

Erő, munka, teljesítmény

I. Célkitűzés

Erő, munka, teljesítmény fogalmának megismerése. Fizikai munka és izommunka összefüggései, viszonyaik a teljesítménnyel. Bevezetés a *Biopac* mérőrendszer használatába.

II. Elméleti háttér

Fizikai munkavégzés akkor történik, amikor egy testre kifejtett erő hatására a test elmozdul. Abban a legegyszerűbb esetben, amikor az erő az elmozdulás függvényében állandó, a végzett munkát az erő és az erő irányába eső elmozdulás szorzataként definiálhatjuk:

$$W = \mathbf{F} \cdot \Delta \mathbf{s}$$

A fizikai munka tehát az erő és az elmozdulás vektorainak skaláris szorzata.

Ha az erő és az elmozdulás iránya α szöget zár be, nem a teljes F nagyságú erőt, hanem ennek csak a mozgás irányába eső vetületét vesszük figyelembe, azaz,

$$W = F_t \cdot \Delta s = F \cdot \Delta s \cdot \cos \alpha$$

Általános esetben az erő-elmozdulás függvény nem állandó. Az A és B végpontok közti elmozdulás ekkor felbontható n darab Δs_i hosszúságú elemi szakaszok, amelyeken belül a pillanatnyi erő (F_i) és annak érintőirányú komponense (F_{ti}) állandó. Ezeken a szakaszokon végzett munkákat összegezve kaphatjuk meg az A és B pontok közt elvégzett munkát:

$$W = \sum_{i=1}^n F_{ti} \cdot \Delta s_i$$

Ha az elemi elmozdulások értékét igen kicsire, csaknem nullára választjuk, vagyis ha a felosztást minden határon túl finomítjuk:

$$W = \int_A^B F_t(s) ds$$

Vagyis az összes munkát az erő-elmozdulás grafikonon a görbe alatti terület adja.

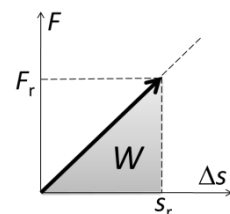
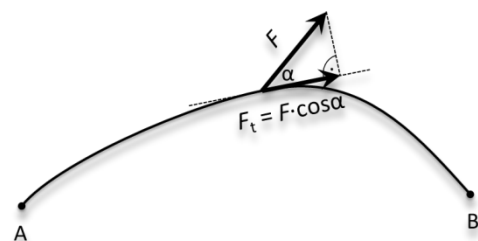
Egy rugó s_r hosszal való megnyújtásához

$$F_r = D s_r$$

nagyságú erőt kell kifejteni, ahol D a rugóállandó, vagyis a rugó egységnyi alakváltozásához szükséges erő mértéke ($D = F_r/s_r$). A rugó nyújtása során az erő is változik a megnyúlással, ezért az ábrának megfelelően a rugó adott mértékű alakváltozásához szükséges munkát a rugó erő-elmozdulás összefüggéséből határozhatjuk meg:

$$W_r = \frac{1}{2} F_r \cdot s_r = \frac{1}{2} D \cdot s_r^2 = \frac{1}{2} \frac{F_r^2}{D}$$

Ahol D a rugóállandó, vagyis a rugó egységnyi alakváltozásához szükséges erő mértéke ($D = F_r/s_r$).



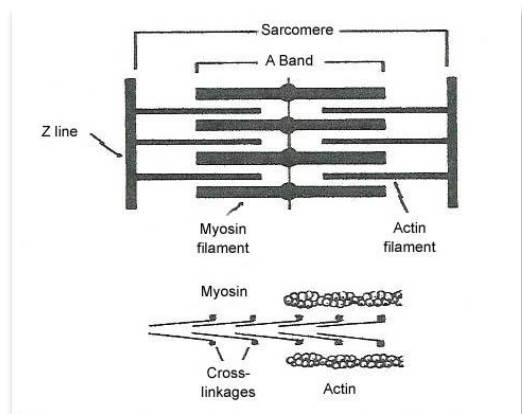
A *teljesítmény* a munkavégzés sebességét jellemzi, amely ezek szerint az egységnyi idő alatt végzett munkával definiálható:

$$P = \frac{W}{t}$$

Az így definiált mennyiség az *átlagos teljesítmény*, amely csak akkor egyezik meg a teljesítmény bármely időpontjában érvényes értékkel, ha a végzett munka az idő függvényében állandó. Általános esetben is érvényes definíció szerint a *pillanatnyi teljesítmény* differenciálhányadossal számítható:

