

Shot Put: Ergonomic Analysis in the Adapted Sport

Gilberto Martins Freire^{1*}, Luiz Alberto Pilatti¹
and Graciele Massoli Rodrigues²

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Brazil, ²Universidade São Judas Tadeu (USJT), São Paulo, Brazil

Abstract

The objective of this work is to ergonomically analyze the discipline of shot put in the adapted sport, specifically when it is done on a chair or bench. The method used in this study is known as Ergonomic Analysis of Work (EAW), and its focus is on the phases of demand, task and activity. For this purpose, photographic records were made showing various athletes of both sexes in a sitting position, 20 in the context of the analysis of the demand and 25 in the analysis of the task. In the analysis of the activity, the research focused on 5 male athletes from different countries with an average age of 30 (in particular, 20, 27, 30, 31 and 48 years old, respectively). They all had motor functional diversity of the lower limbs and the same functional sports classification. The results obtained confirm that throwing chairs are not designed according to the particularities of their users, and that there is a relationship between ergonomic risks, competitive postures and athletes' performance. Likewise, the analysis shows how the harmful effects for health, safety, comfort and sports performance impact athletes who use a sitting position in competition.

Keywords: ergonomics, adapted physical activity, athletes with disabilities, shot put

Introduction

The interest aroused in studying individuals with disabilities suggests ergonomics as a field of science which facilitates the individual's interaction with their workplace in order to get better conditions and better productivity. According to Iida (2005), the progress in rehabilitation techniques and the development of special equipment promote the monitoring of individuals with functional diversity for productive work. The term ergonomics derives from the Greek words *ergon* (work) and *nomos* (rules). In the United States, the term 'human factors' is used as a synonym (Dul

* Correspondence:
Gilberto Martins Freire (gmfke@yahoo.com.br).

Llançament de pes: anàlisi ergonòmica en l'esport adaptat

Gilberto Martins Freire^{1*}, Luiz Alberto Pilatti¹
i Graciele Massoli Rodrigues²

¹Universitat Tecnològica Federal de Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Brasil, ²Universitat São Judas Tadeu (USJT), São Paulo, Brasil

Resum

L'objectiu d'aquest treball va ser analitzar ergonòmicament la disciplina de llançament de pes en l'esport adaptat, específicament quan aquest es realitza sobre una cadira o banc. El mètode emprat en aquest estudi va ser el conegut com a anàlisi ergonòmica del treball, el focus del qual se situa sobre les fases de demanda, tasca i activitat. Per això es van realitzar registres fotogràfics que mostressin diversos atletes de tots dos sexes en posició asseguda, 20 en el marc de l'anàlisi de la demanda i 25 en el de l'anàlisi de la tasca. En l'anàlisi de l'activitat, la recerca es va centrar en 5 atletes de sexe masculí, de països diferents i amb 30 anys com a mitjana d'edat (en concret, 20, 27, 30, 31 i 48 anys, respectivament). Tots ells posseïen diversitat funcional motora dels membres inferiors i la mateixa classificació funcional esportiva. Els resultats obtinguts van ratificar que els bancs de llançament no són dissenyats d'acord amb les particularitats dels seus usuaris i que existeix una relació entre els riscos ergonòmics, les postures en competició i el rendiment dels atletes. Així mateix, l'anàlisi posa en evidència com els efectes nocius per a la salut, la seguretat, la comoditat o confort i el rendiment esportiu repercuten en aquells atletes que adopten la posició asseguda en competició.

Paraules clau: ergonomia, activitat física adaptada, atletes amb discapacitat, llançament de pes

Introducció

L'interès que suscita l'estudi sobre les persones amb discapacitat suggereix l'ergonomia com a àrea de la ciència que possibilita la interacció de l'individu amb el seu lloc de treball, amb la finalitat d'obtenir millors condicions i una major productivitat. Segons Iida (2005), els progressos de les tècniques de rehabilitació i el desenvolupament d'equipaments especials promouen el seguiment de les persones amb diversitat funcional per al treball productiu. El terme ergonomia deriva de les paraules gregues *ergon* (treball) i *nomos* (regles). Als Estats Units s'usa el terme *human factors* com a sinònim

* Correspondència:
Gilberto Martins Freire (gmfke@yahoo.com.br).

& Weerdmeester, 2005). Ergonomic analysis of work (EAW) is a method of analysis which takes place in three steps (demand, task and activity) whose objective is to identify the possible ergonomic risks in the practice of a given job (Ferreira, 2015). In this study, ergonomics has been understood as a field of study in the field of engineering that is capable of analyzing adapted sport activity as well as the practitioner's interaction with their sport artefact.

Sport for individuals with disabilities can be defined as one that has been modified or especially created to meet the particular needs of individuals with some kind of functional diversity (Gorgatti & Gorgatti, 2013). Thus, seen as yet another part of adapted physical activity (APA), adapted sport encompasses all kinds of sports which adapt to a group of individuals with some kind of disability, given that a series of adaptations and/or modifications must be made to facilitate sport practice by this collective (Pérez, 2003; Reina, 2010). This field of physical activity emerged in the second half of the 20th century from a model based on rehabilitation and recreation. We can view APA as a compendium of interdisciplinary knowledge aimed at identifying and resolving individual differences in physical activity by adapting them to the context in which they take place (Tejero, Vaíllo, & Rivas, 2012).

The disciplines or modalities which are performed in a wheelchair have historically occupied a core role among the Paralympic sports, thus considerably improving the levels of competition (Woude, Veeger, & Dallmeijer, 2004). In this way, specific wheelchairs were designed for racing, rugby, tennis and basketball, which improved athletes' physical function, giving rise to more active individuals who use wheelchairs which are stable, versatile, sturdy and lightweight.

In Paralympic sport, there is a series of areas where there are shortcomings in the scientific evidence of different aspects, which would therefore clearly benefit from the development of scientific studies, in particular those whose purpose is to improve sport performance, promote health and safety during training and competition, and help guarantee fair, equitable competition (Grindle, Deluigi, Laferrier, & Cooper, 2012).

The biomechanics of athletes who throw while seated is unquestionably a subject of study (Frossard, O'Riordan, & Goodman, 2009). These studies are

(Dul i Weerdmeester, 2005). L'anàlisi ergonòmica del treball (AET) és un mètode d'anàlisi que es desenvolupa en tres passos (demanda, tasca i activitat) i que té com a objectiu identificar els possibles riscos ergonòmics en la pràctica d'un determinat treball (Ferreira, 2015). En aquesta recerca, l'ergonomia ha estat entesa com una àrea d'estudi en el camp de l'enginyeria capaç d'analitzar l'activitat esportiva adaptada, així com la interacció del practicant amb el seu artefacte esportiu.

L'esport per a persones amb discapacitat pot ser definit com aquell esport modificat o especialment creat per trobar les necessitats particulars d'individus amb algun tipus de diversitat funcional (Gorgatti i Gorgatti, 2013). Així, l'esport adaptat, vist com una part més de l'activitat física adaptada (AFA), engloba totes aquelles modalitats esportives que s'adeqüen al col·lectiu de persones amb algun tipus de discapacitat, atès que per això s'han realitzat una sèrie d'adaptacions i/o modificacions que faciliten la pràctica esportiva per part de dit col·lectiu (Pérez, 2003; Reina, 2010). Aquest camp d'activitat física sorgeix en la segona meitat del segle XX partint d'un model basat en la rehabilitació i l'oci. Es pot considerar que l'AFA és un compendi de coneixements interdisciplinaris dedicat a la identificació i solució de les diferències individuals en l'activitat física, adequant-les al context en el qual es desenvolupen (Tejero, Vaíllo i Rivas, 2012).

Entre els esports paralímpics, aquelles disciplines o modalitats que es desenvolupen en cadira de rodes han ocupat històricament una posició central, millorant així considerablement els nivells de competició (Woude, Veeger i Dallmeijer, 2004). D'aquesta forma, es van dissenyar cadires de rodes específiques per a la cursa, rugbi, tennis i bàsquet, que van proporcionar una millora de la funció física, donant lloc a individus més actius que feien ús de cadires de rodes estables, versàtils, resistents i lleugeres.

