

中高齢者における股関節内転動作を伴ったスクワットトレーニングの効果

Effect of squat training with hip adduction in middle aged and older people

渡辺 翔 (国士館大学大学院スポーツ・システム研究科)
田中 重陽 (国士館大学大学院スポーツ・システム研究科)
角田 直也 (国士館大学大学院スポーツ・システム研究科)

熊川 大介 (国士館大学大学院スポーツ・システム研究科)
青山 利春 (国士館大学大学院スポーツ・システム研究科)

緒言

自重を用いた筋力トレーニングは、安全でかつ簡便にトレーニングを行うことができ、高齢者の筋力及び身体機能を改善することができるといわれている⁶⁾⁹⁾。この自重による筋力トレーニングを工夫することにより、身体機能をより改善させることが可能ではないかと考えられる。市橋ら⁴⁾は、股関節内転動作が膝周囲筋活動に与える影響について検討するために、通常のスクワットを行ったときと股関節内転動作を伴うスクワットをおこなったときと下肢の筋活動量を比較した。その結果によると、股関節内転動作を伴ったスクワットは、両脚30度屈曲位において大腿直筋、外側広筋、内側広筋及び半膜様筋の筋活動が有意に増加したと報告されている。また、Earl et al.³⁾はスクワットに等尺性の股関節内転動作を加えると、大腿四頭筋の内側広筋及び外側広筋の筋活動量を有意に増加させることを報告している。このようにスクワットに股関節の内転動作を加えることで、下肢の筋群に与える影響が変わることが認められている。しかし、これらの報告では身体機能に対するトレーニングの影響について検討されていない。股関節内転動作を伴ったスクワットトレーニングを中高齢者を対象に実施することにより、身体機能の低下を抑制することができるならば、有用なトレーニングの一つと成り得ることが考えられる。

そこで、本研究では股関節内転動作を伴ったスクワットトレーニングが中高齢者の下肢の筋活動及び身体機能に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

方法

1. 被験者

被験者は50～66歳の中高齢男女20名であった。被験者を2群に無作為に分類し、一般的なスクワットを行う群をN群(男性4名、女性6名)、ボールを両膝で挟みながらスクワットを行う群をB群(男性4名、女性6名)とした。

両群の身長、体重、体脂肪率、除脂肪体重の各平均値±標準偏差値は表1に示した。各被験者には、予め本研究の目的、測定内容及びその安全性についての説明を行い、任意による参加の同意を得た。なお、本研究は、国士館大学院スポーツシステム研究科研究倫理委員会の承認を受け実施した。

表1 被験者の身体特性

	B群		N群	
	Pre	Post	Pre	Post
年齢(歳)	57.5 ± 5.1	57.6 ± 5.2	56.1 ± 5.4	56.5 ± 5.5
身長(cm)	158.6 ± 6.8	158.7 ± 6.9	158.5 ± 9.7	158.4 ± 9.5
体重(kg)	61.3 ± 9.9	61.0 ± 10.4	63.3 ± 10.3	62.6 ± 10.2
体脂肪率(%)	29.6 ± 8.0	28.2 ± 8.8	30.5 ± 6.9	29.4 ± 5.9
除脂肪体重(kg)	42.7 ± 6.7	43.3 ± 6.9	44.1 ± 9.6	44.4 ± 9.5

平均値±標準偏差値

B群(N=10)：ボールを両膝で挟みながらスクワットを行う群

N群(N=10)：一般的なスクワットを行う群

Pre：トレーニング開始前 Post：トレーニング終了後

2. トレーニング内容

B群は、直径26cmの塩化ビニール製のボールを両膝で挟み込み股関節を可能な限り内転させた状態でスクワット(Bスクワット)を行った。N群はボールを挟まずにスクワット(Nスクワット)を行った。両群ともスクワットは、高さ42cm程度の椅子に臀部が接触するまでしゃがみこみ、立ち上がる動作を行った。両手は側方に軽くおろし、反動を用いないよう指示して行った。トレーニングを行うテンポとしては直立した状態からしゃがみこみ、直立した状態に戻るまでを3秒間で行うよう指示した。両群共に1セット20回のスクワットを3セット行い、セット間の休息は約1分間とした。このトレーニングを週4回、3ヶ月間(12週)行った。

Sho WATANABE (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)
Shigeharu TANAKA (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)
Naoya TSUNODA (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)

Daisuke KUMAGAWA (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)
Toshiharu AOYAMA (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)

