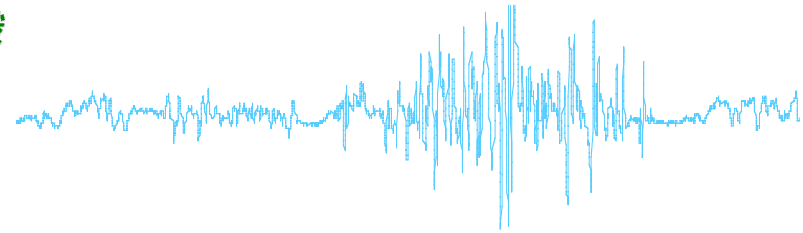


Analysis

- **低負荷と高負荷とで筋疲労の機序は同じか？**
 - 筋疲労とは筋張力が減少すること？
 - 新たなMUリクルートメントはあるのか？



お題

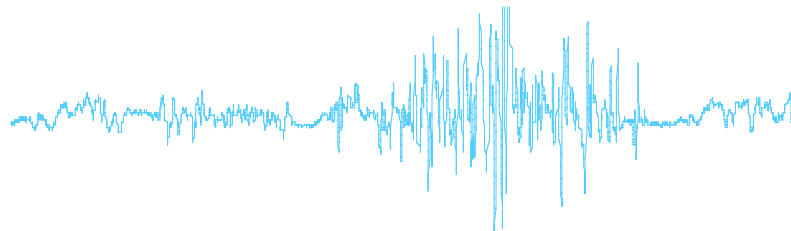
高強度収縮と低強度収縮とで筋疲労の機序は同じか？

高負荷

低負荷

60~70%MVC 20~30%MVC

○木塚朝博（筑波大），山田 洋（産総研）



最大随意収縮疲労と最大下随意収縮疲労

疲労に伴うEMGとForceの変化

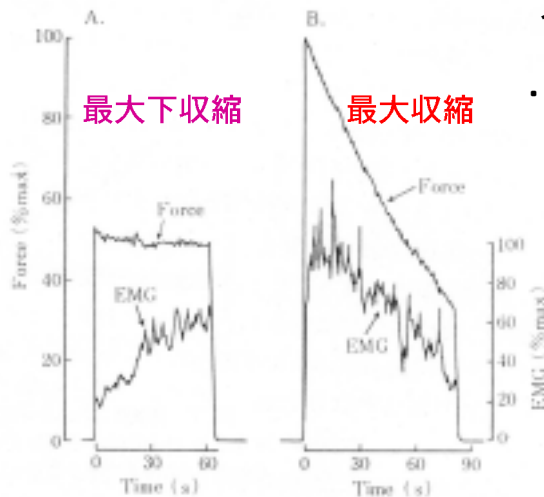


図3 持続性筋力発揮における筋力と筋電図の変化

Bigland-Ritchie (1981)

最大収縮による疲労

張力低下を伴う。

- ・筋細胞外 K^+ イオンの蓄積 (Na^+ イオンの枯渇) によって生ずる筋興奮電位の伝達減損
- ・運動単位動員数, 平均スパイク発射頻度, スパイク振幅の低下

最大下収縮による疲労

張力は維持されるが, やがて Failure pointに至る。

- ・筋代謝物 (乳酸, H^+ 等) の蓄積によるpHの低下による筋細胞内酸性化
- ・代償的運動単位の動員, すでに参加している運動単位のインパルス発射頻度の増加

疲労のメカニズム

運動駆動の減弱

- ・運動野錐体細胞の興奮性低下↓
- ・運動ニューロンの興奮性低下↓

神経・筋接合部の機能低下

- ・化学伝達物質↓

代謝副産物の蓄積

- ・乳酸↑, H^+ ↑, pH↓
- ・ Pi ↑, NH_3 ↑

エネルギー供給率低下

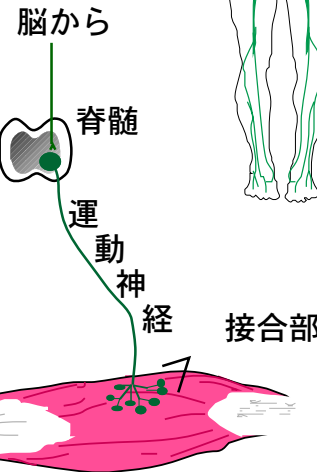
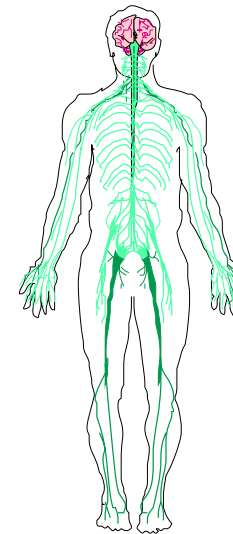
- ・PFK活性↓, 解糖反応↓, ATP↓