En l'esport paralímpic, és possible trobar una sèrie d'àrees que presenten una manca pel que fa a evidències científiques en diferents aspectes i que, per tant, es veurien clarament beneficiades amb el desenvolupament d'estudis científics, en particular amb el d'aquells la fi dels quals fos millorar el rendiment esportiu, promoure la salut i la seguretat durant l'entrenament i la competició, i ajudar a garantir una competència justa i equitativa (Grindle, Deluigi, Laferrier i Cooper, 2012).

La biomecànica dels atletes que llancen asseguts és, sens dubte, objecte d'estudi (Frossard, O'Riordan i Goodman, 2009). A aquests treballs s'uneixen els

joined with recent efforts by human engineering laboratories which research the design of chairs or adjustable throwing chairs (Chung, Lin, Toro, Beyene, & García, 2010). However, there is little literature in the field of throwing chairs that are appropriate for performance sport for a broader use, such as major sporting events (Grindle, Deluigi, Laferrier, & Cooper, 2012).

The complexity of wheelchair sports poses a unique challenge to scientists. There are two fundamental components which influence the practice of wheelchair sports: the athlete and the chair. What allows and determines the advance or momentum of the wheelchair and the sport movements needed in a given sport is the interaction between these two components (Goosey & Price, 2010).

Participating in sports, and in particular performing throwing exercises, can have a positive effect on the physical and physiological health of individuals with disabilities. In the past decade, technological advances have shed light on this area and fostered the development of sports for individuals with a range of functional diversity. As these technologies are more widely available, the impact on our understanding of the mechanisms which affect performance in adapted sport increases (Grindle et al., 2012).

In the case of a specific kind of weight within the discipline of adapted shot put (the ball, for example), the CBA regulations (2017) state that the objective of this throw is to place the ball as far as possible from a circle measuring 2.13 m in diameter, which has a peak curve of 10 centimeters in the front. According to Lanka (2004), Fernandes (2003) and Muller and Ritzdorf (2002), the biomechanical aspects resulting from the ball throw involve different parameters such as height, speed, departure angle, aerodynamic quality, environmental factors and the sport artefact used.

This study has used the sport techniques promoted by Muller and Ritzdorf (2002) and Fernandes (2003), with the observation that there will not be a glide phase in a description of the technical throwing gesture on a chair or bench, given that the athletes who practice this kind of adapted shot put have motor functional diversity in their lower limbs. Thus, the analysis has focused on the individuals' trunk and upper limbs.

recents esforços per part de laboratoris d'enginyeria humana que es dediquen a investigar entorn al disseny de cadires o bancs de llançament ajustables (Chung, Lin, Toro, Beyene i García, 2010). No obstant això, hi ha escassetat de literatura en l'àmbit de les cadires de llançament apropiades per a l'esport de rendiment amb vista a un ús més ampli, com són els grans esdeveniments esportius (Garret, Grindle, Deluigi, Laferrier i Cooper, 2012).

La complexitat dels esports en cadira de rodes suposa un desafiament únic per al científic. Hi ha dos components fonamentals que influeixen en la pràctica dels esports sobre rodes: l'atleta i la cadira. És la interacció entre aquests dos components el que permet i determina l'avanç o impuls de la cadira de rodes i els moviments esportius necessaris dins d'un determinat esport (Goosey i Price, 2010).

La participació en esports i, específicament, la realització d'exercicis de llançament pot tenir un efecte positiu sobre la salut física i fisiològica de les persones amb discapacitat. En l'última dècada, l'avanç tecnològic ha permès una aproximació a aquesta àrea i ha potenciat el desenvolupament d'esports per a persones amb tot tipus de diversitat funcional. A mesura que aquestes tecnologies es tornen àmpliament disponibles, augmenta l'impacte en la comprensió dels mecanismes que repercuteixen en el rendiment esportiu adaptat (Grindle et al., 2012).

En el cas d'un tipus de pes en concret dins de la disciplina de llançament de pes adaptat (la pilota, per exemple), la normativa de la CBA (2017) assenyala que l'objectiu d'aquest llançament és col·locar la pilota el més lluny possible d'un cercle de 2,13 m de diàmetre i que compta amb una punta corba de 10 centímetres a la zona frontal. D'acord amb Lanka (2004), Fernandes (2005) i Muller i Ritzdorf (2002), els aspectes biomecànics resultants del llançament de la pilota involucren diferents paràmetres com l'altura, la velocitat, l'angle de sortida, la qualitat aerodinàmica, els factors ambientals i els artefactes esportius empleats.

En aquest estudi s'han utilitzat les tècniques esportives promogudes per Muller i Ritzdorf (2002) i Fernandes (2005), amb l'observació que per a la descripció del gest tècnic del llançament sobre la cadira o banc no hi haurà una fase de lliscament atès que els atletes que practiquen aquest tipus de llançament de pes adaptat compten amb diversitat funcional motora en els membres inferiors. Així, l'anàlisi s'ha centrat en el tronc i en els membres superiors dels individus.

The incipient studies related to adapted sport activities on a chair or bench show a clear downgrade in the conditions of healthy sport practice and a decrease in the improvement in sport practice, which leads to the purpose of this study: to ergonomically analyze the throw on a bench in the adapted sport using the EAW method.

Method

From the standpoint from which the problem is addressed, this is a qualitative and quantitative descriptive study in which both technical and form-based factors are considered, always bearing in mind the individual features of each athlete.

Methodological Approach

The methods used to collect data are *in loco* observation by photographic records, images, interviews and the use of protocols which are specific to ergonomic research. The method adopted for the analysis, the formulation of the diagnosis and the presentation of the recommendations was the EAW. The methodological model proposed by Santos and Fialho (1995) was used emphasizing three phases: the ergonomic analysis of the demand, where the subject of study was identified; the ergonomic analysis of the task, where the conditions of the sport practice were observed; and the ergonomic analysis of the activity, where the athlete's behaviors on the sport artefact in competition were observed. Henceforth, the terms 'throwing chair' and 'throwing bench' shall be used interchangeably in reference to this sport artefact.

Procedure

This study starts with the observations of the ergonomic incoherencies in the throwing bench used by athletes in competition. At the start of the tests, 20 photographic records of 20 athletes of both sexes were randomly taken in a national competition.

Below are the specifications observed during the course of the study:

- The chair, meant as the surface of the bench where the athlete's buttocks and back of the thighs rest.

Els incipients estudis relacionats amb les activitats esportives adaptades sobre la cadira o banc assenyalen un clar empitjorament en les condicions de la pràctica esportiva saludable i una disminució de la millora de la pràctica esportiva, la qual cosa condueix a l'objectiu d'aquesta recerca: analitzar ergonòmicament el llançament sobre el banc en l'esport adaptat fent ús del mètode AET.

Metodologia

Des del punt de vista metodològic de l'estudi del problema, es tracta d'una recerca qualitativa i quantitativa de naturalesa descriptiva, en la qual s'aprecien factors tan tècnics com de forma, tenint sempre en compte les peculiaritats individuals de cada atleta.

Abordatge metodològic

Els mètodes utilitzats per a la recopilació de dades es desprenen de l'observació *in loco* intervinguda pels registres fotogràfics, imatges, entrevistes i ocupació de protocols que són específics de la recerca ergonòmica. El mètode adoptat per a l'anàlisi, la formulació del diagnòstic i la presentació de les recomanacions va ser el de l'AET. El model metodològic proposat per Santos i Fialho (1995) va ser emprat posant l'accent en tres fases: l'anàlisi ergonòmica de la demanda, on va ser identificat l'objecte d'estudi, i l'anàlisi ergonòmica de la tasca, on es van observar les condicions de la pràctica esportiva, i l'anàlisi ergonòmica de l'activitat, on es van observar els comportaments de l'atleta sobre l'artefacte esportiu en competició. D'ara endavant, s'usaran indistintament els termes banc i cadira de llançament, en referència a l'artefacte esportiu citat.

Procediment

Aquest estudi s'inicia a partir de les observacions realitzades sobre les incoherències ergonòmiques del banc de llançament utilitzat per atletes en competició. A l'inici de les proves, van ser presos aleatòriament 20 registres fotogràfics de 20 atletes de tots dos sexes en competició nacional.

A continuació s'exposen les especificacions observades durant el desenvolupament de l'estudi:

- El seient, entès com la superfície del banc que acoda els glutis i la regió posterior de la cuixa de l'atleta.

