

ヒトのヒラメ筋におけるホフマン反射の運動後増強

人間行動システム研究領域

3804C016-3 植松梓

研究指導教員：鈴木秀次教授

【緒言】:ヒトの身体運動は、筋活動によって起こされる。筋活動は、上位中枢と末梢からの指令が最終共通路である α 運動ニューロンプールに伝えられ、その筋を支配する α 運動ニューロンが興奮することで起こる。この α 運動ニューロンプールの興奮性が高ければ、より多くの運動単位を動員でき、高い筋張力発揮や刺激に対する素早い反応が必要とされるスポーツなどのパフォーマンス向上につながる可能性がある。

α 運動ニューロンプールの総合的な興奮性を示す指標としてH反射(Hoffmann-reflex)の振幅変化が用いられる。これまで、等尺性筋活動後10-60秒程度H反射は減少(PAD)することが明らかにされた(Crone and Nielsen 1989)。近年、伸張性・短縮性筋活動からなる反復運動を行うと、運動後にH反射が増強(PEP)する可能性があることが報告された(Trimble and Harp 1998)が、筋長や筋活動量の変化がH反射に及ぼす影響について言及しておらず、その要因については不明な点が多い。そこで本研究では、一定のキネマティクス条件下における伸張・短縮局面の筋活動の有無によって4種類の運動パターンを設定し、それぞれの運動課題と経過時間の側面からPEPの要因を検討した。

【方法】:被験者は心身ともに健康な成人男性6名とした。短縮局面(Shortening : SHO)において筋活動を伴う短縮(AS)と受動的短縮(PS)、伸張局面(Lengthening : LEN)において筋活動を伴う伸張(AL)と受動的伸張(PL)を組み合わせ、AL & PS, PL & AS, PL & PS, AL & ASの4種類の運動課題を設定した。被験者の足関節を、 110° を基準に背屈方向に 10° 、底屈方向に 20° の運動範囲で各運

動課題を10回 \times 6セット行わせた。

筋活動を伴う局面の筋活動量は30%MVCとした。各運動課題前(control値)および各運動課題後(post-condition)10分間、テスト刺激強度でH反射を誘発した(刺激頻度0.1Hz)。誘発されたH反射は帯域フィルタ10-2000Hzを通過させて増幅し、4kHzのサンプリングレートで記録した。

各post-conditionの60回分のH反射は10回ごとに6ステージ(ST1-ST6)に分類し、ステージごとの平均値を求めた。得られたデータはcontrol値を基準として百分率で表し、標準化した。このデータについて、(対応あり) \times 7(対応あり)の二元配置分散分析を行った。運動課題の単純主効果はTukeyの方法で、経過時間の単純主効果はDunnettの方法で多重比較検定を行った。全ての検定における有意水準は5%とした。

【結果】:各post-conditionから得られたデータに関して、運動課題 \times 経過時間の交互作用($p < 0.05$)、運動課題の主効果($p < 0.05$)、経過時間の主効果($p < 0.01$)が認められた。

PL & ASのST4ではH反射の有意な増強($p < 0.05$)が見られた。AL & PSとAL & ASではST1においてH反射の有意な減少($p < 0.05$, $p < 0.01$)が見られた(図1)。

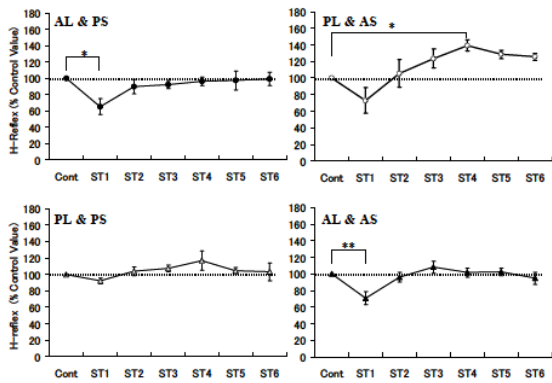


図1 各運動課題におけるH反射の経時的変化

ST3 とST5 においてAL & PS はPL & AS と比べて有意に低く($p < 0.05$), ST4 ではPL & AS と比べAL & PS, PL & PS, AL & AS は有意に低かった($p < 0.01$, $p < 0.05$, $p < 0.01$) (図2).

