

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：34602

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500765

研究課題名(和文)高齢者が自立生活を維持するために必要なSSC運動プログラムの開発

研究課題名(英文)Development of the SSC exercise program necessary for an elderly person to maintain independence life

研究代表者

中谷 敏昭(Nakatani, Toshiaki)

天理大学・体育学部・教授

研究者番号：60248185

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：高齢者が自立生活を維持するためには下肢筋機能が維持されていることが望ましい。本研究では、連続ジャンプ(SSC動作)を用いて下肢筋力や筋パワーなどの筋機能を改善する運動プログラムの効果と中止の影響を検討した。連続ジャンプは、Borg-RPEで14.3程度、着地時の床反力は体重の約2倍程度であった。

3ヶ月間のトレーニングでは、下肢筋力やバランス能力が改善した。トレーニング終了後は、脚伸展能力が低下する傾向にあった。トレーニング期間を5ヶ月間に延ばした場合には、下肢筋力とバランス能力が改善した。連続ジャンプを用いた本課題のトレーニングは、高齢者の下肢筋機能やバランス能力を改善するプログラムと言える。

研究成果の概要(英文)：Preservation of lower-extremity muscle function is necessary for the elderly to maintain independent living. In this study, we examined the effects of an exercise program for improving muscle function such as lower-extremity muscular strength and muscle power through continuous jumps (SSC movement), and its cessation. The intensity of continuous jumps was 14.3 in the Borg-RPE scale, and the ground reaction force during landing was approximately twice the body weight.

Lower-extremity muscular strength and balance ability improved after three months of training. A decreasing trend in leg extension ability was observed post-training. When the training period was extended for five months, lower-extremity muscular strength and balance ability also improved. We believe that training through continuous jumps as described in this study, is an effective program to improve lower-extremity muscle function and balance ability in the elderly.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：SSC運動 下肢筋パワー 自覚的疲労感 トレーニング 脱トレーニング ジャンプ運動 バランス能力
高齢者

1. 研究開始当初の背景

(1) 高齢期の身体機能には下肢筋力が大きく関わっており、筋力を維持することが日常生活動作や歩行のために重要である。筋力よりも低下が大きい筋パワーに関して自立生活に必要な水準についての報告はみられない。また、加齢に伴う不活発な生活(身体不活動)や激しく運動する機会の減少は筋パワー発揮能力を著しく低下させる。筋パワーは単位時間あたりの仕事量(筋力×スピード)であることから、筋力よりも低下度が大きい筋パワー、特に下肢筋パワーの改善に着目することが重要である。

(2) 筋パワー向上を目指した運動プログラムを開発すれば筋力向上も自ずと得られ、下肢筋パワーの改善が介護予防に繋がる。SSC動作は筋の伸張と収縮を繰り返す連続運動であり、ジャンプ運動が典型である。この運動を用いたプログラムは、下肢筋力や筋パワーの発揮にも役立つことから、安全で効果的なプログラムが開発できればエビデンス・ベースの運動を介護予防現場に提供できる。

2. 研究の目的

(1) 高齢者が自立した日常生活を維持するために必要な下肢筋パワーの自立水準を明らかにする。

(2) 自宅で実践可能な下肢の伸張収縮サイクル(SSC動作)を利用した運動プログラムを開発し、短期間および長期間のトレーニング効果と脱トレーニングの影響を検証する。

3. 研究の方法

(1) 地域に在住する60~93歳の一般高齢者376名(男性114名、女性262名)と、基本チェックリストにより二次予防事業対象者と認定された虚弱高齢者61名(男性7名、女性54名)を対象とした。すべての対象者に、椅子から1回立ち上がり時の力発揮速度(下肢の筋パワー)とアップアンドゴー(動的バランス・下肢筋力を含んだ総合歩行能力)の測定を行った。両対象者の測定値の比較には対応のないt検定を用いた。また、得られた力発揮速度(下肢筋パワー)と年齢の関係から折れ線回帰分析を行い、残差平方和が最も小さくなる時点を目立水準の閾値とした。有意水準は5%であった。

(2) SSC動作を用いて連続ジャンプの運動強度から実施時の安全性を検証した。連続ジャンプは、予備実験から90bpmのリズムを採用し、ジャンプに関わる活動筋が自覚的に「かなり効いてきた」と疲労を感じる回数まで行わせた。ジャンプ回数、床反力、跳躍高、安静時と終了後の心拍数および血圧、

