

筋の弛緩および収縮が同肢内の他筋の活動に及ぼす影響

身体運動科学研究領域
5015A017-2 国分 真秀

研究指導教員：彼末 一之 教授

【諸言】

ある筋の収縮や弛緩は、他肢の筋活動に影響を与えることが知られている。しかしながら、筋の弛緩および収縮が“同肢内”の他筋の活動に及ぼす影響についてはその詳細は未だ明らかとなっていない。そこで、本研究では右上肢を対象に、指関節屈曲と肩関節内転・外転動作、指関節屈曲と肘関節屈曲・伸展動作の二つの組み合わせにおいて筋の弛緩および収縮が同肢内の他筋の活動に及ぼす影響について検討した。さらに、指関節屈曲と肘関節屈曲・伸展動作の組み合わせにおいては前腕回外位・回内位の2つのポジションで行い、その差についても検討した。

【方法】

・**実験Ⅰ** 健康な成人男性9名(21.4±0.7歳)は肘関節を90°に屈曲し、前腕を固定した状態で椅子に座り、指関節屈曲と肩関節内転動作を組み合わせ、ある部位を持続収縮したまま他部位のみを弛緩/収縮する4種類の運動課題(以後タスク、図1)を各15回ずつランダムに行った。収縮の強度は全て最大随意収縮力の50%で行った。音合図前500msから音合図後2500msまでの3000ms間の第一背側骨間筋(FDI)、総指伸筋(ED)、三角筋中部(DM)、大胸筋上部(PMM)、上腕三頭筋(TB)の表面筋電図(EMG)および指関節屈曲力・肩関節内転力を計測した。導出したEMGの信号はA/D変換装置(ML880 powerlab 16/30, ADInstruments)を介してサンプリング周波数1kHzで取得した。持続収縮している力およびEMGが、同肢内の他筋の弛緩・収縮によりどのように変化するか観察した(図2)。Relaxation onset または Contraction onset を0msとした際の-500msから1999msまで、500msごとのキープしている力およびEMGの平均値を4課題それぞれに算出し、音合図前の平均値(Baseline)と比較した。

・**実験Ⅱ** 健康な成人男性10名(19.8±1.2歳)は実験Ⅰと同様の課題を肩関節外転動作で行った。

・**実験Ⅲ** 健康な成人男女10名(全員22歳)は、肩関節・肘関節を90°に屈曲し、前腕を回外した状態で椅子に座り、指関節屈曲と肘関節屈曲・伸展動作を組み合わせた実験Ⅰと同様のタスク8種類を各15回ずつランダムに行った(図1)。音合図前500msから音合図後2500msまでの3000ms間のFDI、短母指屈筋(FPB)、ED、上腕二頭筋(BB)、上腕三頭筋(TB)のEMGおよび指関節屈曲

力・肘関節屈曲/伸展力を計測した。持続収縮している力およびEMGが、同肢内の他筋の弛緩・収縮によりどのように変化するか観察した。実験Ⅰと同様の解析を行った

・**実験Ⅳ** 健康な成人男女10名(22.5±2.5歳)は実験Ⅲと同様の実験を前腕回内位にて行った。

Keep: 持続収縮 Relax: 収縮→弛緩 Contract: 弛緩→収縮				
実験Ⅰ 「指×肩外転」	①指Keep 肩内転Relax	②指Keep 肩内転Contract	③指Relax 肩内転Keep	④指Contract 肩内転Keep
実験Ⅱ 「指×肩内転」	①指Keep 肩外転Relax	②指Keep 肩外転Contract	③指Relax 肩外転Keep	④指Contract 肩外転Keep
実験Ⅲ 「指×肘屈曲/伸展」 (前腕回内位)	①指Keep 肘屈曲Relax	②指Keep 肘伸展Relax	⑤指Relax 肘屈曲Keep	⑥指Relax 肘伸展Keep
	③指Keep 肘屈曲Contract	④指Keep 肘伸展Contract	⑦指Contract 肘屈曲Keep	⑧指Contract 肘伸展Keep
実験Ⅳ 「指×肘屈曲/伸展」 (前腕回外位)	①指Keep 肘屈曲Relax	②指Keep 肘伸展Relax	⑤指Relax 肘屈曲Keep	⑥指Relax 肘伸展Keep
	③指Keep 肘屈曲Contract	④指Keep 肘伸展Contract	⑦指Contract 肘屈曲Keep	⑧指Contract 肘伸展Keep