$$P = \frac{dW}{dt}$$

Vázizomzatban a fizikai munkavégzés a *harántcsíkolt izmok* aktiválásával hozható kapcsolatba. Az izom kémiai energiát alakít át mechanikai energiává. Ezt a folyamatot a vázizomrostok (miofibrillum) periodikusan ismétlődő alapeleme, a *szarkomer* belső szerkezete biztosítja. A mechanikai munkavégzést a szarkomer *filamentumainak* egymáshoz képesti elhelyezkedésével és egymáshoz képesti elcsúszásával magyarázzák. A szarkomert két alapvető filamentum alkotja. A vastag filamentumot főleg *miozin*, a vékony filamentumot túlnyomórészt *aktin* fehérje alkotja, melyek egymás között térhálósan átlapolódva helyezkednek el. Az izom munkavégzés eredményező rövidülését a modell alapján a kétféle filamentumrendszer inger hatására létrejövő teleszkópszerű elcsúszásával magyarázzák (*sliding filament mechanism*). A filamentumok közti elmozdulás a vastag filamentumokból kinyúló haránthidak (*cross linkages*) ciklikusan ismétlődő kapcsolódásával, evezőszerű mozgásával, majd a kapcsolatok oldásával jön létre.

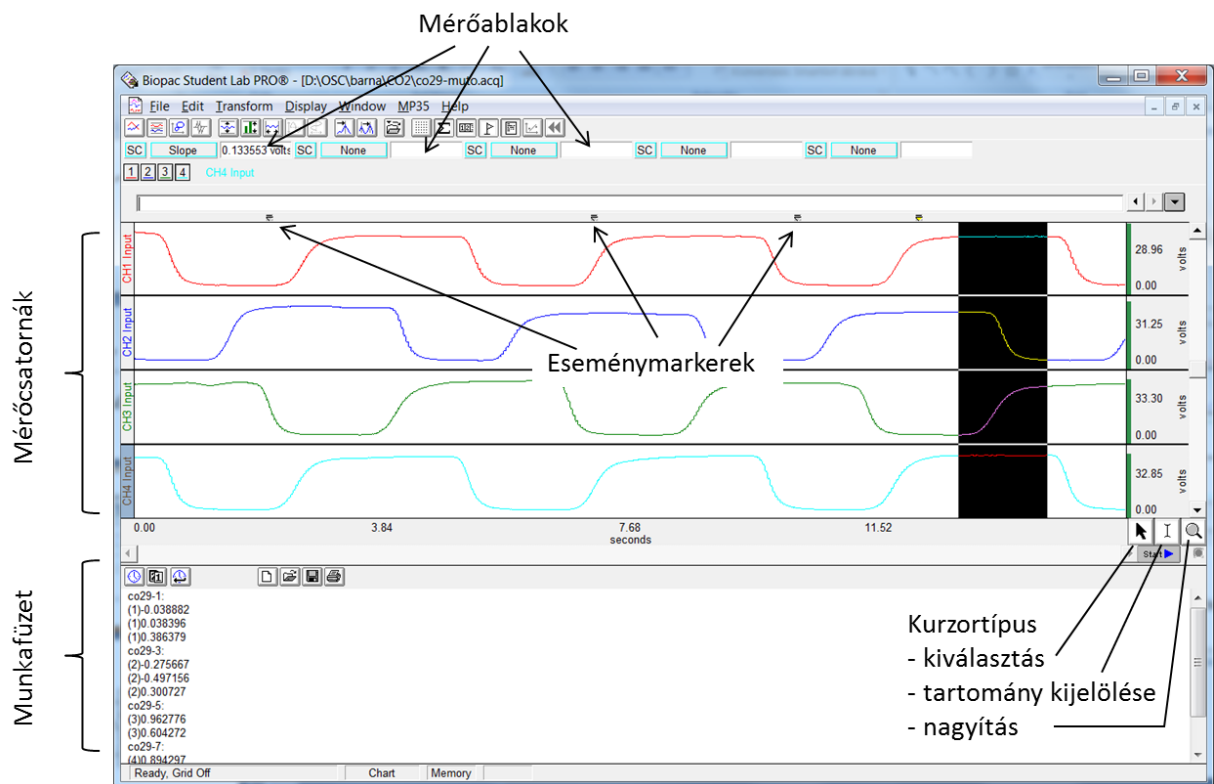


A harántcsíkolt izom aktív működése során az izom hosszúsága és feszülése is változik. Bár e két folyamat az izom *in vivo* működés során együtt jelentkezik, a kétféle kontrakciót külön vizsgálva *izometriás* (állandó hosszon lezajló) és *izotóniás* (állandó feszülés mellett) izomműködést különböztethetünk meg. Fizikai értelemben az izom munkája izotóniás kontrakció során értelmezhető, izometrikus izommunkánál az elmozdulás hiányában *fizikai értelemben* munkavégzés nem történik.

