

Biomecànica aplicada al disseny d'una Eina d'Avaluació dels salts en Gimnàstica Rítmica tenint en compte el Codi Internacional de Puntuació. Aplicació a l'avaluació del salt gambada*

IGNACIO GRANDE RODRÍGUEZ

Doctor en Ciències de l'Activitat Física i l'Esport.

Universidad Alfonso X el Sabio

ANA BAUTISTA REYES

Llicenciada en Psicologia.

Real Federación Española de Gimnasia

MÓNICA HONTORIA GALÁN

Llicenciada en Ciències de l'Activitat Física i l'Esport.

Universidad Alfonso X el Sabio

Correspondència amb autors/es

* igranrod@uax.es

Resum

La Biomecànica ha realitzat estudis sobre els salts en Gimnàstica Rítmica des del punt de vista cinemàtic (Lebré i Sousa, 1997; Sousa i Lebré, 1998) i dinàmic (Ferro, Rivera i Pagola, 2000). Tanmateix, no tenim constància de cap estudi que els valori tenint en compte els requeriments específics del Codi de Puntuació vigent. Aquests requeriments són tres Característiques de Base que han de complir els salts: **altura, forma i amplitud** (FIG, 2005). L'objectiu principal d'aquest Projecte és crear una eina per avaluar els salts de Gimnàstica Rítmica incloent-hi tant **variables cinemàtiques generals**, variables d'ús extensiu en l'anàlisi d'aquest tipus de moviments des del punt de vista de la biomecànica, com **variables cinemàtiques específiques**, tot traduint les Característiques de Base que són jutjades en competició a variables cinemàtiques quantificables. Per realitzar l'avaluació dels salts ens recolzem en anàlisis cinemàtiques realitzades mitjançant videogrametria 3D.

Després de diversos dissenys, es presenta la Fitxa d'Avaluació del salt gambada que ha estat ja aplicada en un grup de gimnastes d'alt nivell ($n = 19$). Les principals novetats d'aquesta proposta són el disseny d'una eina d'avaluació específica per a aquest tipus d'elements tècnics tenint en compte la normativa concreta de la Gimnàstica Rítmica, la valoració objectiva de les característiques de base del salt i l'intent de presentar els resultats biomecànics d'una forma entenedora i ràpidament assimilable per a l'entrenador.

Paraules clau

Biomecànica, Gimnàstica Rítmica, Salts, Cinemàtica, Avaluació.

Abstract

Applied Biomechanics to the design of a tool for rhythmic gymnastics to evaluate jumps taking account the International Code of Points

There are different biomechanics studies about rhythmic gymnastics jumps, there are kinematics (Lebré y Sousa, 1997; Sousa y Lebré, 1998) and kinetics studies (Ferro, Rivera y Pagola, 2000). However we have not found any study that evaluates jumps applying the requirement explained in the International Code of Points. These requirements are three basic characteristics that jump must fulfil: height, shaped fixed and well defined during the flight and good amplitude (FIG, 2005). The principal purpose of this project is to create an evaluation tool for rhythmic gymnastic jumps including general kinematics variables, common used variables in biomechanics jumps studies, and specific kinematics variables, translation of the basic characteristics that judges evaluated in competition into quantitative kinematics variables. For this purpose we used a 3D photogrammetry kinematics analysis.

After several designs we present a specific evaluation card. We applied it to evaluate a high level rhythmic gymnasts group ($n=19$). The principal novelties of this proposal are: the design of an evaluation tool that take into account the rhythmic gymnastic Code of Points, the objective evaluation of the jumps basic characteristics and the attempt of achieve a new form of present biomechanics results that coaches can easily understand and assimilate.

Key words

Biomechanics, Rhythmic Gymnastics, Jumps, Kinematics, Evaluation.

* Estudi realitzat gràcies a la subvenció del Consejo Superior de Deportes (CSD) (01/UPR10/07) i la col·laboració de la Real Federación Española de Gimnasia (RFEG).

Introducció

En poques ocasions la Biomecànica Esportiva s'ha apuntat a l'anàlisi de la Gimnàstica Rítmica. Únicament trobem investigacions puntuals des de la perspectiva d'anàlisi de la dinàmica o la cinemàtica.