- The back, that is, the surface of the bench where the athlete's back rests.
- The angle between the back and the chair.
- The throwing artefact, that is, the throwing bench designed exclusively for throwing in the adapted sport.
- Color as an aesthetic quality of the bench's finishes.
- The user's equipment, which encompasses all sport apparatuses compatible with the activity.
- Modularity, which refers to the bench possibly having several modules.
- Portability, including the bench possibly having devices to improve its portability.

All of the cases observed in this phase of the research were taken from the ranks of athletes from the International Paralympic Committee (IPC, 2007) who practice shot put on a bench.

Starting from the information collected and the knowledge acquired on the problem in the demand, the second phase of the EAW was launched. In this second phase, it was agreed to use 25 photographic records of the benches used by athletes of both sexes in an international IWAS competition. The conditions in which the athletes participated in the sport competition in a seated position were recorded, along with the users' subjective perceptions, both athletes and technicians. The analysis of the photographs bore in mind the qualitative ergonomic risks, namely the chair, the angle of comfort, the finishes, the irregularities on the edges, the color, the armrests, the devices to make the chair stationary, the back, the portability and the modularity.

In parallel, four athletes were interviewed, two females and two males, along with a coach, using a semi-structured dialogue so that the interviewees could verbalize their experiences in relation to training and competition, which offered a subjective perception of the problem. The interviews were held informally in a competitive atmosphere, and the interviewees were in a place that was open to the public. Furthermore, the interviews were recorded and later transcribed verbatim. All the statements were codified with the letter "D" (speaker), with the intention of preserving the anonymity of the participants.

- El respatller, és a dir, la superfície del banc que acomoda el dors de l'atleta.
- L'angle existent entre el respatller i el seient.
- L'artefacte de llançament, és a dir, el banc de llançament dissenyat exclusivament per al llançament en l'esport adaptat.
- El color com a qualitat estètica dels acabats del banc.
- L'equipament de l'usuari, que engloba tots aquells aparells esportius compatibles amb l'activitat.
- La modularitat, que fa referència a la possible possessió de diversos mòduls per part del banc.
- La portabilitat, amb la qual es contempla la possessió de dispositius de millora de la portabilitat per part del banc.

Tots els casos observats en aquesta fase de la recerca tenen el seu origen en els quadres d'atletes del Paralympic Committee (IPC, 2007) que practiquen la modalitat de llançament de pes sobre el banc.

Basant-se en la informació recaptada i el coneixement adquirit sobre el problema en la demanda, es va iniciar la segona fase de l'AET (l'anàlisi ergonòmica de la tasca). En aquesta segona etapa es va acordar utilitzar 25 registres fotogràfics dels bancs usats per atletes de tots dos sexes en competició internacional originaris de la IWAS. Es van reconèixer les condicions en les quals els atletes realitzaven la competició esportiva en posició asseguda i les percepcions subjectives dels usuaris, tant atletes com tècnics. L'anàlisi de les fotografies va tenir en compte els riscos ergonòmics de caràcter qualitatiu, és a dir, el seient, l'angle de confort, els acabats, les irregularitats en les vores, el color, el descans per als braços, els dispositius per a la fixació de la cadira, el respatller, la portabilitat i la modularitat d'aquesta.

Paral·lelament, van ser entrevistats quatre atletes, dos de sexe femení i dos de sexe masculí, i un entrenador utilitzant un diàleg elaborat de forma semi-estructurada perquè els entrevistats poguessin verbalitzar les seves experiències en relació amb l'entrenament i la competició, la qual cosa va suposar una percepció subjectiva del problema. Les entrevistes es van desenvolupar d'una manera informal en l'ambient de competició, on els entrevistats es trobaven en un local obert al públic. A més, van ser enregistrades i després transcrites literalment. Totes les declaracions van ser codificades amb la lletra "D" (declarant), amb la intenció de preservar l'anonimat dels col·laboradors.

Finally, the third phase of the research focused on five male athletes of different nationalities aged 20, 27, 30, 31 and 48. They all had motor functional diversity of the lower limbs (poliomyelitis, traumatic injuries or amputations) with an F58 functional sports classification. They were chosen on the premise that they practiced adapted shot put on a bench. It should be noted that currently the F58 functional sports classification has been associated with F57.

In this phase, the researchers were able to accompany and watch the activity (the competition) and the athletes' use of the throwing bench. To compare the *modus operandi* required by the working situation (ball throwing), the throwing techniques described by Muller and Ritzdorf (2002) and Fernandes (2003) were used:

1. Preparation: the head and right arm face the back of the throwing area and the right elbow is at a 90° angle with the trunk.

2. Construction: the trunk rotation movement is blocked by the left arm. The left elbow is elevated and turned towards the throw.

3. Throw: The whipping movement of the arm begins after the trunk is completely extended. The left arm has to be bent and stationary by the trunk when it is at the front of the throwing area. The right shoulder rises above the left one when the weight loses contact with the thrower. The acceleration is continued by the pulsion in the pre-extension (thumb downward and fingers pointing outward after releasing the weight), and the hand accompanies the movement until the end of the action.

This study adopted the gesture method as the technique to analyze the activity. The analyses were limited to the athlete's trunk and upper limbs, both left-handed and right-handed, bearing in mind the inclusion criteria adopted. The performance and its relations were compared simultaneously. We should note the conditional diversity inherent to a study of this kind, given that the athletes are in competition and the environmental and organizational conditions are not always favorable to the use of more uniform research protocols. However, the validity of the results obtained is not questioned: they clearly translate into the reality given that the analysis was performed *in loco*.

Finalment, la tercera fase de la recerca va posar el seu focus sobre cinc atletes de sexe masculí i de diferents nacionalitats. Les edats dels mateixos eren 20, 27, 30, 31 i 48 anys, respectivament. Tots ells presentaven diversitat funcional motora dels membres inferiors (poliomièlitis, traumatismes o amputacions) amb classificació funcional esportiva F58. Es van escollir amb la premissa que practiquessin llançament de pes adaptat sobre el banc. Cal destacar que actualment la classificació funcional esportiva F58 ha estat vinculada a la F57.

En aquesta fase va ser possible acompanyar i observar l'activitat (la competició) i l'ús del banc de llançament per part dels seus usuaris, (els atletes). Per a la comparació dels *modus operandi* exigits per la situació de treball (llançament de la pilota) van ser utilitzades les tècniques de llançament descrites per Muller i Ritzdorf (2002) i Fernandes (2005):

1. Preparació: el cap i el braç dret estan orientats cap a enrere de l'àrea del llançament i el colze dret fa un angle de 90° amb el tronc.

2. Construcció: el moviment de rotació del tronc és bloquejat pel braç esquerre. El colze esquerre està elevat i girat cap al llançament.

3. Llançament: el moviment de fuet del braç comença després de l'extensió completa del tronc. El braç esquerre ha d'estar doblegat i fix al costat del tronc al moment en el qual el mateix estigui de cara a l'àrea de llançament. L'espatlla dreta s'eleva per sobre de l'esquerre al moment en el qual el pes perd contacte amb el llançador. L'acceleració és continuada pel pols que està en preextensió (polze cap avall i dits apuntant cap a fora després de deixar anar el pes) i la mà acompanya el moviment fins al final de l'acció.

Aquesta recerca va adoptar com a tècnica de l'anàlisi de l'activitat el mètode en termes gesticulars. Les anàlisis es van delimitar al tronc i membres superiors d'atletes tan destres com a esquerrans, tenint presents els criteris d'inclusió adoptats. Simultàniament es va comparar el rendiment i les seves relacions. És convenient destacar la diversitat condicional en la qual es veu inclòs un estudi d'aquest tipus, doncs els atletes es troben en règim de competició i no sempre les condicions ambientals i organitzatives són favorables per a l'ús de protocols més uniformes de recerca. No obstant això, no es qüestiona la validesa dels resultats obtinguts: aquests tradueixen certament la realitat atès que l'anàlisi és realitzada *in loco*.

The inclusion criteria adopted included the athletes with motor functional diversity of the lower limbs originating from a variety of causes (poliomyelitis, traumatic spinal cord injuries or amputations). With regard to the exclusion criteria, athletes with no international functional sports classification were discarded.

