

Shot Put: Ergonomic Analysis in the Adapted Sport

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

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Brazil, ² Universidade 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

Lanzamiento de peso: análisis ergonómico en el deporte adaptado

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

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

Resumen

El objetivo de este trabajo fue analizar ergonómicamente la disciplina de lanzamiento de peso en el deporte adaptado, específicamente cuando este se realiza sobre una silla o banco. El método empleado en dicho estudio fue el conocido como análisis ergonómico del trabajo (AET), cuyo foco se sitúa sobre las fases de demanda, tarea y actividad. Para ello se realizaron registros fotográficos que mostraban diversos atletas de ambos sexos en posición sentada, 20 en el marco del análisis de la demanda y 25 en el del análisis de la tarea. En el análisis de la actividad, la investigación se centró en 5 atletas de sexo masculino, de países diferentes y con 30 años como mediana de edad (en concreto, 20, 27, 30, 31 y 48 años, respectivamente). Todos ellos poseían diversidad funcional motora de los miembros inferiores y la misma clasificación funcional deportiva. Los resultados obtenidos ratificaron que los bancos de lanzamiento no son diseñados de acuerdo con las particularidades de sus usuarios y que existe una relación entre los riesgos ergonómicos, las posturas en competición y el rendimiento de los atletas. Así mismo, el análisis pone en evidencia cómo los efectos nocivos para la salud, la seguridad, la comodidad o confort y el rendimiento deportivo repercuten en aquellos atletas que adoptan la posición sentada en competición.

Palabras clave: ergonomía, actividad física adaptada, atletas con discapacidad, lanzamiento de peso

Introducción

El interés que suscita el estudio sobre las personas con discapacidad sugiere la ergonomía como área de la ciencia que posibilita la interacción del individuo con su puesto de trabajo, con el fin de obtener mejores condiciones y una mayor productividad. Según Iida (2005), los progresos de las técnicas de rehabilitación y el desarrollo de equipamientos especiales promueven el seguimiento de las personas con diversidad funcional para el trabajo productivo. El término ergonomía deriva de las palabras griegas *ergon* (trabajo) y *nomos* (reglas). En Estados Unidos se usa el término *human factors* como sinónimo (Dul

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

* Correspondencia:
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

y Weerdmeester, 2005). El análisis ergonómico del trabajo (AET) es un método de análisis que se desarrolla en tres pasos (demanda, tarea y actividad) y que tiene como objetivo identificar los posibles riesgos ergonómicos en la práctica de un determinado trabajo (Ferreira, 2015). En esta investigación, la ergonomía ha sido entendida como un área de estudio en el campo de la ingeniería capaz de analizar la actividad deportiva adaptada, así como la interacción del practicante con su artefacto deportivo.

El deporte para personas con discapacidad puede ser definido como aquel deporte modificado o especialmente creado para ir al encuentro de las necesidades particulares de individuos con algún tipo de diversidad funcional (Gorgatti y Gorgatti, 2013). Así, el deporte adaptado, visto como una parte más de la actividad física adaptada (AFA), engloba a todas aquellas modalidades deportivas que se adecuan al colectivo de personas con algún tipo de discapacidad, dado que para ello se han realizado una serie de adaptaciones y/o modificaciones que facilitan la práctica deportiva por parte de dicho colectivo (Pérez, 2003; Reina, 2010). Este campo de actividad física surge en la segunda mitad del siglo XX partiendo de un modelo basado en la rehabilitación y el ocio. Se puede considerar que la AFA es un compendio de conocimientos interdisciplinarios dedicado a la identificación y solución de las diferencias individuales en la actividad física, adecuándolas al contexto en el que se desarrollan (Tejero, Vaíllo y Rivas, 2012).

Entre los deportes paralímpicos, aquellas disciplinas o modalidades que se realizan en silla de ruedas han ocupado históricamente una posición central, mejorando así considerablemente los niveles de competición (Woude, Veeger y Dallmeijer, 2004). De esta forma, se diseñaron sillas de ruedas específicas para carrera, rugby, tenis y baloncesto, que proporcionaron una mejora de la función física, dando lugar a individuos más activos que hacían uso de sillas de ruedas estables, versátiles, resistentes y ligeras.

En el deporte paralímpico, es posible encontrar una serie de áreas que presentan una carencia en lo que se refiere a evidencias científicas en diferentes aspectos y que, por tanto, se verían claramente beneficiadas con el desarrollo de estudios científicos, en particular con aquellos cuyo fin fuese el de mejorar el rendimiento deportivo, promover la salud y la seguridad durante el entrenamiento y la competición, y ayudar a garantizar una competencia justa y equitativa (Grindle, Deluigi, Laferrier y Cooper, 2012).