Des del punt de **vista dinàmic**, les plataformes de forces s'han aplicat amb diferents finalitats. Des de la realització de proves de selecció de gimnastes, amb el disseny de proves específiques d'equilibri (Kulka, 1994), passant per l'estudi de la incidència que té un entrenament basat en el mètode Pilates i l'entrenament en piscina sobre la capacitat de salt (Hutchinson i cols., 1998) fins a estudis sobre l'esmoreïment després dels salts (Yi i Kwon, 2005) o la descripció dels patrons dinàmics presentats per diferents tipus de salts (Ferro, Rivera i Pagola, 1998, 2000).

Des del **punt de vista cinemàtic** destaca l'estudi de Loquet (1997) que analitza, en situacions de llançament i recepció dels aparells específics de Gimnàstica Rítmica (Cèrcol, pilota, corda, maces i cinta), la localització espacial de l'aparell en relació amb el desplaçament del Centre de Gravetat de la gimnasta durant la fase de vol de l'aparell. Per fer-ho, aplica tècniques videogramètriques. També s'ha estudiat la relació que pot existir entre la valoració de la impressió observada d'un moviment i les característiques analitzades mitjançant un sistema de captura de moviment (Sakashita, Asai i Takiwaza, 2002). En aquesta línia de treball, Dyhre-Poulsen (1987), realitza la comparació entre una avaluació completa de la gambada utilitzant plataformes de forces, electromiografia i anàlisi de vídeo davant l'avaluació subjectiva realitzada per una jutge experimentada.

Com a estudis més propers a la línia d'investigació plantejada en el nostre projecte, destaquen els plantejats per Lebre i Sousa (1992, 1996, 1997, 1998). Aquests autors utilitzen anàlisis videogramètriques per estudiar diferents aspectes dels salts. Apliquen els estudis videogramètrics per comprovar el grau d'aprofitament de la gimnasta de la seva flexibilitat passiva en el propi salt o per establir diferències d'execució tècnica entre diversos tipus de salts. Utilitzen variables cinemàtiques, com ara la velocitat del centre de gravetat de la gimnasta en l'instant de sortida i recepció, la durada, l'altura i la longitud del salt o l'angle de sortida. Variables que ens van ajudar a seleccionar les que componen la Fitxa d'Avaluació que presentem en aquest article.

L'eix central de la línia d'investigació plantejada gira entorn de la creació d'una Eina específica d'Avaluació dels salts en Gimnàstica Rítmica, tot aprofitant per fer-

ho les dades extretes d'anàlisis videogramètriques 3D. La construcció d'aquesta eina es va realitzar des d'un punt de partida **aplicat i contextualitzat**. Aplicat, perquè es dissenyen les Fitxes des de la perspectiva de les necessitats del tècnic en el procés d'anàlisi i avaluació dels salts i contextualitzat perquè inclou com a paràmetres a avaluar els que el Codi de Puntuació exigeix a la gimnasta en competició i que en determinen el rendiment en Gimnàstica Rítmica.

Aquesta Eina es compon de Fitxes d'Avaluació, adaptades als diferents grups de salts que s'exposen al Codi de Puntuació. S'hi exposen, valoren i baremen **variables cinemàtiques generals, variables cinemàtiques específiques i Índexs d'Avaluació**.

