

氏名・(本籍)	なかむらこういち 中村浩一(佐賀県)		
学位の種類	博士(スポーツ健康科学)		
報告番号	甲第1565号		
学位授与の日付	平成27年3月24日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当(課程博士)		
学位論文題目	アクティブIDストレッチングが筋機能に与える 効果の研究		
論文審査委員	(主査)	福岡大学	教授 清永 明
	(副査)	福岡大学	教授 向野 義人
		福岡大学	教授 布目 寛幸
		福岡大学	教授 檜垣 靖樹

## 内容の要旨

### 1. 研究目的

Active Individual Muscle Stretching (AID) について、(1) 関節可動域(柔軟性)、(2) 等速性筋出力、(3) 筋緊張抑制効果の観点から検証することで、セルフコンディショニング領域の一端を明らかにすることを目的とした。

### 2. 対象および方法

#### A. 対象

下肢に神経障害の既往がない健常男子学生40名とした。対象者の年齢、身長および体重は、 $21.2 \pm 4.6$ 歳、 $168.6 \pm 4.4$ cm、 $62.5 \pm 8.4$ kg(平均 $\pm$ 標準偏差)であった。測定は左下肢40肢に行い、対象筋はヒラメ筋とした。

#### B. 方法

すべての対象者に対して、AIDを課す条件(AID条件)および、課さない(control条件)の2条件において、柔軟性および等速性筋出力、H波とM波の最大振幅を測定した。評価前には、対象者の運動条件を整えるため、エルゴメーター(5min, 60w)を課した。なお、前の条件が次の条件での結果に及ぼす影響を考慮して、各条件での実施には1日以上の間隔をあげた。

#### C. 柔軟性に対する測定方法

日本リハビリテーション医学会評価基準委員会が定めた方法に順じ、ゴニオメーター(メディカ株式会社製)を用いて測定した。

#### D. 等速性筋出力に対する測定方法

等速性筋力測定器Cybex770-NORM(メディカ株式会社製)を使用した。角速度は、低速度(60 deg/

sec)・中速度 (180 deg/sec)・高速度 (300 deg/sec) の3領域から検討した。

#### E. 筋緊張抑制効果に対する測定方法 (図1)

H波とM波の導出は、誘発筋電図 (Viking Select、Nicolet社製) を用いた。測定は5分間の安静臥床後に1回、各条件直後に1回測定し、臨床検査技師2名が行った。各条件の影響を排除するため、H波の最大振幅をM波の最大振幅で規格化を行い、H波とM波の最大振幅比を用いて検証した。



図1 Measurement scenery by the evoked EMG

#### F. ストレッチング方法 (図2)

AIDは、両手で右前足部を両側から把持し、重心を後方に移動させながら右足関節を背屈する方法である。その際の外力は、ハンドヘルドダイナモメーター (日本メディックス製品FET-102) で5kgf制御した。ストレッチ時間は、20秒間を1セットとし、合計3セットを実施した。



図2 Active Individual Muscle Stretching of the Soleus

#### G. 統計処理

①柔軟性に対して、条件 (AID × control の2水準) 及び両条件の足関節背屈可動域測定値 (ストレッチ前 × ストレッチ後の2水準) の2要因について二元配置反復測定分散分析にて行い、②筋出力に対しては、条件 (AID × control の2水準)、両条件の peak torque 値 (ストレッチ前 × ストレッチ後の2水準) および角速度 (60deg/sec × 180deg/sec × 300deg/sec の3水準) の3要因について三元配置分散分析を行った。③筋緊張抑制効果に対しては、要因として「ストレッチの有無 (AID条件, control条件の2水準) および「測定時期 (ストレッチ前, ストレッチ後の2水準)」の2要因に対し、H波およびM波の最大振幅比に対して二元配置反復測定分散分析を行った。なお、すべて有意水準5%とした。

### 3. 結果

#### A. 柔軟性の結果 (表1)

条件間で比較した結果、AID条件ではcontrol条件に比べ、有意に柔軟性の向上が認められた。

Table 1: Range of motion before and after the intervention

Group	Before	After
AID	19.5±3.6	25.2±3.0*
Control	19.7±3.5	20.1±3.2

AID: Active Individual Muscle Stretching

Before: Before stretching After: After stretching

n=40, the values shown are angles (°)

Mean ± standard deviation \*p<0.05

Table 2: Isokinetic muscle strength output before and after the intervention

Group	60 deg/sec		180 deg/sec		300 deg/sec	
	Before	After	Before	After	Before	After
AID	75.4±28.6	53.7±22.3*	55.2±15.3	45.2±14.7	44.4±14.1	40.5±12.6
Control	74.1±27.4	72.7±23.4	53.1±13.6	52.5±11.6	45.4±10.2	44.3±9.6

AID: Active Individual Muscle Stretching

Before: Before stretching    After: After stretching

n=40, the values are shown as peak torques (Nm).

