

機関番号：3 2 6 5 9

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～ 2010

課題番号：2 0 5 0 0 6 3 1

研究課題名 (和文) 寝たきり防止のための筋力および神経調節機能向上を目的とする新運動処方
の開発研究課題名 (英文) Development of a new exercise method to help prevent the elderly
from stumbling and becoming bedridden

研究代表者

與那 正栄 (YONA MASAE)

東京薬科大学・薬学部・准教授

研究者番号：3 0 1 2 0 1 5 8

研究成果の概要 (和文)：

皮膚冷刺激法をさらに発展させ、高齢者の転倒防止および寝たきりからの回復に役立つ筋力および神経調節機能向上のための新しいトレーニング法を開発することを目的とした。本研究により神経筋系や循環系から皮膚冷刺激の生理学的効果を解明することができ、さらに簡易的な刺激装具の開発もなされた。また、高齢者に対し日常生活の中で、皮膚冷刺激装具を用いて歩行能に対する効果も検証でき、目的とする新運動処方の有効性を示唆することができた。

研究成果の概要 (英文)：The purpose of this study was to develop a new exercise method for the improvement of the neuromuscular system and muscle strength to help prevent elderly people from stumbling and becoming bedridden. We investigated the mechanism of skin cooling from the perspective of the neuromuscular and cardiovascular systems and developed a simple skin cooling suit. Further, we investigated the effect of our skin cooling suit on walking ability of elderly people during daily life. We suggest that our new exercise method, making use of skin cooling, is valid for elderly people.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学 応用健康科学

キーワード：リハビリテーション・老化・運動処方・神経調節機能

1. 研究開始当初の背景

高齢化社会になり、介護支援を必要としている人が増加し、さらに医療費の増加もおこっている。高齢者本人だけでなく高齢者を取り巻く人々にとって、高齢者が自分の足で歩くということが最低限の目標となり、ひいては医療費削減にもつながることになる。歩きた

めには筋力を維持することが非常に大事であり、筋力向上は自立への必須条件である。脚パワーと歩行スピードの間には非常に高い相関があるが、歳とともに筋力や大脳皮質からの出力低下、脚の神経調節の低下が起こる。この筋力の低下は速筋線維（強い力と素早い動きに必要とされる筋線維）との減少に

よるところが大きく、この速筋線維をトレーニングするとその減少は抑制される。しかし、高齢者に対し高強度の筋力トレーニングは筋損傷を起こす可能性が高い。我々は皮膚冷刺激を用いることにより低負荷筋力トレーニングで高負荷トレーニングと同様な効果が得られることを報告してきた。しかし、皮膚冷刺激方法の確立や装具の開発が不十分なことから、十分に高齢者に対し応用が出来ていなかった。

2. 研究の目的

年齢とともに筋力や大脳皮質からの出力低下、脚の神経調節の低下が起こるが、この筋力の低下は速筋線維の減少によるところが大きい。この速筋線維のトレーニング法として加圧トレーニングが提唱された。しかし、低体力者や高齢者に対し高強度の筋力トレーニングは筋損傷を起こす可能性が高いことが知られている。我々は皮膚冷刺激によって冷受容器からの入力が高閾値運動単位に対し興奮性の影響を及ぼすことを報告した。この結果は皮膚冷刺激法を用いることにより従来のトレーニング強度よりも低強度で高い効果を得ることが出来る可能性があることを示唆するものであった。そこで我々は従来から研究してきた皮膚冷刺激法を隔離させ、さらに発展させることで、高齢者の自立や怪我からの復帰を目指すリハビリテーションへの応用も含め、新しいトレーニング法ならびに装具を開発することを目的とした。研究の狙いとして(1)皮膚冷刺激の効果を生理学的に検証する(2)簡易的な皮膚冷刺激装具を開発する(3)高齢者の日常生活の中で皮膚冷刺激装具を用いて効果を検証する(4)神経筋調節系への皮膚冷刺激の影響を検討することとした。

3. 研究の方法

(1)皮膚冷刺激の効果を生理学的に検証する
①皮膚冷刺激による感覚入力の中枢および脊髄運動ニューロンへの影響に関しV波を用いて検討した：筋力の増大に伴いV波振幅が増大するが、このV波振幅は中枢および脊髄の興奮性を反映するものである。我々は皮膚冷刺激が脊髄の高閾値運動単位(強い力と素早い動きに必要とされる神経細胞・運動神経・筋線維)を促通することを報告していることから、さらに中枢への影響も合わせ検討するためにV波を用いた。実験方法は、最大筋力まで10%毎に張力を発揮した時に2倍のMmax刺激を与え、その時のV波振幅を通常皮膚温時と皮膚冷刺激時で比較した。また、拮抗筋上への皮膚冷刺激の影響が活動筋のV波振幅に及ぼす影響も両条件で比較した。
②張力立ち上がり率(rate of force development; RFD)への皮膚冷刺激の影響を検討した：RFDは張力発揮時の初期の立ち

