

ヒトのヒラメ筋におけるホフマン反射の運動後増強

Post-exercise Potentiation of the Hoffmann-reflex in Human Soleus Muscle

植松 梓 (Azusa Uematsu) 指導：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、脳・脊髄中枢と末梢からの指令が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。α運動ニューロンプールの興奮性が高まれば、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はH反射 (Hoffmann-reflex) の大きさで評価される。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。筋活動を伴う短縮 (AS) と受動的短縮 (PS)、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×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)。各post-conditionの60回分のH反射は10回分ごとに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。全データについて、4 (対応あり) × 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】**：全データには運動課題×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)。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)。**【考察】**：受動的な筋伸張・短縮中は神経伝達物質質量の変化に因るH反射の変化が起こる (Hultborn et al. 1996, Pinniger 2001)。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反射の減少は、運動後100秒以内に消失すると考えられる。PEP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にα運動ニューロンプールに投射されている (Sekiguchi et al. 2003)。PLが運動後のH反射に及ぼす影響は少なくとも運動後100秒以内に消失すると考えられるため、上位中枢由来の興奮性入力に、運動後のH反射増強効果を及ぼすと推察できる。従って、ASの随意筋活動によって神経伝達物質質量の一時的な減少が起こった (Hultborn et al. 1996) 後、上位中枢由来の興奮性入力によるH反射増強効果が徐々に優勢になったと考えられる。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、上位中枢由来の抑制性入力によって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 (Sekiguchi et al. 2003)。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。

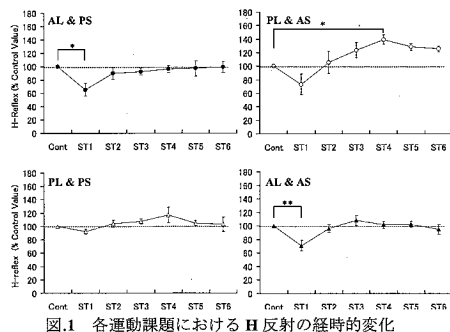


図1 各運動課題におけるH反射の経時的変化

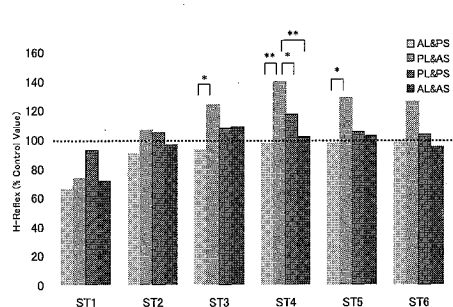


図2 各ステージにおけるH反射の運動課題間の比較