Borg-RPE(15スケール)を測定した。心拍数はパルスオキシメータ(日本光電製)を用いて右示指の先端、血圧は自動血圧計(オムロン製)を用いて左上腕からそれぞれ測定した。床反力はフォースプレート(TEAC製)の荷重値をAD変換してPowerLab(ADI製)に取り込み、着地時の床反力のピーク値と滞空時間から跳躍高を算出した。

(3) 自宅で実践可能な運動プログラムを開発するため、短期間及び長期間のトレーニングを行わせ、下肢筋機能に及ぼす効果を検証した。合せて、短期間のトレーニング後の脱トレーニングの影響も検証した。

短期間のトレーニングの影響

地域に在住する63~83歳の一般高齢男女31名(71.3±5.0歳)を対象とし、性別と年齢で階層化後に無作為にジャンプ運動群(JT群)とバランス運動群(BT群)に分けた。両群には、月2回の運動教室と自宅運動を併用するトレーニングを12週間行わせた。J群およびB群の介入期間は12週間とし、週2~3日の頻度で、2週に1日は運動指導専門家の監視下での運動(約60分)を行い、残りは自宅における非監視下で運動(約30分)を行わせた。J群には施設のホールや自宅で連続ジャンプを90回/分のテンポで行わせ、活動筋が自覚的に「かなり効いてきた」(鍛えている部分がかかなり重たく感じる)と感じる回数まで、1日あたり1セット行った。B群はバランスマットやバランスビーム、その場での開眼あるいは閉眼での片足立ちなど10~30秒程度の運動を6~8種目、1日あたり2~3セット行わせた。自宅における運動は、監視下での運動指導とほぼ同じ内容になるよう日誌をつけさせるとともにマニュアルを作成して指示する方法を用いた。評価項目は垂直跳び、8秒間の自転車全力ペダリング(4.5N/kg負荷)、椅子からの1回立ち上がり、アップアンドゴー、Romberg姿勢(30秒間)での足圧中心動揺(開眼・閉眼)とした。両群のトレーニング前後の測定値の比較には二要因分散分析(群×時間)を行い、交互作用と主効果を検証した。有意水準は5%であった。

脱トレーニングの影響

地域に在住する61~87歳の一般高齢男女17名(73.0±5.8歳)を対象とし、の連続ジャンプ運動を用いたトレーニングを10週間、週2~3回の頻度となるよう運動教室と自宅を併用した内容で行わせた。連続ジャンプの内容はと同様であった。トレーニング終了後、16週経過した時点で下肢筋機能に及ぼす脱トレーニングの影響を検討した。評価項目は開眼片足立ち、速歩、障害物歩行、垂直跳び、片脚ステップ(左右・前後)、全身反応時間、20秒間の階段(高さ20cm)昇降であった。トレーニング前後と中止後の測定値

の比較には1要因分散分析を行い、主効果を検証した。有意水準は5%であった。

長期間のトレーニングの影響

地域に在住する54~81歳の一般中高年齢男女55名を対象に、連続ジャンプ運動を行うJT群25名(63.9±6.3歳)、対照としてノルディック・ウォークを行うNW群30名(66.2±6.9歳)に分けた。JT群は月2回の運動教室と自宅運動を併用したプログラムで、の連続ジャンプを用いたトレーニングを20週間、1日あたり1セット、週2~3日の頻度で行わせた。自宅運動は、監視下での運動指導とほぼ同じ内容になるよう日誌をつけさせるとともにマニュアルを作成する方法とした。評価項目はトレイルメイキングテスト(TMT-A, TMT-B)、開眼片足立ち、手のばし、リバウンドジャンプ、垂直跳び、ステップング、椅子からの1回立ち上がりであった。両群のトレーニング前後の比較は二要因分散分析(群×時間)を行い、交互作用と主効果を検証した。有意水準は5%であった。

4. 研究成果

(1) 体重あたりの力発揮速度(相対値)は、一般高齢者が10.6±1.8 kgf/sec/kg、虚弱高齢者が5.9±1.9 kgf/sec/kgと一般高齢者の方が有意に高い値を示した(P<0.001)。アップアンドゴーは一般高齢者が5.2±1.0 sec、虚弱高齢者が13.8±5.7 secと大きな差がみられた(P<0.001)。一般高齢者に比べて虚弱高齢者の下肢筋パワーと総合歩行能力は、力発揮速度(相対値)で55.7%、アップアンドゴーで37.7%と低値を低い値を示し、特に動的バ