上がり率を示すもので、年齢が進むにつれて率が低下することが報告されており、これは速筋線維の低下に関係していることが知られている。そこで皮膚冷刺激の高閾値運動単位への影響を検討するためRFDを用いた。実験方法は、できるだけ速く最大膝伸展を行わせ、その時の筋活動量と張力を測定した。そして、通常皮膚温時と皮膚冷刺激時の結果を比較した。

③皮膚冷刺激による筋血流量への影響を検討した：筋温低下により筋血流量が変化することが知られている。

(2)簡易的な皮膚冷刺激装具を開発する：皮膚冷刺激は高閾値の運動単位に対し興奮性に働くが、それは皮膚温26°前後において効果が高いことを我々は報告している。従来の実験において使用した皮膚冷刺激装置は高齢者にとって持ち運びが大変であり、簡易的に使用することができなかつた。さらに皮膚温を一定に保つことが出来なかつたため、冷刺激の効果を十分反映することが出来なかつた。そのため持ち運びが容易で簡単に装着することができ、最適温度に皮膚を保てる装置が必要であった。そこで冷刺激パッドの作成のためにサイズや重量、筋温や皮膚温測定、歩行時に最適な冷却パッド装具などの開発のために種々な実験を行った。

(3)高齢者の日常生活の中で皮膚冷刺激装具を用いて効果を検証する：皮膚冷刺激装具を開発したことで、高齢者の日常生活の中での応用を試みた。

①65歳以上の被験者に装具を装着し、1日30~60分、週4日で2ヶ月間歩行を行った。歩行時の筋活動量、速度、TUG、質問紙など種々な測定項目から通常皮膚温時と皮膚冷刺激時の結果を検討した。

②自転車エルゴメーター時と階段昇降時の筋活動量、速度から通常皮膚温時と皮膚冷刺激時の結果を検討した。

(4)神経筋調節系への皮膚冷刺激の影響を検証する

①皮膚冷刺激の呼吸循環系への影響を検討した：自転車エルゴメーターを用いて、低負荷で30分間運動している時の酸素摂取量、筋血流動態、筋活動量を測定した。

②中高年者に対し皮膚冷刺激を用いて、低負荷でトレーニングを行わせ、筋力や自律神経調節機能を測定した。

①②ともに通常皮膚温時と皮膚冷刺激時で比較した。

4. 研究成果

(1)①皮膚冷刺激による感覚入力の中枢および脊髄運動ニューロンへの影響に関しV波を用いた検討—皮膚冷刺激を行うと通常皮膚温に比べ最大筋力(MVC)の60%以上の発揮時にV波振幅の増大が見られた。80%MVC以上において有意な差が示された。V波は中

枢と脊髄の興奮の尺度として用いられており、皮膚冷刺激を行うことで、冷受容器からの入力の中枢および脊髄に興奮性に働いたことを示す結果であった。また、V波後に示される silent period に対し、皮膚冷刺激による影響は見られないことから、皮膚冷刺激の影響は中枢よりも脊髄への影響が大きいものと考えられた。一方、拮抗筋上への皮膚冷刺激の結果は、活動筋 V 波振幅の低下が見られ、拮抗筋の冷受容器からの入力は脊髄の運動単位に対し、抑制的に影響することが示された。このことからトレーニングにこの方法を用いるときは、活動筋上の皮膚だけを冷刺激することが必要であることが明確化とされた。

②張力立ち上がり率 (rate of force development ; RFD)への皮膚冷刺激の影響—皮膚冷刺激を行った結果、通常皮膚温時と比べ0-30msにおけるRFDが有意に増加し、筋活動量の大きいことが示された。0-50msにおいては有意ではないが増加傾向にあった。このことは皮膚冷刺激により高閾値張力の運動単位が促通されたことによる結果であることが示唆された。

以上、3つの実験を行って皮膚冷刺激の効果を生理学的に検証することができ、老化による速筋線維の低下を抑えることにこの方法は利用できる可能性が示唆された。

(2)皮膚冷刺激は高閾値の運動単位に対し興奮性に働くが、それは皮膚温26°C前後において効果が高いことを報告している。某会社と共同開発によって3年かけて軽量で日常装着可能な冷却パッドの開発に成功した。実験的には冷却パッドを装着後、皮膚温の低下と筋温の低下の時間をおって検討し、最適皮膚冷刺激時間を検出した。現在商品として売り出されてはいないが、今後医学部やリハビリテーション関連の先生と実用に向けてさらなる実験をしていく予定である。

(3)皮膚冷刺激装具の開発により、高齢者の日常生活の中で応用することができた。装具を装着した結果、トレーニング中の筋活動量は通常皮膚温時に比べ増大した。またTUGの結果より、装着しなかった被験者に比べ歩行スピードの増加が認められた。質問紙項目から検討すると、本人の感覚として歩きやすくなったことが示された。一方、自転車エルゴメーターを用いた結果からも、冷刺激によって筋活動量の増大が認められたが、階段歩行では筋活動量の増加は認められなかった。しかし、これらの結果から皮膚冷刺激装具を通常の生活の中で容易に用いることができ、効果が得られたことが示され、今後高齢者の筋力および神経調節機能向上に役立つことが十分に証明された。