Technique

Due to the characteristics of the EAW, whose goal is to study and understand the activities performed at work, the techniques needed to conduct the analyses basically consisted in observations (global, systematic and participative), semi-structured interviews, photographs and images of the competition venue and the sub-systems (athlete-throwing bench). To capture the photos and images, a Nikon D3200 camera was used, which was placed behind the throwing area (approximately 15 m away, facing forward). For the photographic tests of the throwing chairs, a distance of 1.0 to 3.0 meters and a height of 1.0 meter was used.

The images were analyzed using Ergolàndia software, which shows the analyst the movement of the image with horizontal and vertical displacement bars, the application of linear and polar tables, as well as the calculation of angles and horizontal and vertical coordinates on one point of the figure. It also has video analysis options which enable the analyst to reproduce a video at three speeds, to zoom in and to regulate the volume. In this study, two-dimensional kinematics was used.

Statistical Analysis

This analysis was limited to descriptive statistics (mean, mode, median and standard deviation) using IBM SPSS version 19.

Limitations

Performing studies with small and very heterogeneous samples entails the risk that the phenomena researched have certain singularities. Furthermore, this is magnified by the lack of standardized tests with multidisciplinary coordination (Pérez, 2003). Despite this, we believe that this should not prove to be a limiting factor in our case, but the opposite: a stimulus

Els criteris d'inclusió adoptats contemplen els atletes amb diversitat funcional motora dels membres inferiors amb origen en diverses causes (poliomièlitis, traumatismes de la columna vertebral i amputacions). Quant als criteris d'exclusió, es van descartar els atletes que no posseïen classificació funcional esportiva internacional.

Tècnica

A causa de les característiques de l'AET, la meta del qual és estudiar i comprendre les activitats desenvolupades en un lloc de treball, les tècniques necessàries per a la conducció de les anàlisis van consistir bàsicament en observacions (globals, sistemàtiques i participatives), entrevistes semi-estructurades, fotografies i imatges de l'escenari de competició i dels subsistemes (atleta-banc de llançament). Per a la captura de fotografies i imatges va ser utilitzada una càmera Nikon D3200, la qual es va situar darrere del sector de llançament (aproximadament 15 m amb la màquina en el plànol frontal). Per als assajos fotogràfics dels bancs de llançament es va utilitzar una distància d'1.0 a 3.0 metres i altura d'1.0 m.

Les imatges van ser analitzades a través del programari Ergolàndia, que proporciona a l'analista el moviment de la imatge amb barres de desplaçament horitzontal i vertical, l'aplicació de taules lineals i polars, així com el càlcul d'angles i coordenades horitzontals i verticals d'un punt de la figura. També compta amb opcions d'anàlisi de vídeo mitjançant les quals permet que l'analista reproduïxi un vídeo a tres velocitats, augmenti el zoom i reguli el volum. En aquesta recerca es va utilitzar la cinemàtica bidimensional.

Anàlisi estadística

Aquesta anàlisi es va limitar a estadística descriptiva (mitjana, modus, mitjana i desviació típica) utilitzant IBM SPSS versió 19.

Limitacions

A l'hora de realitzar estudis amb mostres petites i molt heterogènies s'assumeix el risc que els fenòmens investigats presentin certes singularitats. A més, aquest fet es veu augmentat per la falta de tests estandaritzats i de coordinació multidisciplinària (Pérez, 2003). No obstant, es considera que això no hauria de ser una situació limitant en aquest cas, sinó tot el contrari, pot representar un

to continue advancing in our in-depth knowledge of AFA and adapted sport, associating studies and research with practice and the needs which the sports technicians and athletes' techniques convey to the researchers (Tejero et al., 2012).

Results

According to the phases in which this study was conducted, the results shall be presented from three vantage points: analysis of the demand, analysis of the task and analysis of the activity.

Analysis of the Demand

This phase of analysis was used to verify whether there was evidence of ergonomic risk in the shot put from a bench. Thus, this observational method strove to clarify the field of study in an accurate topography of the work/sport environment.

Figure 1 illustrates the level of interference of 8 observable specifications in the analysis of the demand. This is a fundamental stage in the quality of the ergonomic intervention, and there are numerous ways to explain it.

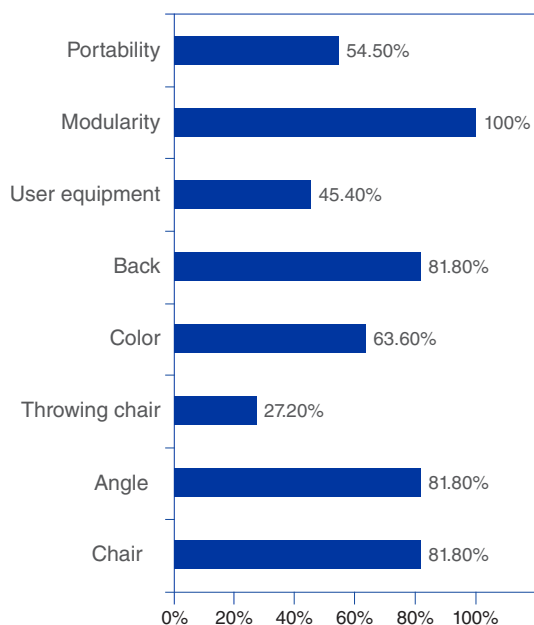


Figure 1. Ergonomic risk observed in the analysis of the demand.

estímul per seguir avançant en el coneixement en profunditat de la AFA i l'esport adaptat, vinculant els estudis i recerques amb la pràctica i les necessitats que traslladen els tècnics esportius i els propis esportistes als investigadors (Tejero et al., 2012).

Resultats

En concordança amb les fases mitjançant les quals s'ha desenvolupat l'estudi, els resultats seran presentats des de tres perspectives: l'anàlisi de la demanda, l'anàlisi de la tasca i l'anàlisi de l'activitat.

Anàlisi de la demanda

Aquesta fase de l'anàlisi va servir per verificar si existien evidències de risc ergonòmic en el llançament de pes sobre el banc. Així, aquest mètode observacional va procurar aclarir el terreny de treball en una correcta topografia de l'ambient laboral/esportiu.

La figura 1 il·lustra el nivell d'interferència de 8 especificacions observables en l'anàlisi de la demanda. Aquesta és una etapa fonamental en la qualitat de la intervenció ergonòmica i existeixen nombroses formes d'explicitar-la.

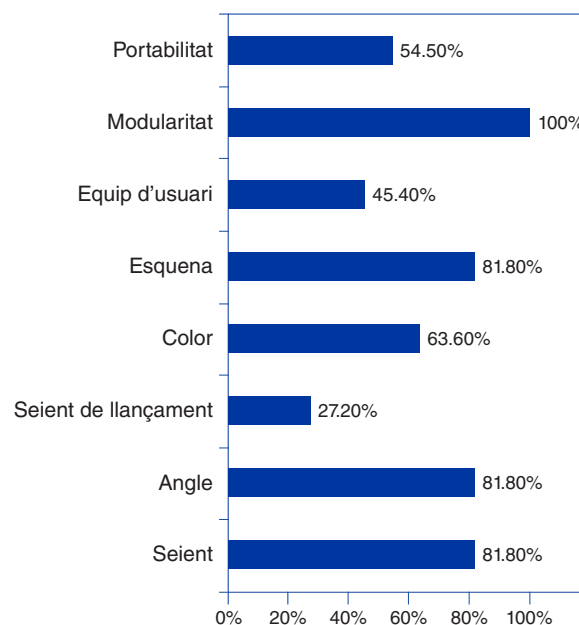


Figura 1. Risc ergonòmic observat en l'anàlisi de la demanda.

Analysis of the Task

During the analysis of the task, the working conditions in terms of the relationship between the athlete and the throwing bench within the interaction were recorded. To do so, the components of the bench as well as its relationship with the athlete's performance were analyzed.

Results of the analysis. Of the 25 cases chosen, 17 obeyed the inclusion criteria. It was observed that of the 17 benches with backs studied, 6 (35.2%) posed an ergonomic risk in the chair, 14 (82.3%) in the angle of comfort, 16 (94.1%) in the finishes, 15 (88.2%) showed rough or irregular edges, 8 (47%) posed an ergonomic risk in the color, 8 (47%) in the armrest, 9 (52.9%) in the devices to make it stationary, 16 (94.1%) in the back, 11(67.7%) in the portability and 17 (100%) in the modularity. Of the eight backless benches studied, 3 (37.5%) posed an ergonomic risk in the chair, 4 (50%) in the finishes, 5 (62.5%) in irregular edges, 6 (75%) in the color, 7 (87.5%) in the devices to make it stationary, 8 (100%) in the modularity and 8 (100%) in the portability.