- **Variables cinemàtiques generals:** Són les d'ús extensiu en les anàlisis biomecàniques dels salts. En aquest cas, es van conjugar les variables cinemàtiques més remarcables que determinen el rendiment del salt vertical i horitzontal (1993). La gambada, salt bàsic i elegit per al disseny d'aquesta primera Fitxa d'Avaluació que presentem, necessita d'aquests dos condicionants: altura i longitud. Per això s'inclouen, en aquest primer grup, variables com: Altura del salt (h), Temps de vol (Tv), Velocitat de sortida (V_0) i l'angle de sortida (α_0).
- **Variables Cinemàtiques Específiques:** Actualment la importància dels salts en Gimnàstica Rítmica es troba en el fet que constitueixen un dels 4 Grups d'Elements Corporals Fonamentals susceptibles d'assolir Valor de Dificultat (VD) (Mendizábal, 2001). Obtenir un major VD possibilita a la gimnasta que els seus exercicis assoleixin una Nota de Partida més elevada, cosa que representa un avantatge sobre les seves rivals. Però els salts únicament assoleixen el seu VD si mostren tres **característiques de base**: una bona **altura** (elevació) del salt; una **forma** definida i fixada durant el vol i una bona **amplitud** en la pròpia forma (FIG, 2005). Característiques de base que exposa el Codi de Puntuació de la Federació Internacional de Gimnàstica i que són utilitzades per a la valoració d'aquests elements tècnics per les jutges en competició. *Si qualsevol d'aquestes característiques no es mostra en el salt executat aquest no es considera com a dificultat i a més a més serà penalitzat per mala execució* (FIG, 2005). En aquest grup de variables cinemàtiques

específiques es tradueixen aquestes característiques de base, que determinen l'adequació del salt a les exigències del Codi de puntuació, a variables cinemàtiques quantitatives i índexs específics de valoració.

- **Índexs d'avaluació:** S'introdueixen en la Fitxa d'Avaluació índexs calculats a partir de variables cinemàtiques generals per a la valoració de l'acció d'impulsió de la gimnasta, la potència, la forma del salt i l'amortiment dels salts.

Els dos **objectius generals** que marquen la direcció a llarg termini d'aquest projecte són: (1) crear una eina útil i pràctica per a l'avaluació de la qualitat i la capacitat de la gimnasta per realitzar salts amb un elevat nivell de perfecció tècnica i que compleixin amb les exigències del Codi de Puntuació i (2) superar la barrera comunicativa existent entre els resultats que ens aporta l'avaluació Biomecànica i la seva transmissió als tècnics, per tal d'aconseguir una forma de presentació atractiva i assimilable ràpidament.

Creiem que és possible i necessari apropar les anàlisis científiques d'alt nivell a l'entrenament esportiu per al seu aprofitament i aplicació pràctica en les diferents especialitats gimnàstiques. Construir el pont entre la investigació i la pràctica, tindrà un valor enorme si els científics trobem el camí per fer fluir la informació dels nostres estudis als professionals de l'esport, els entre-

nadors i els esportistes. Aquesta informació ha de ser presentada en una forma entenedora i significativa als professionals d'aquest esport (Prassas, 1999).

Material i mètodes

Per a la construcció específica de la Fitxa d'Avaluació del salt gambada es va tenir en compte que, des d'un punt de vista funcional, cal diferenciar tres accions fonamentals: elevar-se o impulsar-se (*Fase d'Impulsió*), realitzar una forma corporal precisa i definida en la fase aèria (*Fase Aèria*) i esmorteir la recepció i anticipar l'acció següent (*Fase d'Amortiment*) (Lecomte, 1995). Així, tant les variables cinemàtiques generals com les específiques es van distribuir en aquestes tres fases. Els instants seleccionats per a la divisió de la gambada en aquestes fases s'exposa a la *figura 1*.

En el procés inicial de disseny de la Fitxa es van tenir en compte diferents aspectes:

- Que es mostressin les dades d'una forma clara, organitzada i estructurada.
- Que el disseny fos atractiu i vistós.
- Que pogués donar informació útil de forma ràpida.

Per a l'obtenció dels resultats cinemàtics que posteriorment s'exposen a la Fitxa d'Avaluació, es va rea-