Mean ± standard deviation \*p<0.05

Table 3: The maximum amplitude ratio of an H wave and the M wave

Group	Before	After
AID	0.39±0.14	0.27±0.11*
Control	0.37±0.13	0.38±0.14

AID: Active Individual Muscle Stretching

Before: Before stretching    After: After stretching

n=40, the values are shown as Hmax/Mmax (%).

Mean ± standard deviation \*p<0.05 \* : Before AID vs After AID

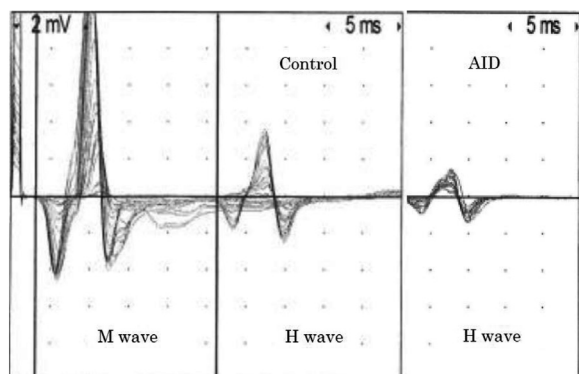


图3 H max/ M max (amplitude ratio between maximum H-reflex and M waves) of the Soleus

両条件の足関節背屈可動域前後を比較した結果、AID条件では、AID後に有意な柔軟性の向上が認められた ( $p<0.05$ )。

#### B. 等速性筋出力の結果 (表2)

条件間で比較した結果、AID条件では control条件に比べ、有意に筋出力の低下を認めた。両条件の介入前後比較においては AID条件のみ、ストレッチング後に有意に筋出力の低下が認められた ( $p<0.05$ )。角速度別に peak torque 値を介入前後で比較した結果、AID条件において角速度 60 deg/sec の場合のみ有意差を認めた ( $p<0.05$ )。

#### C. 筋緊張抑制効果の結果 (表3, 図3)

「ストレッチングの有無」および「測定時期」で、H波およびM波の最大振幅比 (Hmax/Mmax) を比較した結果、交互作用が認められた ( $p<0.05$ )。有意な主効果は、「測定時期」において認められた ( $p<0.05$ )。そこで「測定時期」で多重比較を行ったところ、AID条件はストレッチング後に最大振幅比が有意に低値を示した ( $p<0.05$ )。

### 4. 考察

柔軟性向上および筋出力低下、筋緊張抑制を認めた背景として、ストレッチングにより引き起こされる神経系の反応と筋組織の力学的特性が考えられる。神経系の反応として、筋に持続的な伸張が加わると主動筋、共同筋に存在するゴルジ腱器官が興奮し、この信号が求心性に Ib 神経線維を伝播し脊髄後角に入り、介在ニューロンを介して同名筋の脊髄前角細胞の興奮を抑制する原理に集約される。その際の力学的特性として、Cramerらは、ストレッチングにより筋線維の筋節が伸張されること、また Teramotoらは、腱も伸張されることを報告している。つまり、AID後は、神経系の反応に加え、筋組織の力学的変化から、筋機能に上記効果をもたらしたものと解釈できる。

### 5. 本研究の結論

AID は、関節可動域の増大 (柔軟性向上)、一時的な等速性筋出力の低下、脊髄運動細胞の興奮性を抑制する働きをもたらす可能性が示唆された。

### 6. 今後の課題

今回は、ヒラメ筋にターゲットを絞った即時的効果の検証であったが、AID が活用されるホームエクササイズを考慮すると、その効果における持続時間についての検討が必要である。さらに、実際に関節運動を行う際は、多数の筋が関与することを考慮すると、基本動作やスポーツ動作時のパフォーマンス評価等を加え検討していく。