In this phase of analysis, the height differences of the benches in competition were recorded via photos. The maximum throwing chair height allowed by the regulations is 75 cm. Significant differences were found in the heights of the chairs; indeed, some were under the height allowed by the regulations, not taking into consideration the biomechanical advantages of throwing from a higher height.

Considerations Extracted from the Interviews

After holding the interviews, the data obtained were grouped and the transcriptions were reviewed. Once the contents of the responses were re-read and compared, a summary of the information was provided. All the interviewees confirmed their participation in the design of their throwing bench (observing and sharing opinions on it). They also verbally expressed their opinions on the fact that the regulations interfere with the design of more functional benches. Finally, they expressed their economic and technical difficulties when designing and purchasing their throwing chairs.

Anàlisi de la tasca

Durant aquesta etapa es van registrar les condicions de treball trobades entre l'atleta i el banc de llançament en el marc de la interacció. Per a això, van ser analitzats els components del banc, així com la seva relació amb el rendiment de l'atleta. Aquesta etapa de la recerca és denominada anàlisi de la tasca i els seus resultats seran descrits a continuació.

Resultats dels anàlisis. Dels 25 casos seleccionats, 17 van obeir als criteris d'inclusió. Es va observar que dels 17 bancs estudiats amb respall, 6 (35.2%) van presentar risc ergonòmic en el seient, 14 (82.3%) en l'angle de confort, 16 (94.1%) en l'acabat, 15 (88.2%) presentaven vores vives i irregularitats, 8 (47%) presentaven risc ergonòmic en el color, 8 (47%) en el descans per als braços, 9 (52.9%) en els dispositius de fixació, 16 (94,1%) en el respall, 11(67.7%) en la portabilitat i 17(100%) en la modularitat. Dels vuit bancs estudiats sense respall, 3 (37.5%) van presentar risc ergonòmic en el seient, 4 (50%) en l'acabat, 5 (62.5%) en les vores irregulars, 6 (75%) en el color, 7 (87.5%) en els dispositius de fixació, 8 (100%) en la modularitat i 8 (100%) en la portabilitat.

En aquesta fase de l'anàlisi es va registrar a través de fotografies la diferència d'altura dels bancs en competició. L'altura màxima del seient de llançament permesa per les regles és de 75 cm. Es va observar que existien diferències significatives en les altures dels seients, de fet, alguns estaven per sota de l'altura reglamentària permesa, desconsiderant els avantatges biomecànics de llançar-se des d'un nivell més elevat.

Consideracions extretes de les entrevistes

Després de la realització de les entrevistes, es van agrupar les dades obtingudes i les transcripcions van ser revisades. Els continguts de les respostes, una vegada rellegits i comparats, van proporcionar un sumari de la informació. Tots els entrevistats van confirmar la seva participació en el disseny del seu banc de llançament (observant o opinant). A més, van expressar verbalment el seu parer sobre el fet que les regles interfereixen en la concepció de bancs més funcionals. També van manifestar les dificultats d'ordre econòmica i tècnica que troben a l'hora de dissenyar i adquirir els seus bancs de llançament.

They believed that the raw material used should be lighter, the chair and back needed more attention, and they should come with accessories like armrests and footrests.

Van considerar que la matèria primera utilitzada hauria de ser més lleugera, el seient i el respallter necessiten de major atenció i haurien de posseir accessoris com a descans per als braços i peus.

Analysis of the Activity

The analysis of the activity sought to compare the ergonomic risks observed in the benches and their users' performance. Table 1 shows the record kept with all the information referring to male class F58 shot put.

Anàlisi de l'activitat

L'anàlisi de l'activitat va ser dedicat a la realització d'una comparativa entre els riscos ergonòmics observats als bancs i el rendiment dels seus usuaris. La taula 1 mostra el registre realitzat amb tota la informació referent al llançament de pes masculí classe F58.

Table 1
Results of the shot put event and number of observable ergonomic risks in the throwers' benches

Number Nombre	Country País	Functional classification Classificació funcional	Results Resultats	M M	SD DE	Ergonomic risk Risc ergonòmic
01	Puerto Rico	F58	13.90	13.58	0.20	04
02	Brasil	F58	12.88	12.35	0.60	03
03	Mèxic	F58	12.17	11.87	0.32	07
04	Veneçuela	F58	11.71	11.14	0.48	04
05	Puerto Rico	F58	9.67	9.02	0.94	06

Taula 1
Resultats de l'esdeveniment de llançament de pes i nombre de riscos ergonòmics observats en els seients dels llançadors

The tests on the relationship between proper and improper postures and sport performance are show in Figure 2, which suggests that proper postures are indicators of better performance.

Les proves sobre la relació entre les postures adequades i inadequades i el rendiment esportiu estan organitzades a la figura 2, la qual suggereix que les postures adequades són indicadores d'una millor actuació.

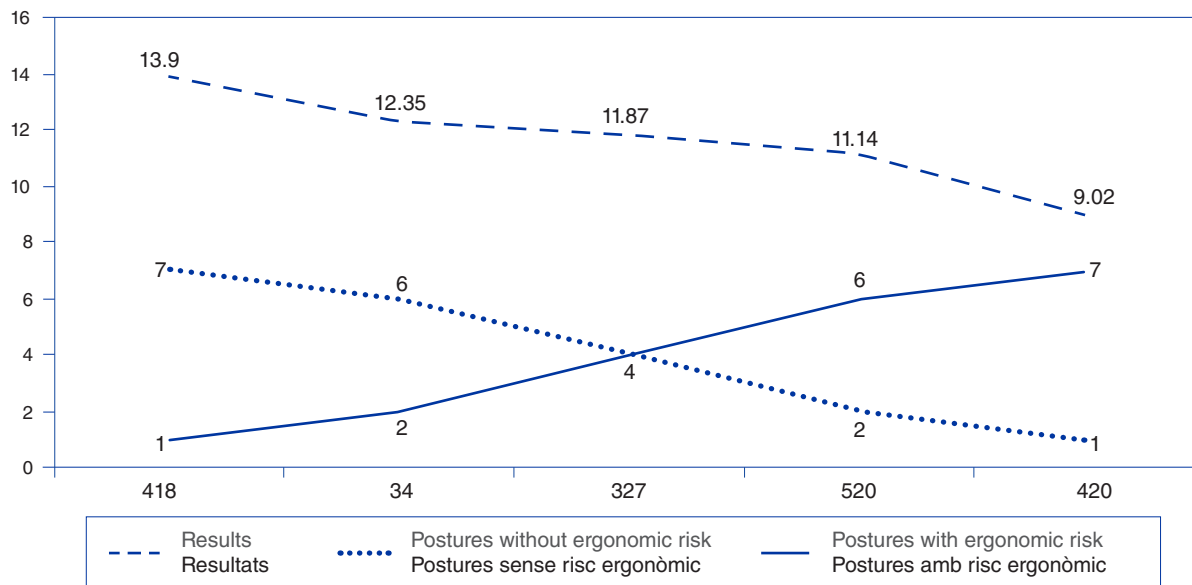


Figure 2. Relation between postures and sport performance.

Figura 2. Relació entre les postures i el rendiment esportiu.

Discussion

The ergonomic risk observed in the throwing chairs during the analysis of the demand, such as the absence of cushions and/or cushions that are incompatible with the users' functional motor diversities, suggests a compromise in the athlete's physical integrity. In the opinion of Gomes (2005), the concept of comfort is directly proportional to the amount of time the person will remain seated while executing a given task. The kind of chair should also be considered, primarily with regard to the specifications of the materials used and the weight of its users. The physical characteristics of the product, such as the thickness of the cushion, the contours, the back support, the size or the dimensions, can influence the evaluation of the product's comfort or lack of comfort. The user's own perception of the product's comfort or lack of comfort can also be influenced by the physical environment (temperature, illumination, etc.), the task executed (training and/or competition) and psychosocial factors such as job satisfaction and interactions with peers (Helander, 2003; Kuijt-Evers, Twisk, Groenesteijn, De Looze, & Vink, 2005).