3. 測定項目

1) 身体組成

トレーニング前後における体重及び体脂肪率の測定は、インピーダンス法による体脂肪測定器(インナースキャン BC-600, TANITA 社製)を用いて実施した。測定姿勢は立位で行い、測定中は身体に動きが生じないように考慮した。また、得られた体脂肪率に体重を乗じて体脂肪量を算出し、それを体重から引くことで除脂肪体重を求めた。

2) 下肢筋群の筋電図

全被験者がBスクワットとNスクワットをそれぞれ実施した時の筋電図(EMG)を測定した。また、トレーニング前後におけるB群のBスクワット及びN群のNスクワット実施時の筋活動を筋電図(EMG)の計測結果に基づき比較した。EMGの測定は、携帯型筋電計(ESTERME6000P, Mega Electronics 社製)、を使用し、表面電極(ディスプレイ電極VirodeM; 日本光電社製)を用いて表面双極誘導法により導出した。導出した筋電図信号は、サンプリング周波数1000HzでA/D変換後、コンピュータに記録した。電極貼付に先立ち、抵抗の減少と粘着を良くするために周囲の剃毛を行った。電極は、電極間の距離を2cmとし、被検筋の筋線維の走行に可能な限り平行になるように固定した。被検筋は、大腿直筋(RF)、外側広筋(VL)、内側広筋(VM)及び大腿二頭筋長頭(BF)とした。1回3秒間のスクワットを3回連続で行わせ、その3回の筋電図積分値(iEMG)を算出し、動作時間で除した値を個人値として採用した。また、徒手による抵抗法を用いて、各被験者の被検筋における最大随意収縮(MVC)時の筋放電量を測定した。すなわち、RF、VL、VMについては、座位姿勢で膝関節角度80度での最大等尺性膝関節伸展力を発揮した時の筋放電量を測定した。BFについては、伏臥位で膝関節角度45度での最大膝屈曲力を発揮した時の筋放電量を測定した。両MVCとも5秒間の収縮を行い筋放電が一定水準に達した時点における1秒間を平均して平均筋電位(iEMG)を求め、MVC発揮時の値として採用した。スクワット動作時における各被検筋のiEMGを、MVC発揮時のiEMGに対する比率で表す(%iEMG)ことによって、各筋の筋活動水準を評価した。

3) 身体機能

本研究では、太田ら⁶⁾や坂戸ら⁹⁾健康づくりのための運動指針2006¹⁰⁾の報告を参考に、身体機能の評価を行った。測定は、トレーニング開始前(Pre)、1ヶ月後、2ヶ月後、トレーニング終了後(Post)の計4回実施した。本研究では、閉眼片足立ち(静的バランス)、ファンクショナルリーチ(動的バランス)、長座体前屈(柔軟性)、Time

Up and Go(機能的移動能力)、椅子立ち座り(下肢筋力)の5種目の計測を行った。身体機能については、全項目ともに2回ずつ実施し、成績が良かった方の試技を分析対象とした。

①閉眼片足立ち(静的バランス能力)

閉眼片足立ちの測定は、静的なバランス能力の評価として実施した。被験者は開始の合図で片足立ち姿勢(両手は側方に軽くおろし、どちらかの足を床から離す)をとり、被験者がその姿勢を維持できなくなるまでの時間をストップウォッチにて測定した。

②椅子立ち座り(下肢筋力)

椅子立ち座りの測定は、下肢の筋力の評価として行った。被験者は開始の合図により、立位の状態から、椅子に座り、立ちあがる動作を10回繰り返して行った。被験者にはなるべく早く行うように指示をし、開始の合図から動作終了までの時間をストップウォッチにて測定した。

③ファンクショナルリーチ(動的バランス能力)

ファンクショナルリーチの測定は、動的なバランス能力の評価として実施した。被験者は壁の横で開始姿勢(両下肢を肩幅程度に開いた安定した立位姿勢で、壁側の下肢の肘関節を完全伸展させたまま肘関節を約90度屈曲した姿勢)をとり、壁側の上肢の肘をその高さを保ったまま最大限前方に伸ばして元の姿勢に戻るまでの移動距離を計測した。本研究では、指先の水平移動距離をcm単位で小数点以下第1位まで測定した。

④Time Up and Go(機能的移動能力)

Time Up and Goの測定は、機能的移動能力と動的なバランス能力の評価として実施した。被験者は椅子座位をとり、験者の開始の合図で椅子から立ち上がり、3m先の目標物を歩いて回り再び椅子に座る動作を行った。本研究では、合図から動作終了までの時間をストップウォッチにて測定した。