### 審査の結果の要旨

論文は身体運動に関連する骨格筋の筋機能の障害に対して実施される代表的な治療手段の一つであるストレッチングを対象とした研究である。これまでのストレッチングを対象とした研究はハムストリングス、大腿四頭筋といった筋線維走行は異なるものの、筋の名称により、ひとつの方向から筋全体に対するストレッチングの効能を検証したものであった。一方、理学療法士が実際の臨床現場で理学療法評

価に基づいて行っているストレッチングは機能障害を生じている筋を特定したストレッチングであることが多い。そのため、これまでの研究成果は臨床現場に反映されてこなかった。

著者はこの点に注目して、この乖離を解決すべく筋を特定した個別的アプローチによるストレッチである Individual Muscle Stretching（以下IDストレッチング）をとりあげ、従来のストレッチングと比較した上で、IDストレッチングの考え方に基づいて自分自身で行う Active Individual Muscle Stretching（以下AIDストレッチング）の効果と機序を明らかにした。

本論文に先立って、著者はIDストレッチングが従来のストレッチングより関節可動域（柔軟性）を増大し、等速性筋出力を低下させることを明らかにしている。このことはIDストレッチングが従来のストレッチングと同様に筋の伸張性や柔軟性を改善し、身体運動に関連する骨格筋の機能障害を改善することを示している。本来、ストレッチングは伸張性や柔軟性を改善させても、その改善は姿勢、運動負荷、ストレスなどにより容易に元の状態に戻ってしまう。臨床現場で用いられるIDストレッチングも例外でなく、ストレッチングの効果は一過性である。そのため、効果を持続させ機能障害の改善を維持するためには理学療法士により繰り返される必要がある。著者はこれを解決するための手段の一つとして理学療法士に頼らず自分自身でストレッチングを行う Active Individual Muscle Stretching（以下AIDストレッチング）の有用性に着目した。著者は本論文で、IDストレッチングの考え方に基づいて自分自身で行うAIDストレッチングが従来のストレッチングと同様な効果を達成できるかどうかを検討し、その効果と機序を明らかにし、セルフプロモーションのための方法としての有用性を確立しようと試みている。

論文は二つの臨床研究で構成されている。一つはAIDストレッチングの効果を柔軟性および等速性筋出力への影響の面から検討した研究である。ストレッチングを行う際の施行肢に加える外力を定量できるハンドヘルドダイナモメーターを用いて制御して客観性を担保していること、また、筋機能の評価にあたっては、柔軟性の評価は日本リハビリテーション医学会評価基準委員会が定めた方法（奈良・他、2009）に順じ、著者以外の理学療法士が関節可動域測定器具ゴニオメーター（メディカ株式会社製）を用いて客観的に測定していること、等速性筋出力の測定には、等速性筋力測定器Cybex770-NORMを使用するなど、得られたデータの信頼性は高い。この検討の結果、AIDストレッチングは関節可動域の増大（柔軟性の向上）、一時的な等速性筋出力の低下をもたらすことが明らかとなった。この効果は理学療法士が行うIDストレッチングと同程度であり、AIDストレッチングはセルフケアプロモーションのための方法として用いることが可能であること判明した。

二つ目はAIDストレッチングの効果として明らかになった筋緊張抑制効果をもたらしている神経生理学的機序を明らかにする研究である。末梢神経の電気刺激によって誘発される筋電図である誘発筋電図を用いた検討で、測定できたM波およびH波の分析から明らかになったことはAIDストレッチングが脊髄運動細胞の興奮を抑制する働きをもたらし、筋緊張抑制効果を示すことである。

本論文は、AIDストレッチングが筋機能に及ぼす影響について検討した論文である。この論文でIDストレッチングの考え方に基づいて自分自身で行うAIDストレッチングが柔軟性および等速性筋出力の面で従来のストレッチングや理学療法士が行うIDストレッチングと同様な効果を達成できること、その機序として脊髄運動細胞の興奮抑制が関与することなど、重要な新知見が明らかにされている。このことは同時にAIDストレッチングがセルフケアプロモーションの手法の一つとして有用であることを示している。これらの知見は、この論文が高齢化社会における国民の健康増進に貢献できる情報を提供すると予測させる。以上のことを総合すると博士号に値する論文であると判断できる。