La biomecánica de los atletas que lanzan sentados es, sin duda, objeto de estudio (Frossard, O'Riordan y Goodman, 2009). A estos trabajos se unen los recientes esfuerzos por parte de laboratorios de ingeniería humana

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 CBAAt 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.

que se dedican a investigar entorno al diseño de sillas o bancos de lanzamiento ajustables (Chung, Lin, Toro, Beyene y García, 2010). Sin embargo, hay escasez de literatura en el ámbito de las sillas de lanzamiento apropiadas para el deporte de rendimiento con vistas a un uso más amplio, como son los grandes eventos deportivos (Grindle, Deluigi, Laferrier y Cooper, 2012).

La complejidad de los deportes en silla de ruedas supone un desafío único para el científico. Hay dos componentes fundamentales que influyen en la práctica de los deportes sobre ruedas: el atleta y la silla. Es la interacción entre estos dos componentes lo que permite y determina el avance o impulso de la silla de ruedas y los movimientos deportivos necesarios dentro de un determinado deporte (Goosey y Price, 2010).

La participación en deportes y, específicamente, la realización de ejercicios de lanzamiento puede tener un efecto positivo sobre la salud física y fisiológica de las personas con discapacidad. En la última década, el avance tecnológico ha permitido una aproximación a esta área y ha potenciado el desarrollo de deportes para personas con todo tipo de diversidad funcional. A medida que se puede disponer ampliamente de estas tecnologías, aumenta el impacto en la comprensión de los mecanismos que repercuten en el rendimiento deportivo adaptado (Grindle et al., 2012).

En el caso de un tipo de peso en concreto dentro de la disciplina de lanzamiento de peso adaptado (la pelota, por ejemplo), la normativa de la CBAAt (2017) señala que el objetivo de dicho lanzamiento es colocar la pelota lo más lejos posible de un círculo de 2.13 m de diámetro y que cuenta con una punta curva de 10 centímetros en la zona frontal. De acuerdo con Lanka (2004), Fernandes (2003) y Muller y Ritzdorf (2002), los aspectos biomecánicos resultantes del lanzamiento de la pelota involucran diferentes parámetros como la altura, la velocidad, el ángulo de salida, la calidad aerodinámica, los factores ambientales y los artefactos deportivos empleados.

En el presente estudio se han utilizado las técnicas deportivas promovidas por Muller y Ritzdorf (2002) y Fernandes (2003), con la observación de que para la descripción del gesto técnico del lanzamiento sobre la silla o banco no va a existir una fase de deslizamiento dado que los atletas que practican este tipo de lanzamiento de peso adaptado cuentan con diversidad funcional motora en los miembros inferiores. Así, el análisis se ha centrado en el tronco y en los miembros superiores de los individuos.

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.

Los incipientes estudios relacionados con las actividades deportivas adaptadas sobre la silla o banco señalan un claro empeoramiento en las condiciones de la práctica deportiva saludable y una disminución de la mejora de la práctica deportiva, lo que conduce al objeto de este investigación: analizar ergonómicamente el lanzamiento sobre el banco en el deporte adaptado haciendo uso del método AET.

Metodología

Desde el punto de vista de la forma en la que se aborda el problema, se trata de una investigación cualitativa y cuantitativa de naturaleza descriptiva, en la que se aprecian factores tanto técnicos como de forma, teniendo siempre en cuenta las peculiaridades individuales de cada atleta.

Abordaje metodológico

Los métodos que se utilizaron para la recopilación de datos se desprenden de la observación *in loco* mediada por los registros fotográficos, imágenes, entrevistas y empleo de protocolos que son específicos de la investigación ergonómica. El método adoptado para el análisis, la formulación del diagnóstico y la presentación de las recomendaciones fue el del AET. El modelo metodológico propuesto por Santos y Fialho (1995) fue empleado haciendo hincapié en tres fases: el análisis ergonómico de la demanda, donde se identificó el objeto de estudio; el análisis ergonómico de la tarea, donde se observaron las condiciones de la práctica deportiva, y el análisis ergonómico de la actividad donde se observaron los comportamientos del atleta sobre el artefacto deportivo en competición. En adelante, se usarán indistintamente los términos banco y silla de lanzamiento, en referencia al artefacto deportivo citado.

Procedimiento

Este estudio se inició a partir de las observaciones realizadas acerca de las incoherencias ergonómicas del banco de lanzamiento utilizado por atletas en competición. Al inicio de las pruebas, fueron tomados aleatoriamente 20 registros fotográficos de 20 atletas de ambos sexos en competición nacional.