III. Mérési feladatok

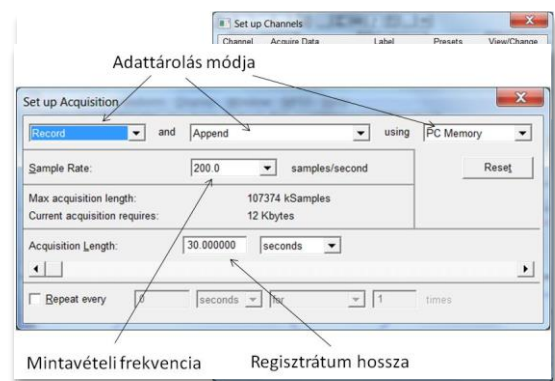
A. Adatgyűjtő és értékelő számítógépes rendszer alapelemeinek megismerése

1. Biopac Student Lab Pro program képernyője



2. Bemenő jelek definiálása (MP35/Set up channels ...)

A Biopac adatgyűjtő rendszerében háromféle csatorna jeleit állíthatjuk be. A négy *analóg* bemenő csatorna jelei mérő-átalakítókba származnak, melyeket elektrofiziológias jelek, nyomás vagy áramlásjelek, erő, vagy analóg mikrofon szolgáltatnak. A *digitális* bementek bináris jeleket közvetlen fogadnak. A *számított* csatornákon a bemenő jelekből származtatott mennyiségeket jeleníthetjük meg (pl. pulzus megjelenítése EKG regisztrátumból).



3. Adatgyűjtés paramétereinek beállítása (MP35/Set up acquisition)

- Adattárolás módja: memóriában vagy merevlemezen.
- Mintavételi frekvencia: a jelben előforduló legmagasabb frekvencia legalább kétszerese.
- Regisztrátum hossza (az adatgyűjtés előbb is megszakítható).