⑤長座体前屈(柔軟性)

長座体前屈の測定は、柔軟性の評価として長座体前屈計(デジタル長座体前屈計、秦運動具工業社製)を用いて実施した。被験者には、壁を背にして初期姿勢(脊柱を伸ばして、壁に臀部及び背部を接触させた長座姿勢で、両肘を伸ばして測定器に載せた状態)をとらせ、その姿勢からできるだけ上体を前屈させて測定器を前方に移動させ、その移動距離をcmで測定した。

4) 統計処理

各測定項目の測定値は、平均値±標準偏差値で示した。%iEMG値については、Bスクワット及びNスクワット、Pre及びPostの差の比較を対応のあるt-testを用いて行った。また、二元配置分散分析により、身体特性(年齢、身長、体重、体脂肪率及び除脂肪体重)に対するト

レーニング様式 (B群、N群) と測定期 (Pre, Post)、また、身体機能の項目 (閉眼片足立ち、椅子立ち座り、長座体前屈、ファンクショナルリーチ及びTime up & Go) に対するトレーニング様式 (B群、N群) と測定期 (Pre、1ヶ月、2ヶ月及びPost) の効果を確認し、F値が有意な場合にはTukey-Kramer法の多重比較検定を行った。統計処理の有意性はすべて危険率5%未満で判定した。

結果及び考察

1. 身体特性

B群とN群は、身体特性のどの項目においても有意な差は認められなかった。また、2種類のスクワットトレーニングによる体重、体脂肪率及び除脂肪体重の変化については、B群、N群ともに有意な変化は認められなかった (表1)。

2. 2種類のスクワット動作における筋活動水準の比較

図1は、被験者がBスクワットとNスクワットを実施した時の各筋における%iEMGを比較したものである。その結果、BスクワットのBFにおける%iEMG値は、Nスクワットと比較して有意に高い値を示した。市橋ら⁴⁾は、健常成人を対象に膝屈曲位30°と60° (完全伸展位0°) のスクワット姿勢を保持しながら等尺性の股関節内転動作を行わせ、大腿直筋、外側広筋、内側広筋及び半膜様筋の筋活動を比較している。その結果、膝屈曲位30°の股関節内転動作を加えたスクワット姿勢の維持は股関節内転動作を加えない場合よりも大腿直筋、外側広筋、内側広筋及び半膜様筋で、筋活動が高いことを報告している。本研究では、市橋ら⁴⁾の研究を支持する結果にはいたらなかった。しかし、BFにおいてはBスクワットを行うことで、Nスクワットより高い%iEMG値を示した。以上からBFは、股関節内転動作を伴うことによって%iEMG値が増加傾向を示すのではないかと考えられた。

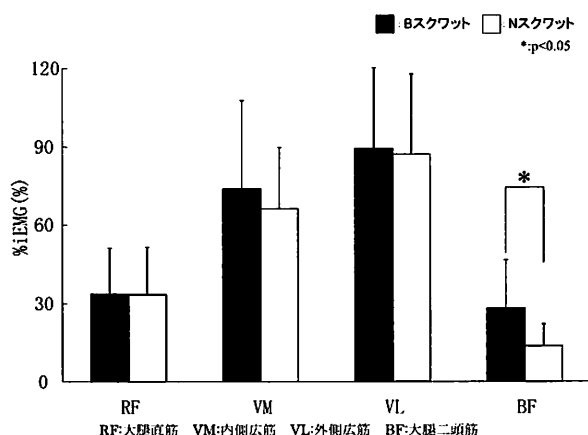


図1 2種類のスクワットにおける各筋の%iEMGの比較

3. 2種類のスクワット動作によるトレーニングが下肢の筋活動水準に及ぼす影響

図2は、トレーニング前後におけるB群のBスクワット実施時の下肢筋活動水準の比較を示したものである。その結果、BFの%iEMG値にPre-Post間で有意な差が確認された。一方、N群においては、トレーニング前後で下肢の筋活動水準に明らかな変化は認められなかった (図3)。したがって、Bスクワットを継続して行うことは、BFの筋活動水準を減少させることが考えられた。その要因としては、トレーニングによってBFのMVCが向上し、股関節内転動作を伴ったスクワットの動作の遂行が少ない%iEMG値で行えるようになった、あるいはトレーニングが進むにつれ無駄な力を使わなくなったことなどが推察されるが、それらのいずれについても本研究の測定内容から明確にすることができず、今後の検討課題である。