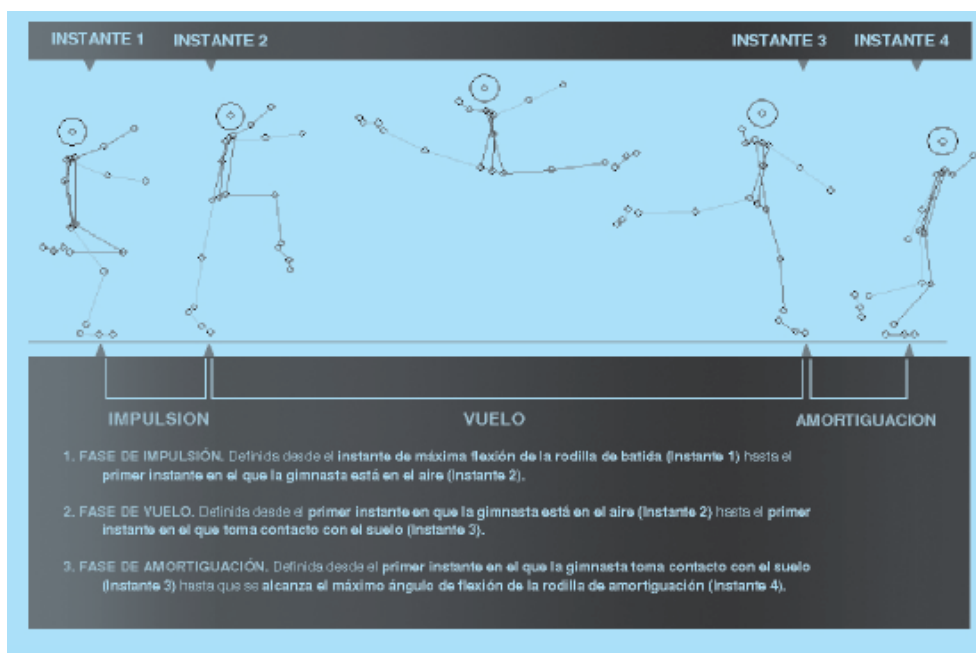


Figura 1

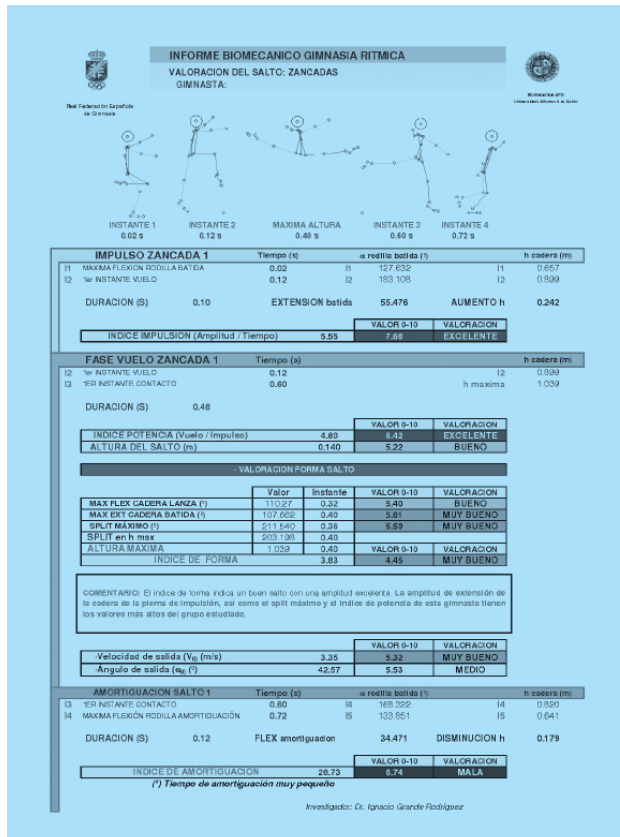


Figura 2

litzar una anàlisi Videogramètrica 3D. Aquesta tècnica permet la reconstrucció tridimensional d'un moviment registrat per un mínim de dues càmeres sincronitzades entre elles. La mostra analitzada per a la posada en pràctica d'aquesta Fitxa d'Avaluació del salt gambada va estar composta per 19 gimnastes.

L'enregistrament es va realitzar a la sala de Gimnàstica Rítmica del Centre d'Alt Rendiment de Madrid. Es van gravar els salts des d'una perspectiva frontal i una altra de lateral dret respecte a la gimnasta.

La velocitat d'obturació de les càmeres va ser d'1/1000 s amb una freqüència de mostreig de 50 Hz. Es van utilitzar els 8 vèrtexs d'un marc de calibratge cúbic de 2 metres de costat com a punts de control per a la transformació de coordenades utilitzant l'algoritme DLT (Abdel-Aziz i Karara, 1971)

En el treball posterior al laboratori es va definir un model mecànic format per 22 punts, 20 de reals i dos punts virtuals calculats, que simplifiquen el cos

de la gimnasta en un model format per punts i connexions.

