

SYSTEME DE MESURE AUTOMATIQUE DES CARACTERISTIQUES BIOMECHANIQUES HUMAINES

Allain M., Pinti A., Rambaud F.
LAMIH UMR CNRS 8530, Université de Valenciennes, France

INTRODUCTION

De nombreuses méthodes existent pour déterminer les caractéristiques biomécaniques [Hedoux 04]. La méthode présentée ici permet l'obtention rapide et aisée des caractéristiques géométriques et inertielles individualisées des segments corporels d'un sujet, de manière quasi-automatique. De plus, le matériel nécessaire à l'acquisition des données est réduit à deux appareils photos numériques standards bon marché, un pèse-personne et un mètre (prix inférieur à 500 €).

Le modèle obtenu est très précis et reproductible grâce à l'extraction automatique des contours des segments corporels. Par exemple, dans la méthode de Jensen, l'extraction des contours se fait manuellement, ce qui engendre un biais dû à l'expert [Jensen 78]. La spécification individualisée du modèle anthropométrique en fonction de la discipline du sportif permet de tenir compte des différences de morphologies. Les paramètres de modélisation peuvent donc varier selon les sports pratiqués.

MATERIEL & METHODES

L'acquisition des données pour la modélisation se fait par le système photogrammétrique présenté ci-après : 2 appareils photographiques numériques OLYMPUS 4 Méga pixels positionnés à 5 mètres du sujet (pour limiter les déformations dues aux limites des systèmes optiques) permettent l'acquisition simultanée d'une vue de face et d'une vue de profil du sujet.

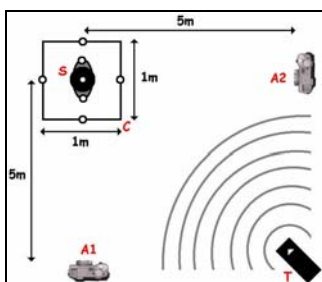


Figure n°1 : vue de dessus de l'installation

Le calibrage est obtenu grâce à une cage cubique (C) d'un mètre d'arrête dotée de marqueurs, au centre de laquelle se trouve le sujet (S). Une seule télécommande (T) permet de synchroniser les deux appareils (A1 et A2). Une fois les acquisitions faites, un transfert sur ordinateur (via USB) permet de rentrer les photos dans un logiciel de traitement. Ce logiciel, réalisé en Visual Basic pour un interfaçage performant, intègre traitement d'image et calcul des paramètres anthropométriques dans un code unique.

La modélisation géométrique des contours des segments se fait par un empilement de cylindres ellipsoïdaux. Les paramètres et la position de ces ellipses sont automatiquement obtenus à partir de la mise en correspondance des deux photos à partir de repères anatomiques. La figure suivante montre les phases de la méthode d'extraction des contours d'une tête :