A continuación se exponen las especificaciones observadas durante el desarrollo del estudio:

- El asiento, entendido como la superficie del banco que acomoda los glúteos y la región posterior del muslo del 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 respaldo, esto es, la superficie del banco que acomoda el dorso del atleta.
- El ángulo existente entre el respaldo y el asiento.
- El artefacto de lanzamiento, es decir, el banco de lanzamiento diseñado exclusivamente para el lanzamiento en el deporte adaptado.
- El color como cualidad estética de los acabados del banco.
- El equipamiento del usuario, que engloba todos aquellos aparatos deportivos compatibles con la actividad.
- La modularidad, que hace referencia a la posible posesión de varios módulos por parte del banco.
- La portabilidad, con la que se contempla la posesión de dispositivos de mejora de la portabilidad por parte del banco.

Todos los casos observados en esta fase de la investigación se tomaron de los cuadros de atletas del International Paralympic Committee (IPC, 2007) que practican la modalidad de lanzamiento de peso sobre un banco.

Partiendo de la información recabada y el conocimiento adquirido sobre el problema en la demanda, se inició la segunda fase del AET. En esta segunda etapa se acordó utilizar 25 registros fotográficos de los bancos usados por atletas de ambos sexos en competición internacional originarios de la IWAS. Se reconocieron las condiciones en las que los atletas realizaban la competición deportiva en posición sentada y las percepciones subjetivas de los usuarios, tanto atletas como técnicos. El análisis de las fotografías tuvo en cuenta los riesgos ergonómicos de carácter cualitativos, a saber, el asiento, el ángulo de confort, los acabados, las irregularidades en los bordes, el color, el descanso para los brazos, los dispositivos para la fijación de la silla, el respaldo, la portabilidad y la modularidad de la misma.

Paralelamente, fueron entrevistados cuatro atletas, dos de sexo femenino y dos de sexo masculino, y un entrenador utilizando un diálogo elaborado de forma semiestructurada para que las personas entrevistadas pudieran verbalizar sus experiencias en relación con el entrenamiento y la competición, lo que supuso una percepción subjetiva del problema. Las entrevistas se desarrollaron de una manera informal en el ambiente de competición, donde los entrevistados se encontraban en un local abierto al público. Además, fueron grabadas y después transcritas literalmente. Todas las declaraciones fueron codificadas con la letra "D" (declarante), con la intención de preservar el anonimato de los colaboradores.

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*.

Finalmente, la tercera fase de la investigación puso su foco sobre cinco atletas de sexo masculino y de diferentes nacionalidades. Las edades de los mismos eran 20, 27, 30, 31 y 48 años, respectivamente. Todos ellos presentaban diversidad funcional motora de los miembros inferiores (poliomyelitis, traumatismos o amputaciones) con clasificación funcional deportiva F58. Se escogieron con la premisa de que practicasen lanzamiento de peso adaptado sobre el banco. Cabe destacar que actualmente la clasificación funcional deportiva F58 ha sido vinculada a la F57.

En esta fase fue posible acompañar y observar la actividad (la competición) y el uso del banco de lanzamiento por parte de sus usuarios (los atletas). Para la comparación de los *modus operandi* exigidos por la situación de trabajo (lanzamiento de la pelota) fueron utilizadas las técnicas de lanzamiento descritas por Muller y Ritzdorf (2002) y Fernandes (2003):

1. Preparación: la cabeza y el brazo derecho están orientados hacia atrás del área del lanzamiento y el codo derecho hace un ángulo de 90° con el tronco.

2. Construcción: el movimiento de rotación del tronco es bloqueado por el brazo izquierdo. El codo izquierdo está elevado y girado hacia el lanzamiento.

3. Lanzamiento: el movimiento de látigo del brazo comienza después de la extensión completa del tronco. El brazo izquierdo debe estar doblado y fijo junto al tronco en el momento en el que el mismo esté de frente al área de lanzamiento. El hombro derecho se eleva por encima del izquierdo en el momento en el que el peso pierde contacto con el lanzador. La aceleración es continuada por el pulso que está en preextensión (pulgar hacia abajo y dedos apuntando hacia afuera después de soltar el peso) y la mano acompaña el movimiento hasta el final de la acción.

Esta investigación adoptó como técnica del análisis de la actividad el método en términos gesticulares. Los análisis se delimitaron al tronco y miembros superiores de atletas tanto diestros como zurdos, teniendo presentes los criterios de inclusión adoptados. Simultáneamente se comparó el rendimiento y sus relaciones. Es conveniente destacar la diversidad condicional en la que se ve envuelto un estudio de esta naturaleza, pues los atletas se encuentran en régimen de competición y no siempre las condiciones ambientales y organizativas son favorables para el uso de protocolos más uniformes de investigación. Sin embargo, no se cuestiona la validez de los resultados obtenidos: estos traducen ciertamente la realidad dado que el análisis es realizado *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 Ergolândia 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

Los criterios de inclusión adoptados contemplan a los atletas con diversidad funcional motora de los miembros inferiores con origen en diversas causas (poliomielitis, traumatismos de la columna vertebral y amputaciones). En cuanto a los criterios de exclusión, se descartaron los atletas que no poseían clasificación funcional deportiva internacional.

