Composizione di forze (Capitolo 4 Williams & Lissiner; Capitolo 3 e 5 Walker)

ESEMPIO: Conosco la forza esercitata da due muscoli sulla stessa articolazione e voglio sapere la forza risultante

date due forze P e Q, la risultante R si calcola così:

$R = \sqrt{(P^2 + Q^2)}$ se le forze P e Q sono a 90° tra loro (questo è il teorema di Pitagora)

$R = \sqrt{(P^2 + Q^2 - 2PQ \cos \alpha)}$ se tra le forze P e Q esiste un angolo > o < 90° (questo è il teorema di Carnot)

N.B l'angolo α NON è l'angolo tra le 2 forze P e Q ma il complementare (180 – angolo tra le 2 componenti)

Scomposizione di forze (Capitolo 4 Williams & Lissiner; Capitolo 3 e 5 Walker)

ESEMPIO: Conosco la forza esterna applicata ad un segmento corporeo e voglio sapere quali sono le sue componenti (efficace e non efficace; rotatoria e non rotatoria …)

data una risultante R, posta ad un angolo α con l'orizzontale, le due componenti orizzontali e verticali si calcolano così:

$F\ vert = R \text{ sen } \alpha$
$F\ or = R \cos \alpha$

La forza di gravità è SEMPRE una componente verticale, La forza di attrito è SEMPRE una componente orizzontale

La Pressione (Capitolo 2 Williams & Lissiner)

ESEMPIO: calcolare la pressione esercitata da un corpo su superfici di area diversa (scarponi, ciaspole, sci…)

$P = F/A$

F è la forza peso ($W = mg$) se il soggetto/oggetto è a riposo, A è l'area di appoggio
Le unità di misura sono N/m^2 = Pascal
N. B. Qui bisogna fare attenzione a trasformare cm^2 in m^2 e viceversa!

Le forze d'attrito (Capitolo 6 Williams & Lissiner; Capitolo 5 Walker)

ESEMPIO: studiare le forze di attrito nelle attività motorie che implicano uno "scivolamento" (sci, pattinaggio, ciclismo …)

$F = kN$

N è la forza normale che è sempre perpendicolare al piano di appoggio
k è il coefficiente di attrito (statico o dinamico)
Su di un piano orizzontale $N = W$ (è uguale alla forza peso: $W = mg$ se il soggetto è a riposo)
Su di un piano inclinato N è la componente ortogonale al piano della forza peso. Se il piano è inclinato di un angolo α allora $N = W \cos \alpha$

Equilibrio statico (Capitolo 5 Williams & Lissiner)

ESEMPIO: calcolare le forze che tendono a fare ruotare i segmenti corporei attorno agli assi articolari

Il momento di una forza

$M = F\ d$
Se il vettore F è perpendicolare (a 90°) al braccio di leva (d)

$M = F\ r\ \mathrm{sen}\ \alpha$ oppure $M = F\ r\ \cos\alpha$
se il vettore F NON è perpendicolare al braccio di leva

r è il vettore posizione e spesso rappresenta una "distanza anatomica" la distanza tra il punto di applicazione della forza e il centro di rotazione
α è l'angolo tra la linea di azione della forza ed il segmento articolare
Trovare d rispetto a r è come trovare la componente rotazionale della forza rispetto alla risultante applicata

Un momento orario (CW) ha segno negativo; un momento antitorario (CCW) ha segno positivo

Equilibrio rotazionale (STATICA)

La somma dei momenti applicati al corpo è uguale a zero

$M_1 + M_2 + M_3 = 0$
$F_1\ d_1 + F_2\ d_2 + F_3\ d_2 = 0$

Questa legge è utile per conoscere un momento "ignoto" in condizioni statiche (di equilibrio rotazionale):

$M_1 = -\ (M_2 + M_3)$
$F_1\ d_1 = -\ (F_2\ d_2 + F_3\ d_2)$

ed è spesso usata per stimare le forze muscolari interne (nell'esempio F_1) di cui si conosce d_1 (che sarebbe la distanza "minima" tra il punto di inserzione del tendine e il centro di rotazione articolare)

$F_1 = (-\ (F_2\ d_2 + F_3\ d_2))\ /\ d_1$

La forza di reazione vincolare

È uguale alla somma delle forze in gioco (tenere conto di direzione e verso delle forze: sono vettori)

$F_{RV} = (F_1 + F_2 + F_3)$

Caratteristiche biomeccaniche dei muscoli (Capitolo 2 Fisiologia dell'Uomo)

ESEMPIO: determinare la potenza erogata da un muscolo conoscendo la forza erogata, la lunghezza di partenza e la velocità di contrazione

La potenza muscolare

Potenza = F v

F in N, v in m/s e potenza in W (J/s)

