストレッチの指導が重要であることが示されたことになる。今後の課題としては、足底部を全体を床につけた姿勢でのスクワットができない者に対する、大腿部の前面および後面の筋群の緊張を緩和する実践的研究が必要となる。

参考文献

- 1) Cornelius W.L., Rauschuber M.R.: The relationship between isometric contraction durations and improvement in acute hip joint flexibility, *Journal of applied sport science research*, Vol.1(3), 1987, 39—41.
- 2) Cornelius W.L., Hands M.R.: The effects of a warm-up on acute hip joint flexibility using a modified PNF stretching technique, *Journal of athletic training*, Vol.27(2), 1992, 112—114.
- 3) Fry A.C., Housh T.J., Hughes R.A., Eyford T.: Stature and flexibility variables as discriminators of foot contact during the squat exercise, *Journal*

- of applied sport science research, Vol.2(2), 1988, 24—26.
- 4) Fry A. C., Kraemer W. J., Bibi K. W., Eyford T.: Stature variables as discriminators of foot contact during the squat exercise in untrained females, *Journal of applied sport sciences research*, Vol.2(5), 1991, 77—81.
 - 5) 藤原知: 運動解剖学, 医歯薬出版株式会社, 1977, 230—251。
 - 6) Gerd Schack: Intensivstretching für Jogger, *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, Jahrgang 48, Nr. 5, 1997, 202—206.
 - 7) Halbertsma J. P. K., Goeken L. N. H.: Stretching exercises: effect on passive extensibility and stiffness in short hamstrings of healthy subjects, *Archives of physical medicine and rehabilitation*, Vol.75(9), 1994, 976—981.
 - 8) 栗山節郎, 山田保: ストレッチングの実際, 南江堂, 1987, 60—90。
 - 9) Michael J. Alter: Science of stretching, *Human Kinetics Books*, 1998, 3—11.
 - 10) Rankin J., Greninger L., Ingersoll C.: The effects of the power stretch device on flexibility of normal hip joints, *Clinical kinesiology*, 1992, Vol. 45(4), 23—25.
 - 11) 佐藤健: スポーツとリハビリテーション医学, 廣川書店, 1986, 19—23。
 - 12) 鈴木正之: 改訂版間違いだらけのスポーツトレーニング, 黎明書房, 1993, 142—183。
 - 13) 東京都立大学体育学研究室編: 日本人の体力標準値第四版, 不昧堂, 1989, 18—95。