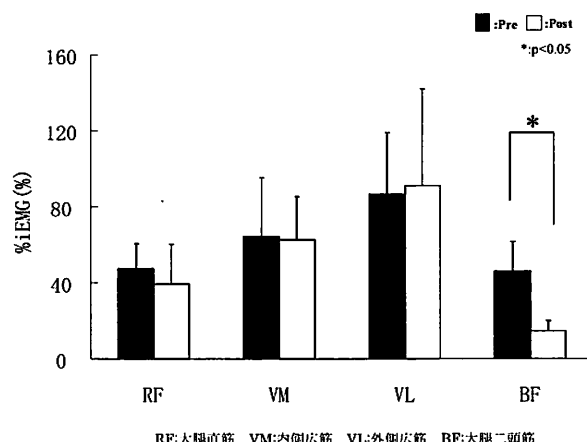


図2 トレーニング前後におけるB群のBスクワット実施時の下肢筋活動水準の比較

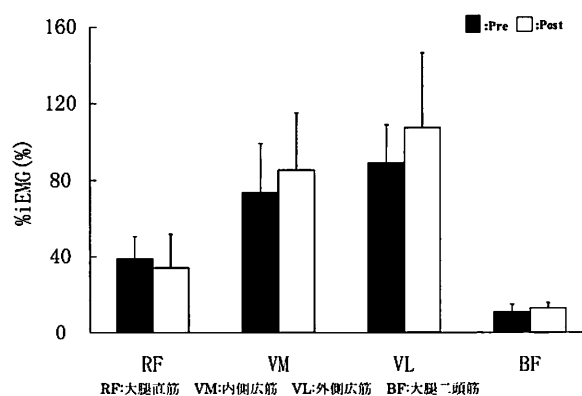


図3 トレーニング前後におけるN群のNスクワット実施時の下肢筋活動水準の比較

4. 身体機能の変化

本研究では、2種類のスクワットトレーニングによる身体機能の変化について検討した。

閉眼片足立ち、椅子立ち座り及び長座体前屈は、トレーニング前、中、後を通じてB群、N群ともに有意な変化

は認められず、群間の差もなかった。即ち、静的バランス能力、下肢の筋力及び柔軟性においては、一般的なスクワット及び股関節内転動作を伴ったスクワットトレーニングを行ったとしても、改善がみられなかったことを意味する(図4, 図5, 図6)。太田ら⁷⁾の報告によると、開眼片足立ちは、自重によるトレーニングによって 44.5 ± 34.6 から 73.1 ± 41.8 秒へと改善されることが明らかになっている。しかし、本研究における、閉眼片足立ちは、明らかな持続時間の向上がみられなかった。一方、下肢の筋力の評価としては椅子立ち座りの時間を測定した。太田ら⁶⁾

の報告によると椅子座り立ちは自重トレーニングによって 15.4 ± 4.1 から 8.6 ± 1.1 秒へと改善されることが明らかにされているが、本研究における椅子立ち座りの時間に、明らかな改善はみられなかった。椅子立ち座りの動作は、スクワット動作、特にNスクワットとほぼ同様の動作であり、N群は、スクワットトレーニングを行うことにより、椅子立ち座りの動作が速やかに行えるようになるのではないかと予想していた。しかし、結果的には、両群とも椅子立ち座りのタイムに明らかな向上がみられなかった。本研究のプロトコルは、太田ら⁶⁾の方法を参考に作成したが太田ら⁶⁾は65歳から77歳を対象にしており、本研究の被験者は50歳から66歳と先行研究より年齢が若いため椅子座り立ちテストの初期値が高く、トレーニングによって大きな改善効果が得られなかったと考えられる。

長座体前屈においてもトレーニング前後で有意な変化が認められなかった。加藤ら⁵⁾は、中高齢者に低強度の筋力トレーニングを行わせるところ柔軟性が抑制されたが、筋力トレーニングと柔軟性トレーニングを組み合わせることにより柔軟性の抑制を防ぐことができたことを報告している。本研究は、中高齢者に自重を用いた低強度のスクワットトレーニングを行かせた。しかし、継続的な柔軟性のトレーニングは行わせていない。そのため、柔軟性の改善がみられなかったと考えられる。