Técnica

Debido a las características del AET, cuya meta es estudiar y comprender las actividades desarrolladas en un puesto de trabajo, las técnicas necesarias para la conducción de los análisis consistieron básicamente en observaciones (globales, sistemáticas y participativas), entrevistas semiestructuradas, fotografías e imágenes del escenario de competición y de los subsistemas (atleta-banco de lanzamiento). Para la captura de fotos e imágenes fue utilizada una cámara Nikon D3200, la cual se situó detrás del sector de lanzamiento (aproximadamente 15 m con la máquina en el plano frontal). Para los ensayos fotográficos de los bancos de lanzamiento se utilizó una distancia de 1.0 a 3.0 metros y altura de 1.0 m.

Las imágenes fueron analizadas a través del *software* Ergolândia, que proporciona al analista el movimiento de la imagen con barras de desplazamiento horizontal y vertical, la aplicación de tablas lineales y polares, así como el cálculo de ángulos y coordenadas horizontales y verticales de un punto de la figura. También cuenta con opciones de análisis de vídeo mediante las que permite que el analista reproduzca un vídeo a tres velocidades, aumente el zoom y regule el volumen. En esta investigación se utilizó la cinemática bidimensional.

Análisis estadístico

Este análisis se limitó a estadística descriptiva (media, moda, mediana y desviación típica) utilizando IBM SPSS versión 19.

Limitaciones

A la hora de realizar estudios con muestras pequeñas y muy heterogéneas se asume el riesgo de que los fenómenos investigados presenten ciertas singularidades. Además, este hecho se ve acrecentado por la falta de tests estandarizados y de coordinación multidisciplinar (Pérez, 2003). A pesar de ello, consideramos que esto no debería ser una situación limitante en este caso, sino todo lo contrario, puede 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.

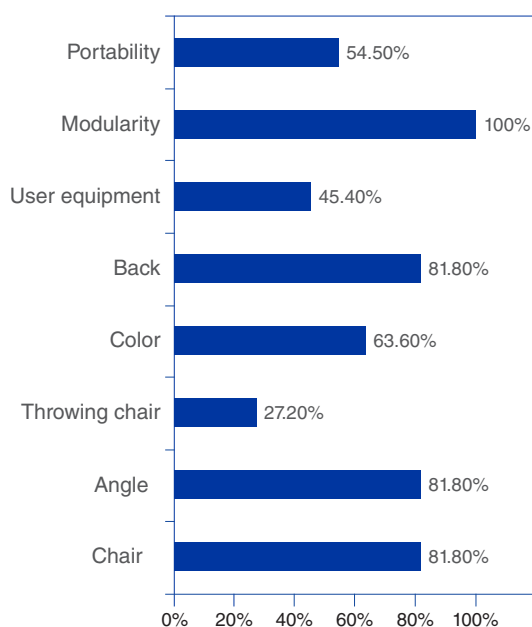


Figure 1. Ergonomic risk observed in the analysis of the demand.

estímulo para seguir avanzando en el conocimiento en profundidad de la AFA y el deporte adaptado, vinculando los estudios e investigaciones con la práctica y las necesidades que trasladan los técnicos deportivos y los propios deportistas a los investigadores (Tejero et al., 2012).

Resultados

De acuerdo con las fases mediante las que se ha desarrollado el estudio, los resultados se presentarán desde tres perspectivas: los análisis de la demanda, de la tarea y el de la actividad.

Análisis de la demanda

Esta fase del análisis sirvió para verificar si existían evidencias de riesgo ergonómico en el lanzamiento de peso sobre el banco. Así, este método observacional procuró esclarecer el terreno de trabajo en una correcta topografía del ambiente laboral/deportivo.

La figura 1 ilustra el nivel de interferencia de 8 especificaciones observables en el análisis de la demanda. Esta es una etapa fundamental en la calidad de la intervención ergonómica y existen numerosas formas de explicitarla.