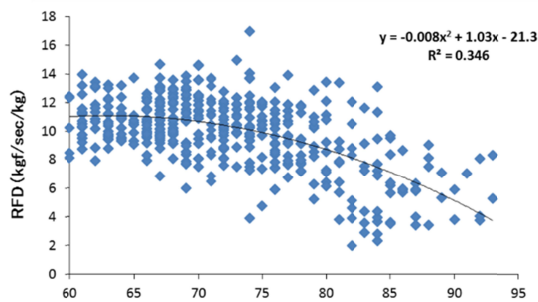


図1 椅子からの一回立ち上がりパワーの加齢変化

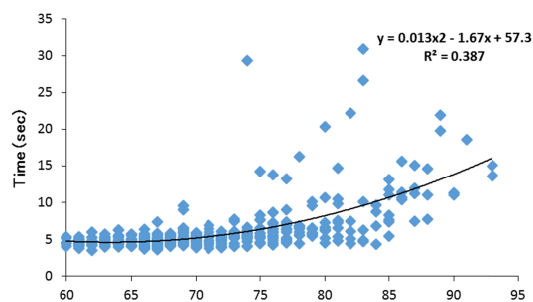


図2 アップアンドゴー(総合歩行能力)の加齢変化
ランスや歩行の総合能力の低下度は、下肢筋

パワーに比べてより大きいことが明らかにできた。

力発揮速度(相対値)の加齢変化について折れ線回帰分析を用いて分析したところ、分割点が80歳と81歳の間である時が最も残差平方和が小さくなり、80歳以降に下肢筋パワーが急激に低下することが明らかとなった。また、アップアンドゴーも同様に検討したところ、81歳を境にカットオフ値が得られた。虚弱高齢者の平均年齢が83.9歳であったことから、下肢筋パワーや総合歩行能力から自立水準を検討した場合は、80歳を過ぎたあたりであることが本研究課題(1)から明らかにできた。

(2) SSC運動の典型である連続ジャンプを90 bpmのリズムで、活動筋が「かなり効いてきた」と疲労を感じる回数行わせたところ、対象者のジャンプ回数は35~125回で、平均72.1±23.6回となった。この内容では、ジャンプ着地時の床反力が体重の2.23±0.56倍、跳躍高は3.08±1.20 cmで、着地時の膝関節角度は119.0±12.4度であった。

心拍数は安静時69.3±9.6 bpm、ジャンプ終了後118.0±18.1 bpmと平均で約49 bpmの上昇であった。心拍数から推定した運動強度は、最高心拍予備(heart rate reserve: HRR)の58.5±18.9%と中強度の運動内容であることが示された。平均血圧は安静時96.9±11.9 mmHg、ジャンプ終了後117.0±17.6 mmHgと約20 mmHgの上昇であった。安静時とジャンプ終了後の収縮期血圧は134.8±19.0 mmHgから179.0±29.5 mmHgの上昇であり、本研究で行わせた連続ジャンプ運動は、循環器系に過大な負荷を与えない強度であると言える。

(3) 短期間のトレーニング効果、脱トレーニング影響、長期間のトレーニング効果

一般高齢者を性別と年齢で階層化して無作為に2群(JT群とBT群)に分類した。連続ジャンプ運動を用いた短期間のトレーニング効果について検討した。参加者の中には、トレーニングを原因とする転倒や受傷した者が無かったことから、高齢者の一般的なトレーニングとして実践可能な内容であった。継続率を比べると、JT群は80.0%、BT群は82.2%とほぼ同じであり、本研究のジャンプトレーニングは他の一般的なトレーニングと比べても継続率に差はなく有用な方法と言える。

短期間のトレーニング期間(70日)の中で、JT群は34.8±11.2日、BT群は38.6±16.3日のトレーニングを行っており、週に3~4回の頻度となった。JT群のジャンプ回数は70.1±43.5回から141.5±110.2回へと、平均202%の向上を示した。二要因分散分析の

結果、力発揮速度とアップアンドゴーに有意な交互作用が認められた。トレーニング前後の要因による主効果が認められた項目は、JT群の自転車ペダリングパワー、開眼時の単位軌跡長および矩形面積であった。これらのこ