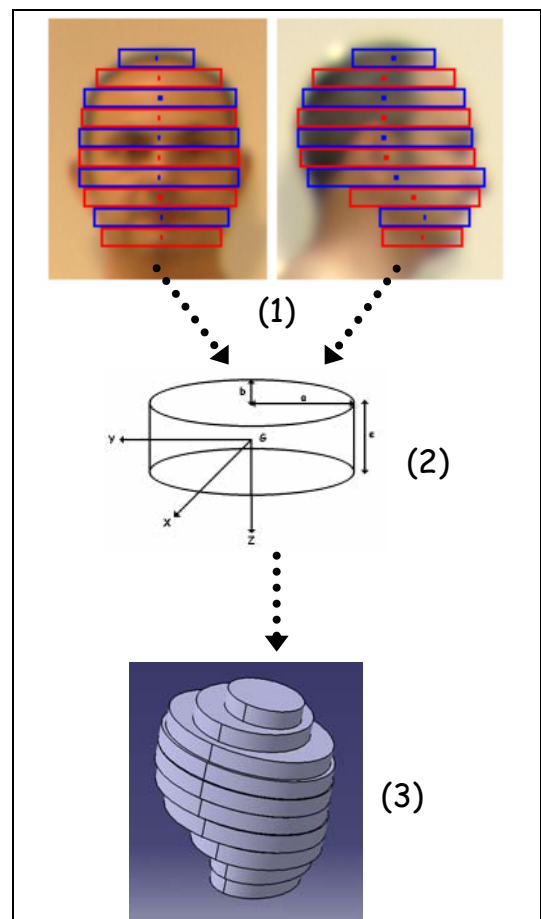


Figure n°2 : exemple de modélisation : une tête

- La 1^{ière} étape consiste à récupérer les coordonnées des contours sur les 2 vues.
- La 2nde met en correspondance des coordonnées afin d'obtenir les caractéristiques des ellipses (petit axe, grand axe et centre).
- La 3^{ème} étape est la reconstitution du segment corporel par l'association de ses ellipses constituantes.

La phase de calcul qui suit permet l'estimation de sa position (géométrie élémentaire), sa masse (à partir de densités connues), son centre de gravité (barycentre des centres de gravités des ellipses), son volume (par additions) et ses inerties (grâce au théorème de Huygens).

Voici le tableau comparatif des volumes de la tête obtenus par rapport aux principales méthodes utilisées en Biomécanique du sport [De Leva 96] [Winter 90] [Zatsiorsky 85] :

METHODES	Volume (dm ³)
Modèle de l'étude	4,965
JENSEN	5,309
WINTER	5,254
DE LEVA	4,501
ZATSIORSKY	5,001

Tableau n°1 : comparaison du volume de la tête par différentes méthodes

Ces divergences de résultats volumiques s'expliquent par les manières de délimiter les segments corporels, la précision d'acquisition des données et l'épaisseur des coupes. L'évaluation de ces erreurs donne accès aux incertitudes de mesure, et à leur influence sur la précision du modèle. L'approfondissement de cet aspect de la modélisation assurera une fiabilité au modèle, par le biais de méthodes d'obtention de paramètres biomécaniques de référence (planche à réaction, volumétrie, ...).

RESULTATS & DISCUSSION

Deux populations d'une vingtaine de sujets âgés de 16 à 25 ans, vont être l'origine de la génération de deux modèles. Il s'agit de

sportifs de haut niveau (national et international) :

- des jeunes femmes gymnastes ;
- des jeunes hommes rameurs.

Connaissant les paramètres de modélisation (déterminés par une Analyse en Composantes Principales : ACP), différentes méthodes de régressions (linéaires et non linéaires) permettront l'obtention des modèles les plus précis possibles.

CONCLUSION

Ce nouvel outil très simple à mettre en œuvre, précis et bon marché, permet l'acquisition très rapide d'un sujet ou d'une population donnée. Il peut être utilisé dans de nombreux domaines comme l'évaluation des critères de performance pour les sportifs, l'ergonomie, la rééducation, l'industrie du textile.

Des études similaires devraient être menées afin de confirmer l'hypothèse selon laquelle un modèle précis nécessite d'être spécifique à une catégorie de sportif, et ce sur de plus nombreuses et variées populations.

REFERENCES

[Hedoux 04] P. Hedoux, *Détermination de paramètres biomécaniques personnalisés à partir d'imagerie médicale – application aux sujets hémiplegiques –*, Thèse de doctorat, Université de Valenciennes, 2004

[Jensen 78] R. K. Jensen, *Estimation of the biomechanical properties of three body types using a photogrammetric method*, J. Biomechanics, Vol. 11, pp 349-358, 1978

[De Leva 96] P. De Leva, *Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters*, J. Biomechanics - Vol. 29, No. 9, pp 1223-1230, 1996

[Winter 90] D. A. Winter, *Biomechanics and motor control of human movement*, Second Edition, Wiley-Interscience, New-York, 1990

[Zatsiorsky 85] V. Zatsiorsky, V. Seluyanov, *Estimation of the mass and inertia characteristics of the human body by means of the best predictive regression equations*, Biomechanics IB-B, Ed. By Winter D. et al., Human Kinetics Publisher, 1985