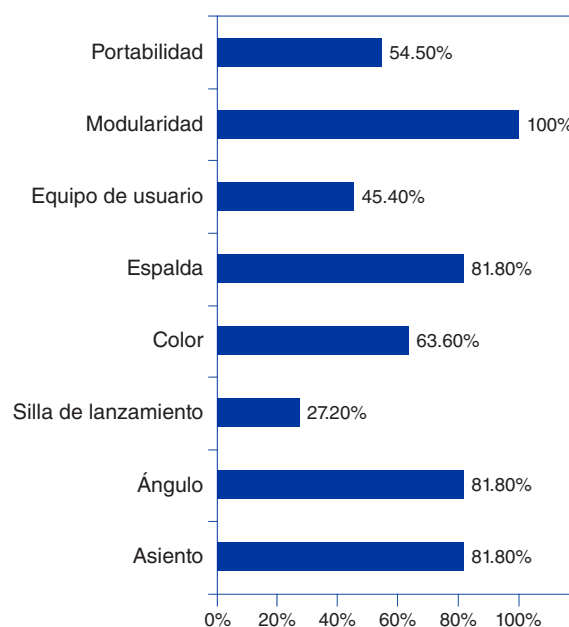


Figura 1. Riesgo ergonómico observado en el análisis de la demanda.

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.

Análisis de la tarea

Durante el análisis de la tarea se registraron las condiciones de trabajo encontradas en la relación entre el atleta y el banco de lanzamiento en el marco de la interacción. Para ello, fueron analizados los componentes del banco así como su relación con el rendimiento del atleta.

Resultados de los análisis. De los 25 casos seleccionados, 17 obedecieron a los criterios de inclusión. Se observó que de los 17 bancos estudiados con respaldo, 6 (35.2%) presentaron riesgo ergonómico en el asiento, 14 (82.3%) en el ángulo de confort, 16 (94.1%) en el acabado, 15 (88.2%) presentaban bordes vivos e irregularidades, 8 (47%) presentaban riesgo ergonómico en el color, 8 (47%) en el descanso para los brazos, 9 (52.9%) en los dispositivos de fijación, 16 (94.1%) en el respaldo, 11(67.7%) en la portabilidad y 17 (100%) en la modularidad. De los ocho bancos estudiados sin respaldo, 3 (37.5%) presentaron riesgo ergonómico en el asiento, 4 (50%) en el acabado, 5 (62.5%) en los bordes irregulares, 6 (75%) en el color, 7 (87.5%) en los dispositivos de fijación, 8 (100%) en la modularidad y 8 (100%) en la portabilidad.

En esta fase del análisis se registró a través de fotos la diferencia de altura de los bancos en competición. La altura máxima del asiento de lanzamiento permitida por las reglas es de 75 cm. Se observó que existían diferencias significativas en las alturas de los asientos, de hecho, algunos estaban por debajo de la altura reglamentaria permitida, sin tener en cuenta las ventajas biomecánicas de lanzarse desde un nivel más elevado.

Consideraciones extraídas de las entrevistas

Tras la realización de las entrevistas, se agruparon los datos obtenidos y las transcripciones fueron revisadas. Los contenidos de las respuestas, una vez releídos y comparados, proporcionaron un sumario de la información. Todos los entrevistados confirmaron su participación en el diseño de su banco de lanzamiento (observando u opinando). Además, expresaron verbalmente su parecer acerca del hecho de que las reglas interfieren en la concepción de bancos más funcionales. También manifestaron las dificultades de orden económico y técnico que encuentran a la hora de diseñar y adquirir sus bancos de lanzamiento.

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.

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.

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

Number Número	Country País	Functional classification Clasificación funcional	Results Resultados	M M	SD DE	Ergonomic risk Riesgo ergonómico
01	Puerto Rico	F58	13.90	13.58	0.20	04
02	Brasil	F58	12.88	12.35	0.60	03
03	México	F58	12.17	11.87	0.32	07
04	Venezuela	F58	11.71	11.14	0.48	04
05	Puerto Rico	F58	9.67	9.02	0.94	06

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.

Consideraron que la materia prima utilizada debería ser más ligera, el asiento y el respaldo necesitan de mayor atención y deberían poseer accesorios como descanso para los brazos y pies.

Análisis de la actividad

El análisis de la actividad fue dedicado a la realización de una comparativa entre los riesgos ergonómicos observados en los bancos y el rendimiento de sus usuarios. La tabla 1 muestra el registro realizado con toda la información referente al lanzamiento de peso masculino clase F58.

Tabla 1
Resultados del evento de lanzamiento de peso y número de riesgo ergonómicos observables en los bancos de los lanzadores

Las pruebas sobre la relación entre las posturas adecuadas e inadecuadas y el rendimiento deportivo están organizadas en la figura 2, la cual sugiere que las posturas adecuadas son indicadoras de una mejor actuación.