La CSA anatomica e fisiologica

PCSA = CSA cos α

α = angolo di pennazione (angolo tra l'asse delle fibre e l'asse di trazione del muscolo)
sono aree, che però si esprimono in cm^2

La tensione specifica

T = F/CSA

F in N ma CSA in cm^2 = N/ cm^2
se c'è un angolo di pennazione F = F cos α (vedi sopra)

(Forza e tensione sono sinonimi)

DOMANDE APERTE CHE SPESSO APPAIONO NELL'ESAME

- Disegnare e commentare la curva forza lunghezza del muscolo scheletrico
- Disegnare e commentare la curva forza velocità del muscolo scheletrico

- Definire come queste curve possono variare in muscoli "rapidi" e "lenti"

- Descrivere l'effetto che gli elementi elastici hanno sulla tensione muscolare in condizioni di esercizio eccentrico e concentrico

- Descrivere come il SNC è in grado di variare la forza espressa da un muscolo (ordine di reclutamento, numero di attività motorie e frequenza di scarica)

Caratteristiche biomeccaniche dei tendini (Capitolo 3 Williams & Lissiner)

ESEMPIO: calcolare le forze che tendono a deformare i tessuti biologici (tendini, legamenti, muscoli e ossa)
ESEMPIO: calcolare il ritorno elastico dei tendini (ad es. nella corsa)

Strain (deformazione relativa)

$\varepsilon = (l-lo) / lo$

Dove l = lunghezza finale e lo = lunghezza iniziale del tendine
È un numero dimensionale (m/m)
E' una lunghezza normalizzata

Stress (tensione relativa)

$\sigma = F/A$

È una pressione (come la tensione specifica) si misura in N/m^2
E' una forza normalizzata

Legge di Hooke

$\boldsymbol{\sigma = E\, \varepsilon}$

E è la rigidità (stiffness) della "molla" (modulo di elasticità) (modulo di Young) ha le unità di misura di una pressione (vedi sopra)

Deriva dall' equazione ($F = kl$) in cui forza e lunghezza NON sono normalizzate

Momento limite di torsione

$\tau = F\, r$

F è la forza (N), r è il braccio di leva (m) e τ il momento (Nm)

Cinematica lineare mono e bidimensionale (Capitoli 2 e 4 Walker)

ESEMPIO: calcolare spostamenti, velocità e accelerazioni nel moto lineare e parabolico

Velocità media: $v = \Delta s/\Delta t$ (m/s)
Accelerazione media: $a = \Delta v/\Delta t$ (m/s^2)

Quindi: $\Delta s = v\, \Delta t$ e $\Delta v = a\, \Delta t$

RICORDARSI che v e a sono VETTORI (tenere conto di direzione e verso)

Se l'accelerazione è costante:

$v = v_0 + a_0 t$
$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a_0 t^2$ $y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a_0 t^2$

dove x_0, y_0, v_0 e a_0 sono la posizione (sull'asse delle x o delle y), la velocità e l'accelerazione iniziali

Nel caso della caduta libera:

$v = v_0 - gt$
$y = y_0 + v_0 t - \frac{1}{2} gt^2$

Nel moto parabolico:

v_0 è la velocità iniziale (di stacco). Le sue componenti orizzontali e verticali sono:

$v_{x0} = v_0 \cos \theta$
$v_{y0} = v_0 \sin \theta$

e quindi $v_0 = \sqrt{(v_0 \cos \theta^2 + v_0 \sin \theta^2)}$

riarrangiando queste equazioni:

$\theta = \arccos (v_{x0}/v_0)$
$\theta = \text{arc sen} (v_{y0}/v_0)$
$\theta = \arctan (v_0 \sin \theta / v_0 \cos \theta)$

Assumendo nulle le forze esterne (l'attrito) sull'asse orizzontale:

$v_x = v_{x0}$
$x = x_0 + v_{x0} t$
$x = x_0 + v_0 \cos \theta \, t$

Inoltre

$v_y = v_{y0} - gt$
$y = y_0 + v_0 \sin \theta \, t - \frac{1}{2} gt^2$

Nel caso di parabole simmetriche:

$\theta = \arctan (4h/l)$
$v_0 = (\sqrt{2gh}) / \sin \theta$

Trasformazione di m/s in km/h
1 m/s = 3.6 km/h
Trasformazione di km/h in m/s
1 km/h = 1/3.6 km/h

Trasformazione di gradi in radianti:
1 grado = 0.017 rad
Trasformazione di radianti in gradi
1 rad = 57 gradi

Impulso e quantità di moto (Capitolo 9 Walker)
ESEMPIO: valutare le forze di impatto (e. g. nella corsa, nei salti, lanci e collisioni)

Impulso:

$I = F\,\Delta t$

Dove F è la forza media di impatto e Δt il tempo di contatto/impatto

Quantità di moto:

$p = mv$

Impulso = variazione della quantità di moto

$F\,\Delta t = \Delta p = mv_f - mv_i$

Dove i è la condizione iniziale e f è la condizione finale.
RICORDARSI che velocità (e quindi quantità di moto) sono VETTORI e quindi bisogna tenere conto di direzione e verso

In un sistema isolato la quantità di moto si conserva. Per due oggetti che collidono:

$m_1v_{1i} + m_2v_{2i} = m_1v_{1f} + m_2v_{2f}$

dove m_1 e m_2 sono le masse dei due corpi all'interno del sistema isolato e v_1 e v_2 sono le loro velocità prima e dopo la collisione.

