

一般演題12-1

シミュレーション飽和潜水時における静的筋力発揮時の疲労発現

岩川孝志

海上自衛隊潜水医学実験隊 実験第3部

【背景】

我々はこれまで、概ね深度150mを超える飽和潜水(D-SAT)において、最大筋力(MVC)が低下することを報告して来ている^{1,2)}。最大筋力が低下した場合に、筋収縮の絶対負荷を軽減しなければ相対負荷が増大する。運動の最大持続時間は相対負荷強度に応じて短縮して行くことは知られている³⁾。従って、D-SATにおいて通常大気圧空気環境(1ATA)と同じ絶対強度の筋収縮を行えば、MVCの低下から相対負荷が上昇して、疲労発現が1ATAよりも早くなることが予想される。その一方で、D-SATでは環境の酸素分圧を上昇させる。吸入気の酸素分圧を上昇させた場合、活動筋への酸素供給が増大から疲労発現が遅延したとの報告があり⁴⁾、D-SATにおいても筋収縮を行った場合に疲労発現が遅延することも考えられる。現在では被験者を疲労困憊に至らせることなく筋電図の変化を持って、筋収縮時の疲労を評価できると考えられている^{5,6)}。そこで本研究では、1ATAと深度約200mのシミュレーション飽和潜水時において静的筋力発揮時の筋電図を比較することで、大気圧空気環境と深深度飽和潜水時において同じ絶対負荷での筋収縮を行った際に、深深度飽和潜水時は大気圧空気下よりも疲労発現が遅延するのか、あるいは早まるのかを検討することを目的とした。

【方法】

成人男性7名(年齢40.3±3.5歳)に対し、酸素分圧0.21ATAの空気・大気圧下(1ATA)および酸素分圧0.42ATAのヘリウム酸素・200～250m相当圧下(D-SAT)において、利き手を用いた掌握運動を最大努力で3秒間実施させた後に、10kg・15kg・20kgの負荷で各30秒間静的に実施させた(漸増負荷。各負荷の間の休息は30秒間とした)。主動筋である浅指屈筋から筋電図を1kHzの頻度で記録した。得られた筋電図を全波整流・積分し、運動中における時間当たりの変化を求めたiEMG-slopeと、筋電図の平均周波数の運動中における時間当たりの変化を求めたMPF-slopeを算出した。

【結果および考察】

D-SATにおける最大掌握力は44.7±7.3kgであり、1ATAの最大掌握力(50.8±6.5kg)と比較すると、D-SATにおいて最大筋力は有意に低下していた($p<0.05$)。これにより10kg・15kg・20kgの各負荷は相対負荷に直すと、いずれも1ATAと比較してD-SATで有意に高値であった(いずれも $p<0.05$)。筋収縮強度と環境圧による2要因の繰り返しのある分散分析を行ったところ、iEMG-slope、MPF-slope、いずれにおいても交互作用は観察されず、環境圧の主効果が有意であったのはMPF-slopeのみであった($p<0.05$)。そこで、多重比較を行ったところD-SATにおいて負荷が15kgの場合、1ATAよりも有意に高値であった。このことは、大気圧空気環境と深深度飽和潜水において同じ絶対負荷での筋収縮を行った際に、深深度飽和潜水では大気圧空気下よりも疲労発現が早まることを示唆している。iEMG-slopeとMPF-slopeの結果が一致していない理由として、前者は疲労に伴う新たな運動単位の動員や発火頻度の増加を反映しているのに対し⁵⁾、後者は疲労に伴う筋線維伝導速度の遅延や運動単位発射の同期化を反映しているとされており⁶⁾、深深度飽和潜水においては後者の、すなわち筋線維伝導速度の遅延や運動単位発射の同期化が助長され、大気圧下よりも筋疲労が早く生じるものと推察される。

引用文献

- 1) 岩川孝志ら：高気圧環境における瞬発的筋力発揮機能について。潜水医学実験隊報告2006；22：1-5。
- 2) 岩川孝志：潜水員の基礎的運動機能に関する研究。潜水医学実験隊報告2011；27：10-15。
- 3) Monod H et al. : The work capacity of synergic muscular group. *Ergonomics* 1965 ; 8 : 329-338.
- 4) Hogan MC et al. : Human muscle performance and PCr hydrolysis with varied inspired oxygen fractions a 31P-MRS study. *J Appl Physiol* 1999 ; 86 : 1367-1373.
- 5) Maton B : Human motor unit activity during the onset of muscle fatigue in submaximal isometric isotonic contraction. *Eur J Appl Physiol Occ Physiol* 1981 ; 46 : 271-281.
- 6) Broman H et al. : Myoelectric signal conduction velocity and spectral parameters : influence of force and time *J Appl Physiol* 1985 ; 58 : 1428-1437.