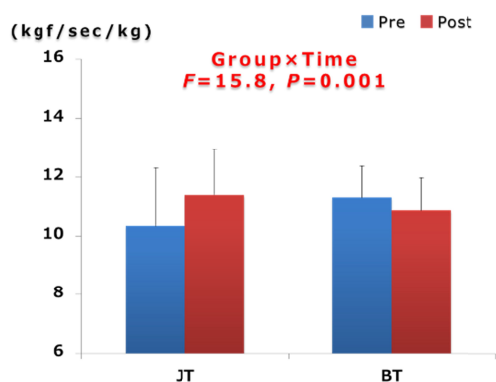


図3 トレーニング前後の椅子からの立ち上がりパワー

とから、短期間であるが、活動筋の自覚的疲労感を指標とした連続ジャンプのトレーニングは、高齢者の下肢筋パワーだけでなく、バランス能力を改善する内容として有用であることが明らかにできた。

一般高齢者を対象として連続ジャンプ運動を用いた短期間のトレーニングの中止後の脱トレーニングの影響について検討した。トレーニング前後と脱トレーニングの影響を検討したところ、開眼片足立ち、速歩及び障害物歩行に有意な主効果が認められなかったが、垂直跳び、片脚ステップ（前後・左右）、全身反応時間、階段昇降に有意な主効果が認められた。

3ヶ月間のトレーニングによって、有意な改善が認められた項目は、片脚ステップ（前後）と全身時間のみであった。他の項目も改善する傾向が認められたが、有意な差には至

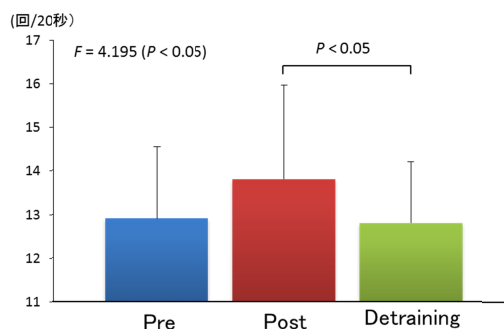


図5 トレーニング前後、脱トレーニング時の階段昇降

らなかった。また、トレーニング中止（脱トレーニング）によって低下が認められた項目は階段昇降のみであった。垂直跳び、片脚ステップ（左右）、全身反応時間は、トレーニング終了後に比べて向上する傾向にあった。

一般高齢者を対象として、連続ジャンプ運動を用いた20週間にわたる長期間のトレーニングの影響を検討した。参加者の中で20週間のトレーニングを完遂できた者はJT群

が25名中20名(80.0%)、NW群は30名中27名(90.0%)とジャンプ運動を用いたトレーニングの継続率はJT群の方が低かった。1回の教室参加率はJT群86.4%、NW群83.5%とほぼ同じであった。トレーニング効果の有無を二要因分散分析(群×時間)で検討したところ、手のばしとリバンドジャンプ能力に有意な交互作用が認められた。ステップングには有意な主効果($F = 7.59, P < 0.05$)が