El procés de digitalització va ser manual i realitzat per un únic investigador. Per al procés de digitalització i l'extracció de resultats es va utilitzar el programa KINESCAN IBV versió digital 1.1 utilitzant funcions *splines* ordre 5 per al procés de suavitzat (Woltring, 1986).

Resultats

Com a resultat s'exposa la Fitxa d'Avaluació utilitzada per valorar de forma específica l'execució de la gambada (Figura 2).

A la part superior s'exposen les dades identificatives de la gimnasta analitzada i la imatge del model mecànic utilitzat, extret de la digitalització específica del salt estudiat des d'una vista lateral dreta. Les posicions corresponen amb les posicions assolides en els instants utilitzats per descompondre el salt en fases; s'hi indica la referència temporal en la qual s'esdevé dins de l'escena analitzada.

A continuació s'exposen les variables generals, específiques i els índexs d'avaluació organitzats en les tres fases analitzades:

Fase d'Impulsió

1. Durada (s).
2. Extensió batuda (°): Angle d'extensió del genoll de l'extremitat utilitzada per a l'acció de batuda.
3. Augment h (m): Augment de l'altura del centre dels malucs.
4. Índex d'Impulsió: Índex dissenyat per avaluar l'acció d'impulsió de la gimnasta avaluada. Es calcula dividint el rang articular utilitzat per a la impulsio entre el temps utilitzat.

Fase de Vol

5. Durada (s).
6. Índex de Potència: Calculat dividint la durada de la fase de vol entre la durada de la fase d'impulsió.
7. Altura del Salt (m): Calculat entre l'altura del centre dels malucs de la gimnasta en I3 i l'altura màxima en vol del centre dels malucs.

8. **Màxima Flexió maluc llançat** ($^{\circ}$): Angle màxim entre la cuixa de l'extremitat llançada i la vertical projectat sobre el pla XZ.
9. **Màxima Extensió maluc batuda** ($^{\circ}$): Angle màxim entre la cuixa de l'extremitat de batuda i la vertical projectat sobre el pla XZ.
10. **Split Màxim** ($^{\circ}$): Angle màxim entre cuixa dreta i esquerra projectada sobre el pla XZ.
11. **Split en h_{max}** ($^{\circ}$): Màxim angle entre cuixa dreta i esquerra en l'instant de màxima altura del centre dels malucs (h_{max}).
12. **Índex de forma**. Es tracta d'un índex de dispersió. Es calcula la Desviació Típica entre els instants temporals en què succeeixen les variables (8), (9) (10) i l'instant de h_{max} .
13. **Velocitat de sortida (V_0)** (m/s): Velocitat del centre de malucs de la gimnasta en el primer instant de la fase de vol.
14. **Angle de sortida (α_0)** ($^{\circ}$): Calculat amb les coordenades (x, i z) del centre dels malucs en el primer i el segon instant en què la gimnasta es troba enlaire.

Fase d'amortiment

15. **Durada** (s).
16. **Flexió amortiment** ($^{\circ}$): Angle de flexió del genoll de l'extremitat que aterra.
17. **Disminució h** (m): Disminució de l'altura del centre de malucs de la gimnasta.
18. **Índex d'amortiment**: Índex dissenyat per avaluar l'amplitud articular utilitzada per a l'amortiment posant-lo en relació amb el temps utilitzat. S'estableix una relació entre l'amplitud articular que la gimnasta utilitza per esmorteir el salt dividint-lo entre el temps que utilitza per fer-ho.

Es va dissenyar de forma complementària una Fitxa de Valoració Ràpida que resumeix i complementa l'anterior (Figura 3).

En aquesta es resumeixen les variables i índexs baremats perquè d'un cop d'ull es puguin visualitzar els punts més i menys destacats de la gimnasta. S'inclou un histograma en el qual s'exposen les baremacions calculades en les diferents variables. Amb això es pot identificar de forma simple en quines destaca i en quines trobem valors més baixos.