It was found that 81.8% of the benches had no object to soften the contact between the chair and the users' ischial tuberosities. The possible consequences of this shortcoming are described in the *Guideline Development Group* (EPUAP-NPUAP-PPIA, 2009). The studies indicate that the areas that are frequently in contact with the chair are the sacrum, the coccyx, the ischial tuberosities and the greater trochanter, which lead to pressure ulcers, and that in a seated posture the body weight increases exposure to pressure in the ischial tuberosities. Assuming that the requirements of performance sports are high and that athletes are expected to engage in long training sessions, it is possible to posit that the bench will lead to sequelae and a lack of comfort during the activity. Garrett et al. (2012) believe that there is a parallel increase in the risk of injury in athletes when training at higher levels of duration and intensity.

It was also found that the designs of the chairs are not in harmony with their users. In the opinion of Panero and Zelnik (2005), the design of the chair should divide the tolerated body weight in the ischial tuberosities and alleviate pressure on the intervertebral disks of the spinal column. Vos, Congleton, Moore, Amendola, and Ringer (2006) state that the

Discussió

El risc ergonòmic observat als bancs de llançament durant l'anàlisi de la demanda, com poden ser l'absència d'embutats i/o els embuatats incompatibles amb les diversitats funcionals motores de l'usuari, suggereix un compromís en la integritat física de l'atleta. Per Gomes (2005), el concepte de comoditat o confort és directament proporcional al mateix temps que la persona romandrà asseguda executant una determinada tasca. Ha de ser considerat també el tipus de seient, principalment pel que fa a les especificacions dels materials utilitzats i el pes del seu usuari. Les característiques físiques del producte, tals com l'espessor del coixí, els contorns, el suport lumbar, la grandària o les dimensions, poden influir en l'avaluació del confort o la seva manca en aquest producte. També la pròpia percepció de l'usuari sobre el confort o la falta del mateix en el producte pot veure's influenciada per l'ambient físic (temperatura, il·luminació, etc.), la tasca executada (entrenament i/o competició) o aspectes psicossocials com la satisfacció en el treball i les interaccions amb els companys (Helander, 2003; Kuijt-Evers, Twisk, Groenesteijn, De Looze i Vink, 2005).

Es va observar que el 81.8% dels bancs no presentaven en la superfície del seu seient cap artifici per amollir el contacte amb les tuberositats isquiàtiques dels seus usuaris. Les possibles conseqüències d'aquest inconvenient són descrites en el *Guideline Development Group* (EPUAP-NPUAP-PPIA, 2009). Els estudis indiquen que en el seient les àrees freqüentment implicades estan sobre el sacre, el còccix, les tuberositats isquiàtiques i el trocànter major, que provoquen les úlceres per pressió, i que en la postura asseguda el pes del cos augmenta l'exposició a pressió en les tuberositats isquiàtiques. Suposant que les exigències de l'esport de rendiment són elevades i imposant als atletes llargues jornades d'entrenament, és possible evidenciar que el banc produirà seqüeles i falta de confort durant l'activitat. Garrett et al. (2012), considera que hi ha un augment paral·lel del risc de lesió en l'entrenament dels atletes en nivells més elevats de durada i intensitat.

Es va observar també que els dissenys dels seients no presenten harmonia amb els seus usuaris. Per Panero i Zelnik (2005), el disseny del seient haurà de dividir el pes del cos tolerat en les tuberositats isquiàtiques i alleujar les pressions sobre els discos intervertebrals de la columna. Per a Vos, Congleton, Moore, Amendola i Ringer (2006), els efectes dels aspectes de l'enginyeria

effects of engineering on the design of the seat implicitly mean a beneficial reduction in the pressure values associated with sitting in reclining position. This means that a considerable portion of athletes compete on a chair that is incongruent with their functional needs, and that these athletes' exposure to possible injuries may lead them to move away from the activity, an increase in the existing level of motor functional diversity and a disassociation with the sport practice (Frossard, Alison, & Smeathers, 2012; Theisen, 2012).

A back inclination of 105° to 110° in relation to the seat increases the user's comfort and stability (Kroemer & Grandjean, 2005). In the opinion of Iida (2005), there are many cases of improper use of products, or even poorly designed products, that lead to pain and injury in users, in addition to hindering their performance. Gómez, Cossio, Brousett and Hochmuller (2010) claim that acute muscle fatigue can lead to an incapacity in the level of strength and intensity of the exercise. On the other hand, Pérez Guisado (2006) argues that chronic lumbar pain is associated with muscular and psychosocial factors that foster incapacity. Further, it is revealed that the physical integrity is exposed, as well as the user's performance on the bench, as they are in a competitive scenario with long training sessions and competitions, during which the athlete has to remain seated.

The absence of modularity was found in 100% of the cases analyzed. One of the strategic alternatives to improve the product manufacturing process is to implement modularity. However, during the manufacturing process it is common for the product to be adapted to a single module, since this entails a lower cost than remaking the product in its entirety (Baldwin & Clark, 2004). The decision to adopt a modular design is still in its initial stage of development due to the fact that there is little empirical evidence of its advantages and/or disadvantages (Carnevalli, Varandas Júnior, & Miguel, 2011). Nonetheless, this research posits the benefits of modularity since the evidence observed in the activity leads to the ability to subject oneself to functional tests and standardize interactions and benefits the fit, transport and exchange (Fixson, 2005; Mikkola & Gassmann, 2003). Therefore, within this scenario, there is evidence that the modular requirement and portability (54.5%) deserve attention in the design of the throwing benches or chairs.

en el disseny de la safata del seient indiquen implícitament una reducció beneficiosa en els valors de la pressió associats al seure reclinat, la qual cosa evidencia que una part considerable d'atletes competeix sobre un seient inadequat per les seves necessitats funcionals i que l'exposició de dits atletes a possibles lesions pot implicar un distanciament de l'activitat, un augment del nivell de diversitat funcional motora ja existent i una desvinculació de la pràctica esportiva (Frossard, Alison i Smeathers, 2012; Theisen, 2012).

La inclinació del respaldiller de 105° a 110° en relació amb el seient augmenta el confort i l'estabilitat de l'usuari (Kroemer i Grandjean, 2005). Per a Iida (2005), existeixen molts casos d'ús inadequat de productes, o fins i tot productes mal dissenyats, que provoquen dolors i ferides en els usuaris habituals, a més de perjudicar el rendiment. Per a Gómez, Cossio, Brousett i Hochmuller (2010), la fatiga muscular aguda pot generar una incapacitat en el nivell de força i intensitat de l'exercici. D'altra banda, Pérez Guisado (2006), argumenta que la cronicitat del dolor lumbar és una associació entre factors musculars i psicosocials que afavoreixen la incapacitat. Per la qual cosa, s'evidencia que queda exposada la integritat física, així com el rendiment de l'usuari del banc, doncs aquest es troba en un escenari competitiu on les jornades d'entrenament i competició són llargues i durant les quals l'atleta ha de romandre en posició asseguda.

L'absència de modularitat va ser constatada en el 100% dels casos analitzats. Una de les alternatives estratègiques adoptades per millorar el procés d'elaboració de productes és la implantació de la modularitat. No obstant això, durant el procés de fabricació és freqüent que el producte s'adapti amb un únic mòdul ja que això suposa un cost més baix que el de refer el producte per complet (Baldwin i Clark, 2004). La decisió d'adoptar un projecte modular es troba encara en inici de desenvolupament pel fet que existeixen poques evidències empíriques dels seus avantatges i/o inconvenients (Carnevalli, Varandas i Miguel, 2011). Amb tot, aquesta recerca considera els beneficis de la modularitat ja que les evidències observades en el desenvolupament de l'activitat condueixen a la capacitat de sotmetre's a tests funcionals, estandardització de les interaccions i beneficien l'ajust, el transport i l'intercanvi (Fixson, 2005; Mikkola i Gassmann, 2003). Per tant, dins d'aquest escenari s'evidencia que el requisit modular i la portabilitat (54.5%) mereixen atenció en el disseny dels bancs o cadires de llançament.