図1 タスク説明

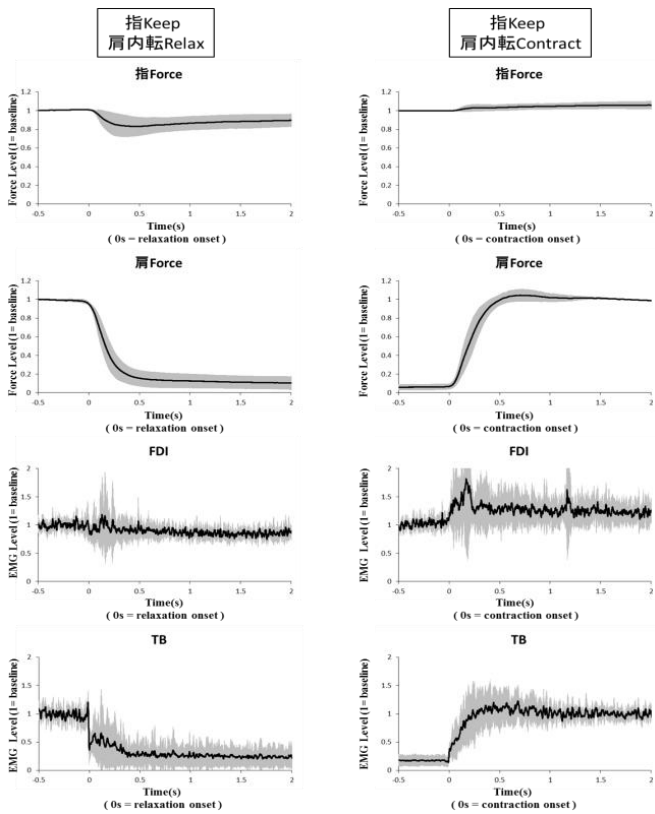


図2 実験Ⅰ全被験者の Force/EMG の平均および標準偏差
(タスク①・②)

【結果】

図 2・3 は実験 I のタスク①・②の結果で肩関節内転筋の弛緩により Keep していた指関節屈曲力は有意に減少し、収縮により有意に増加した。また、肩関節内転筋の弛緩により Keep していた FDI の活動は有意に減少し、収縮により有意に増加した。

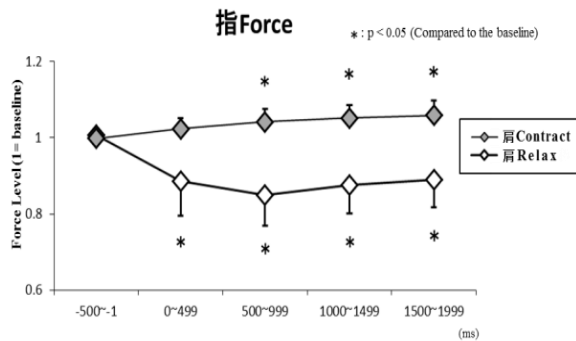


図 3 実験 I 持続収縮力の 500ms ごとの変化
(タスク①・②)

実験 I ～IVのすべての結果を図 4 にまとめた。ある部位を弛緩するとほぼ全ての組み合わせで同肢内の他筋の活動は低下した。一方で、より近位にある筋を収縮するとより遠位にある筋の活動は増加した。しかしながら、より遠位にある筋を収縮すると、その力の向きが内側方向の場合はより近位にある筋の活動にあまり影響を及ぼさず、外側方向の場合は活動が低下した。また、前腕の回内位・回外位における差はほとんど見られなかった。

【考察】

これまでに、前腕の筋を持続収縮する際に下腿の筋を弛緩すると、前腕の収縮力が減少することが明らかとなっている (Kato et al., 2015)。本研究によりある部位を弛緩するとほぼ全ての組み合わせで同肢内の他筋の活動は低下した。以上より、ある筋の弛緩は、離れた筋 (異なる肢) から近くの筋 (同肢) まで、全身の筋活動を抑制することが示唆された。

本研究により、より近位にある筋を収縮するとより遠位にある筋の活動が増加することが明らかとなった。より近位の筋を収縮する際はより遠位の筋も収縮を必要とすることが多くあることが想定される。例えばドアを開ける際は肘関節屈曲/伸展筋を収縮すると共に、ドアノブを握むための指関節屈曲筋も収縮する必要がある。このような機能的な意義から、より近位にある筋の収縮はより遠位にある筋の活動を促通することが示唆される。

一方でより遠位にある筋を収縮すると、その力の向きが内側方向の場合はより近位にある筋の活動に影響を及ぼさず、外側方向の場合は活動が低下した。指関節筋の

神経カップリングは、内側方向への力発揮の方が強い結びつきであることが考えられる。このような理由から影響の差が生まれたことが考えられる。

↓	: Keepの力低下
↑	: Keepの力増加
→	: Keepの力変化なし

実験 I・II		Relax		Contract	
Change	Keep	Force	EMG	Force	EMG
		↓	↓	↑	↑
		↓	→	→	↑
		↓	↓	→	→
		↓	↓	→	↓

実験 III		Relax		Contract	
Change	Keep	Force	EMG	Force	EMG
		↓	↓	↑	↑
		↓	↓	↑	↑
		↓	↓	→	→
		↓	↓	↓	↓

実験 IV		Relax		Contract	
Change	Keep	Force	EMG	Force	EMG
		↓	↓	↑	→
		↓	↓	↑	→
		↓	↓	→	→
		↓	↓	↓	↓

図 4 実験 I ～IV結果のまとめ

【結論】

ある筋の弛緩は他肢同肢に関わらず、全身の筋活動を抑制すること、そして、それは弛緩直後に全身同時に影響が及ぶことが示唆された。また、ある筋の収縮は、同肢内のより遠位にある筋の活動を促通し、一方で、より近位にある筋の活動は、その力の向きが内側方向の場合は影響を与えず、外側方向の場合は抑制するという事が示唆された。さらに、前腕の回内/回外位のポジションの違いによる影響の差はほとんど無いという事が示唆された。