Finalment, es troba un apartat dedicat a la valoració qualitativa realitzada des del punt de vista de l'entrenador i el biomecànic. S'exposen comentaris qualitius sobre l'ús de les extremitats superiors, desviacions importants respecte a un salt estèticament ben realitzat o moviments que poden influir en futures lesions (mals moviments d'amortiment o posicions incorrectes de l'esquena).

Discussió

En aquesta primera aplicació de la Fitxa d'Avaluació el resultat ha estat força satisfactori, valorat en funció de les opinions dels mateixos entrenadors, principals destinataris d'aquesta Eina. Destacaríem com a aspectes més positius la valoració específica de les característiques de base dels salts que exposa el Codi de Puntuació, l'exposició de les dades de forma baremada i en esca-

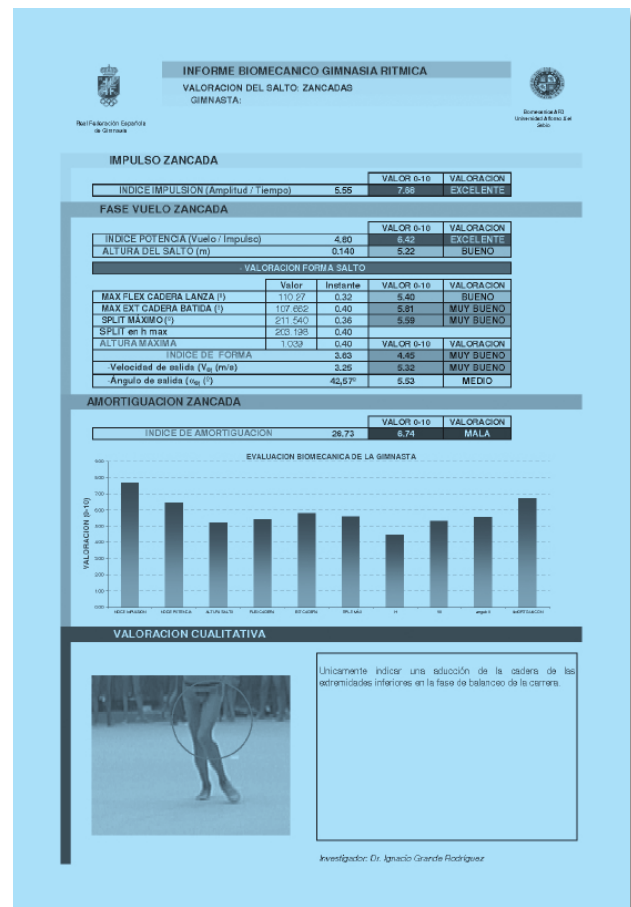


Figura 3

Resultat baremat	Correspondència
6,0-8,0	Excel·lent
5,5-6,0	Molt bo
5,0-5,5	Bo
4,5-5,0	Mitjà
3,5-4,5	Baix
0,0-3,5	Molt baix

Figura 4

la de colors com a mitjà de millorar la ràpida valoració dels resultats i les opinions positives de les entrenadores i la relació entre les opinions subjectives de les entrenadores i els resultats assolits amb l'avaluació biomecànica realitzada.

Com a primer aspecte que hem destacat, indicarem que mitjançant aquesta Fitxa s'ha aconseguit d'avaluar els requeriments específics del Codi de Puntuació:

- **Una bona altura (elevació) del salt** (FIG, 2005). Valorada en funció de l'increment de l'altura del punt central dels malucs de la gimnasta. En aquest cas, ens agradaria fer l'apreciació que en molts casos, aquesta altura del salt ha estat analitzada en funció de l'altura del centre de gravetat de la gimnasta (Sousa i Lebré, 1996). La trajectòria del centre de gravetat de la gimnasta pot ser molt diferent de la que segueixen els malucs o les espatlles de l'esportista a causa de la variació de la localització del CDG en funció de la disposició dels segments corporals. Per això, i a causa que les jutges avaluen en funció de la visió directa que tenen del salt, preferim utilitzar aquest punt dels malucs davant el CDG perquè es pot analitzar qualitativament a simple vista.
- **Una forma definida i fixada durant el vol** (FIG, 2005). Aquesta característica obliga la gimnasta a marcar la posició definitòria del salt executat a màxima amplitud i intentant d'assolir-ho coincidint amb l'instant de màxima altura del salt. Per fer-ho, definim l'Índex de Forma calculat a través de la dispersió entre els instants en què succeeixen les màximes amplituds en els moviments