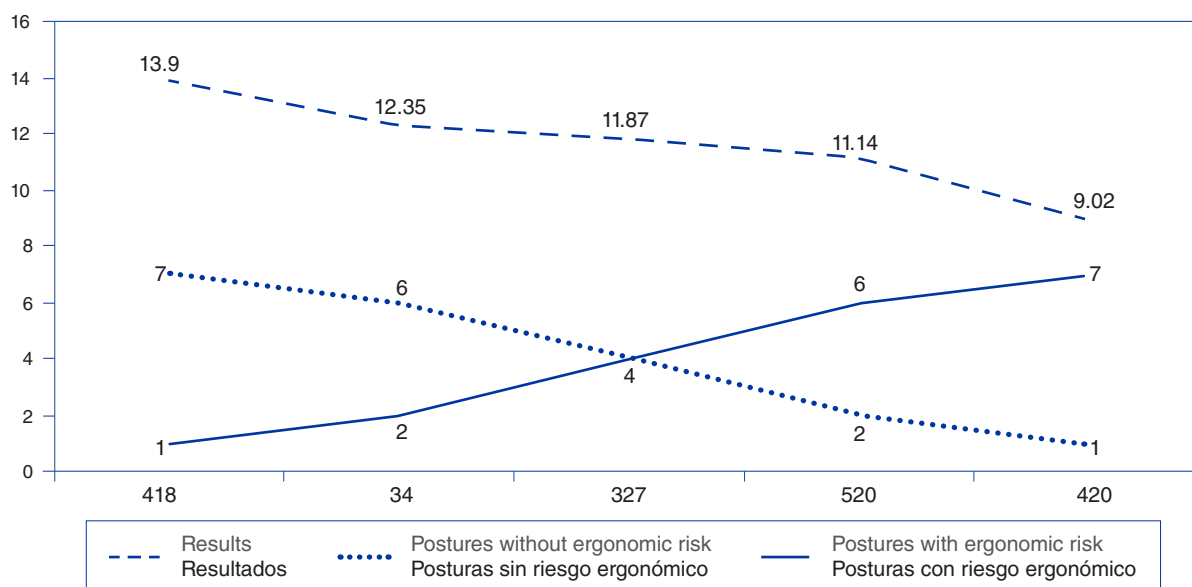


Figure 2. Relation between postures and sport performance.

Figura 2. Relación entre las posturas y el rendimiento deportivo.

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

Discusión

El riesgo ergonómico observado en los bancos de lanzamiento durante el análisis de la demanda, como pueden ser la ausencia de acolchados y/o los acolchados incompatibles con las diversidades funcionales motoras del usuario, sugiere un compromiso en la integridad física del atleta. Para Gomes (2005), el concepto de comodidad o confort es directamente proporcional al tiempo que la persona permanecerá sentada ejecutando una determinada tarea. Debe ser considerado también el tipo de asiento, principalmente en lo que respecta a las especificaciones de los materiales utilizados y el peso de su usuario. Las características físicas del producto, tales como la espesura de la almohada, los contornos, el soporte lumbar, el tamaño o las dimensiones, pueden influir en la evaluación del confort o la falta del mismo en dicho producto. También la propia percepción del usuario sobre el confort o la falta del mismo en el producto puede verse influenciada por el ambiente físico (temperatura, iluminación, etc), la tarea ejecutada (entrenamiento y/o competición) o aspectos psicosociales como la satisfacción en el trabajo y las interacciones con los compañeros (Helander, 2003; Kuijt-Evers, Twisk, Groenesteijn, De Looze y Vink, 2005).

Se observó que el 81.8% de los bancos no presentaban en la superficie de su asiento ningún artificio para ablandar el contacto con las tuberosidades isquiáticas de sus usuarios. Las posibles consecuencias de este inconveniente son descritas en el *Guideline Development Group* (EPUAP-NPUAP-PPIA, 2009). Los estudios indican que en el asiento las áreas frecuentemente implicadas están sobre el sacro, el coxis, las tuberosidades isquiáticas y el trocánter mayor, que provocan las úlceras por presión, y que en la postura sentada el peso del cuerpo aumenta la exposición a presión en las tuberosidades isquiáticas. Suponiendo que las exigencias del deporte de rendimiento son elevadas e imponiendo a los atletas largas jornadas de entrenamiento, es posible evidenciar que el banco producirá secuelas y falta de confort durante la actividad. Garrett et al. (2012), considera que hay un aumento paralelo del riesgo de lesión en el entrenamiento de los atletas en niveles más elevados de duración e intensidad.

Se observó también que los diseños de los asientos no presentan armonía con sus usuarios. Para Panero y Zelnik (2005), el diseño del asiento deberá dividir el peso del cuerpo tolerado en las tuberosidades isquiáticas y aliviar las presiones sobre los discos intervertebrales de la columna. Para Vos, Congleton, Moore, Amendola y Ringer (2006), los efectos de los aspectos de la ingeniería

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 diseño de la bandeja del asiento indican implícitamente una reducción beneficiosa en los valores de la presión asociados al sentar reclinado, lo que evidencia que una parte considerable de atletas compite sobre un asiento incongruente con sus necesidades funcionales y que la exposición de dichos atletas a posibles lesiones puede implicar un distanciamiento de la actividad, un aumento del nivel de diversidad funcional motora ya existente y una desvinculación de la práctica deportiva (Frossard, Alison y Smeathers, 2012; Theisen, 2012).

