

## ■ 理学療法基礎系 13

### 477 拮抗筋電気刺激による筋力増強訓練の神経生理学的検討

田辺茂雄<sup>1)2)</sup>, 村岡慶裕<sup>3)2)</sup>, 山口智史<sup>2)</sup>, 渡邊知子<sup>2)</sup>, 今井秀治(OT)<sup>2)</sup>

1) 慶應義塾大学理工学部生命情報学科, 2) 慶應義塾大学月が瀬リハビリテーションセンター  
3) 藤田保健衛生大学衛生学部リハビリテーション学科

**key words** 拮抗筋電気刺激・筋力増強・H反射

#### 【背景と目的】

近年, 拮抗筋電気刺激 (Electrically Stimulated Antagonists, ESA) 法による主動作筋の筋力増強効果の検討が行なわれている。この手法は, ESAで生じた力に抗して主動作筋を随意的に収縮させるものである。しかし, 拮抗筋を電気刺激する事により, 主動作筋に対しては相反抑制が生じる。そのため, 主動作筋の随意収縮は相反抑制が生じた状態での非生理学的なものとなる。本研究では, 誘発筋電法を用いてESA法の安全性について神経生理学的検討を行なった。

#### 【方法】

対象はインフォームド・コンセントを得た健常成人14名とした。実験はESA法と通常の随意運動の違いを検討するため, 被験者を2群に分けて検討した。

ESA群では前脛骨筋に対して電気刺激を行いながら, 前脛骨筋の収縮に抗して随意的に足関節を底屈させた。電気刺激は, 治療的電気刺激装置 (江松社製) を用いて被験者が耐えられる最大強度で15分間 (刺激10秒, 休止20秒) 行なった。

随意運動群では, 実際の測定の前にも前脛骨筋に対して電気刺激を行い, 被験者が耐えられる最大刺激強度での足関節背屈トルクを測定した。その後, 測定された背屈トルクと同じトルクで随意的な底屈運動を15分間 (収縮10秒, 休止15秒) 行なった。トルクの計測には慶應義塾大学月が瀬リハビリテーションセンターで開発した足関節用Therapeutic excise machineを用いた。

運動前後にH反射測定を行い, 最大H反射振幅を最大M波振

幅で除した値 (Hmax/Mmax) を用いて検討を行なった。被検筋は随意運動を行なった足関節底屈筋であるヒラメ筋とした。それぞれの群で得られた運動前後のHmax/Mmaxは, 対応のあるt検定を用いて統計処理を行なった。

#### 【結果と考察】

ESA群のHmax/Mmaxは, 運動前が0.55, 運動後が0.57と若干の増加を認め, 随意運動群のHmax/Mmaxは運動前が0.65, 運動後が0.57と若干の減少傾向を認めた。しかし, 両群ともに運動前後で有意な差は認められなかった。

ESA法では, 電気刺激により拮抗筋のIa線維が刺激され, 主動作筋は相反抑制の影響を受けながら運動を行なう。もしこの影響が運動後に持続するならば, 通常の随意運動群と比較して運動後のHmax/Mmaxが減少すると考えられる。しかし, 両群ともに運動前後でHmax/Mmaxに有意な変化は認められなかった。したがって, ESA法は主動作筋に対して拮抗筋から非生理学的な入力があるものの, 運動後にその影響は持続しないことが示唆された。安全性に関しては, 運動中の影響についてさらに詳細に検討する必要があるものの, 本研究の結果からはESA法による筋力増強訓練の危険性は見当たらないと考えられる。

## ■ 理学療法基礎系 13

### 478 電気刺激による培養骨格筋細胞の筋肥大効果

西浜かずり<sup>1)</sup>, 岩田全広<sup>2)</sup>, 平澤 純<sup>2)</sup>, 村上太郎<sup>3)</sup>, 鈴木重行<sup>1)</sup>

1) 名古屋大学医学部保健学科, 2) 名古屋大学大学院医学系研究科リハビリテーション療法学専攻  
3) 名古屋工業大学大学院工学研究科物質工学専攻

**key words** 電気刺激・筋肥大・培養骨格筋細胞

【はじめに】筋力増強はリハビリテーション医療において現在でも重要な課題の一つである。筋力は筋断面積と相関すると言われており, 筋力増強と筋肥大は深い関係にある。電気刺激は骨格筋の成長を促す刺激の一つとして用いられ, 理学療法の臨床場面でも筋力増強や筋萎縮の予防を目的として一般的に施行されている。動物実験においても電気刺激により筋重量, 筋断面積増加などの筋肥大効果が報告がされている。しかし, 電気刺激によりどのような分子メカニズムで筋肥大が起こるのかは明らかにされていない。そこで本研究では, 分子メカニズムを解明するための一歩として, 培養骨格筋細胞に電気刺激を与え, その筋肥大効果について形態学的に検討した。

【方法】培養骨格筋細胞は, マウス骨格筋由来の筋芽細胞株C2C12細胞を用いた。コラーゲンコートした細胞培養皿に筋芽細胞をまき2日後に筋芽細胞を筋管細胞へと分化させるために培地を替えた。培養開始7日目より筋管細胞に3日間の電気刺激を行った。電気刺激装置は日本光電社製SEN-7203を用いた。対照は, 電気刺激を行った電気刺激群 (以下, ES群, n = 139) と非電気刺激群 (以下, CON群, n = 158) に分けた。電気刺激条件は, 矩形波, 刺激頻度1 Hz, 刺激持続時間2.5 msec, 電圧50 V, 刺激時間は5 min/hとした。筋肥大の評価は, 電気刺激終了後ギムザ染色を行い, PC上で1本の筋管細胞につき50 μm等間隔で計3カ所の横径を測定し, その平均値を採用した。筋管細胞の同定はトロポニンT抗体による免疫染色で確認した。検定にはWelch'st-t検定を用いた。

【結果】電気刺激による筋管細胞の収縮は培養7日目より観察

可能であった。筋管細胞の横径はES群 (平均18.25 ± 4.42 μm) がCON群 (平均14.07 ± 2.9 μm) より有意に増加した (p < 0.0001)。

【考察】培養骨格筋細胞は, 成長ホルモンや伸張刺激で肥大するが, 電気刺激による細胞レベルでの肥大を評価した報告はなかった。今回の電気刺激条件において, 培養骨格筋細胞が肥大することが分かった。しかしながら, 電気刺激による筋肥大の原因が電気的な刺激そのものによって引き起こされるものなのか, 電気刺激による培養骨格筋細胞の収縮が関係しているのか本研究では不明である。今後, 電気刺激による筋肥大に関わる分子メカニズムを解明していき, 筋力増強, 筋力低下の予防を目的とした科学的根拠に基づく治療方法の確立に繋げたい。