Université Claude Bernard Lyon 1

M2 (R) MPS (Semestre 3) — Approche Biomécanique et Physiologique de la performance
Session 1 — 29 Novembre 2012
Durée : 2 h.

Examen CCF2 de Biomécanique & Physiologie

Document autorisés : aucun

IMPORTANT : Les documents sont interdits pour l'ensemble du sujet ; néanmoins, on pourra consulter, pour la biomécanique, le formulaire de l'annexe A. Traiter les deux parties, physiologie (section 1) et biomécanique (section 2).

1. Partie physiologie

Expliquer pourquoi l'entrainement classique en altitude (living high training high) ne conduit pas à l'amélioration de la performance aérobie.

2. Partie biomécanique

Les deux exercices sont indépendants.

Exercice 1.

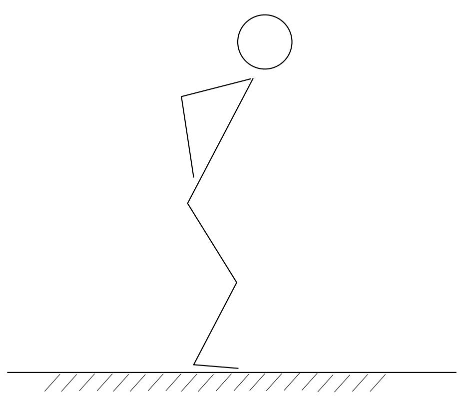

Figure 1. Un début de squat jump.

On s'intéresse à un sportif au départ d'un squat-jump, représenté sur la figure 1. On supposera, qu'au départ, ce sportif est immobile et que les segments corporels sont tous inclus dans le plan sagital.

(1) Tracer schématiquement cette figure sur votre copie et placer approximativement les centre de masses des quatre segments suivant : pied, jambe, cuisse et de l'ensemble {tronc+tête+deux bras}.

(2) Comment peut-on calculer les positions exactes de ces centres de masse ? De quelles données anthropométriques a-t-on besoin ?

(3) (a) Quelle est l'action de l'ensemble {tronc+tête+deux bras} sur les deux cuisses ? Représentez la résultante (la force) de cette action sur la figure déà réalisée sur votre copie. Quelle est la norme de cette force ? On notera m_4, la masse de l'ensemble {tronc+tête+deux bras}.

(b) De même, quelles sont les normes de l'action des deux cuisses sur les deux jambes, des deux jambes sur les deux pied et des deux pieds sur le sol. On notera m_i, pour $1 \leq i \leq 4$, les masses respectives de chacun des 4 segments : pied, jambe, cuisse et ensemble {tronc+tête+deux bras}.

(c) Quelle est la norme de la force exercée par le sportif sur le sol ?

(d) En utilisant le théorème des moments de façon appropriée appliqué à l'ensemble {tronc+tête+deux bras}, déterminer la valeur du couple (moment) exercé par l'ensemble {tronc+tête+deux bras} sur la cuisse. On tracera sur la figure déjà réalisée le bras de levier d_4 nécessaire au calcul.

(e) Expliquer succintement comment vous calculeriez le couple exercé par les deux jambes sur les deux pieds.

(4) Ces résultats demeurent-ils valables si :

(a) le sportif n'est plus immobile ?

(b) le sportif, immobile, tient dans sa main une balle de masse m ?

Exercice 2.

(1) Dans le cas plan, existe-t-il un lien entre les coordonnées des articulations d'un sportif qui réalise un mouvement et les différents angles articulaires ? Montrer brièvement comment on passe des unes aux autres.

(2) Comment on procède-t-on en trois dimensions ?

Annexe A. Formulaire de biomécanique

- Relation fondamentale de la dynamique : pour un système donné, la somme des forces extérieures est égale au produit de la masse par l'accélération du centre de gravité.
- Principe de l'action et de la réaction : l'action d'un système A sur un système B est égal à l'opposé de l'action de B sur A.
- Théorème des moments : pour un système donné, en statique, la somme des moments des forces extérieures par rapport à tout point O est nulle.
- Le moment d'une force $\vec{F}$ par rapport à un point O est égale au produit bras de levier de la force par la norme de la force, éventuellement multiplié par -1, si cette force tend à faire tourner le système étuidié dans le sens des aiguilles d'une montre.
- On se donne une fonction f définie (sans perte de généralité) d'un intervalle $[0, T]$ de $\mathbb{R}$ dans $\mathbb{R}$. Soit f_e la fréquence d'échantillonage (en Hz) de la fonction f. On pose

$$h = 1/f_e. \tag{1}$$

On suppose connues les valeurs $(f_i)_{0\leq i\leq n}$ de f aux instants t_i avec

$$\forall i \in \{0,...,n\}, \quad t_i = hi. \tag{2}$$

On approche la dérivée première en un point par un taux d'accroissement. Par exemple, on peut montrer que, pour tout $i \in \{0,...,n-1\}$,

$$f'\big((t_i+t_{i+1})/2\big) \approx \frac{f_{i+1}-f_i}{h}, \tag{3a}$$

avec de plus la majoration

$$\left| f'\big((t_i+t_{i+1})/2\big) - \frac{f_{i+1}-f_i}{h} \right| \leq \frac{h^2}{6} \sup_{\xi\in[0,T]} \left| f^3(\xi) \right|. \tag{3b}$$