The throwing bench with the lowest number of ergonomic risks revealed a tendency toward better performance in the functional sport class F58 during the competitions (Puerto Rico = 13.58 ± 0.20 m and ergonomic risk evaluated at 4; Brazil = 12.35 ± 0.60 m and ergonomic risk evaluated at 3; Mexico = 11.87 ± 0.32 m and ergonomic risk evaluated at 7; Venezuela = 11.14 ± 0.48 m and ergonomic risk evaluated at 4; Puerto Rico = 9.02 ± 0.94 m and ergonomic risk evaluated at 6). Wolbring (2012) believes that a chair with better technology could improve performance. In adapted sport, beyond the variables verified in conventional competitions, the athlete's interaction with the sport artefact must also be considered. Therefore, if the bench is an extension of the thrower's body, the greater the interaction between the thrower and their bench, the greater the evidence of improved performance will be.

The study by Canciglieri, Brambilla and Bittelbrum (2007) confirmed that improvements in chair technology resulted in better throwing in athletes in class F54 (3.60 m in an old chair and 5.35 m in a chair with new technology). The role of ergonomics in this field (adapted sport) corroborates the development of the activity since its demands for reconfiguration affect changes in the physical design of its equipment (bench), suggesting an expansion in the interaction between the subsystems (bench-athlete). However, even though technological advances bring positive effects, they also gave rise to a kind of 'techno doping' in which technical patterns and human training may not keep up the same pace of development (Garrett et al., 2012).

Conclusion

The analyses provided evidence that the incipient studies on adapted shot put in the bench modality are an adventure for whoever practices it, as the harmful effects on people who work seated have been exhaustively discussed in the literature. Therefore, we could say that for a person who is forced to sit, the harmful effects suggest a greater impact on their health, safety, comfort and sport performance.

It was observed that the design and manufacture of throwing chairs did not meet the criteria that guarantee the quality of the interaction between the products

El banc de llançament amb el menor nombre de risc ergonòmic va assenyalar una tendència a una millor actuació a la classe funcional esportiva F58 durant les competicions (Puerto Rico = 13.58 ± 0.20 m i risc ergonòmic avaluat en 4; Brasil = 12.35 ± 0.60 m i risc ergonòmic avaluat en 3; Mèxic = 11.87 ± 0.32 m i risc ergonòmic avaluat en 7; Veneçuela = $11,14 \pm 0,48$ i risc ergonòmic avaluat en 4; Puerto Rico = 9.02 ± 0.94 m i risc ergonòmic avaluat en 6). Wolbring (2012), considera que una cadira amb millor tecnologia pot millorar l'actuació. En l'esport adaptat, més enllà de les variables verificades en competicions convencionals, s'ha de ponderar la interacció de l'atleta amb l'artefacte esportiu. Per tant, si el banc és una extensió del cos del llançador, com més gran sigui la interacció entre el llançador i el seu banc, major serà l'evidència de millora en el rendiment.

L'estudi de Canciglieri, Brambilla i Bittelbrum (2007) va confirmar que la millora de la tecnologia de la cadira va tenir com a resultat un millor llançament en atletes de la classe F54 (3.60 m amb una cadira antiga i 5.35 m amb una cadira de nova tecnologia). La intervenció de l'ergonomia en aquesta àrea del coneixement (esport adaptat) corrobora el desenvolupament de l'activitat ja que les seves exigències de reconfiguració afecten a canvis a la tecnologia física de l'equipament (banc), suggerint ampliar la interacció entre els subsistemes (banc-atleta). No obstant això, encara que els avanços tecnològics comporten efectes positius, també van donar origen al 'dopatge techno' on els patrons tècnics i de formació de recursos humans poden no mantenir el mateix ritme d'evolució. (Garrett et al., 2012).

Conclusió

En les anàlisis es va evidenciar que els incipients estudis sobre l'esport adaptat en la modalitat de llançament de pes sobre banc suposen, en relació amb aquesta activitat, una aventura per qui la practica, doncs els efectes nocius que afecten les persones que ocupen en les seves activitats laborals la posició asseguda són exhaustivament discutits en la literatura. Per tant, es pot deduir que, per qui la permanència en posició asseguda és una imposició, els efectes nocius suggereixen un major impacte en la salut, la seguretat, el confort i el rendiment esportiu.

Es va observar que el disseny i la fabricació dels bancs de llançament no presenten els criteris que garanteixen la qualitat d'interacció dels productes (banc)

(benches) and their users (athletes). We should stress that there is a broad, striking demand for sport benches that can be adapted to their users' characteristics to be manufactured.

The measurements taken show that while executing the activity, the athletes make constant self-regulatory movements. This suggests the need to reduce and even eliminate the incoherencies between the functional demand and the throwing bench, given the existence of a relationship between the ergonomic risk of the benches, the athletes' postures and sport performance. Otherwise, the sport organizations and entities with competences in this matter should examine this evidence and alter the regulations they impose on the design of athletes' non-anthropomorphic artefacts so their practitioners do not have to worry about the biopsychosocial consequences.

The EAW has been shown to be a field methodology of ergonomics (the science that adapts humans to work) which is a useful, efficient tool to verify the dysfunctions in the realm of adapted sport, where the demands for adaptation are inherent to the existence of the activity.

The study revealed the relationship between the ergonomic risks of throwing benches and the performance of their users. Specifically, the athletes who compete with benches with lower ergonomic risks showed better results. Therefore, greater attention to the ergonomic requirements and design projects for athletes with greater functional difficulties are recommended.

With regard to the statements by the athletes and technicians, it was found that the majority of interviewees stated that they had participated in the design of the bench, which reveals that the participation of the user and their technician in their conception is not indicative that the design will be properly made, as specific technical knowledge is also needed. Familiarity with all the regulatory aspects involved in the activity can prevent design errors, as well as save their users aggravations. However, it was positively observed that there is an incipient technical preparation of users who do not manage to technically interpret their needs, or who are unaware of the possibility of improving their current conditions (comfort, safety and sport performance).

Finally, it was revealed that this study does not eliminate the problems inherent to this activity. However, it can be used to stimulate and heighten

amb els seus usuaris (esportistes). Cal destacar que existeix una àmplia i exigent demanda per a la producció de bancs esportius d'acord amb les característiques dels seus usuaris.

Els mesuraments realitzats reflecteixen que durant l'execució de l'activitat, els atletes realitzen constants moviments d'autorregulació. Això suggereix la necessitat de reduir i fins i tot eliminar les incoherències entre l'exigència funcional i el banc de llançament, donada l'existència d'una relació entre el risc ergonòmic dels bancs, les postures dels atletes i el rendiment esportiu. D'una altra manera, les organitzacions o entitats esportives competents haurien d'observar aquestes evidències i alterar la regulació que imposa el disseny d'artefactes no antropomòrfics per als atletes sense preocupar-se de les conseqüències biopsicosocials en els seus practicants.

L'AET s'ha presentat com una metodologia en el camp de l'ergonomia (ciència que adapta l'home al treball) que constitueix una eina útil i eficient per verificar les disfuncions en l'ambient esportiu adaptat, on les demandes d'adaptació són inherents a l'existència de l'activitat.

Es va evidenciar la relació entre els riscos ergonòmics dels bancs i el rendiment esportiu dels seus usuaris. En conseqüència, els atletes que competien amb bancs amb menors riscos ergonòmics van presentar millors resultats. Per tant, es recomana més atenció als requisits ergonòmics i als projectes de disseny dels bancs per a aquells atletes amb majors dificultats funcionals.

Respecte a les declaracions d'atletes i tècnics, es va observar que la majoria dels entrevistats va manifestar la seva participació en el disseny del banc. Aquest relat reflecteix que la participació de l'usuari i del seu tècnic en la concepció del banc no és indicatiu que aquest disseny es realitzi adequadament, doncs és necessari un coneixement tècnic específic. El coneixement de tots els aspectes reglamentaris implicats en l'activitat pot evitar errors en el disseny, així com estalviar contrarietats per part dels seus usuaris. No obstant això, es va observar positivament que existeix una incipient preparació tècnica d'aquells usuaris que no aconsegueixen interpretar tècnicament les seves necessitats, o bé desconeixen la possibilitat de millora de les seves condicions actuals (confort, seguretat i rendiment esportiu).