articulats de la gimnasta i l'instant de màxima altura. La gimnasta que assoleixi una major sincronització entre aquests esdeveniments serà la que tindrà l'Índex de Forma menor. Per això en aquest cas la baremació d'aquest Índex valora amb més puntuació la gimnasta amb menor valor calculat. Aquest índex mai no ha estat utilitzat anteriorment en la bibliografia consultada i pot ser utilitzat com a valoració directa d'aquesta segona característica de base que especifica el mateix Codi de Puntuació.

- **Una bona amplitud en la pròpia forma** (FIG, 2005). S'ha inclòs l'amplitud articular de les articulacions implicades en el salt analitzat (gambada): Flexió del maluc de l'extremitat llançada, Extensió del maluc de l'extremitat de batuda i Amplitud del *split*. Amb això podem indicar si la gimnasta assoleix uns valors adequats d'amplitud articular activa durant la fase aèria del salt.

Un altre aspecte a destacar és la traducció d'aquestes dades biomecàniques en una baremació qualitativa de fàcil comprensió per als entrenadors. Les dades numèriques es transformen en una escala de valoració (informació qualitativa) per mitjà d'un criteri de baremació. Cal indicar que aquesta informació qualitativa valora la gimnasta dins del grup en el qual han estat avaluades i no s'ha de tenir en compte com un valor absolut i generalitzable de l'esportista. La baremació s'obté a partir del càlcul de la mitjana de cada variable. El criteri establert és atorgar un valor de 5 punts al valor de la mitjana. Així, cada resultat de la gimnasta és traduït a una escala en la qual la categorització de BO s'estableix entre 5,0 i 5,5 punts. La gimnasta es troba per damunt de la mitjana del grup. S'ha establert una escala des d'EXCEL·LENT fins a MOLT BAIX. Aquesta Escala es troba reflectida també en una escala de colors per a una visió més ràpida dels resultats (Figura 4).

Finalment, podem destacar que en la majoria dels casos, les opinions subjectives de les entrenadores amb qui hem col·laborat coincidien amb les valoracions biomecàniques assolides. Amb això, les opinions que les entrenadores solen tenir sobre certs aspectes dels salts analitzats són reforçades amb les dades objectives extretes d'una valoració biomecànica.

Malgrat aquests resultats satisfactoris, hi ha aspectes a millorar. Fonamentalment es defineixen dos condicionants que han de ser millorats:

1. Disminuir el temps d'obtenció de resultats.

Per completar l'informe es va trigar més de tres mesos, temps que inclou la definició i el disseny de la Fitxa d'Avaluació. Fitxa que ha sofert molts canvis i millores des de l'esbós inicial. Per reduir el temps de lliurament dels informes és convenient:

- Dissenyar Fitxes d'Avaluació per a cada grup de salts de la Gimnàstica Rítmica.** Determinant en cada cas quines en són les variables més importants. Hi ha 17 grups de salts per la qual cosa se n'haurien de definir les Fitxes d'Avaluació corresponents i específiques.
- Crear models de digitalització més senzills,** tot eliminant segments que no són analitzats ni transcendents per al càlcul de les variables analitzades.
- Crear models mecànics específics per a cada salt.** També influeix el fet que en el programa de digitalització les variables a calcular s'han de definir conjuntament amb el model mecànic, per la qual cosa s'hauria de definir el model adequat per a cada grup de salt.

2. Validar i comprovar la utilitat dels índexs que es proposen. Els índexs proposats són millorables i han de ser comprovats en futures anàlisis. Cal destacar que en el cas de l'índex de potència proposada es troba una correlació positiva i directa amb l'altura del salt analitzat ($r: 0,68$, $p < 0,01$). Aquesta dada haurà de ser constatat en futures anàlisis.

Conclusions

Les conclusions principals d'aquest estudi han estat.

