

Space Medicine

筋骨格系の最適トレーニングシステムを目指して 国際宇宙ステーションに長期滞在する宇宙飛行士の 筋骨格系廃用性萎縮へのハイブリッド訓練法の効果

Hybrid Training

背景

ヒトの筋肉や骨は、負荷をかけていないとどんどん小さくなり、次第に機能しなくなる“萎縮”という現象が起きることが知られています。これは、微小重力空間である宇宙に長期間滞在する宇宙飛行士の、大きな問題のひとつとなっています。実際例として、6か月の国際宇宙ステーション(ISS)滞在中で、腓腹筋(ひふくきん:ふくらはぎ部分の筋肉)やヒラメ筋(ふくらはぎの奥の筋肉)が、32%も萎縮するという報告もあります。この筋や骨の衰えを防ぐために、宇宙飛行士は毎日2時間の集中したトレーニングを行う必要があります。

志波直人先生の研究グループは、小型の装置で簡易に効率よく筋肉や骨を維持するための「ハイブリッドトレーニング」を開発しました。これは、肘を伸ばす運動を行う際に、同時に肘を曲げるための反対の筋肉側に電気刺激を加えて伸ばす運動の抵抗にする、という原理のコンパクトな装置です。曲げる運動ではこの逆となります(図1)。

この装置が採用している遠心性収縮は、縮む筋肉が重力や外からの力で引き伸ばされる状態をつくりだすもので、従来の電気刺激による等尺性や求心性収縮を用いたトレーニング法に比べると、同じ電気刺激でより大きな力を利用でき、効果が大きいと言えます。

ハイブリッドトレーニングについては、これまで、さまざまな地上実験、臨床実験が実施されています。例えば、人工膝関節手術後の早い段階からハイブリッドトレーニングを行い、安全に術後の筋萎縮を抑え、筋力増強効果を得た結果があります(図2、3)。

目的

本実験の最終目標は、ISSに長期滞在する宇宙飛行士における筋や骨の萎縮を、効率よく安全に予防する“医学運用機器”として、「ハイブリッドトレーニング」装置を多くの飛行士に使ってもらうことです。

本来ハイブリッドトレーニングは身体のいろいろな場所に使うことができますが、今回は最初の検証実験として、宇宙飛行士の上腕片腕に対して筋萎縮を防ぐ効果を確認します。また、宇宙でのハイブリッドトレーニング装置の機能や操作のしやすさを検証します。

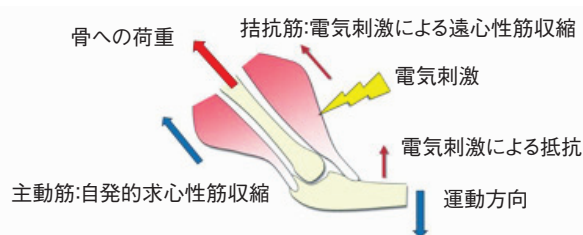


図1 ハイブリッドトレーニング原理
肘を伸ばす際の例。肘を曲げる時はこの逆になる。



図2 ハイブリッドトレーニングの臨床例
これまで、さまざまな地上実験、臨床実験が実施されています。例えば、人工膝関節手術後の早い段階からハイブリッドトレーニングを行い、安全に術後の筋萎縮を抑え、筋力増強効果を得た結果があります。

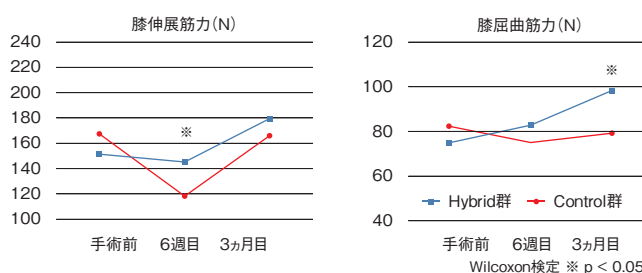


図3 膝関節のハイブリッドトレーニング効果
(人工膝関節手術後約10日目から開始)

膝関節伸筋力(膝を伸ばす力)は、これまでのリハビリテーションの内容のControl群では手術後6週目で低下しましたが、ハイブリッドトレーニングを用いたHybrid群では低下を抑えることができました。膝関節屈筋力(膝を曲げる力)は、Control群で低下傾向でしたが、Hybrid群で6週目に18.7%増加し、3か月目でさらに増加していました。

実験内容

実験では、飛行前に被験者となる宇宙飛行士に適切な電気刺激強度を測定します。これは、「不快と感じない最大の電圧(MCSV: Maximum Comfortable Stimulation Voltage)」の80%以下の値で設定します。

ISS滞在中には、被験者のきき腕ではない上腕のみにハイブリッドトレーニング装置をつけます(図4、5)。そして予め地上で測定した数値に基づいて電気刺激強度を設定し、週3回、連続4週間、計12回の肘屈伸によるハイブリッドトレーニングを実施します。1回のトレーニングは、2秒毎の屈伸運動を10回1セットとし、セット間は1分間休憩を入れて10セット行います。

そして4週間の訓練の前後に、両腕の筋力と太さを計測し、左右を比較します。



図4 ハイブリッドトレーニング用電気刺激装置



図5 ハイブリッドトレーニング上肢用サポータ

ココがポイント!

ハイブリッドトレーニングは、従来の方法でのトレーニングと組み合わせて使用することも可能で、例えば、エルゴメータで有酸素運動を行うトレーニングを行う際に使用することで、有酸素運動と同時に筋力トレーニング効果も期待できます(図6)。

筋や骨が衰える現象は宇宙ばかりではありません。地上でも寝たきりの方や運動をする機会の少ない高齢者、さらには手術直後や人工透析などで、活動性が低下している方々に共通する大きな問題であり、このようなケースへの応用も検討されています。

ハイブリッドトレーニングは、宇宙でのヒトの活動のみならず、地上での臨床医学、高齢化社会に、大掛かりな装置無しに、筋や骨の萎縮を防ぐことができる、「いつでも、どこでも、だれにでも役に立つ」、「ユビキタス訓練」として期待されます。



図6 エルゴメータとハイブリッドトレーニングを同時使用した地上実験

プロフィール



志波 直人

久留米大学医学部 教授

専門：整形外科、
リハビリテーション