図7は、トレーニング間における2群のファンクショナルリーチの距離の変化を示した。ファンクショナルリーチにおいてB群の値は、Pre-Post間で有意に向上した。ファンクショナルリーチは、片手を水平に上げた状態のまま最大努力で前方方向に手を伸ばして上肢を前傾させ、前方方向のバランス能力及び安定性の限界を評価¹⁾する。本研究の結果では、B群にのみPre-Post間で有意な向上が見られ、N群では明らかな変化はみられなかった。この結果から、Bスクワットが、Nスクワットと比べて前方方向のバランス能力に対するトレーニング効果が高いことが考えられる。

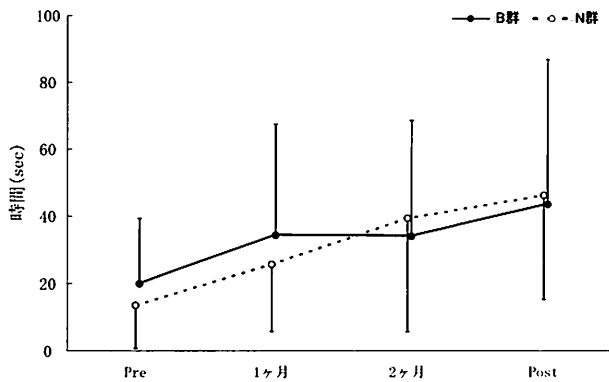


図4 両トレーニングに伴う閉眼片足立ち時間の変化

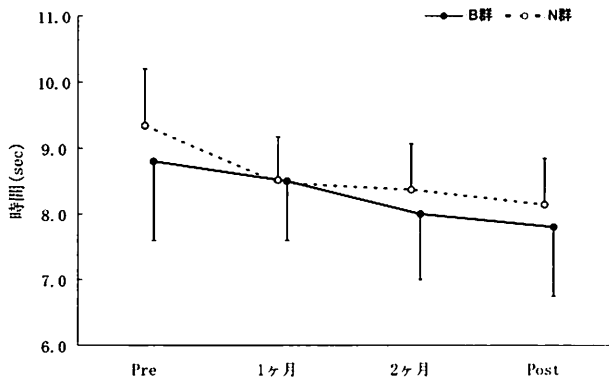


図5 両トレーニングに伴う椅子立ち座り時間の変化

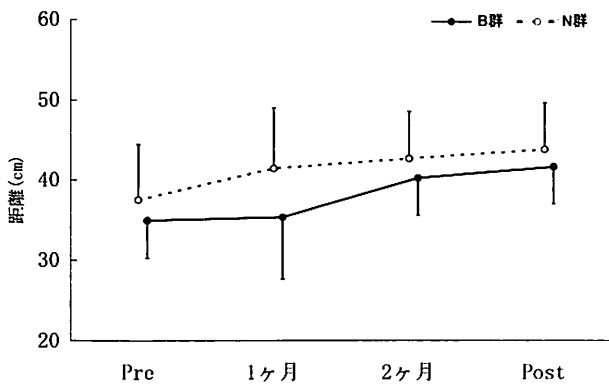


図6 両トレーニングに伴う長座体前屈の距離の変化

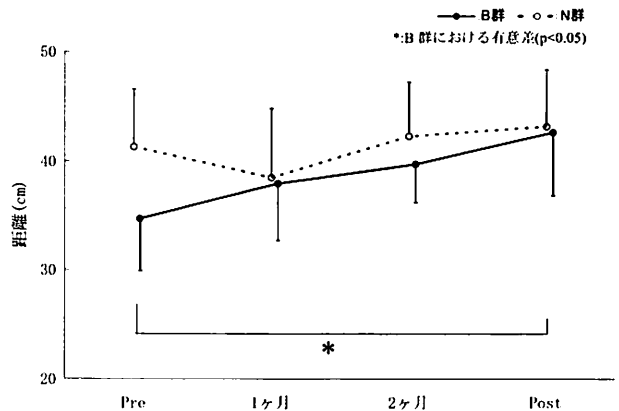


図7 両トレーニングに伴うファンクショナルリーチの距離の変化

図8には、Time Up & Goの変化を示した。Time Up & Goの時間は、トレーニングに伴う有意な変化が認められた。B群の値は、Preに比べて2ヵ月後とPostに有意に短縮していた。また、N群においては、PreとPost間のみ有意差があった。Time Up & Goは、3m先にある目標物に向かって椅子から立ち上がり、最大努力の歩行により、目標物まで移動し、方向を180°変換して椅子に戻り座る動作を行い多角的な方向からの動的なバランスの評価として用いられている⁸⁾。本研究におけるTime Up & Goの時間は、両群ともにPre-Post間で著しく向上した。このことは、両スクワットトレーニングによって移動能力が改善されたことを意味するものである。特に、B群は、トレーニング2ヶ月目から有意差が認められ、トレーニングの初期段階からTime Up & Goのパフォーマンスを向上させる効果が認められた。したがって、Bスクワットは、Nスクワットより、中高齢者の動的バランス能力及び機能的移動能力をより早期に改善させるトレーニングだと考えられる。