- S'ha creat un format de Fitxa d'Avaluació específica per al salt gambada on destaca la inclusió de la valoració dels requeriments específics que sol·licita el Codi Internacional de Puntuació de Gimnàstica Rítmica.
- S'han definit índexs específics per valorar aspectes definitoris del rendiment d'un salt, com ara la Impulsió, la Potència, la Forma i l'Amortiment.
- S'ha aplicat de forma satisfactòria aquesta Eina

d'Avaluació en un grup específic de gimnastes; el major inconvenient que s'hi ha trobat ha estat el temps invertit a completar les digitalitzacions dels salts.

- S'ha aconseguit una forma d'exposició simplificada de les dades biomecàniques que ajuda a aconseguir una utilització més ràpida dels resultats obtinguts per part dels tècnics.

Bibliografia

- Abdel-Aziz, Y. I. i Karara, H. M. (1971). Direct Linear Transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. *Proceedings ASP/VI Symp. On Close-Range Photogrammetry*: 1-17.
- Dyhr-Poulsen, P. (1987). An analysis of split leaps and gymnastic skill by physiological recordings. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56(4): 390-7.
- Fernández del Valle, A. (1991). *Gimnasia Rítmica*. Comité Olímpico Español. Madrid, España.
- Ferro, A. (1998). Apoyo Biomecánico a la Gimnasia Rítmico-Deportiva. *Biomecánica*. Cuadernos de información, 19: 30-36.
- Ferro, A.; Rivera, A. i Pagola, I. (2000) Metodología para el análisis cinético de saltos específicos de Gimnasia Rítmico-Deportiva. *Investigación en Ciencias de Deporte*, 21: 87-107.
- FIG (2005). *Code of Point*. FIG.
- Hutchinson, M. R.; Tremain, L.; Chistiansen, J. i Beitzel, J. (1998). Improving leaping ability in elite rhythmic gymnasts. *Medicine Science in Sport Exercise*, 30 (10): 1543-7.
- Kulka, E. (1994). Détection-Sélection-Évaluation et Orientation sportive en GRS *Technique*, 8: 28-31.
- Lebre, E. (1992). The split jump on rhythmic sportive gymnastic – a simple biomechanical method of evaluation En: *First International Conference of biomechanics in Gymnastics*, Cologne: 193-197.
- Lebre, E. i Sousa, F. (1997) Étude Biomécanique du saut "enjambé" en GRS. En GRD: le sens d'une evolution. Ed. Institut National du Sport et de L'éducation Physique (INSEP), Paris, France.
- Lecomte, F. (1995). Les sauts *Technique*, 10: 18-21.
- Loquet, M. (1997). Lancer-rattraper d'engin, analyse mécanique *Technique*, 20: 26-32.
- Mendizábal, S (2001). *Fundamentos de la Gimnasia Rítmica*. Editorial Gymnos, Madrid, España.
- Prassas, S. (1999). Biomechanical research in Gymnastics: What is Done, What is Needed (<http://coachesinfo.com/category/gymnastics/66/>) [Consulta 20 de novembre de 2006].
- Sakashita, R.; Asai, T. i Takiwaza, K. (2002). A fundamental study on relation between impression and movement. A Abstracts from the 4th International Conference on the Engineering of Sport, 3-6 September 2003, Kyoto, Japan *Sports Engineering*, 5: 213-238.
- Sousa, F. i Lebré, E. (1996). Biomechanics analysis of two different jumps in Rhythmic Sports Gymnastics (RSG). *A Proceedings of the XIV International Symposium on Biomechanics in Sports*: 416-419.
- Sousa, F. i Lebré, E. (1998) Biomechanics of jumps in rhythmic sports gymnastics (RSG) Kinematics analysis of the principal jumps in RSG. En *Abstracts from the 16th Symposium of the International Society of biomechanics in Sports*.
- Wolting, H. J. (1986) A Fortran package for generalized, cross-validatory splines smoothing and differentiation. *Adv. Eng. Software*, 8(2): 104-113.
- Yi, K. i Kwon, B. (2005) Differences in vertical ground reaction force and lower limb angle according to the use of insoles for vertical jumps in Rhythmic Gymnastics *Book of abstracts of the 7th Symposium on Footwear Biomechanics*. Cleveland, Ohio.