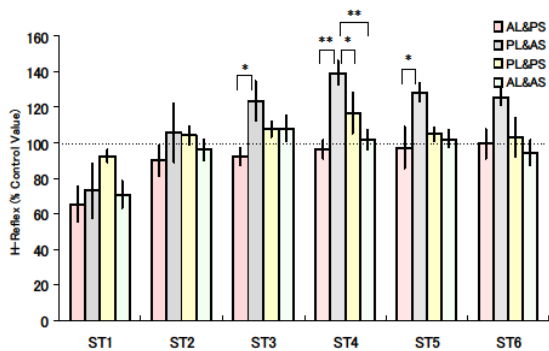


図2 各ステージにおけるH反応の運動課題間の比較

【考察】PL 中は末梢性の抑制性入力と神経伝達物質の減少によってH 反射が減衰し, PS 中は筋紡錘の発火の欠如によって神経伝達物質貯蔵量が伸張時と比べ一時的に増加しH反射が増大する(Hultborn et al. 1996, Pinniger 2001). しかし, PL & PS において運動後のH 反射の変化が見られなかったことから, PL とPS は運動後のH 反射に影響を及ぼさないと考えられる. または, Hultborn et al. (1996)が報告した受動的運動後10 秒程度のH 反

射の減少やAvela et al. (1999)が報告した運動後のごく短期的なH 反射の減少は, 運動後100 秒以内に消失すると考えられる.

運動後増強が起こったPL & AS の AS 中は, 上位中枢および末梢由来の興奮性入力 α 運動ニューロンプールに投射されることによってH反射が促通されている(Sekiguchi et al. 2003). そこで, PL が運動後のH 反射に及ぼす影響が少なくとも運動後100 秒以内に消失するならば, PEP の要因はASであると考えられる. 従って, AS 中の上位中枢由来の興奮性入力による運動中のH 反射の促通は, 運動後にH 反射の増強効果を及ぼすと推察できる. また, PL & AS ではST1 において有意水準には達しないH反射の減少が見られたが, これは等尺性筋活動後におけるH 反射のPAD として報告されてきた結果と矛盾しない(Crone and Nielsen 1989). 従って, 随意筋活動(α - γ co-activation による)によって連続的な筋紡錘の発火が生じ, 神経伝達物質の一時的な減少が起こったと考えられる (Hultborn et al. 1996). そして, AS によるH 反射の増強効果がST1 以降徐々に優勢になり, ST4 では他の運動課題と比べてH 反射の有意な増大と, 同運動課題のcontrol値と比べた有意なH反射の増強が起こったと推察できる.

AS を含むにもかかわらずPEP が起こらなかったAL & AS のAL 中は, 筋紡錘の発火頻度が非常に高い(Burke et al. 1978). しかし, Romano and Schieppati (1987)はAL 中のH 反射の抑制を報告している. 生体が持つ神経機構に矛盾したこの報告に対して, Sekiguchi et al. (2003)はAL中の下行性経路によって賦活される抑制性介在ニューロンによってIa 求心性入力由来の α 運動ニューロンプールの高い興奮性が抑圧されるという神経機構で説明している. 従って, AS中の上位中枢由来の興奮性入力は運動後のH反射増強の要因になり, AL 中の上位中枢由来の抑制性入力によるH反射抑制は運動後のH反射減少の要因になる可能性が考え

られる。この仮説が正しければ、AL & PS がST2 以降徐々にcontrol値に近づくのに対しAL & ASが比較的早くcontrol 値に近づいたことは、H 反射に対するASの運動後増強効果とALの運動後抑制効果が相殺し合ったためと説明できる。

【結論】:本研究は、同じキネマティクス条件下において筋の伸張・短縮局面の筋活動パターンを変え

ることで、これまでにH 反射のPEP として報告されていた現象の要因を明らかにすることを目的とした。

本研究によって、目的とする筋に受動的伸張と短縮性筋活動からなる反復運動を十分に与え、運動後300-400 秒程度経過させることでPEP が起きることが明らかになった。