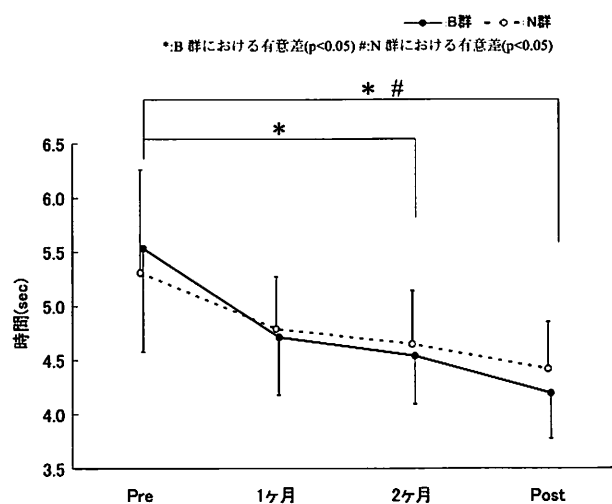


図8 両トレーニングに伴うTime Up & Go時間の変化

まとめ

本研究では、股関節内転動作を伴ったスクワットトレーニングが中高齢者の筋活動及び身体機能に及ぼす影響について検討した。その結果以下の知見が得られた。

1. 股関節内転動作を伴ったスクワットは、一般的なスクワットより大腿二頭筋における筋活動が大きいことが明らかになった。
2. 股関節内転動作を伴ったスクワットトレーニングによって大腿二頭筋の活動水準が有意に低下したことから、この方法は大腿二頭筋に対してトレーニング効果をもたらすものであったと推察された。

3. 股関節内転動作を伴ったスクワットは、通常のスクワットより、動的バランス能力及び機能的移動能力を改善する効果が大きいトレーニングであることが示唆された。

引用文献

- 1) Duncan Pw, Weiner DK, Chandlear J, studenski S: Functional reach: a new clinical measure of balance. J Gerontol 45, M192-197, 1990.
- 2) Gantchev GN, Draganova N, et al.: Muscular synergies during different conditions of postural activity. Acta physiol Pharmacol Bulg 12: 58-65, 1986.
- 3) Earl JE, Schmitz RJ, Arnold, BL: Activation of VMO and VL during dynamic mini-squat exercises with and without isometric hip adduction. J Electromyogr kinesiol 11: 381-386, 2001.
- 4) 市橋則明, 羽崎 完, 森永敏博, 濱 弘道, 吉田正樹: 股関節内転動作が膝周囲筋活動に与える影響, 運動・物理療法, 8, 70-75, 1997
- 5) 加藤卓郎, 星本正姫, 河合祥雄: 中高齢者における筋力および柔軟性トレーニングが筋力および関節可動域に及ぼす影響 順天堂大学スポーツ科学研究 7, 12-23, 2003
- 6) 太田めぐみ, 福永哲夫: 「ホーム貯筋術」が身体機能テストの成績に及ぼす影響 トレーニング科学, 19, 2, 165-172, 2007
- 7) Plouts LL, Tesch PA, Biro RL, et al.: Effect of resistance training on muscle use during exercise. J Appl Physiol, 76: 1675-1681, 1994
- 8) Podsiadlo D, Richardson S: The time Up & Go: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. J Am Geriatr soc 39, 142-148, 1991
- 9) 坂戸洋子, 田辺 解, 半谷美夏, 久野譜也: 虚弱高齢者における自重負荷およびラバーバンドを用いた筋力トレーニングに関する研究. 体力科学56: 365-376, 2007.
- 10) 運動所要量・運動指針の策定検討会 (2006) 健康づくりのための運動指針2006

連絡責任者

渡辺 翔
〒206-8515 東京都多摩市永山7-3-1
国士舘大学体育学部 身体運動教室
Tel: 080-5517-3328
E-mail: sho0517@hotmail.com