– De façon générale, si on calcule les coordonnées du centre de gravité G du segment $[PD]$ où P désigne l'extrémité proximale et D l'extrémité distale, on utilise les coefficients k_D ou k_P (dont la somme vaut 1) et qui sont définis par

$$k_P = \frac{GP}{PD}, \quad k_D = \frac{GD}{DP}.$$

Les coefficients k_P et k_D sont donnés par exemple dans les tableaux anthropométriques de Winter. On déduit de l'équation précédente les deux formules équivalentes (O désigne l'origine du repère) :

$$\overrightarrow{OG} = k_P \overrightarrow{PD} + \overrightarrow{OP}, \quad \overrightarrow{OG} = k_D \overrightarrow{DP} + \overrightarrow{OD}.$$

Elles s'écrivent aussi sous les deux formes équivalentes suivantes :

$$\begin{cases} x_G = k_P(x_D - x_P) + x_P, \\ y_G = k_P(y_D - y_P) + y_P, \end{cases} \tag{4a}$$

$$\begin{cases} x_G = k_D(x_P - x_D) + x_D, \\ y_G = k_D(y_P - y_D) + y_D. \end{cases} \tag{4b}$$

Ces deux formules sont équivalentes puisque $k_D + k_P = 1$. Elles sont aussi équivalentes à

$$\begin{cases} x_G = k_D x_P + k_P x_D, \\ y_G = k_D y_P + k_P y_D. \end{cases} \tag{5}$$

– On considère un individu modélisé par une suite de segments $A_1, \ldots, A_p$. On considère pour i dans $\{1, \ldots, p-1\}$, le coefficient tabulé (proximal ou distal) du segment $[A_i, A_{i+1}]$ noté α_i. Ce coefficient est égal à A_iG_i/A_iA_{i+1}. On a

$$\begin{cases} x_{G_i} = \alpha_i(x_{i+1} - x_i) + x_i, \\ y_{G_i} = \alpha_i(y_{i+1} - y_i) + y_i. \end{cases} \tag{6}$$

où G_i est le centre de gravité du segment $[A_i, A_{i+1}]$. Pour l'ensemble du corps, on écrira

$$\begin{cases} x_G = \displaystyle\sum_{i=1}^{p-1} \frac{m_i}{M} x_{Gi}, \\ \\ y_G = \displaystyle\sum_{i=1}^{p-1} \frac{m_i}{M} y_{Gi}, \end{cases}$$

où, pour chaque i, m_i est la masse du segment i et (x_{Gi}, y_{Gi}) les coordonnées du centre de gravité du segment i et $M = \sum_i m_i$ est la somme des masses de chacun des segments. On peut encore les écrire sous la forme

$$\begin{cases} x_G = \displaystyle\sum_{i=1}^{p-1} \beta_i x_{G_i}, \\ y_G = \displaystyle\sum_{i=1}^{p-1} \beta_i y_{G_i}, \end{cases} \tag{7}$$

où β_i désigne le rapport de la masse du segment $[A_i, A_{i+1}]$ par la masse totale.

– Dans le repère $\left(A_1, \vec{i}_0, \vec{j}_0\right)$

$$\forall q \in \{1, \ldots, p\}, \quad \mathcal{X}_q = \mathcal{M}_1 \mathcal{M}_2 \ldots \mathcal{M}_{q-1} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \left(\prod_{i=1}^{q-1} \mathcal{M}_i\right) \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \tag{8}$$

– Si l'on connaît x_1, y_1, les longueurs l_j et les angles θ_j, on peut calculer les x_j et des y_j :

$$\forall j \in \{1, ..., p-1\}, \quad \phi_j = \sum_{k=1}^{j} \theta_k, \tag{9a}$$

$$\forall j \in \{2, ..., p\}, \quad x_j = x_1 + \sum_{k=1}^{j-1} l_k \cos \phi_k, \tag{9b}$$

$$y_j = y_1 + \sum_{k=1}^{j-1} l_k \sin \phi_k. \tag{9c}$$

Corrigé

Un corrigé sera disponible sur `http://utbmjb.chez-alice.fr/UFRSTAPS/index.html`