La inclinación del respaldo de 105° a 110° en relación con el asiento aumenta el confort y la estabilidad del usuario (Kroemer y Grandjean, 2005). Para Iida (2005), existen muchos casos de uso inadecuado de productos, o incluso productos mal diseñados, que provocan dolores y heridas en sus usuarios, además de perjudicar el rendimiento. Para Gómez, Cossio, Brousett y Hochmuller (2010), la fatiga muscular aguda puede generar una incapacidad en el nivel de fuerza e intensidad del ejercicio. Por otro lado, Pérez Guisado, (2006), argumenta que la cronicidad del dolor lumbar es una asociación entre factores musculares y psicosociales que favorecen la incapacidad. Luego, se evidencia que queda expuesta la integridad física, así como el rendimiento del usuario del banco, pues este se encuentra en un escenario competitivo donde las jornadas de entrenamiento y competición son largas y durante las cuales el atleta debe permanecer en posición sentada.

La ausencia de modularidad fue constatada en el 100% de los casos analizados. Una de las alternativas estratégicas adoptadas para mejorar el proceso de elaboración de productos es la implantación de la modularidad. Sin embargo, durante el proceso de fabricación es frecuente que el producto se adapte con un único módulo ya que esto supone un coste más bajo que el de rehacer el producto por completo (Baldwin y Clark, 2004). La decisión de adoptar un proyecto modular se encuentra aún en inicio de desarrollo debido a que existen pocas evidencias empíricas de sus ventajas e/o inconvenientes (Carnevalli, Varandas Júnior y Miguel, 2011). Con todo, esta investigación considera los beneficios de la modularidad ya que las evidencias observadas en el desarrollo de la actividad conducen a la capacidad de someterse a tests funcionales, estandarización de las interacciones y benefician el ajuste, el transporte y el intercambio (Fixson, 2005; Mikkola y Gassmann, 2003). Por tanto, dentro de este escenario se evidencia que el requisito modular y la portabilidad (54.5%) merecen atención en el diseño de los bancos o sillas de lanzamiento.

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 banco de lanzamiento con el menor número de riesgo ergonómico señaló una tendencia a una mejor actuación en la clase funcional deportiva F58 durante las competencias (Puerto Rico = 13.58 ± 0.20 m y riesgo ergonómico evaluado en 4; Brasil = 12.35 ± 0.60 m y riesgo ergonómico evaluado en 3; México = 11.87 ± 0.32 m y riesgo ergonómico evaluado en 7; Venezuela = 11.14 ± 0.48 y riesgo ergonómico evaluado en 4; Puerto Rico = 9.02 ± 0.94 m y riesgo ergonómico evaluado en 6). Wolbring (2012), considera que una silla con mejor tecnología puede mejorar la actuación. En el deporte adaptado, más allá de las variables verificadas en competencias convencionales, se debe ponderar la interacción del atleta con el artefacto deportivo. Por tanto, si el banco es una extensión del cuerpo del lanzador, cuanto mayor sea la interacción entre el lanzador y su banco, mayor será la evidencia de mejora en el rendimiento.

El estudio de Canciglieri, Brambilla y Bittelbrum (2007) confirmó que la mejora de la tecnología de la silla tuvo como resultado un mejor lanzamiento en atletas de la clase F54 (3.60 m con una silla antigua y 5.35 m con una silla de nueva tecnología). La intervención de la ergonomía en esta área del conocimiento (deporte adaptado) corrobora el desarrollo de la actividad ya que sus exigencias de reconfiguración afectan a cambios en la tecnología física del equipamiento (banco), sugiriendo ampliar la interacción entre los subsistemas (banco-atleta). Sin embargo, aunque los avances tecnológicos traen consigo efectos positivos, también dieron origen al 'doping techno' donde los patrones técnicos y de formación de recursos humanos pueden no mantener el mismo ritmo de evolución. (Garrett et al., 2012).

Conclusión

En los análisis se evidenció que los incipientes estudios acerca del deporte adaptado en la modalidad de lanzamiento de peso sobre banco suponen, en relación con esta actividad, una aventura para quien la practica, pues los efectos nocivos que afectan a las personas que ocupan en sus actividades laborales la posición sentada son exhaustivamente discutidos en la literatura. Por tanto, se puede deducir que, para quien la permanencia en posición sentada es una imposición, los efectos nocivos sugieren un mayor impacto en la salud, la seguridad, el confort y el rendimiento deportivo.

Se observó que el diseño y la fabricación de los bancos de lanzamiento no presentan los criterios que garantizan la calidad de interacción de los productos (banco)

(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

con sus usuarios (deportistas). Cabe destacar que existe una amplia y llamativa demanda para la producción de bancos deportivos para poder adaptarlos a las características de sus usuarios.

Las mediciones realizadas reflejan que durante la ejecución de la actividad, los atletas realizan constantes movimientos de autorregulación. Esto sugiere la necesidad de reducir e incluso eliminar las incoherencias entre la exigencia funcional y el banco de lanzamiento, dada la existencia de una relación entre el riesgo ergonómico de los bancos, las posturas de los atletas y el rendimiento deportivo. De otro modo, las organizaciones o entidades deportivas competentes deberían observar estas evidencias y alterar la regulación que impone el diseño de artefactos no antropomórficos para los atletas sin preocuparse de las consecuencias biopsicosociales en sus practicantes.

El AET se ha presentado como una metodología en el campo de la ergonomía (ciencia que adapta el hombre al trabajo) que constituye una herramienta útil y eficiente para verificar las disfunciones en el ambiente deportivo adaptado, donde las demandas de adaptación son inherentes a la existencia de la actividad.

Se evidenció la relación entre los riesgos ergonómicos de los bancos y el rendimiento deportivo de sus usuarios. En consecuencia, los atletas que competían con bancos con menores riesgos ergonómicos presentaron mejores resultados. Por tanto, se recomienda una mayor atención a los requisitos ergonómicos y a sus proyectos de diseño para aquellos atletas con mayores dificultades funcionales.

Respecto a las declaraciones de atletas y técnicos, se observó que la mayoría de las personas entrevistadas manifestaron su participación en el diseño del banco, lo que refleja que la participación del usuario y de su técnico en su concepción no es indicativo de que el diseño se realice adecuadamente, pues es necesario un conocimiento técnico específico. El conocimiento de todos los aspectos reglamentarios implicados en la actividad puede evitar errores en el diseño, así como ahorrar contrariedades por parte de sus usuarios. Sin embargo, se observó positivamente que existe una incipiente preparación técnica de aquellos usuarios que no consiguen interpretar técnicamente sus necesidades, o bien desconocen la posibilidad de mejora de sus condiciones actuales (comfort, seguridad y rendimiento deportivo).

Se pone de manifiesto, finalmente, que esta investigación no elimina los problemas inherentes a esta actividad. No obstante, se hace uso de la misma para estimular

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

Conflict of Interests

No conflict of interest was reported by the authors.

y agudizar el interés de una mayor cantidad de investigadores capaces de contribuir a esta área incipiente de estudio.

Conflicto de intereses

Las autorías no han comunicado ningún conflicto de intereses.

References

- Baldwin, C. Y., & Clark, K. B. (2004). Modularity in the design of complex engineering systems. En A. Minai, D. Braha & Y. B. Yam (Eds.), *Complex engineered systems: Science meets technology* (pp. 1-36). New York, USA: Springer.
- Canciglieri, J. O., Brambilla, E., & Bittelbrum, C. (novembre, 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. Recuperado 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). Recuperado de <http://www.seer.ufrgs.br/ProdutoProducao/article/viewFile/10000/11113>
- CBAAt (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. (junio, 2010). *Uniform throwing chair for seated throwing sporting events*. Presentado en la sesión de póster en RESNA (Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America), Las Vegas. Recuperado 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*. Recuperado 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). Recuperado de <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista40/artmecanismo171.htm>

Referencias

- Goosey-Tolfrey, V., & Price, M. (2010). Physiology of wheelchair sport. En V. Goosey-Tolfrey (Ed.), *Wheelchair sport: A complete guide for athletes, coaches and teachers* (pp. 47-62). Leeds, UK: Human Kinetics.
- Gorgatti, M. G., & Gorgatti, T. O. (2013). Esporte para pessoas com necessidades especiais. En M. G. Gorgatti & R. F. Costa (Eds.), *Atividade física adaptada: qualidade de vida para pessoas com necessidades especiais* (pp. 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. Recuperado 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*. Recuperado 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. En V. Zatsiorsky (Ed.), *Bio-mecánica en el deporte* (pp. 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. En J. O. Martínez (Ed.), *I Conferencia Internacional sobre Deporte Adaptado. Libro de actas* (pp. 229-243). Málaga: Instituto Andaluz del Deporte.
- Pérez Guisado, J. (diciembre, 2006). Lumbalgia y ejercicio físico. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 6(24). Recuperado 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. En V. M. Zatsiorsky (Ed.), *Biomecânica no esporte: performance do desempenho e prevenção de lesão* (pp. 479-500). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Article Citation | Citación del artículo

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