筋膜脱分極障害

- ・ATP依存 Na^+K^+ ポンプ↓
- ・ K^+ イオン細胞外流出↑
- ・膜電位上昇↑
- ・筋膜興奮度↓

興奮収縮連関不全

- ・T管興奮伝導↓
- ・筋小胞体からの Ca^{++} 放出↓
- ・筋小胞体への Ca^{++} 取り込み↓
- ・筋弛緩速度↓
- ・アクチン: ミオシン架橋形成不全↑

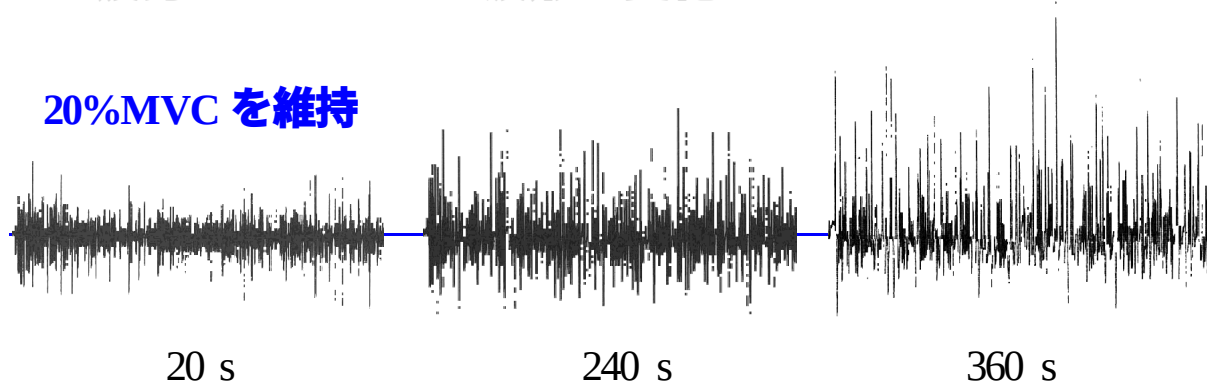


森谷 (1992) を参考

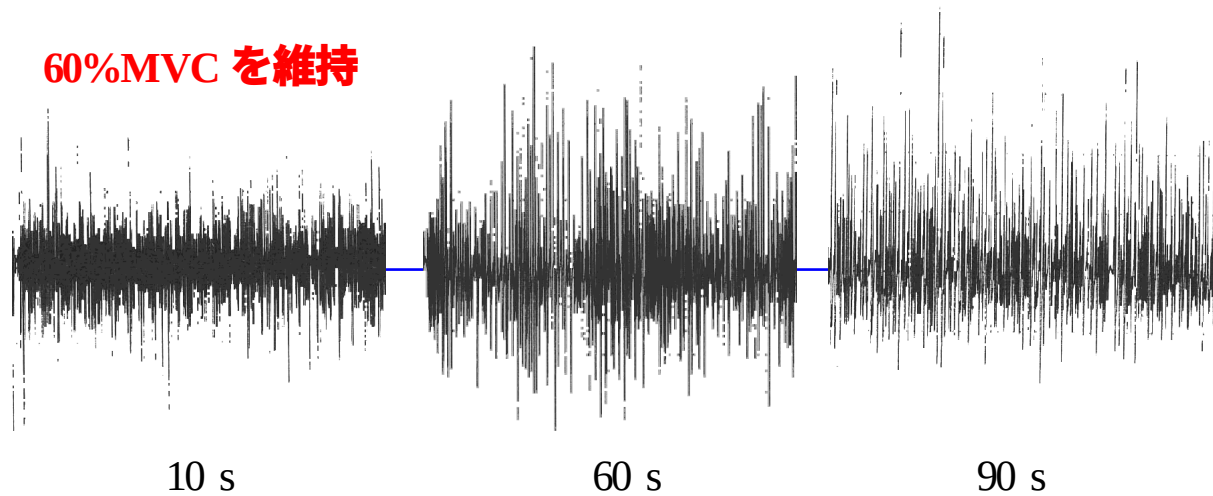
低強度収縮疲労と高強度収縮疲労

疲労によるEMG生波形の変化

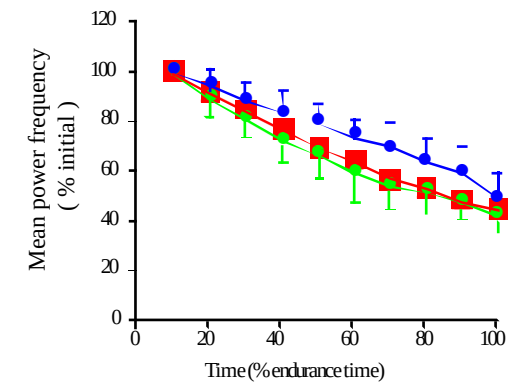
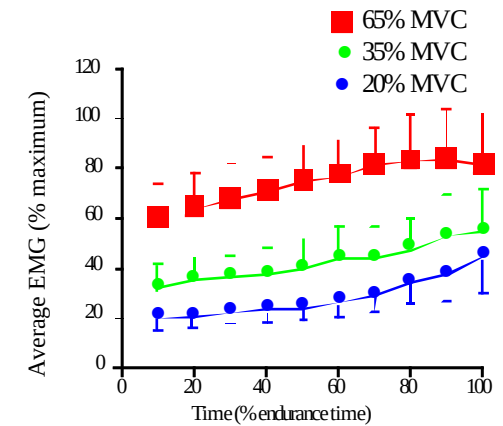
20%MVC を維持