Es posa de manifest, finalment, que aquesta recerca no elimina els problemes inherents a aquesta activitat. No obstant això, se'n fa ús per estimular i

interest among a greater number of researchers who are capable of contributing to this burgeoning field of study.

aguditzar l'interès d'una major quantitat d'investigadors capaços de contribuir a aquesta àrea incipient d'estudi.

Conflict of Interests

No conflict of interest was reported by the authors.

Conflicte d'interessos

Les autories no han comunicat cap conflicte d'interessos.

References

- Baldwin, C. Y., & Clark, K. B. (2004). Modularity in the design of complex engineering systems. A A. Minai, D. Braha & Y. B. Yam (Eds.), *Complex engineered systems: Science meets technology* (pàg. 1-36). New York: Springer.
- Canciglieri, J. O., Brambilla, E., & Bittelbrum, C. (noviembre, 2017). A usabilidade e a ergonomia no suporte as atividades de projeto em desenvolvimento de produtos. *A XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)*. Foz do Iguaçu, Brasil: Abepro. Recuperat de http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_TR570426_0571.pdf
- Carnevali, J. A., Varandas Júnior, A. V., & Miguel, P. A. C. (2011). Uma investigação sobre os benefícios e dificuldades na adoção da modularidade em uma montadora de automóveis. *Produto & Produção, 12*(1). Recuperat de <http://www.seer.ufrgs.br/ProdutoProducao/articulo/viewFile/10000/11113>
- CBAt (Confederação Brasileira de Atletismo). (2017). *Atletismo: regras oficiais de competições 2016-2017*. São Paulo: Phorte.
- Chung, C., Lin, J. T., Toro, M. L., Beyene, N. M., & Garcia, Y. (juny, 2010). *Uniform throwing chair for seated throwing sporting events*. Presentat a la sessió de pòster a RESNA (Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America), Las Vegas. Recuperat de <http://aac-lerc.psu.edu/wordpressmu/RESNA-SDC/2010/05/13/uniform-throwing-chair-for-seated-throwing-sporting-events>
- Dul, J., & Weerdmeester, B. (2005). *Ergonomia prática*. São Paulo: Edgard Blucher.
- EPUAP-NPUAP-PPIA. (2009). *Guia internacional prevenção de úlceras de pressão*. Recuperat de <http://www.epuap.org/wp-content/uploads/2016/10/portuguese-quick-reference-guide-jan2016.pdf>
- Fernandes, J. L. (2003). *Atletismo: lançamentos e arremessos*. São Paulo: EPU.
- Ferreira, L. L. (2015). Sobre a análise ergonômica do trabalho ou AET. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, 40*(131), 8-11.
- Fixson, S. K. (2005). Product architecture assessment: A tool to link product, process, and supply chain design decisions. *Journal of Operations Management, 23*, 345-369. doi:10.1016/j.jom.2004.08.006
- Frossard, L. A., Alison, O., & Smeathers, J. (2012). Performance of elite seated discus throwers in F30s classes - Part I: Does whole body positioning matter? *Prosthetics and Orthotics International, 37*(3), 183-191. doi:10.1177/0309364612458685
- Gomes, F. J. (2005). *Ergonomia do objeto: sistema técnico de leitura ergonômica*. São Paulo: Escrituras.
- Gómez, C. R., Cossio, B. M. A., Brousett, M. M., & Hochmuller, F. R. T. (2010). Mecanismos implicados en la fatiga aguda. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, 10*(40). Recuperat de <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista40/artmecanismo171.htm>

Referències

- Goosey-Tolfrey, V., & Price, M. (2010). Physiology of wheelchair sport. A V. Goosey-Tolfrey (Ed.), *Wheelchair sport: A complete guide for athletes, coaches and teachers* (pàg. 47-62). Leeds, UK: Human Kinetics.
- Gorgatti, M. G., & Gorgatti, T. O. (2013). Esporte para pessoas com necessidades especiais. A M. G. Gorgatti & R. F. Costa (Eds.), *Atividade física adaptada: qualidade de vida para pessoas com necessidades especiais* (pàg. 532-568). Barueri, Brasil: Manole.
- Grindle, G. G., Deluigi, A. J., Laferrier, J. Z., & Cooper, R. A. (2012). Evaluation of highly adjustable throwing chair for people with disabilities. *Assistive Technology, 24*(4), 240-245. Recuperat de <https://doi.org/10.1080/10400435.2012.659835>
- Helander, M. G. (2003). Forget about ergonomics in chair design? Focus on aesthetics and comfort. *Ergonomics, 46*(13-14). doi:10.1080/00140130310001610847
- Iida, I. (2005) *Ergonomia: projeto e produção*. São Paulo: Edgard Blucher.
- IPC (Comitê Paralímpico Internacional). (2017). *Resultados oficiais*. Recuperat de https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/140127115926226_Parapan_American_Games_Rio_2007_0.pdf
- Kroemer, K. H. E., & Grandjean, E. (2005). *Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem*. Porto Alegre: Bookman.
- Kuijt-Evers, L. F., Twisk, J., Groenesteijn, L., De Looze, M. P., & Vink, P. (2005). Identifying predictors of comfort and discomfort in using hand tools. *Ergonomics, 48*(6), 692-702. doi:10.1080/00140130500070814
- Lanka J. (2004). Lanzamiento de peso. A V. Zatsiorsky (Ed.), *Bio-mecánica en el deporte* (pàg. 340-357). Rio de Janeiro: Guanabara.
- Mikkola, J. H., & Gassmann, O. (2003). Managing modularity of product architectures: Toward an integrated theory. *IEEE Transactions on Engineering Management, 50*(2), 204-218. doi:10.1109/TEM.2003.810826
- Muller, H., & Ritzdorf, W. (2002). *Corre, salta, lanza: guía IAAF do ensino do atletismo*. Santa Fé, Argentina: IAAF Global Athletics.
- Panero, J., & Zelnik, M. (2005). *Las dimensiones humanas en los espacios interiores: estándares antropométricos*. México: Gustavo Gili.
- Pérez, J. (2003). La investigación en ciencias del deporte aplicadas al deporte adaptado. A J. O. Martínez (Ed.), *I Conferencia Internacional sobre Deporte Adaptado. Libro de actas* (pàg. 229-243). Málaga: Instituto Andaluz del Deporte.
- Pérez Guisado, J. (desembre, 2006). Lumbalgia y ejercicio físico. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, 6*(24). Recuperat de <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista24/artlumbalgia37.htm>
- Reina, R. (2010). *La actividad física y deporte adaptado ante el espacio europeo de enseñanza superior*. Sevilla: Wanceulen.
- Santos, N., & Fialho, F. A. P. (1995). *Manual de análise ergonômica do trabalho*. Curitiba, Brasil: Gêneses.

- Tejero, J. P., Vaíllo, R. R., & Rivas, D. S. (2012). La actividad física adaptada para personas con discapacidad en España: perspectivas científicas y de aplicación actual. *Cultura Ciencia Deporte*, 7(21), 213-224. doi:10.12800/ccd.v7i21.86
- Theisen, D. (2012). Cardiovascular determinants of exercise capacity in the paralympic athlete with spinal cord injury. *Experimental Physiology*, 97(3), 319-324. doi:10.1113/expphysiol.2011.063016
- Vos, G. A., Congleton, J. J., Moore, J. S., Amendola, A. A., & Ringer, L. (2006). Postural versus chair design impacts upon interface pressure. *Applied Ergonomics: Human Factors in Technology and Society*, 37(5), 619-628. doi:10.1016/j.apergo.2005.09.002
- Wolbring, G. (2012). Paralympians outperforming olympians: An increasing challenge for olympism and the paralympic and olympic movement. *Sport Ethics Philosophy*, 6(2), 251-266. doi:10.1080/17511321.2012.667828
- Woude, L. H. V., Veeger, H. E. J., & Dallmeijer, A. J. (2004). Propulsão manual de cadeiras de rodas. A V. M. Zatsiorsky (Ed.), *Biomecânica no esporte: performance do desempenho e prevenção de lesão* (pàg. 479-500). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Article Citation | Citació de l'article

Martins, G., Alberto, L., & Massoli, G. (2019). Shot Put: Ergonomic Analysis in the Adapted Sport. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 136, 113-128. doi:10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/2).136.08