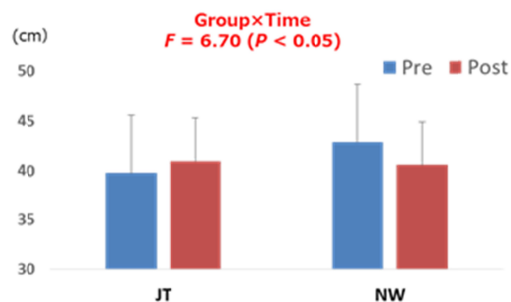


図6 JT群とNW群のトレーニング前後における手のばしの変化

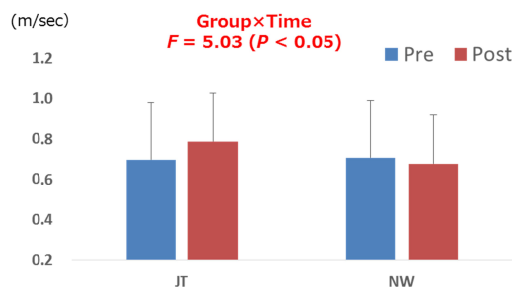


図7 JT群とNW群のトレーニング前後におけるリバンドジャンプ指数の変化

認められた。トレイルメーカーテスト(TMT-A, TMT-B)、開眼片足立ち、垂直跳び、椅子からの1回立ち上がりは有意な変化がなかった。

以上のことから、本研究の自覚的疲労感を指標とした連続ジャンプ(SSC運動)は、一般高齢者を対象とした場合、短期間および長期間のトレーニングとも下肢筋機能やバランス能力を改善する有用な方法と言える。トレーニング中止により、階段昇降のような日常生活動作を低下させることから、本研究のトレーニングは安全で効果的であるものの中止すればその機能は低下する。そのため、終了後には定期的な運動実践など、下肢筋機能を低下させない具体的な方策を今後検討していくことが社会普及のために必要であると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計6件)

中谷敏昭, 三浦重則, 活動筋の自覚的スケールを用いた脚伸展運動における筋

活動量の変化, 奈良体育学会研究年報, 査読無, 18巻, 2014, 51-56
寺田和史, 塩見玲子, 中谷敏昭, 他2名, 中高年男性における静止立位時の姿勢保持能力と下肢筋パワー発揮様式との関係, 体育測定評価研究, 査読有, 13巻, 2014, 9-16
灘本雅一, 後藤幸弘, 中谷敏昭, 他2名, 自覚的疲労スケールを用いた複合的なトレーニングが下肢の筋機能に及ぼす影響, 教育医学, 査読有, 58巻3号, 2013, 255-263
寺田和史, 塩見玲子, 中谷敏昭, 他2名, 活動筋の自覚的疲労感を強度の指標とした自重負荷トレーニングの有効性: 中高年者を対象とした無作為化比較対照試験による検討, 体育学研究, 査読有, 57巻, 2012, 191-199

〔学会発表〕(計8件)

Toshiaki Nakatani, Masakazu Nadamoto, Kazufumi Terada, 他4名, Age-related changes in lower-extremity muscle power in healthy Japanese men, The 19th Annual Congress of the European College of Sport Science, 2014年7月2日, オランダ・アムステルダム
中谷敏昭, 寺田和史, 灘本雅一, 他2名, 活動筋の自覚的疲労感を用いたジャンプトレーニングが高齢者の下肢筋パワーとバランス能力に及ぼす影響, 日本体育学会第64回大会, 2013年8月28日, 滋賀県・立命館大学
Kazufumi Terada, Toshiaki Nakatani, Hidetoshi Ue, 他3名, Relationship between static balance and type of muscle power output in middle-aged and older men, The 60th Annual Meeting and 4th World Congress on Exercise is Medicine of the American College of Sports Medicine, 2013年5月28日, アメリカ・インディアナポリス
中谷敏昭, 「最新の測定機器の開発に向けて」指導現場の発想に基づく体力測定器の開発と健康づくり・介護予防現場への応用(シンポジウム), 日本体育測定評価学会第12回大会, 2013年2月23日, 神奈川県・とつか湘南YMCA専門学校
中谷敏昭, 「高齢者の身体活動を促進し介護予防に貢献する体力医学的アプローチ」下肢筋力の保持を企図した健康づくり運動の効果(シンポジウム), 第67回日本体力医学会大会, 2012年9月15日, 岐阜県・長良川国際会議場
中谷敏昭, 寺田和史, 白石晃, 他2名, 自立・虚弱・要介護高齢者における椅子立ち上がり動作時の床反力とアップアンドゴー, 日本体育学会第63回大会,

2012年8月23日, 神奈川県・東海大学
中谷敏昭, 寺田和史, 白石晃, 他1名, 高齢男女の筋パワー発揮能力に及ぼす加齢の影響, 日本体育学会第62回大会, 2011年9月25日, 鹿児島県・鹿屋体育大学

Toshiaki Nakatani, Kazufumi Terada, Akira Shiraishi 他2名, Comparison of effects of short-term hopping and balance training on muscle power and functional fitness in the elderly, 16th Annual Congress of the European College of Sport Science, 2011年7月6日, イギリス・リバプール

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.eonet.ne.jp/~toshiaki/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中谷 敏昭 (Nakatani, Toshiaki)
天理大学・体育学部・教授
研究者番号: 60248185

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

林 達也 (Hayashi, Tatsuya)
京都大学・人間・環境学研究科・教授
研究者番号: 00314211