60%MVC を維持

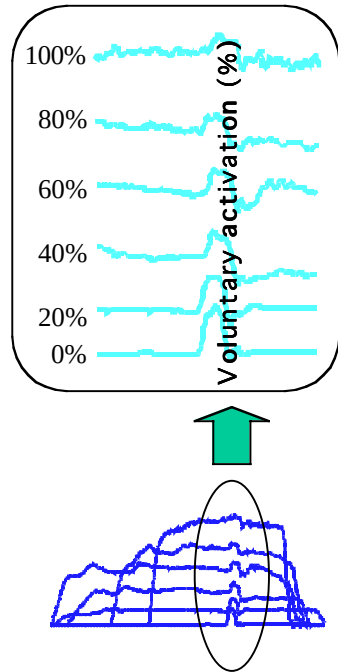


疲労に伴うEMG変数の変化

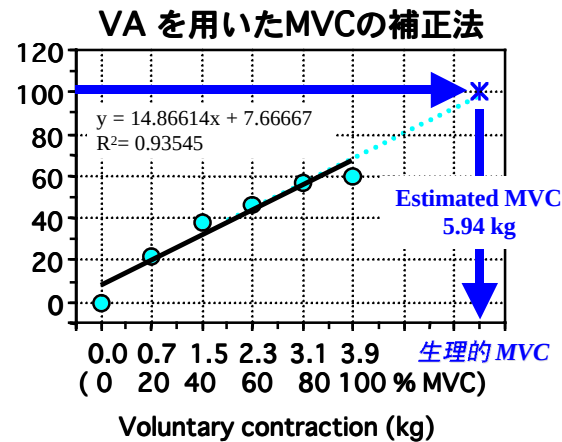


Fuglevand et al. (1993)

～計測・解釈の注意点～



真のMVC



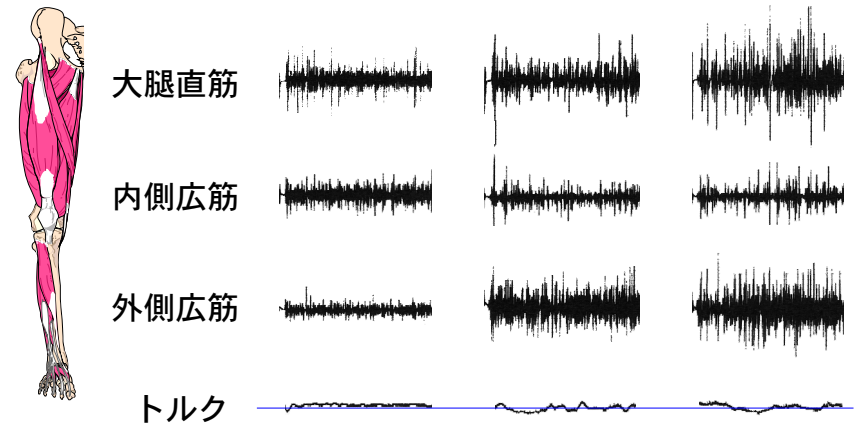
山田ら (2001)

常識：真のMVCが発揮されていないと
持久時間が長くなる。

→電気刺激を併用すると真のMVCを
推定できる。

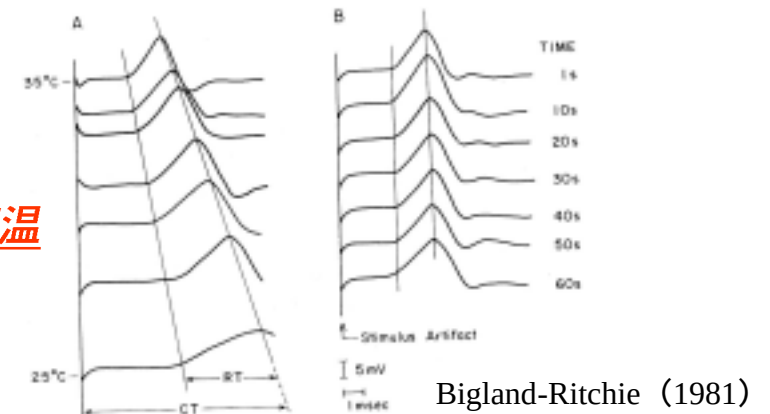
→心理的限界を含めて、結果を解釈
する。

共同筋の参画



常識：疲労に伴い共同筋が参画する場合がある。
→共同筋のEMGモニタ，収縮力の多軸計測を行う。

筋温



常識：筋温上昇はEMG変化に影響を与える。
→筋温をモニタし，必要なら補正する。
(特に，動的収縮，伸張性収縮時)