Se dopo la collisione i due oggetti si muovono assieme (alla stessa velocità):

$v_f = (m_1v_{1i} + m_2v_{2i}) / (m_1+m_2)$

Se l'urto è perfettamente elastico oltre alla quantità di moto si conserva anche l'energia cinetica del sistema, se no vi sono dispersioni (sotto forma di calore o di deformazione).

Coefficiente di restituzione. Indica quanta energia è stata recuperata dopo una collisione.

$e = (v_{1f} - v_{2f}) / (v_{1i} - v_{2i})$

nel caso di caduta libera di un oggetto (ad esempio di una palla che rimbalza al suolo):

$e = v_2 / v_1$
$e = \sqrt{(h_2 / h_1)}$

dove v_1 è la velocità con la quale arriva al suolo e v_2 la velocità con la quale rimbalza e h_1 e h_2 sono le altezze di rilascio e di rimbalzo, rispettivamente

Il coefficiente di restituzione varia tra 0 e 1, è tanto maggiore quanto più elastica è la collisione

Cinetica Lineare, Energia cinetica, Energia Potenziale, Lavoro e Potenza (Capitoli 7 e 8 Walker)

ESEMPIO: per qualsiasi movimento di un corpo rigido

$F = ma$ $\quad\quad$ $a = F/m$

sia F che a sono VETTORI !!

Energia cinetica

$E_k = \frac{1}{2} mv^2$ $\quad$ (J)

Energia Potenziale

$E_p = mgh$ $\quad$ (J)

Dove h è lo spostamento verticale !!

Lavoro

$W = F\ d$ $\quad$ (J)

Dove d è lo spostamento (nella stessa direzione della forza !!) oppure dove F è la componente della forza nella direzione dello spostamento.

Potenza

$P = F\ v$ $\quad$ (W)

$P = L/t$ $\quad$ (W)

Principio di conservazione dell'energia (in un campo di forze conservative):

$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$

Equivalenza tra lavoro ed energia:

$W_{1,2} = E_{k2} - E_{k1}$
$W_{1,2} = E_{p2} - E_{p1}$

Il lavoro fatto per spostare un corpo dalla posizione 1 alla 2 è uguale alla differenza nell' energia cinetica (o potenziale) tra i due punti

Efficienza (rendimento) muscolare

ESEMPIO: calcolare la potenza metabolica necessaria per sostenere una data potenza meccanica esterna.

eff = potenza meccanica / potenza metabolica

potenza metabolica = potenza meccanica / eff
potenza meccanica = potenza metabolica x eff

L'efficienza è un numero puro (dimensionale) e quindi numeratore e denominatore devono essere espressi nelle stesse unità di misura. Generalmente la potenza meccanica è data in W e la potenza metabolica in lO_2/min.
Per trasformare i lO_2/min in watt bisogna moltiplicare per 350.
Per trasformare i watt in lO_2/min bisogna dividere per 350.

Potenza metabolica = lavoro metabolico / t
Lavoro = energia
L'energia può essere espressa in Kcal (per valutare l'impatto della dieta e/o dell'esercizio fisico)

Cinematica rotazionale (Capitolo 10 Walker)

ESEMPIO: tutti i moti angolari e circolari

Posizione angolare

$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ (rad)

$s = r\,\Delta\theta$ $\Delta\theta = s / r$

dove r è il raggio (m) e s lo spostamento lungo la traiettoria angolare (m)

Velocità e accelerazione angolare

$\omega = \Delta\theta / t$ (rad/s)
$\alpha = \Delta\omega / t$ (rad/s^2)

Se l'accelerazione angolare è costante:

$\omega = \omega_0 + \alpha t$
$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + ½ \alpha t^2$

Moto circolare uniforme (r e ω = cost)

v tangenziale (v_t) = ω r (m/s) costante
a tangenziale = 0
a normale (centripeta) = r ω^2 (m/s^2) costante

dato che $\omega = 2\pi / T$ ($\omega = 2\pi f$)
allora $v_t = 2\pi \cdot r / T$ ($\omega = 2\pi \cdot r f$)