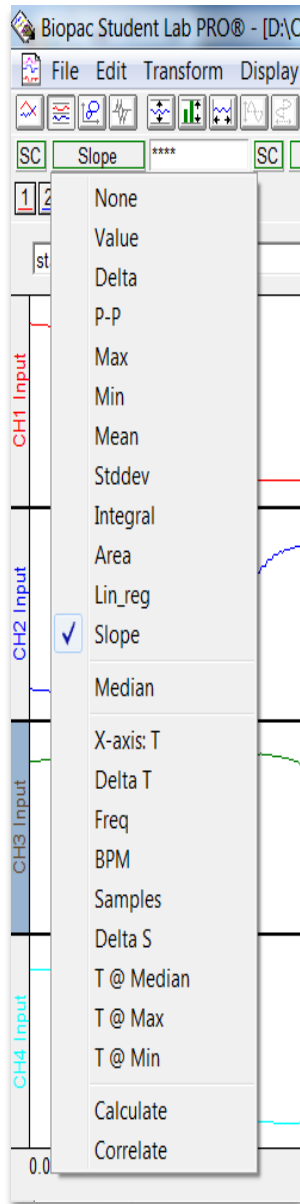
4. Adatgyűjtés



5. Adatok megjelenítésének beállításai



6. Mérési adatok kiértékelése

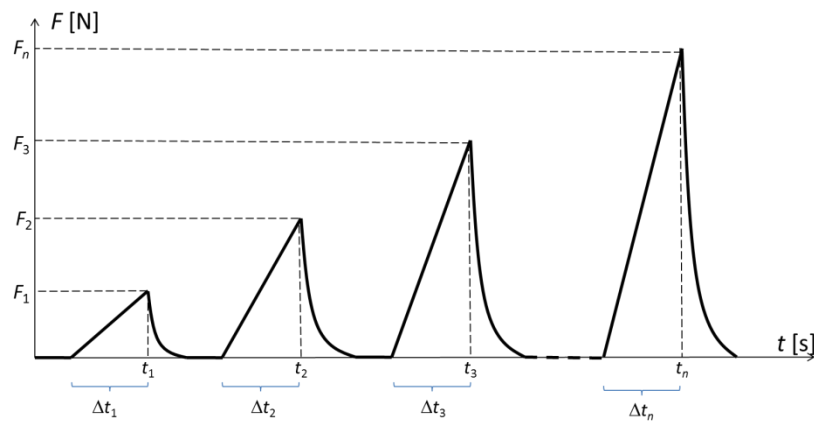


1. Csatornaválasztás (1, 2, stb vagy SC: választott csatorna)
2. Paraméter meghatározása:
 - *None*: nincs leolvasás
 - *Value*: az I kurzor helyén aktuális érték leolvasása
 - *Delta*: tartomány két vége közti különbség
 - *p-p*: tartományon belül csúcstól-csúcsig érték
 - *Max*: tartomány legmagasabb értéke
 - *Min*: tartomány legkisebb értéke
 - *Mean*: tartomány átlagértéke
 - *Stddev*: tartományba eső értékek szórása
 - *Integral*: tartomány két végpontja által meghatározott terület
 - *Area*: két végpont általi egyenes fölé eső terület értéke
 - *Lin_reg*: legjobban illeszkedő egyenes meredeksége
 - *Slope*: két végpontra illeszkedő egyenes meredeksége
 - *Median*: tartomány középértéke
 - *X-axis T*: kurzor helye az időtengelyen
 - *Delta T*: kiválasztott tartomány hossza
 - *Freq*: ismétlődés frekvenciája
 - *BPM*: ismétlődés percenkénti előfordulási gyakorisága
 - *Samples*: Kurzor helye mintaszámban kifejezve
 - *Delta S*: választott tartomány hossza mintaszámban
 - *T @ Median, Max, Min*: ezen értékek időpontja
 - *Calculate*: számítás egyedi képlet alapján
 - *Correlate*: csatornák közti korreláció

B. Erő, izommunka, és teljesítmény meghatározása

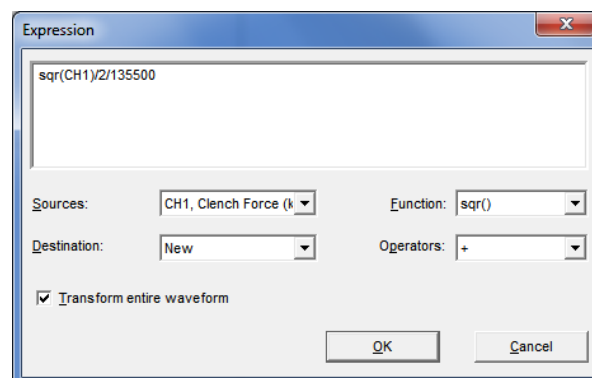
1. Mérési adatok gyűjtése

- a) Adatgyűjtés indítása start gombbal
- b) Fokozódó szorítóerő kifejtése a kézi dinamométerre domináns kézzel
- c) kezdeti F_1 szorítóerő létrehozása fokozatosan, kb. 2 s időtartam alatt
- d) $F_2, F_3 \dots F_n$ (maximális szorítóerő) fokozatos kifejtése szintén kb. 2 s időtartam alatt (ábra)
- e) A mérési protokoll befejezését jelezze a gyakorlatvezetőnek.



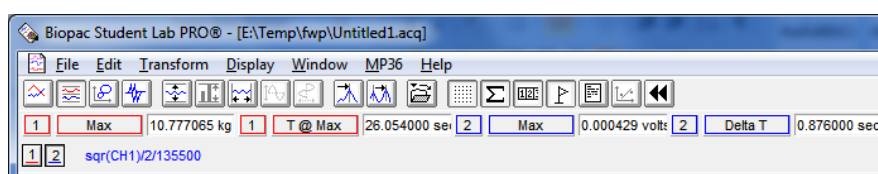
2. II. Mérési adatok kiértékelése

- Számítógépek bekapcsolása, Angol XP operációs rendszer indítása, Novell hálózati bejelentkezés: lab/biopac, Windows bejelentkezés: stud/-
- Biopac Pro (BSL Pro 3.7.3) program indítása
- A mérési adatfájl megnyitása a C:\TEMP\MEASURE mappából
- A Biopac program funkcióinak gyakorlása (nagyítás, skálák visszaállítása, csatornák megjelenítése/elrejtése, mérőablakok beállítása)
- A pillanatnyi munka értékének számítása egy új Biopac csatornára



(Transform/Expression). A kézi dinamométer rugóállandója: $D=135500 \text{ N/m}$.

- Manőverenkénti maximális szorítóerő meghatározása ($F_1, F_2, F_3 \dots F_n$)
- Ezek idejének leolvasása ($t_1, t_2, t_3 \dots t_n$)
- Rugón végzett munka meghatározása manőverenként ($W_1, W_2, W_3 \dots W_n$)



- Manőverenkénti átlagos teljesítmény számítása ($P_1, P_2, P_3 \dots P_n$)
- Jegyzőkönyv kitöltése és benyújtása