(4) ①皮膚冷刺激の呼吸循環系への影響を検討—運動中の筋活動量は冷刺激を行うこと

で増大したが、酸素摂取量に有意な差は示されなかった、しかし、活動筋の酸素動態は通常皮膚温時に比べ酸素利用が大きいことが示された。この結果は冷刺激によって呼吸循環系に対し負担をかけることなく有効な筋活動を行っていることを示すものであり、高齢者にとって低負荷で持久的能力向上に有効であることが示された。

②中高年者への低負荷トレーニングへの影響を検討—中高年者に対し皮膚冷刺激法を用いて、低負荷でトレーニングを行わせた結果、自転車エルゴメーターの負荷強度が低く設定したため、筋力増加は得られなかったが、運動回復時の心拍数変動から交感-副交感神経の切り替え能力の向上が得られた。

本研究により神経筋系や呼吸循環系から皮膚冷刺激の生理学的効果を解明することができ、さらに簡易的な刺激装具の開発もなされた。また、高齢者に対し日常生活の中で、皮膚冷刺激装具を用いて歩行に対する効果も検証でき、目的とする新運動処方の有効性を示唆することができた。皮膚冷刺激を用いた新運動処方国内外において初の方法であり、今後リハビリテーションへの応用が期待できるものである。

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0件)

[学会発表] (計30件)

(1)内藤祐子、與那正栄、下瀬良太、菅原 仁、甲賀弘憲、只野千茅、室 増男：短期間の皮膚冷刺激下での低負荷筋力トレーニングが中高年者の体力および自律神経調節に及ぼす影響。日本健康行動科学会 第9回大会。2010年10月 於 金沢

(2)下瀬良太、只野千茅、甲賀弘憲、菅原仁、田中美穂、與那正栄、内藤祐子、関博之、松永篤彦、室増男：皮膚冷刺激における急速筋力発揮の筋パフォーマンスと相乗効果の関係。第65回日本体力医学会。2010年9月 於 千葉

(3) M.Yona, C.Tadano, R.Shimose, Y.Naito, M.Muro : Changes in evoked V-wave response of the contraction muscle with cold stimulation on the antagonist. 15th Annual Congress European College of Sport Science. 2010年6月 Antalya

(4) M.Tanaka,R.Shimose,E.Shigeta, C.Tadano,M.Hasegawa,T.Tajima,M.Yona, Y.Naito,T.Ushigome,T.Miura,T.Fukushima, M.Muro : Training of self-pace walking by using skin cold stimulation of quadriceps in old adult. 15th Annual Congress

European College of Sport Science. 2010 年
6 月 Antalya

(5)室 増男、只野千茅、下瀬良太、重田枝
里子、與那正栄、田島多恵子、内藤裕子、牛
込伸行、内山 靖：高齢者の大腿四頭筋皮膚
冷刺激における歩行運動と自転車運動の筋
活動比較. 第 64 回日本体力医学会. 2009 年
9 月 於 新潟

(6)與那正栄・只野千茅・田島多恵子・下瀬良
太・関 博之・内藤裕子・室 増男：V 波か
ら見た皮膚冷刺激筋力トレーニング効果.
日本運動生理学会 第 17 回大会. 2009 年 7 月
於 東京

(7)只野千茅、田島多恵子、下瀬良太、重田枝
里子、與那正栄、内藤祐子、牛込伸行、福島
丈晴、三浦 孝、室 増男：大腿四頭筋皮膚
冷刺激が高齢者の歩行速度に及ぼす影響.
第 21 回日本運動器リハビリテーション学会.
2009 年 7 月 於 東京

(8) M.Yona, C.Tadano, T.Tajima, R.Shimose,
H.Seki, Y.Naito, M.Sakamoto and
M.Muro : Effects on the H-M recruitment
curve at rest and V-wave responses during
increased %MVC with skin cold
stimulation. 13th Annual Congress
European College of Sport Science. 2008 年
8 月 Esroril

(9)室 増男、只野千茅、田島多恵子、下瀬良
太、重田枝里子、與那正栄、内藤裕子、関 博
之、長谷川美津子、牛込伸行、原田 孝：大
腿部筋群の皮膚冷刺激による歩行能の改善
について. 日本健康行動科学会 第 7 回大会.
2008 年 10 月 於 東京

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

出願年月日 :

国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

取得年月日 :

国内外の別 :

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

與那 正栄 (YONA MASAE)
東京薬科大学・薬学部・准教授
研究者番号 : 3 0 1 2 0 1 5 8

(2) 研究分担者

室 増男 (MURO MASUO)
東邦大学・医学部・教授
研究者番号 : 8 0 1 1 2 8 8 7

只野 ちがや (TADANO CHIGAYA)
東邦大学・医学部・助教
研究者番号 : 4 0 2 6 1 0 9 4

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :