

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE ENFERMERÍA  
CARRERA TERAPIA FÍSICA**

**DISERTACION DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE LICENCIADO  
EN TERAPIA FÍSICA**

**CARACTERIZACIÓN DE LA CINEMÁTICA DEL “PRESS BANCA” EN  
FISICOCULTURISTAS AMATEUR DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DEL ECUADOR**

**ELABORADO POR:  
ALEJANDRO PATRICIO VASCO GUAMINGA**

**QUITO, FEBRERO 2019**

## **RESUMEN**

El estudio a continuación tuvo como objetivo principal caracterizar desde la cinemática la ejecución del “Press Banca” en fisicoculturistas amateur de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE). Este estudio fue de tipo descriptivo- correlacional y transversal. Luego de aplicar los criterios de selección se tomó una muestra de 14 participantes de la población de 17 deportistas. Las variables cinemáticas evaluadas mediante un método de video análisis con el programa KINOVEA® (0.8.15) fueron: el posicionamiento angular para el ejercicio, el desplazamiento y velocidad lineal de la barra, las cuales fueron medidas durante dos condiciones de acuerdo a la intensidad del ejercicio del Press de Banca (i.e. 70% y 90% 1RM). Se encontró que los deportistas poseen una deficiente ejecución técnica del Press Banca, y dicha ejecución está fuera de los rangos articulares de seguridad para el riesgo de lesión respecto a la biomecánica articular del hombro.

**Palabras Clave:** Press Banca, Posicionamiento Angular, Velocidad, Desplazamiento Relativo Lineal

## **ABSTRACT**

The main objective of the study was to characterize from the kinematics the execution of the "Bench Press" in amateur bodybuilders of the Pontifical Catholic University of Ecuador (PUCE). This study was descriptive-correlational and transversal. After applying the selection criteria, a sample of 14 participants from the population of 17 athletes was taken. The kinematic variables evaluated by a video analysis method with the KINOVEA® program (0.8.15) were: the angular positioning for the exercise, the displacement and linear velocity of the bar, which were measured during two conditions according to the intensity of the Bench Press exercise (ie 70% and 90% 1RM). It was found that the athletes have a poor technical execution of the Bench Press, however, this execution is kept in a safe anatomical area for the risk of injury with respect to the joint biomechanics of the shoulder.

**Keywords:** Press Banking, Angular Positioning, Speed, Linear Relative Displacement

## **AGRADECIMIENTOS**

La gracia de Dios es infinita y hoy honro su amor al haberme permitido culminar esta etapa tan importante de mi vida, anhelada por muchos años y por supuesto, esto no se hubiera podido lograr también sin el inmenso y completo apoyo de mi bella madre, pilar que me sostuvo cada día desde que tengo uso de razón y a quien hoy agradezco, a mis amigos Lenin, Danny, y Miguel quienes con risas y esfuerzos pudimos superar cada escalón , a mi familia y claro a mi amada Ashley que en cada momento supo creer en mí y que con amor me levantaba a cada momento y me motivaba a seguir, haciéndome creer que soy el mejor Fisioterapeuta.

Alejandro Vasco G.

## **DEDICATORIA**

*“ Se lo dedico a Dios padre, amigo y confidente a mi familia y de forma especial a mi amada madre Carmen Guaminga, razón de mi incasable deseo por ser un profesional del que se sienta orgullosa”*

Alejandro Vasco G.

## Tabla de Contenidos

RESUMEN .....	i
ABSTRACT .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS .....	vi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES .....	4
1.1. Planteamiento del Problema .....	4
1.2. Justificación del Problema .....	5
1.3. Objetivos .....	6
1.3.1. Objetivo general .....	6
1.3.2. Objetivos específicos .....	6
CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO .....	7
2.1 Características del deportista amateur .....	7
2.1.1 ¿Qué es el deporte y cómo se clasifica? .....	7
2.1.2 Deporte Fisicoculturismo .....	7
2.2 Biomecánica del Press Banca .....	7
2.2.1. Posicionamiento angular del ejercicio .....	8
2.3. Desplazamiento lineal .....	10
2.4. Velocidad .....	10
2.5. Matriz de operacionalización de variables .....	12
2.6. Metodología .....	14
2.6.1. Tipo de estudio .....	14
2.7. Instrumentos del estudio .....	15
2.7.1. Encuesta (datos de la encuesta) .....	15
2.7.2. Instrumentación para la grabación: .....	15
2.8. Procedimiento de medición .....	16
2.8.1. Procedimiento de grabación .....	16
2.8.2. Procedimiento de la ejecución del Press de Banca .....	19
2.8.3. Proceso de obtención y análisis de datos con el software KINOVEA .....	20
2.9. Análisis estadístico .....	22
CAPÍTULO 3: ANALISIS DE LOS RESULTADOS .....	24
3.1. Análisis y Discusión de resultados .....	24

3.1.1. Caracterización de los participantes .....	24
3.1.2. Análisis de las variables biomecánicas.....	25
3.1.3. Discusión de resultados .....	42
3.1.4. Limitación del Estudio .....	45
3.1.5. Impacto Clínico .....	<u>45</u> <del>46</del>
CONCLUSIONES.....	47
RECOMENDACIONES .....	<u>49</u> <del>50</del>
REFERENCIAS .....	<u>50</u> <del>51</del>
Anexo 1 .....	<u>54</u> <del>56</del>
Anexo 2 .....	<u>57</u> <del>59</del>

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

### Índice de Tablas

Tabla 1. Promedio de las principales variables cinemáticas evaluadas en cada condición de la prueba de acuerdo al porcentaje de carga.....	25
Tabla 2. Resultado de las principales variables cinemáticas evaluadas para las comparaciones entre las condiciones de la prueba de acuerdo al porcentaje de carga.....	26
Tabla 3. Resultado de las comparaciones entre el valor referencial y la posición de la barrera en cada condiciones de la prueba de acuerdo al porcentaje de carga. ....	27
Tabla 4. Promedio de otras variables cinemáticas evaluadas en la condición de la prueba con un 70 % de 1RM. ....	28
Tabla 5. Resultados de las correlaciones entre las variables cinemáticas evaluadas en la condición de la prueba con un 70 % de 1RM.....	29
Tabla 6. Promedio de otras variables cinemáticas evaluadas en la condición de la prueba con un 90 % de 1RM. ....	32
Tabla 7. Resultados de las correlaciones entre las variables cinemáticas evaluadas en la condición de la prueba con un 90 % de 1RM.....	34
Tabla 8. Resultados de la frecuencia de casos para posición de la columna lumbar y las diferentes condiciones de carga.....	39
Tabla 9. Resultados de la frecuencia de casos para posición angular tobillo (grados) y diferentes condiciones de carga.....	40

### Índice de Figuras

Figura 1: Ilustración de la posición de Press Banca. ....	8
Figura 2. . Posición de partida: Extensión de codos.....	17

Figura 3. Análisis de movimiento: Fase de contacto con el pecho previa al ascenso. El color violeta representa la distancia del desplazamiento relativo (qué es la distancia que falta para completar el recorrido del desplazamiento de la barra) el color rojo representa el descenso de la barra, el color amarillo representa el espacio restante del desplazamiento relativo entre la posición final de la barra y el banco, el color fucsia representa la separación que existe entre el punto de referencia que es 2 cm bajo los pezones y la barra, de color celeste sin relleno representa la luz del aumento de la lordosis y con relleno en ausencia de la misma y el color morado representa la referencia de escala de 1m para la conversión de medidas en el Kinovea. ....	18
Figura 4. Línea de tiempo de la ejecución del Press de Banca para la medición. ....	20
Figura 5. Fase de Descenso. ....	20
Figura 6. Análisis de movimiento posición inicial. ....	21
Figura 7: Años de entrenamiento.....	24
Figura 8. Promedio de la comparaciones entre el valor referencial y la posición de la barrara en cada condiciones de la prueba de acuerdo al porciento de carga. ....	27
Figura 9. Correlaciones entre el desplazamiento de la barra y la velocidad en la descenso con un 70 % de 1RM. ....	31
Figura 10. Correlaciones entre el tiempo de desplazamiento durante la fase de descenso y la velocidad de la barra en la fase de descenso con el 70 % de 1RM. ....	31
Figura 11. Correlaciones entre el tiempo de desplazamiento durante la fase de ascenso y la velocidad de la barra en la fase de ascenso con un 70 % de 1RM. ....	32
Figura 12. Correlaciones entre el desplazamiento relativo de la barra y la velocidad en la descenso con un 90 % de 1RM.....	36
Figura 13. Correlaciones entre el desplazamiento relativo de la barra y la velocidad en la ascenso con un 90 % de 1RM.....	36
Figura 14. Correlaciones entre la velocidad y el tiempo de desplazamiento durante la fase de descenso con un 90 % de 1RM.....	37
Figura 15. Correlaciones entre el tiempo de desplazamiento durante la fase de descenso y la velocidad de la barra en la fase de ascenso con un 90 % de 1RM. ....	37
Figura 16. Correlaciones entre el tiempo de desplazamiento de la barra en la fase de ascenso y la velocidad durante la fase de ascenso con un 90 % de 1RM.....	38
Figura 17. Velocidad durante la fase de descenso y velocidad en la fase de ascenso con un 90 % de 1RM.....	38
Figura 18. Asociación entre diferentes grados de la posición de la columna lumbar y las dos condiciones de carga.....	39
Figura 19. Asociación entre diferentes grados de la posición angular del tobillo y las dos condiciones de carga.....	40

## INTRODUCCIÓN

El Fisicoculturismo o físico constructivismo como hoy en día se lo denomina, es un deporte que se basa en la ejecución de ejercicios de fuerza de moderada y alta intensidad teniendo como base el trabajo anaeróbico y los procesos de hipertrofia muscular (Chiriboga, 2010).

El Fisicoculturismo en si es un deporte que posee una rica historia cultural que trasciende desde la Grecia Antigua donde el cuerpo humano tenía una gran relevancia por sus características estéticas y funcionales como en los primeros principios de musculación con el francés Hipolio Triat y al paso del tiempo se fue forjando la idea del Fisicoculturismo o físico constructivismo como un deporte (IFBB, 1946).

La masa muscular hipertrofiada es uno de los puntos principales del Fisicoculturismo y ampliamente perseguida por aquellos que levantan pesos para lograr mejorar la condición muscular, y esto conlleva a llegar al máximo del esfuerzo con el fin de poder reclutar la mayor cantidad de fibras musculares (Schoenfeld, 2010).

En el Fisicoculturismo la frecuencia de lesiones está relacionada con la intensidad de sus ejercicios y repeticiones, en especial en la articulación del hombro en donde, si existiese una alteración en esta región, los movimientos de la articulación podrían generar una alteración en la cinemática del cuadrante superior con posibles lesiones en esta región. (Hartley, 1995; Flores, 2016).

Para ejemplificar algunas de las muchas lesiones que pueden ocurrir en este deporte, son: tendinopatía del manguito rotador con compromiso de la estabilidad de la articulación, y el pinzamiento subacromial, además de ello son varios los músculos involucrados en el dolor de hombro como el pectoral, el deltoides y el dorsal ancho (Marchante, 2017).

El hombro es una articulación compleja que se encuentra formada a su vez por numerosas articulaciones que actúan de manera coordinada y si una de estas articulaciones funciona mal, es muy posible que se vean alterados involuntariamente el movimiento del resto de las articulaciones de este complejo (Kapandji, 2006).

Al tener gran movilidad, es una de las articulaciones más lesionadas, al menos un 24% de personas tienen problemas con dicha articulación, y aumenta por encima del 36% en

deportes con gestos por encima de la cabeza y cuando se hace movimientos incorrectos o se usa en exceso alguno de los músculos de la articulación del hombro, como el supraespinoso, donde su tendón se inflama y aparece el dolor (Marchante, 2017).

Hay que tener claro que, aunque el deportista posea una técnica fiable sumado a un descanso del cuerpo tras sesiones de entrenamiento, se puede generar una lesión de hombro, a lo que probablemente 2 de 3 lesiones de press banca tienen relación con esta región, lo cual conlleva a un gran problema ya que es la articulación más difícil de rehabilitar (Menacho, 2017).

En el caso de los fisiculturistas como son deportistas que buscan un fortalecimiento e hipertrofia muscular, se manifiestan otros factores asociados a las lesiones del hombro, como por ejemplo: un mal calentamiento, una nutrición insuficiente, la fatiga o estrés articular y muscular, y la técnica para la ejecución del movimiento (Merchante, 2017).

Gunning et al., (2001) afirma que en el caso de todos los ejercicios de tren superior se debe mantener el raquis alineado, ya que este es el punto en el cual ceden los tejidos y se reduce las cargas. (p. 471-480)

En los deportista de Fisiculturismo amateur debido a su poca experiencia motriz, existe riesgos de lesiones en la práctica del movimiento, estas lesiones son de sobreuso o crónicas, donde la repetición del ejercicio con una carga submáxima daña el sistema musculoesquelético, o cuando el descanso no es el suficiente, es decir, las lesiones crónicas representan un tercio de las lesiones asociadas al levantamiento de fuerza (Menacho 2017).

La cinemática de los movimientos puede no ser la correcta, por esta razón parece importante estudiar las características de la ejecución técnica en ejercicios concretos. Para alcanzar esto, en el presente trabajo se compone de las siguientes partes:

**Planteamiento del problema:** Para poder abordar de mejor manera la problemática se tomó como inicio la pregunta de investigación ¿Cómo es la cinemática de ejecución de la técnica del levantamiento del “Press Banca” en Fisiculturistas Amateur de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE).

**Justificación y objetivos:** Evaluar características cinemáticas de la ejecución del press banca, puesto que no se conoce cómo es esta ejecución en los deportistas de la PUCE

**Marco Teórico:** En este apartado se explican diferentes puntos como lo que es el Fisiculturismo como deporte y sus principios, así como los ejercicios más utilizados

dando lugar al ejercicio de press banca en el cual se enfoca el estudio, donde se explica a detalle la técnica, movimientos articulares y los músculos implicados además de las diferentes características cinemáticas que se manifiestan en la ejecución del movimiento. .

**Metodología:** Es un estudio de tipo descriptivo correlacional y comparativo en el cual se correlaciono y asocio la cinemática de la ejecución técnica con la alineación y posición angular de algunos segmentos articulares necesarios para la correcta trasmisión de la fuerza durante la ejecución del ejercicio con las variables de pesos entre el 70 % de 1 RM y el 90% de 1RM.

## CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

### 1.1. Planteamiento del Problema

El “Press banca” es uno de los ejercicios más utilizados para aumentar la fuerza y conseguir una importante hipertrofia de la musculatura del tren superior. Con este fin, además del press banca horizontal, se incluyen en las rutinas de entrenamiento los press inclinados, con intención de trabajar más la porción pectoral clavicular, y los press declinados, con la creencia de que se logrará incidir más sobre las fibras caudales de la porción esternocostal del pectoral mayor, pero detrás de los logros que se pueda lograr existe una serie de lesiones que pueden ocurrir si la técnica no es bien realizada, ya que la anatomía en el caso del hombro es compleja y sensible a lesiones (Hernández et al., 2001; Medrano & Cantalejo, 2008).

Este tipo de ejercicio se ven enfocado en el fortalecimiento del pectoral en base a la ejecución de una contracción excéntrica al momento de que la barra desciende hacia el pecho y una fase concéntrica al momento que la barra despegar del pecho (empuje), generando de esta manera que la articulación del hombro lleve toda la carga en el ejercicio (Merced, 2016; Moras, Tous, Muñoz & Padulles, 2005.).

El hombro es una articulación que soporta esfuerzos mecánicos a expensas de la movilización de pesos sacrificando la estabilidad, lo que incrementa las probabilidades de lesiones en esta articulación (Kapandji, 2006; Joseph et al. (2015).

Por su parte, Stumbo et al., (2013), señalan que las lesiones en el press banca ocurren específicamente en la fase final excéntrica y comienzo de la fase concéntrica de este ejercicio. O sea, cuando la barra está cerca de los pectorales y se comienza la fuerza en contra de la gravedad. Según este autor, las lesiones en este ejercicio ocurren mayormente por sobrecarga en un tiempo limitado de ejecución. (p. 41-42)

Específicamente, en el press banca se generan comúnmente situaciones de dislocación bilateral del hombro y fractura clavicular, asociado al repetido estrés que sufre la articulación, la mala ejecución o desequilibrios musculares (Cresswell, et al. 1998). Esto es debido a que la articulación gleno-humeral podría colocarse en “posición de riesgo”,

posición que mezcla 90° de abducción del hombro con rotación externa (Gross, et al. 1993), y esta situación puede ser dependiente del nivel de experiencia del deportista

Es por esta razón que se planteó la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo es la cinemática de ejecución de la técnica del levantamiento del “Press Banca” en Fisicoculturistas Amateur de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE)?

## **1.2. Justificación del Problema**

El Fisicoculturismo es uno de los deportes minoritarios que están sobresaliendo a nivel local (Quito-Pichincha), y es por ello que cada vez la demanda de deportistas que se dedican a esta disciplina va en aumento. En el caso de los estudiantes de la PUCE, estos han comenzado a optar por esta disciplina ya que no solo es un pasatiempo, sino un estilo de vida que los ha llevado a pisar grandes tarimas de competencia.

Los estudiantes que practican el deporte de Fisicoculturismo en las instalaciones de la PUCE están constantemente entrenando para mejorar su masa muscular y lograr llegar a una competencia con las mejores condiciones musculares y estéticas, por lo cual el ejercicio de press banca es uno de los ejercicios más importantes a la hora de mejorar su fuerza y volumen muscular según como se recomienda en la literatura (Barnet, Kippers & Turner, 1995).

La construcción de un músculo fuerte, definido y con un volumen muscular magro mediante la ejecución de ejercicios específicos como el press banca, puede llegar a ser un proceso complicado y lesivo sin la guía adecuada, por lo que el conocimiento técnico de estos aspectos es más importante en los deportista amateurs, debido a que estos no han alcanzado un nivel de experticia técnica para una correcta ejecución de los movimientos, lo cual incrementa su riesgo de lesión (Astudillo, 2011).

Es por eso que este estudio está dirigido a la caracterización del gesto motor del ejercicio de press banca, tomando en cuenta la manera en como ejecutan este ejercicio, y así conocer más a detalle los principios base para la ejecución del press banca, siendo así una fuente de optimización de entrenamientos para los estudiantes de la PUCE que practican el Fisicoculturismo. Con esto se pretende promover un desarrollo deportivo óptimo y prevenir factores lesivos dentro de las sesiones de entrenamiento.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Caracterizar desde la cinemática la ejecución del “Press Banca” en fisicoculturistas amateur de la PUCE.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Describir las características de la población de deportistas del Club de Fisicoculturismo de la PUCE, en cuanto a los factores vinculados al entrenamiento y los antecedentes de lesiones.
- Comparar la posición angular para el ejercicio (posición de la barra, posición angular del tobillo) y la velocidad de desplazamiento lineal entre dos condiciones de carga del ejercicio (i.e. 70% y 90% de 1RM) del press banca.
- Comparar la posición de la barra en el pecho (m) de los participantes del presente estudio y la posición de la barra en el pecho (m) de otros participantes referenciales, y de acuerdo con dos condiciones de carga del ejercicio (i.e. 70% y 90% de 1RM).
- Analizar la presencia o no de correlación entre las variables cinemáticas [i.e. tiempo de ejecución (s), desplazamiento relativo (m), velocidad de la barra (m/s)] y la posición de la barra en el pecho (m) durante la ejecución del ejercicio.
- Estimar el grado de asociación entre la posición de la columna lumbar, la posición angular del tobillo y la condición de la prueba de acuerdo al porcentaje de carga para 1RM (i.e. 70% y 90%).

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO**

### **2.1 Características del deportista amateur**

#### **2.1.1 ¿Qué es el deporte y cómo se clasifica?**

Según Calzada (2004) “El deporte, considerado como una parte específica de las conductas motrices, tiene el valor social de ser la forma más habitual de entender y practicar la actividad física en nuestro contexto social y cultural”. Dentro de los cuales se diferencia la práctica deportiva profesional y amateur. (p 46-47)

En el caso del deporte amateur, este es entendido como las actividades realizadas en el tiempo de ocio o también lo podemos definir como aquel en el que los individuos lo realizan individualmente, o en grupo, bien por satisfacción personal o por relaciones sociales de carácter esporádico (Pérez, 2012).

#### **2.1.2 Deporte Fisicoculturismo**

Según Garhammer & Takano (1989) “El Fisicoculturismo puede entenderse como aquel tipo de deporte cuyo objetivo es el desarrollo muscular a nivel hipertrófico acompañado de la simetría corporal y la reducción de grasa corporal”. (p 357-369) Este deporte se encuentra inmerso entre los deportes minoritarios, pero tiende a hacer una diferencia significativa entre todos estos deportes por sus ganancias atléticas individuales, como lo es la masa muscular hipertrofiada, su estricta manera de llevar una dieta constante, su presentación física al momento de competir y la disciplina constante, ya que este deporte no se encierra únicamente en una preparación para un tiempo determinado o en un lugar, sino que es un estilo de vida.

### **2.2 Biomecánica del Press Banca**

El posicionamiento del ejercicio es uno de los factores más importantes en la ejecución de cualquier tipo de ejercicio, y en el caso del press banca se lo toma como punto de partida para su ejecución. Es por ello, que en el rango de movimiento (ROM) del press banca se analiza desde la posición de extensión completa de codos como punto de partida, hasta que la barra llega a tocar el pecho y retorna a la posición de inicio del movimiento (Moras, Tous, Muñoz & Padullés. (2005). Este posicionamiento no debe sobrepasar los 90° de abducción

de hombro y una extensión completa de codo al final de la ejecución sumado a una pronación en la muñeca (Beachle & Earle, 2000; Rahamani et al. 2009).

En primer lugar, para la ejecución del movimiento se debería tener el glúteo pegado al banco en todo momento del ejercicio, pero esto puede resultar difícil de mantener al momento cuando la capacidad muscular va al límite respecto a la carga a vencer, momento donde la seguridad de la articulaciones del hombro está en riesgo así como el de la columna (Figura 1). En segundo punto, se debe colocar las muñecas de forma que hagan una continuación del antebrazo, así se evitarán problemas en esta articulación y también es importante que las escápulas estén en contacto con en el banco en base a una retracción escapular y un descenso de las mimas para que los hombros roten internamente (Menacho, 2017).



**Figura 1:** Ilustración de la posición de Press Banca.

Específicamente, en el press banca este rango acciona la extensión completa de los codos hasta que la barra descende y toca el pecho (Beachle & Earle, 2000). A lo largo del ROM, aparece un momento conocido “sticking point” el cual se define como la primera pérdida de velocidad de la barra durante la fase de ascenso del press banca (Kompf & Arandjelović, 2016).

### **2.2.1. Posicionamiento angular del ejercicio**

El complejo articular del hombro va a estar conformado por un número de articulaciones en las que se incluyen, a la articulación glenohumeral, la acromioclavicular y la esternoclavicular consideradas articulaciones verdaderas y por dos falsas que son la escapulotorácica y subescapular, las cuales van a estar involucradas en conjunto para la ejecución del press banca (Garcia, 2015; Sernik, 2010). Sin embargo, es en la articulación gleno-humeral donde se produce la mayor parte del movimiento articular. Dicha

articulación recurre al uso de movimientos de flexión en el plano sagital, abducción/aducción en el plano frontal y la flexión horizontal en el plano transversal (Barnet, Kippers & Turner, 1995), que en combinación con el movimiento de flexo-extensión de la articulación del codo, genera un movimiento lineal (Beachle & Earle, 2000). Desde el punto de vista artrocinemático, el movimiento se produce un deslizamiento que va a ir en contra del movimiento y rodamiento a favor del mismo, es decir, que si la articulación genera una flexión anterior, existirá un deslizamiento hacia caudal y un rodamiento hacia cefálico o en dirección del movimiento (Kapandji, 2006), y basándonos en el ejercicio de press banca al momento que se encuentra en la fase de descenso se genera un deslizamiento hacia posterior y un rodamiento hacia anterior de la cabeza humeral y al momento en que empieza la fase de ascenso los papeles se invierten para que la artrocinemática del hombro se realice con efectividad.

Para la realización de la técnica de “Press Banca”, el primer movimiento es colocarse en el banco, en decúbito supino (acostado sobre la espalda), con los pies en el suelo como base o punto de empuje extra, y un agarre pronado (85° pronación del antebrazo) de la barra de amplitud de 15 cm superior a la longitud biacromial. Según Jaimes et al., (2012) obtuvo en su estudio valores aproximados, para la posición angular de codos de codos entre 89 a 97° de flexión, ya que en sí las posiciones angulares varían. Además se deben considerar las superficies de contacto durante la ejecución, como las escapulas en retracción, glúteo en contacto con el banco, pies en total apoyo en el suelo y un ligero arqueado lumbar. En un segundo movimiento, la barra se ubica en el pecho, unos 2 cm más abajo que los pezones y en un tercer momento la barra se ubica sobre los hombros con los codos hacia afuera y el pecho elevado (Pearl, 2003.).

Al realizar el movimiento para bajar el peso debe haber un control completo, haciendo una pausa definida en el pecho, la cabeza debe mantenerse en todo momento sobre el banco, y la espalda con un arqueado lumbar (Willian, Donald & Kirkendall, 2000).

Las caderas no deben despegarse del banco y es admisible el movimiento de los pies mientras que permanezca plano sobre el suelo (Doncel, 2010) (Figura 1).

Tomando en cuenta un punto importante dentro del posicionamiento en el banco, es que tanto la zona lumbar (presencia de un ligero arqueado) y el posicionamiento de los pies con un contacto directo con la superficie del suelo, se relaciona con la transferencia de

fuerzas que surge desde los pies, y esto se denomina como “Leg Drive”. Según Roberts, (2007) el “Leg drive” es una transferencia de fuerza que parte desde las piernas para mejorar la posición y la estabilidad del cuerpo, y de esa forma generar una reacción cinemática en cadena para poder realizar un empuje efectivo al momento de ejecutar el press banca. Para que este empuje sea efectivo parte desde la presión que ejerce los talones hacia el suelo activando de esta manera los isquiotibiales y los glúteos, a esto se suma el arqueado lumbar que potencia la efectividad del empuje de la barra.

### 2.3. Desplazamiento lineal

Dentro de este contexto para analizar de una manera objetiva la ejecución del ejercicio de press banca, se utiliza el desplazamiento lineal como variable que mide la variación que experimenta el vector posición de una partícula en un intervalo de tiempo (Vallejo & Zambrano, 2009), siendo en este caso la barra olímpica el punto de análisis durante la ejecución.

$$\Delta\vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0$$

Este desplazamiento lineal ( $\Delta r$ ) va ser considerado matemáticamente de la siguiente manera: a) para la fase de descenso, desde el inicio del movimiento ( $r_0$ ) que va a hacer la extensión de codos completa con el agarre de la barra olímpica, para desde esta posición inicial descender la barra hasta llegar a dos centímetros del pecho ( $r$ ) que va a ser la fase intermedia, b) y para la fase de ascenso desde la posición de la barra en el pecho ( $r_0$ ) hasta el retorno a la posición inicial ( $r$ ) (Pearl, 2002).

La respiración debe acompañar el movimiento, al bajar la barra se inspira, y al subirla se espira (Morán, 2003).

### 2.4. Velocidad

Desde el punto de vista físico la velocidad es la relación que existe entre el desplazamiento realizado por una partícula en el espacio y el intervalo de tiempo en que se ejecutó dicho desplazamiento (Vallejo & Zambrano, 2009).

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r} - r_0}{t - t_0}$$

Existe una relación entre la fuerza muscular durante un ejercicio de resistencia máxima y la velocidad de ejecución de dicho ejercicio. La fuerza es el producto vectorial de la masa y la aceleración de una partícula, y la aceleración es la derivada de la velocidad, por lo que la fuerza máxima se produce con la máxima aceleración, es decir, la máxima variación de velocidad por instante o periodo de muestreo (Menacho, 2017).

Por otra parte, cada individuo tiene su propia curva de velocidad-fuerza muscular, es decir el porcentaje de la repetición máxima estimada (% 1RM), en donde surge el término “mínima velocidad límite” tiene relación con la velocidad mínima necesaria para poder levantar la barra, esto tiene sinergia cuando se está levantando los pesos máximos o cerca del RM (Menacho, 2017).

En los ejercicios que manejan pesos libres, como es el caso del press banca, los músculos hacen frente a una aceleración constante. Según García-López et al., (2010) plantearon que en la cinemática relacionada con los ejercicios de fuerza, ya sea la velocidad o la aceleración, estas deben considerarse como uno de los estímulos para provocar adaptaciones neuromusculares, y al verse alteradas en algún momento del recorrido por una pausa inesperada, el movimiento pierde su naturalidad y efectividad.

A lo largo del rango articular o ROM en el press banca, se manifiesta un momento importante denominado “sticking point”, el cual corresponde al inicio de la zona en donde la velocidad del movimiento se va a ver comprometida (Madsen & McLaughlin, 1984)

El “sticking point” va a ser considerado un punto de estancamiento, produce una menor fuerza, debido a que es el momento más débil en el que se encuentra el músculo en relación a la carga a vencer en el press banca. Esto se manifiesta por una disminución en la superposición de las bandas de actina y miosina que se encuentran en el músculo pectoral en la fase excéntrica del movimiento, que tiene como consecuencia una regresión en el desarrollo de la fuerza muscular para el inicio de la fase concéntrica (Kompf & Arandjelović, 2016).

### **2.2.1.1. Músculos Implicados**

#### **Músculo Pectoral: Porción Superioro Porción Clavicular**

Según Glass y Armstrong, es conocido que esta porción del pectoral participa activamente en la flexión del hombro (Glass & Armstrong, 1997). La activación de la

porción superior es similar para las variantes inclinado (+30 a +40 grados) y declinado (-15 a -18 grados) (Glass & Armstrong, 1997).

### **Pectoral Mayor: Porción Esternocostal**

La porción esternocostal participa activamente de la extensión del hombro, y la ejecución de la variante inclinada del press banca reduce la activación de la porción media del pectoral, mientras que los niveles de activación muscular de la porción media no varían entre las condiciones de banco plano y declinado (Barnet, Kippers & Turner, 1995).

### **Músculo Deltoides: Fibras anteriores**

Mientras impliquen mayores grados de flexión del hombro incrementarán la participación de las fibras anteriores del deltoides, pero específicamente, al realizar un agarre estrecho con relación al ancho de los hombros, incrementado de esta manera la activación de la porción superior del pectoral mayor y una mayor activación de estas fibras anteriores del deltoides (Barnett, Kippers & Turner, 1995).

### **Músculo Tríceps Braquial**

El tríceps braquial durante la ejecución del prese de banca es fundamental, en cuanto, es un extensor del codo y se contrae concéntricamente en la fase de ascenso del movimiento, pero también se solicita en excéntrico en la fase de descenso. Sin embargo, debe remarcarse que, un agarre estrecho (con relación al ancho de los hombros) incrementará la participación del tríceps braquial (Barnett Kippers & Turner, 1995)

## **2.5. Matriz de operacionalización de variables**

Variables	Definición	Dimensión	Conceptualización	Indicadores	Escala
<b>Posición angular del ejercicio</b>	Es la forma y posición en la que se colocan cada una de las articulaciones que se ven involucradas en el gesto motor	a) Ángulo de tobillo b) Ángulo de rodilla c) posición de Muñeca	a) 90 ° perpendicular al suelo b) 90 ° perpendicular al suelo a 118° c) posición en pronación de muñeca máxima (85°)	Grados	Cuantitativa Continua

<b>Desplazamiento lineal de la barra</b>	Es el movimiento que genera una variación en el vector posición de una partícula en un intervalo de tiempo desde el punto de partida hasta el retorno a la posición inicial en una sola dirección	a) Desplazamiento lineal que existe en el descenso (primer momento) b) Desplazamiento lineal que existe en la fase de ascenso (segundo momento)	a) es el cambio de posición de la barra desde el punto de partida (codos en extensión máxima) y la posición final (barra llega al pecho). b) posición de partida la barra (barra en contacto con el pecho) hacia la posición final (extensión de codos completa)	Metros	Cuantitativa Continua
<b>Tiempo</b>	Magnitud física con la que se puede medir la duración o separación de acontecimientos (la variación en la posición de una partícula).	a) Duración de la fase de descenso b) Duración de la fase ascenso	a) Cuanto es la duración del desplazamiento de la barra desde el punto de inicio y el punto de final (Desplazamiento relativo) b) Cuanto es la duración del desplazamiento de la barra desde el punto de inicio y el punto de final (Desplazamiento relativo)	segundos	Cuantitativa Continua
<b>Velocidad Lineal de la barra</b>	Relación que existe entre el desplazamiento realizado por una partícula en el espacio y el intervalo de tiempo	cinemática del movimiento	La velocidad es la relación entre el desplazamiento realizado y el intervalo de tiempo en que se ejecuto	Metros /Segundos	Cuantitativa Continua

## **2.6. Metodología**

### **2.6.1. Tipo de estudio**

Es un estudio de tipo descriptivo correlacional y comparativo debido a que la base de este proyecto es caracterizar la técnica en un período específico y más no intervenir en la misma. Se correlacionó y asoció variables de cinemática dinámica de la ejecución técnica (velocidad, desplazamiento lineal) con la alineación y posición angular de algunos segmentos articulares necesarios para la correcta transmisión de la fuerza durante el ejercicio del press de banca.

Es un estudio comparativo debido que se comparó los resultados de las variables cinemáticas en dos cargas (70%, y 90% de 1RM) y con los valores obtenidos de previos estudios (calculo individual del RM).

#### **Población y muestra:**

La población accesible para el estudio es de 17 individuos, los cuales son los deportistas de Fisicoculturismo que se encuentran inscritos en esta disciplina en la PUCE. Para poder tener un contacto con los deportistas de esta disciplina se toma como punto de partida una solicitud a la Coordinación para poder tener un listado más puntual de cada uno de los integrantes del club de Fisicoculturismo.

Como factores de inclusión tenemos:

- Todo deportista que haya participado en cualquiera de las categorías como: Men's Physique, Culturismo, Culturismo Clásico, Classic Physique que sea integrante del Club de Fisicoculturismo y Potencia de la PUCE. y que haya competido por lo menos una vez.
- Que esté entrenado al menos un semestre dentro de las instalaciones de la PUCE.
- Que hayan asistido a las charlas de inducción sobre objetivos y procedimientos del estudio y hayan firmado el consentimiento informado de participación en el estudio.

Como factores de exclusión aquellas personas que:

- Hayan tenido algún tipo de lesión de hombro diagnosticada por profesional sanitario calificado al menos en los últimos 6 meses,
- Género femenino.

- Que presentara dolor o molestia en la región del hombro al momento de la evaluación cinemática.
- Que presente fatiga muscular que le impida ejecutar el movimiento de Press de Banca.

La muestra de estudio es de 14 deportistas con un rango de edad entre 19 y 28 años quienes cumplían con los requisitos de inclusión

## **2.7. Instrumentos del estudio**

### **2.7.1. Encuesta (datos de la encuesta)**

Cuestionario de Características del Entrenamiento (Moya & Chato, 2017), el cual fue modificado (Anexo 1) para valorar los aspectos que se describen a continuación para el ejercicio del press banca:

- Edad
- Sexo
- Antecedentes de lesión del hombro
- Tiempo y tipo de entrenamiento
- Presencia o no de dolor en la región del hombro

### **2.7.2. Instrumentación para la grabación:**

Cámara digital HSD SONY DSC-WX50 la cual posee las siguientes características:

- Zoom Óptico de 5x (zoom óptico durante la grabación de películas)
- Zoom de Imagen Nítida, Zoom Digital (16 M aprox. 20x / 10 M aprox. 25x / 5 M aprox. 35x / VGA aprox. 72x / 16 M (16:9) aprox. 20x / 2 M (16:9) aprox. 48x), Píxels Efectivos (Megapíxeles) Aprox. 16,2
- Reproducción Hd (Alta Definición)
- Procesador Bionz™
- Soporte de Grabación (Memory Stick™ Duo / Memory Stick PRO Duo™ / Memory Stick PRO Duo™ (alta velocidad)
- Formato de Grabación (JPEG) y Software Suministrado (PlayMemories Home)

- Modo de Velocidad de Obturador Automático (Seg.) iauto (4" - 1/1600) / Program Auto (1" - 1/1600), Tamaño de Imagen En Movimiento (1440 X 1080, 25 Fps, Fino, Aprox. 12 Mbps

### 2.7.3. KINOVEA (Software)

Para el análisis de los datos cinemáticos grabados se utilizó el software KINOVEA, el cual fue previamente instalado en la computadora.

KINOVEA es un software de video que permite, principalmente a profesionales médicos, entrenadores, atletas o personas apasionadas en el deporte, realizar un estudio barato y avanzado de los diferentes puntos o estadios de un movimiento determinado. Tiene la característica de poder reducir el gesto motor a una velocidad más lenta de acuerdo a las necesidades del usuario, para poder estudiar gestos motores marco por cuadro. El uso de líneas y flechas pueden ser agregados en el video con la herramienta de dibujo.

La versión 0.8.15, disponible en Idiomas: Inglés, francés, holandés, finlandés, alemán, griego, italiano, lituano, noruego, polaco, portugués, rumano, español, turco, chino y sueco. Se encuentra compatible para los siguientes formatos multimedia: AVI, MPG, MOV, WMV, MP4, FLV, 3GP, MKV, VOB, MOD, TOD y está disponible para PC y está disponible en <http://www.kinovea.org>.

## **2.8. Procedimiento de medición**

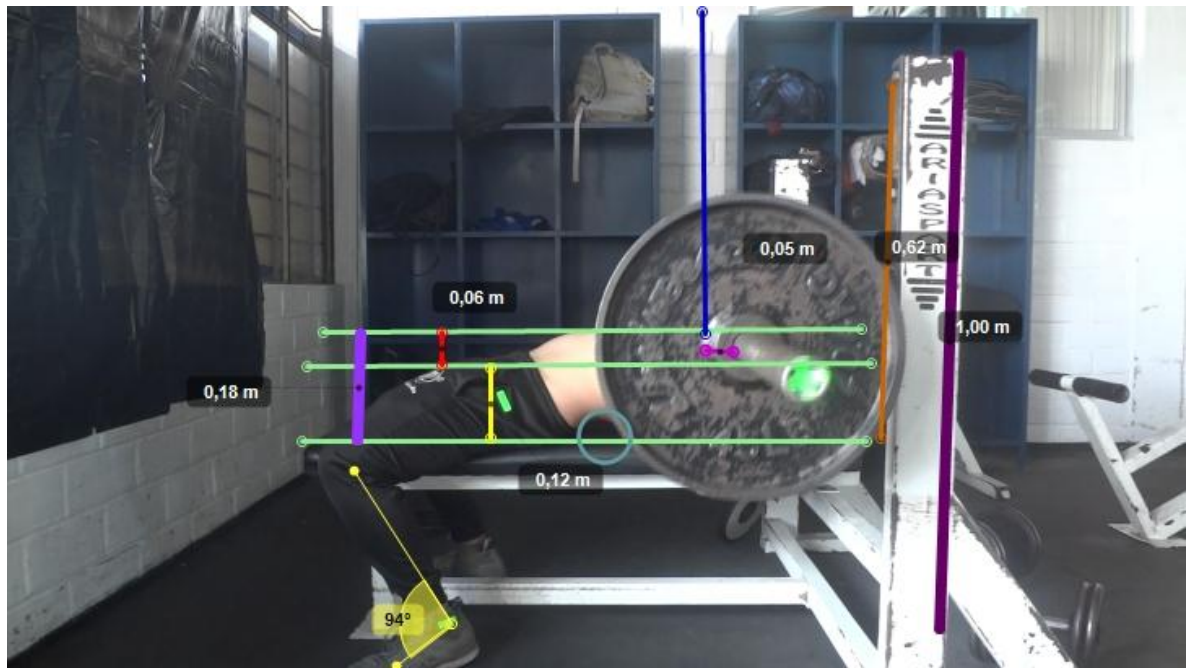
### **2.8.1. Procedimiento de grabación**

Los movimientos durante la ejecución del ejercicio del press banca fueron grabados por medio de la cámara digital HSD SONY DSC-WX50, con los siguientes parámetros: Program Auto (1" - 1/1600), Tamaño de Imagen En Movimiento (1440 X 1080), 25 Fps, Fino, Aprox. 12 Mbps Píxels Efectivos (Megapíxeles) Aprox. 16,2 Reproducción Hd (Alta Definición).

En cuanto a las condiciones de grabación, se utilizó una luz ambiente atenuada, la cámara se apoyó en un trípode que se encontraba posicionado en una vista lateral a la posición del banco y a unos 2 m de distancia, y la cámara que estaba ubicada en el trípode a una altura de 0.67 m con relación al suelo, debido a que con ello se logró tener una toma amplia del ejercicio (Figura 2).



**Figura 2.** . Posición de partida: Extensión de codos.



**Figura 3.** Análisis de movimiento: Fase de contacto con el pecho previa al ascenso. El color violeta representa la distancia del desplazamiento relativo (qué es la distancia que falta para completar el recorrido del desplazamiento de la barra) el color rojo representa el descenso de la barra, el color amarillo representa el espacio restante del desplazamiento relativo entre la posición final de la barra y el banco, el color fucsia representa la separación que existe entre el punto de referencia que es 2 cm bajo los pezones y la barra, de color celeste sin relleno representa la luz del aumento de la lordosis y con relleno en ausencia de la misma y el color morado representa la referencia de escala de 1m para la conversión de medidas en el Kinovea.

Para poder realizar una medición fiable y válida se utilizaron marcadores fluorescentes colocados sobre prominencias ósea, como por ejemplo, la posición de los pies (angulación de tobillos) en contacto directo con el suelo, los glúteos (trocánter mayor), el arqueado lumbar (espacio o luz del propio arqueado lumbar) representada por un círculo de **color celeste**, en el pecho, la señal colocada a 2 cm bajo los pezones.

Para este análisis se realizó una conversión a escala para la obtención real de las medidas cinemáticas. Para ello se tomó como referencia 1 metro, representado en la Figura 3 en **color morado**, previo al ejercicio con una línea de **color azul** la posición que debía tener la barra en el pecho (Figura 3).

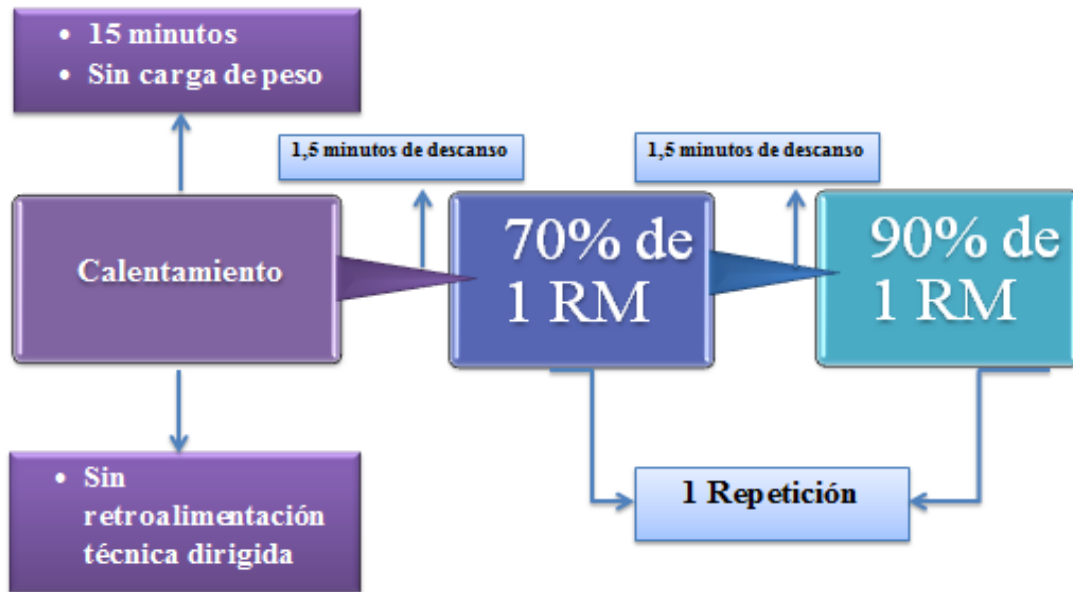
Luego de **color verde** corresponde a la zona de contacto con el pecho, la superficie de apoyo del banco (colchón), distancia de movilidad de la barra en contacto propio del sujeto de estudio, el **color naranja** representa la distancia del desplazamiento absoluto que existe entre la barra y en banco, en tobillo, con **color amarillo** muestra el ángulo que forma entre la cabeza del peroné-maléolo externo y la cabeza del 5to metatarsiano, de **color celeste** un círculo que hace referencia a la constancia del arqueo lumbar sin relleno y con relleno cuando no se manifiesta arqueo lumbar (Figura3).

### **2.8.2. Procedimiento de la ejecución del Press Banca**

Los procedimientos seguidos para la ejecución del ejercicio se detallan a continuación.

Inicialmente se le informó al participante que realice un previo calentamiento de las estructuras de la cintura escapular por unos 15 minutos como naturalmente lo hace. Después se le mencionó al sujeto de estudio que se coloque en posición para realizar el ejercicio de press banca (su manera habitual de hacerlo) (Figura 3), posterior a ello se comenzó a realizar primeras ejecuciones del press banca tomando como punto de partida la posición de extensión completa de codos con la barra en su posición inicial, pero para ello un asistente (entrenador o compañero de entrenamiento) ayudó a colocarse en esta posición, para de esta manera evitar un desgaste físico al sacar la barra del banco que pueda alterar el resultado de la valoración.

Por último, se procedió a iniciar con las mediciones y tomas de video partiendo con la evaluación cinemática al realizar una repetición al 70% del 1RM previamente conocido por cada participante. Este mismo paso se repitió para la ejecución del ejercicio con el 90% de 1RM (Figura 4).



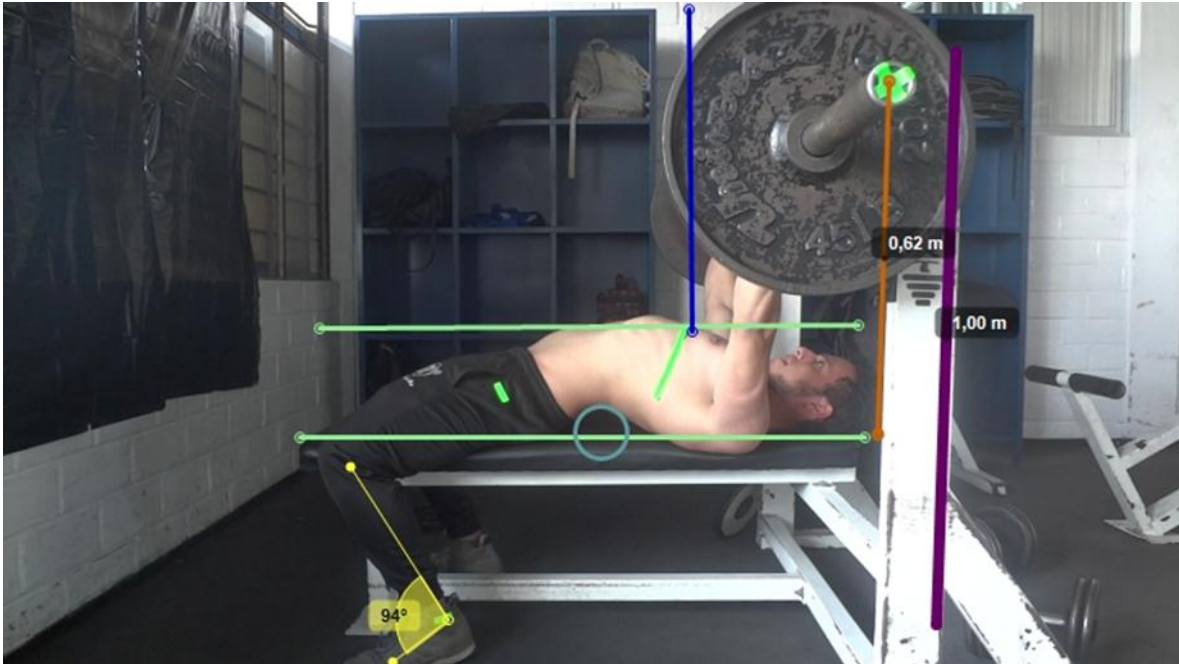
**Figura 4.** Línea de tiempo de la ejecución del Press Banca para la medición.



**Figura 5.** Fase de Descenso.

### 2.8.3. Proceso de obtención y análisis de datos con el software KINOVEA

A continuación se detalla la metodología utilizada para obtener y analizar cada una de las variables de interés.



**Figura 6.** Análisis de movimiento posición inicial.

Para obtener la medida del desplazamiento de la barra (línea de color naranja) en la fase de descenso, se tomó como posición inicial el instante en que la barra estaba sobre los brazos con los codos en extensión completa y como posición final cuando la barra llega a hacer contacto con el pecho (línea de referencia color verde), y se consideró un orden inverso de la posición de la barra para obtener el desplazamiento en la fase de ascenso. Con respecto a la velocidad se tomó en cuenta el tiempo en que se demora la barra en recorrer el desplazamiento entre la posición inicial a la posición final tanto en la fase de descenso y como de ascenso. Replicando este procedimiento de obtención y análisis de los datos tanto con la carga de 70% de 1 RM y con el 90% de 1 RM.

Para poder comprender mejor las mediciones se utilizaron marcadores fluorescentes colocados sobre prominencias ósea fueron: la posición de los pies (angulación de tobillos) en contacto directo con el suelo, donde se colocó un marcador en el maléolo externo del tobillo, para que sirva como vértice del ángulo entre la cabeza del peroné y la base del 5to metatarsiano, los glúteos (trocánter mayor) .mostraban si los glúteos estuvieron pegados al banco durante el ejercicio, el arqueado lumbar (espacio o luz del propio arqueado lumbar) muestra la posición de la lordosis aumentada de la columna para la transferencia de fuerza, en el pecho, la señal colocada a 2 cm bajo los pezones muestra la posición de referencia de llegada de la barra al contacto con el pecho)

Para este análisis se realizó una conversión a escala para la obtención real de las medidas cinemáticas a lo cual se tomó como referencia 1 metro, representado en la Figura 3 en **color morado**, para obtener la posición de la barra en el pecho con una línea de **color azul** debido al tamaño de los discos de carga no permitían mostrar esta medición, se procede a marcar previo al ejercicio. (Figura 3).

Luego de **color verde** corresponde a la zona de contacto con el pecho, la superficie de apoyo del banco (colchón), distancia de movilidad de la barra en contacto propio del sujeto de estudio, el **color naranja** representa la distancia del desplazamiento absoluto que existe entre la barra y el banco, en tobillo, con **color amarillo** muestra el ángulo que forma entre la cabeza del peroné-maléolo externo y la cabeza del 5to metatarsiano, de **color celeste** un círculo que hace referencia a la constancia del arqueo lumbar sin relleno y con relleno cuando no se manifiesta arqueo lumbar (Figura 3).

Al lograr reconocer cada una de estas señaléticas se procedió a realizar mediciones de los puntos y se hizo una comparación con la técnica sugerida, con el fin de ver las cualidades que posee la ejecución de los movimientos, pero todo esto tanto en la fase de descenso y en la fase de ascenso, pero haciendo énfasis en la fase de descenso ya que es donde se enfoca el estudio para realizar mediciones pertinentes en base a líneas de colores de igual manera como en la posición inicial del movimiento (Figura 5 y 6).

## **2.9. Análisis estadístico**

El análisis e interpretación de los datos se realizó mediante la aplicación de técnicas cuantitativas. Las variables de caracterización de la muestra se analizaron mediante estadística descriptiva y se presentan en forma de promedio con la respectiva desviación estándar, o como porcentaje de casos según corresponda.

Las diferencias de media entre dos condiciones de la prueba del press banca de acuerdo al porcentaje de fuerza para 1RM (70% y 90%), se calcularon mediante separadas *t-student* para muestras pareadas en las siguientes variables: posición de la barra en el pecho (m) durante el descenso, posición angular de tobillo (grados) y la velocidad de la barra en las fases de descenso y ascenso (m/s). Para comparar, con una carga del 70% y 90% de 1RM, la posición de la barra en el pecho (m) de los participantes del presente estudio y la posición de la barra en el pecho (m) de otros participantes referenciales (Menacho, 2017),

se realizó una *t-student* para una muestra. Una diferencia de medias fue aceptada cuando  $p < 0.05$ .

Bajo la hipótesis de que la posición de la barra en el pecho (m) podía relacionarse con una modificación en la cinemática del press banca en las fases de descenso y ascenso, se realizaron separadas correlaciones lineales simples de Pearson entre el tiempo de ejecución (s), el desplazamiento relativo (m), la velocidad de la barra (m/s) y la posición de la barra en el pecho (m). La correlación fue significativa cuando el valor de  $p$  fuera  $< 0.05$ .

Debido a que durante la ejecución del press banca una correcta alineación articular de los miembros inferiores, específicamente de la columna lumbar y el tobillo, sirve como un punto de transferencia de fuerza hacia los miembros superiores (Roberts, 2007), y bajo el supuesto de que este vínculo podía afectarse en la medida que aumenta la carga de peso, para estimar el grado de asociación entre la posición de la columna lumbar, la posición angular del tobillo y la condición de la prueba de acuerdo al porcentaje de carga para 1RM (70% y 90%), se utilizó la técnica de análisis inferencial con la realización de una tabla de contingencia 2 x 2 y la prueba de contraste de Chi cuadrado ( $\chi^2$ ). Como no se cumplieron los supuestos del número mínimo de muestra y la frecuencia esperada y observada por casilla, se aceptó la significación para  $\chi^2$  de la prueba exacta de Fisher. Como  $\chi^2$  no indica la dirección ni la magnitud de la asociación, se calculó el V de Cramer, y se asumió una asociación moderada con un valor de 0,50, moderada-alta con 0,70 y perfecta cuando la V de Cramer adoptó un valor de 1. En relación al nivel de significación del contraste se aceptó una dependencia entre las variables, es decir, asociación entre ambas cuando  $p < 0.05$ .

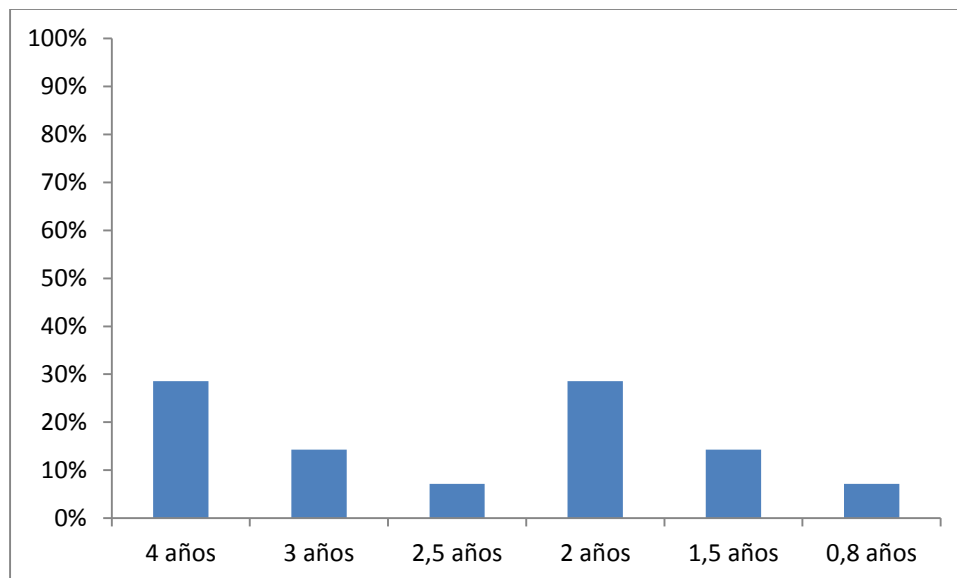
El análisis de los datos se realizó mediante el paquete informático SPSS 22.0.

## CAPÍTULO 3: ANALISIS DE LOS RESULTADOS

### 3.1. Análisis y Discusión de resultados

#### 3.1.1. Caracterización de los participantes

Dentro de los objetivos se planteó describir las características de los atletas del Club de Fisicoculturismo de la PUCE en cuanto a los factores vinculados al entrenamiento y los antecedentes de lesiones. La edad promedio estuvo fue de  $25 \pm 3$  años. Además se pudo evidenciar que con relación al tiempo de entrenamiento en el club de Fisicoculturismo el 28,6% de los participantes llevaba 4 años, el 14,3% llevaba 3 años, 7,14% llevaba 2,5 años, el 28,6% llevaba 2 años, el 14,3% llevaba 1,5 años y el 7,14% llevaba 0,8 años de entrenamiento formando parte del Club de Fisicoculturismo (Figura 7), y se obtuvo un valor medio de  $2 \pm 1$  años de pertenencia al club de Fisicoculturismo, mostrando que la mayoría de ellos ya manejaba con antelación un estilo de entrenamiento y técnicas para la ejecución de los diversos ejercicios en sus rutinas diarias. Centrándonos en la ejecución del press banca, los participantes manifestaron que a lo largo de su entrenamiento en algún momento de estos años, habían tenido algún tipo de sensación o molestia en la articulación del hombro, muñeca o codo.



**Figura 7.** Distribución del porcentaje de deportistas según los años de entrenamiento.

### 3.1.2. Análisis de las variables biomecánicas

Al comparar los promedios de la posición de la barra, posición angular del tobillo y velocidad de descenso y ascenso durante las dos condiciones de carga (Tabla 1), no se encontró una diferencia estadísticamente significativa en ninguna de estas variables, es decir que el movimiento en sí y la posición para su ejecución tanto con el 70% de 1 RM como con el 90% de 1 RM fueron iguales (Tabla 2). Esto sugiere, que contrario a lo que se había pensado, el aumento de la carga no modifica la cinemática del movimiento del press banca en el proceso ascendente de carga de peso por participante.

**Tabla 1.** Promedio de las principales variables cinemáticas evaluadas en cada condición de la prueba de acuerdo al porcentaje de carga.

	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1 Posición de la barra en el pecho (m) con 70% 1RM	,0471	14	,03771	,01008
Posición de la barra en el pecho (m) con 90% 1RM	,0543	14	,03817	,01020
Par 2 Posición angular tobillo (grados) con 70% 1RM	114,2308	13	14,98974	4,15741
Posición angular tobillo (grados) con 90% 1RM	114,8462	13	14,69039	4,07438
Par 3 Velocidad de la barra fase de descenso (m/s) con 70% 1RM	,2186	14	,06949	,01857
Velocidad de la barra fase de descenso (m/s) con 90% 1RM	,2279	14	,08657	,02314
Par 4 Velocidad de la barra fase de ascenso (m/s) con 70% 1RM	,3257	14	,10203	,02727
Velocidad de la barra fase de ascenso (m/s) con 90% 1RM	,2971	14	,12437	,03324

Estadísticamente no existe influencia significativa que altere los resultados siendo así que la posición de la barra y el pecho se encuentra en una zona segura clínicamente.

Es decir, tanto con el 70% 1RM y el 90% 1 RM no hay cambio biomecánico ni cinemático significativo con el aumento de peso del RM a lo que se toma como resultado que el posicionamiento es igual en los dos momentos (Tabla 2).

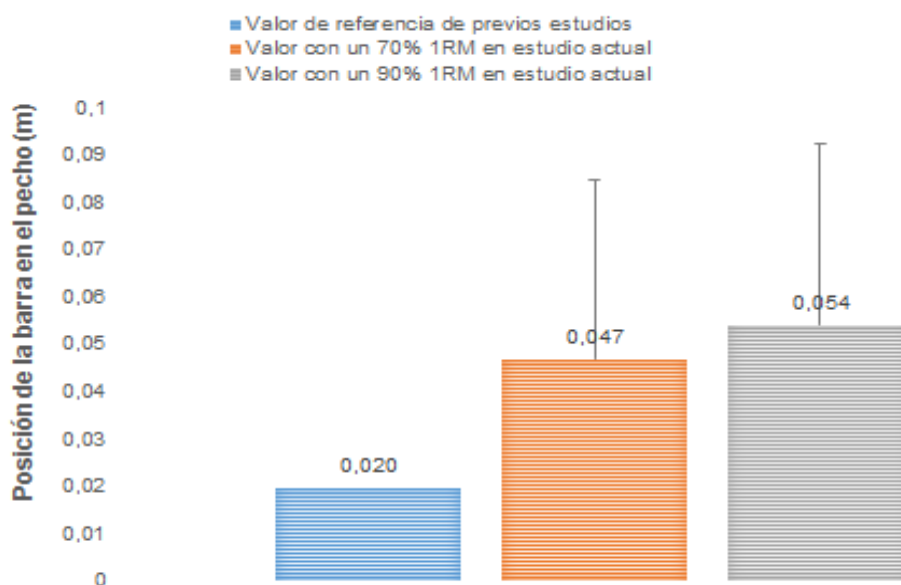
**Tabla 2.** Resultado de las principales variables cinemáticas evaluadas para las comparaciones entre las condiciones de la prueba de acuerdo al porcentaje de carga

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Posición de la barra en el pecho (m) con 70% 1RM – Posición de la barra en el pecho (m) con 90% 1RM	-,00714	,01858	,00496	-,01787	,00358	-,1439	13	,174
Par 2 Posición angular tobillo (grados) con 70% 1RM – Posición angular tobillo (grados) con 90% 1RM	-,61538	5,66478	1,57113	-4,03858	2,80781	-,392	12	,702
Par 3 Velocidad de la barra fase de descenso (m/s) con 70% 1RM – Velocidad de la barra fase de descenso (m/s) con 90% 1RM	-,00929	,06788	,01814	-,04848	,02990	-,512	13	,617
Par 5 Velocidad de la barra fase de ascenso (m/s) con 70% 1RM – Velocidad de la barra fase de ascenso (m/s) con 90% 1RM	,02857	,11461	,03063	-,03760	,09475	,933	13	,368

Sin embargo, cuando se compararon los valores de la posición de la barra en el pecho mostrado por los participantes de este estudio, se encontró que con un 70% de 1RM los participantes del estudio colocaban la barra casi 0,028 m más lejos del punto de referencia ( $t_{14} = 2,693$ ;  $p = ,018$ ), y esta diferencia alcanza aproximadamente 0,034 m y cuando el ejercicio de fuerza se ejecutaba con el 90% de 1RM ( $t_{14} = 3,361$ ;  $p = ,005$ ) (Tabla 3). Esto indica que los sujetos de estudio colocaban la barra distante a la posición sugerida (0,02m bajo los pezones) e incluso que cuando la carga de peso aumenta esta medida también lo hace.

**Tabla 3.** Resultado de las comparaciones entre el valor referencial y la posición de la barrara en cada condiciones de la prueba de acuerdo al porciento de carga.

	Valor de prueba = 0.02 (m)					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Posición de la barra en el pecho (m) con 70% 1RM	2,693	13	,018	,02714	,0054	,0489
Posición de la barra en el pecho (m) con 90% 1RM	3,361	13	,005	,03429	,0122	,0563



**Figura 8.** Promedio de la comparaciones entre el valor referencial y la posición de la barrara en cada condiciones de la prueba de acuerdo al porciento de carga.

Al analizar la relación entre la posición de la barra en el pecho (m) y el resto de variables cinemáticas durante la ejecución con 70% y 90% de 1RM, no se encontró una correlación estadísticamente significativa, lo cual demuestra que la posición de la barra en el pecho (m) no se relaciona con una modificación en la cinemática del press banca ni en la fase de descenso, así como tampoco en el ascenso (Tabla 4).

Aunque no se contempló en los objetivos, se evidenció una correlación moderada y proporcional entre el desplazamiento relativo barra (m) y la velocidad de la barra fase de descenso (m/s) con 70% 1RM ( $r_{14} = 0,666$ ;  $p = 0,009$ ). Dicha correlación indica que en la fase excéntrica del movimiento un mayor descenso de la barra se relaciona con un incremento de la velocidad de dicho movimiento (Figura 9).

En el caso del tiempo se correlaciona negativamente es decir que a menor tiempo de ejecución la velocidad es mayor en la fase de descenso con 70% 1RM ( $r_{14} = -,883$ ;  $p = 0,000$ ) también la fase de ascenso con el 70% 1RM ( $r_{14} = -,814$ ;  $p=0,000$ ).

**Tabla 4.** Promedio de otras variables cinemáticas evaluadas en la condición de la prueba con un 70 % de 1RM.

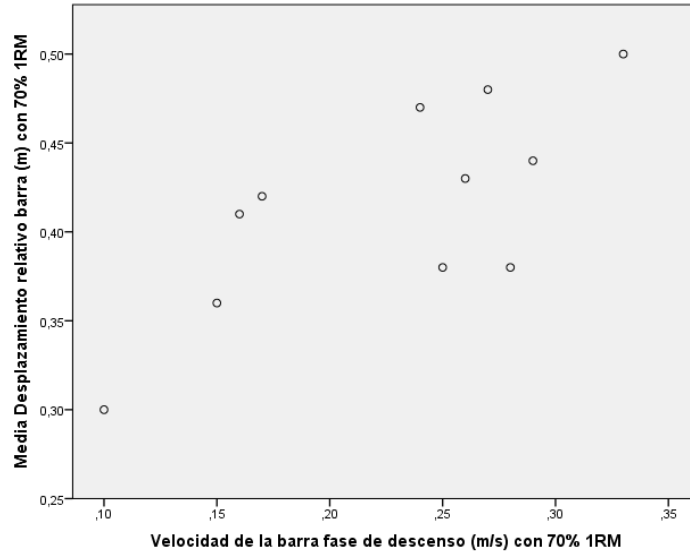
	Media	Desviación estándar	N
Desplazamiento relativo barra (m) con 70% 1RM	,4086	,06443	14
Tiempo de desplazamiento de la barra (s) durante descenso con el 70% 1RM	2,0071	,57307	14
Tiempo de desplazamiento de la barra (s) durante ascenso con el 70% 1RM	1,3643	,50016	14

**Tabla 5.** Resultados de las correlaciones entre las variables cinemáticas evaluadas en la condición de la prueba con un 70 % de 1RM.

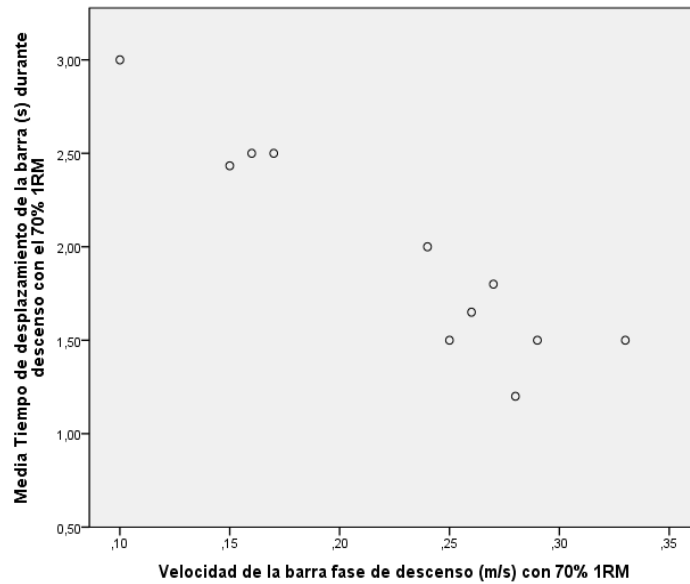
	Posición de la barra en el pecho (m) con 70% 1RM	Posición angular tobillo (grados) con 70% 1RM	Desplazamiento relativo barra (m) con 70% 1RM	Tiempo de desplazamiento de la barra (s) durante descenso con el 70% 1RM	Tiempo de desplazamiento de la barra (s) durante ascenso con el 70% 1RM	Velocidad de la barra fase de descenso (m/s) con 70% 1RM	Velocidad de la barra fase de ascenso (m/s) con 70% 1RM
Posición de la barra en el pecho (m) con 70% 1RM	1	,078	-,242	,325	,492	-,369	-,497
Correlación de Pearson		,799	,404	,257	,074	,195	,070
Sig. (bilateral)							
N	14	13	14	14	14	14	14
Posición angular tobillo (grados) con 70% 1RM	,078	1	,113	,210	-,120	-,194	,269
Correlación de Pearson			,712	,492	,695	,526	,374
Sig. (bilateral)	,799						
N	13	13	13	13	13	13	13
Desplazamiento relativo barra (m) con 70% 1RM	-,242	,113	1	-,277	,125	,666**	,405
Correlación de Pearson				,338	,671	,009	,151
Sig. (bilateral)	,404	,712					
N	14	13	14	14	14	14	14
Tiempo de desplazamiento de la barra (s) durante descenso con el 70% 1RM	,325	,210	-,277	1	,342	-,883**	-,343
Correlación de Pearson					,232	,000	,230
Sig. (bilateral)	,257	,492	,338				

70% 1RM	N	14	13	14	14	14	14	14
Tiempo de desplazamiento de la barra (s) durante ascenso con el 70% 1RM	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	,492	-,120	,125	,342	1	-,207	-,814**
		,074	,695	,671	,232		,477	,000
	N	14	13	14	14	14	14	14
Velocidad de la barra fase de descenso (m/s) con 70% 1RM	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-,369	-,194	,666**	-,883**	-,207	1	,420
		,195	,526	,009	,000	,477		,135
	N	14	13	14	14	14	14	14
Velocidad de la barra fase de ascenso (m/s) con 70% 1RM	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-,497	,269	,405	-,343	-,814**	,420	1
		,070	,374	,151	,230	,000	,135	
	N	14	13	14	14	14	14	14

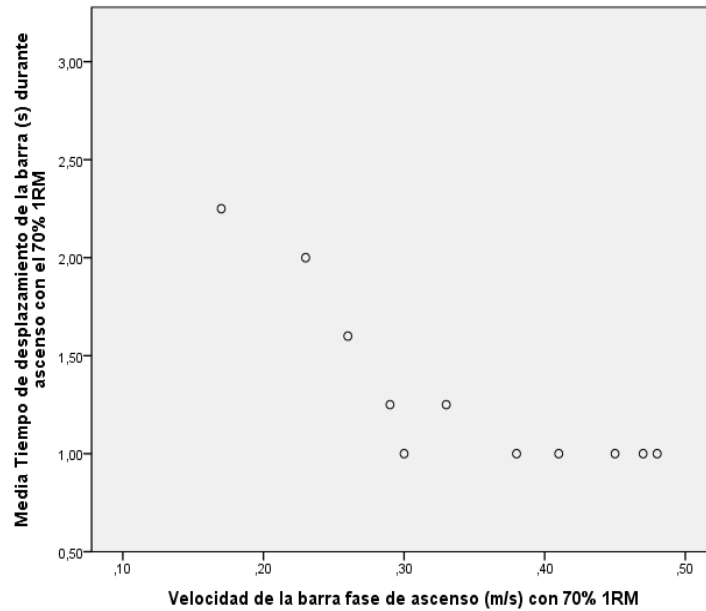
\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas) y se resaltan en color rojo lo datos más importantes.



**Figura 9.** Correlaciones entre el desplazamiento de la barra y la velocidad en la descenso con un 70 % de 1RM.



**Figura 10.** Correlaciones entre el tiempo de desplazamiento durante la fase de descenso y la velocidad de la barra en la fase de descenso con el 70 % de 1RM.



**Figura 11.** Correlaciones entre el tiempo de desplazamiento durante la fase de ascenso y la velocidad de la barra en la fase de ascenso con un 70 % de 1RM.

**Tabla 6.** Promedio de otras variables cinemáticas evaluadas en la condición de la prueba con un 90 % de 1RM.

	Media	Desviación estándar	N
Desplazamiento relativo barra (m) con 90% 1RM	,4086	,06443	14
Tiempo de desplazamiento de la barra (s) durante descenso con el 90% 1RM	1,9857	,53473	14
Tiempo de desplazamiento de la barra (s) durante ascenso con el 90% 1RM	1,6143	,64194	14

En el caso con el 90% de 1RM se evidenció una correlación moderada y positiva entre el desplazamiento relativo barra (m) y la velocidad de la barra fase de descenso (m/s) con 90% 1RM ( $r_{14} = 0,603$ ;  $p = 0,022$ ) y en la fase de ascenso (m/s) con el 90% 1RM ( $r_{14} = 0,657$ ;  $p = 0,011$ ). Dicha correlación indicó que en la fase excéntrica y en la fase

concéntrica del movimiento un mayor desplazamiento de la barra se relaciona con un incremento de la velocidad de dicho movimiento (Figura 12).

Con relación al tiempo se correlaciona negativamente es decir que a menor tiempo de ejecución la velocidad es mayor tanto en la fase de descenso con 90% 1 RM ( $r_{14} = -.930$ ;  $p = 0,000$ ) como en la fase de ascenso con 90% 1RM ( $r_{14} = -.501$ ;  $p = .068$ ) (Tabla 7).

Algo que se pudo apreciar con el 90% de 1RM fue que la velocidad de la barra en la fase de descenso se correlacionó con la velocidad de la barra en la fase de ascenso de manera positiva, es decir que se realiza el ejercicio a la misma velocidad tanto en la fase de descenso como en la fase de ascenso, lo cual sugiere que los participantes realizaban el ejercicio sin aceleración para no interferir en la inercia del movimiento (Figura 17).

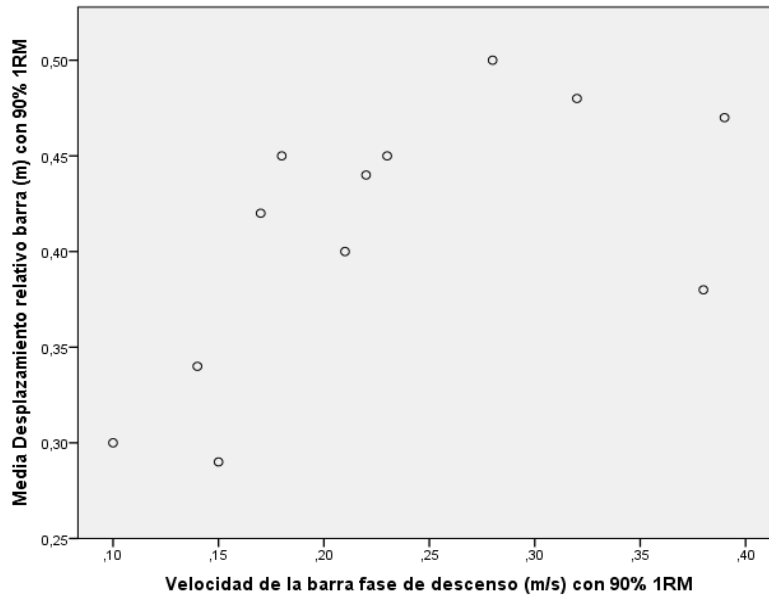
**Tabla 7.** Resultados de las correlaciones entre las variables cinemáticas evaluadas en la condición de la prueba con un 90 % de 1RM.

		Posición de la barra en el pecho (m) con 90% 1RM	Posición angular tobillo (grados) con 90% 1RM	Desplazamiento relativo barra (m) con 90% 1RM	Tiempo de desplazamiento de la barra (s) durante descenso con el 90% 1RM	Tiempo de desplazamiento de la barra (s) durante ascenso con el 90% 1RM	Velocidad de la barra fase de descenso (m/s) con 90% 1RM	Velocidad de la barra fase de ascenso (m/s) con 90% 1RM
Posición de la barra en el pecho (m) con 90% 1RM	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1  14	,137 ,656 13	-,163 ,578 14	,124 ,673 14	,101 ,731 14	-,116 ,694 14	-,081 ,782 14
Posición angular tobillo (grados) con 90% 1RM	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,137 ,656 13	1  13	,177 ,562 13	-,199 ,513 13	,344 ,250 13	,148 ,628 13	-,164 ,592 13
Desplazamiento relativo barra (m) con 90% 1RM	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	-,163 ,578 14	,177 ,562 13	1  14	-,414 ,141 14	-,409 ,147 14	,603* ,022 14	,657* ,011 14
Tiempo de desplazamiento de la	Correlación de Pearson	,124	-,199	-,414	1	,310	-,930**	-,501

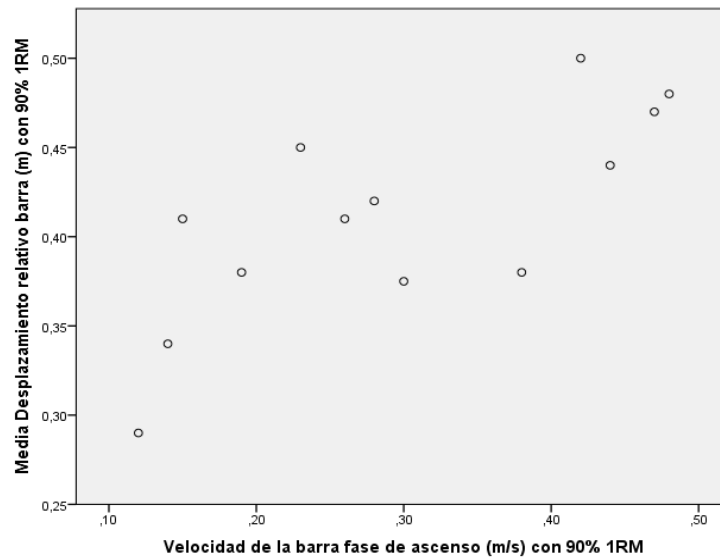
barra (s) durante Sig. descenso con el (bilateral) 90% 1RM N	,673 14	,513 13	,141 14		,281 14	,000 14	,068 14
Tiempo de Correlación desplazamiento de la de Pearson barra (s) durante Sig. ascenso con el 90% (bilateral) 1RM N	,101 ,731 14	,344 ,250 13	-,409 ,147 14	,310 ,281 14	1 14	-,518 ,058 14	-,911** ,000 14
Velocidad de la barra Correlación fase de descenso de Pearson (m/s) con 90% 1RM Sig. (bilateral) N	-,116 ,694 14	,148 ,628 13	,603* ,022 14	-,930** ,000 14	-,518 ,058 14	1 14	,710** ,004 14
Velocidad de la barra Correlación fase de ascenso de Pearson (m/s) con 90% 1RM Sig. (bilateral) N	-,081 ,782 14	-,164 ,592 13	,657* ,011 14	-,501 ,068 14	-,911** ,000 14	,710** ,004 14	1 14

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

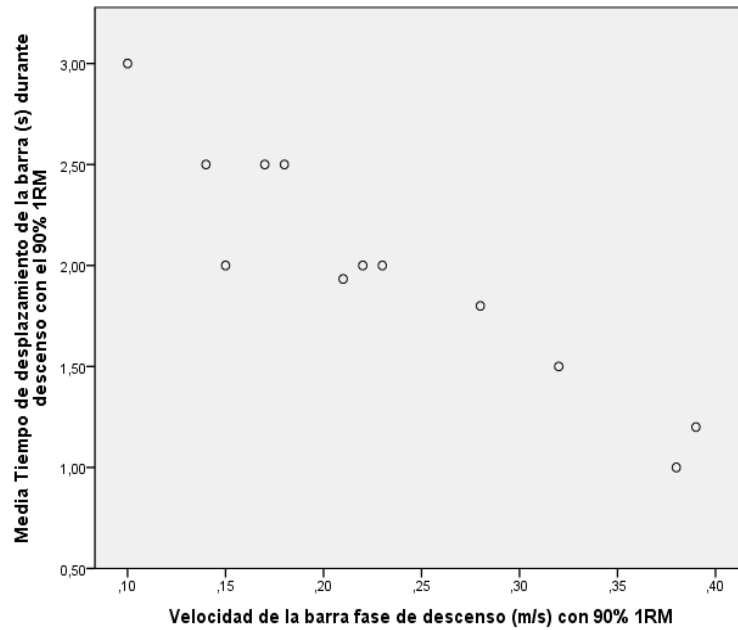
\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).



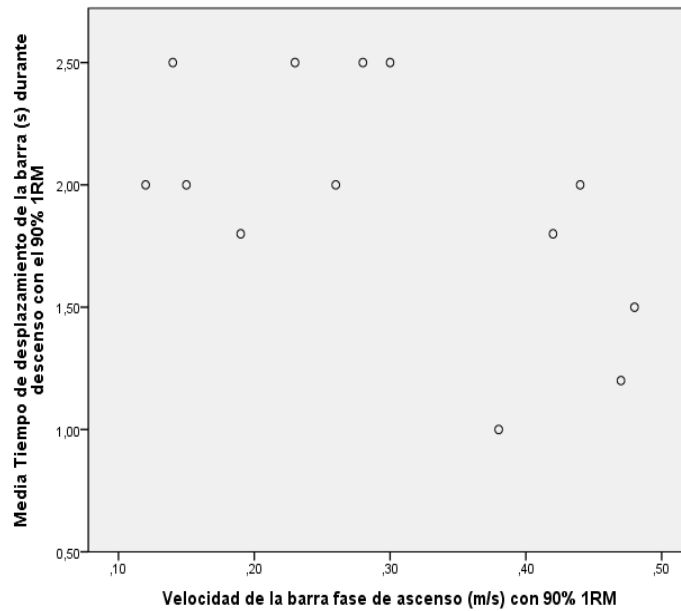
**Figura 12.** Correlaciones entre el desplazamiento relativo de la barra y la velocidad en la descenso con un 90 % de 1RM.



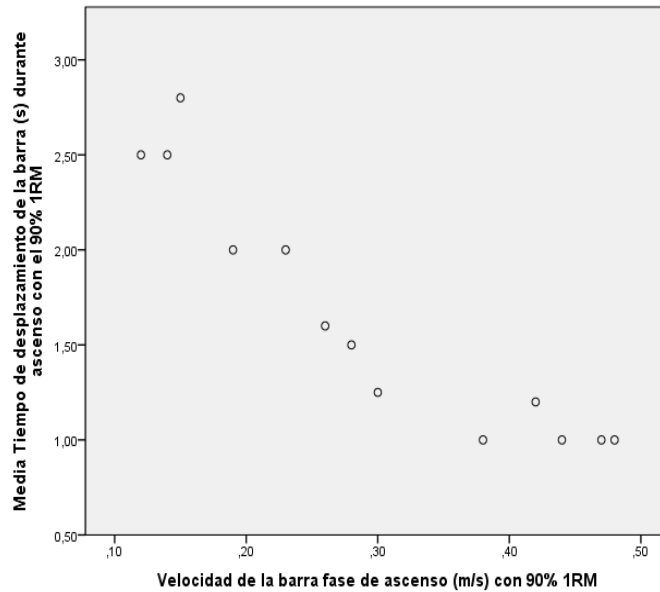
**Figura 13.** Correlaciones entre el desplazamiento relativo de la barra y la velocidad en la ascenso con un 90 % de 1RM.



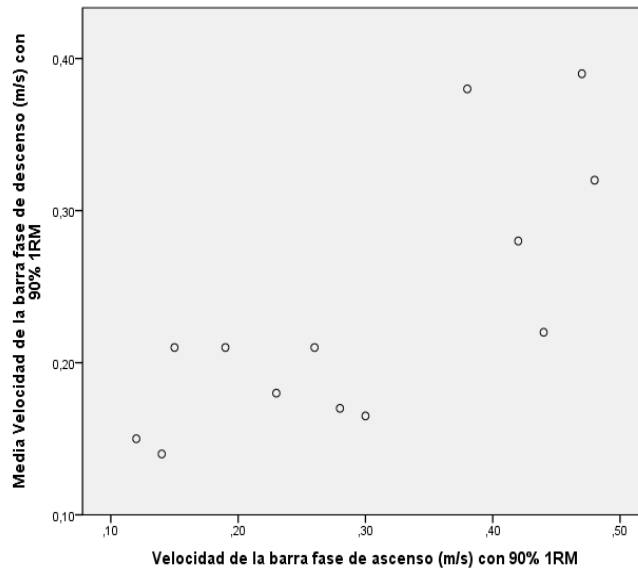
**Figura 14.** Correlaciones entre la velocidad y el tiempo de desplazamiento durante la fase de descenso con un 90 % de 1RM.



**Figura 15.** Correlaciones entre el tiempo de desplazamiento durante la fase de descenso y la velocidad de la barra en la fase de ascenso con un 90 % de 1RM.



**Figura 16.** Correlaciones entre el tiempo de desplazamiento de la barra en la fase de ascenso y la velocidad durante la fase de ascenso con un 90 % de 1RM.



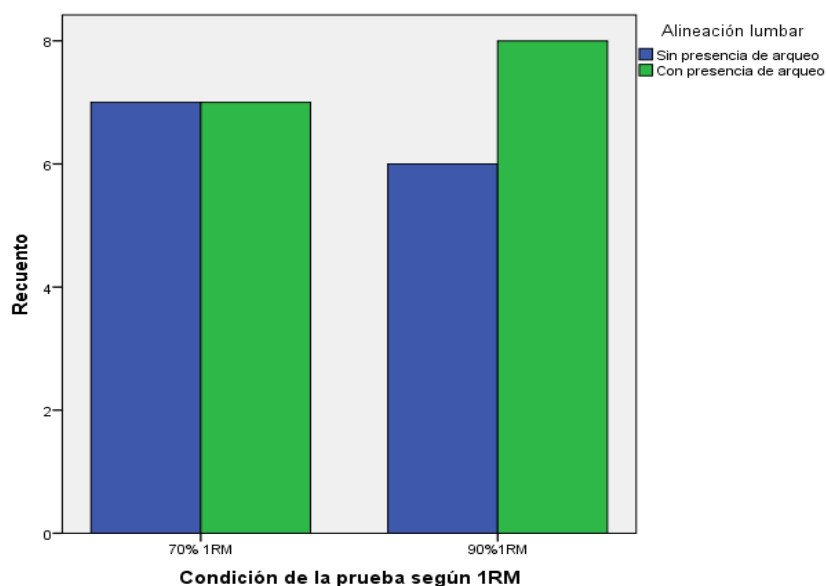
**Figura 17.** Velocidad durante la fase de descenso y velocidad en la fase de ascenso con un 90 % de 1RM.

Debido a que la alineación articular parece ser importante para el máximo desarrollo de fuerza durante la ejecución del press banca, a continuación se muestra el grado de asociación entre la posición de la columna lumbar, la posición angular del tobillo y la condición de la prueba de acuerdo al porcentaje de carga para 1RM (70% y 90%) (Tabla 8 y 9). De acuerdo a los resultados de las pruebas estadísticas no hubo una asociación

significativa entre la posición de la columna lumbar y la condición de prueba ( $\chi^2_{13} = 0,144$ ;  $p=1,00$ ), indicando que la carga de peso no tuvo influencia sobre la modificación de la alineación lumbar, específicamente la presencia o ausencia de la lordosis lumbar. Sin embargo, en la (Figura 18) se puede observar que el número de casos con arqueo lumbar aumenta de 6 a 8 cuanto mayor es la carga de peso. Interesantemente, con un menor peso el 50% de los deportistas arquea la columna lumbar mientras que la otra mitad no lo hace.

**Tabla 8.** Resultados de la frecuencia de casos para posición de la columna lumbar y las diferentes condiciones de carga.

		Alineación lumbar		Total
		Sin presencia de arqueo	Con presencia de arqueo	
Condición de la prueba	70% 1RM	7	7	14
según 1RM	90%1RM	6	8	14
Total		13	15	28



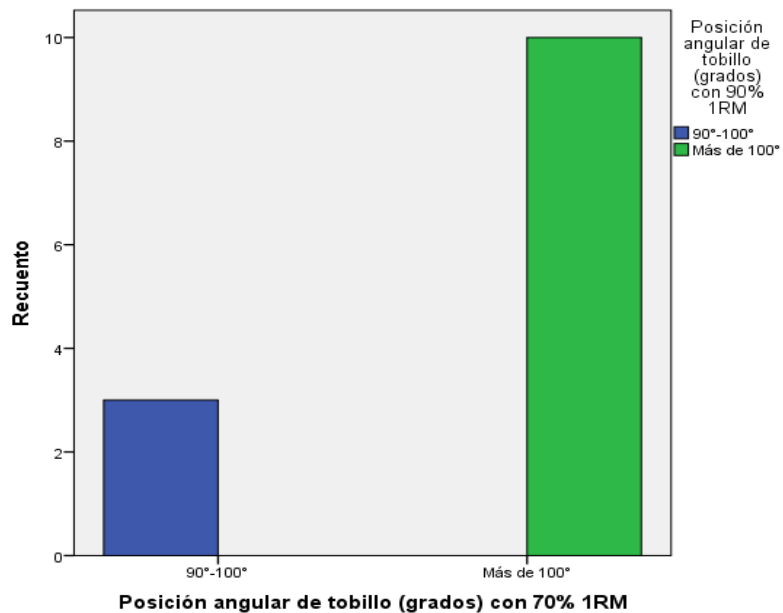
**Figura 18.** Asociación entre diferentes grados de la posición de la columna lumbar y las dos condiciones de carga.

Por otra parte, se encontró que existe una asociación estadísticamente significativa entre posición angular del tobillo y la condición de la prueba de acuerdo al porcentaje de carga para 1RM (70% y 90%) ( $\chi^2_{13} = 13,00$ ;  $p=0,003$ ). Dicha correlación fue perfecta y

directamente proporcional ( $V$  de Cramer = 1,00,  $p=0,003$ ), lo cual indica que en ambas condiciones de carga la posición del tobillo siempre va a superar los  $100^\circ$  (Figura19).

**Tabla 9.** Resultados de la frecuencia de casos para posición angular tobillo (grados) y diferentes condiciones de carga.

	Posición angular tobillo (grados) con 90% 1RM		Total
	90°-100°	Más de 100°	
Posición angular tobillo 90°-100° (grados) codificada con 70% 1RM	3	0	3
Más de 100°	0	10	10
Total	3	10	13



**Figura 19.** Asociación entre diferentes grados de la posición angular del tobillo y las dos condiciones de carga.

### **3.1.3. Discusión de resultados**

En este estudio el objetivo principal fue caracterizar la cinemática de la ejecución del “Press Banca” en fisicoculturistas amateur de la PUCE, en donde se logró obtener los siguientes resultados principales.

En lo que corresponde a las características de la población, se evidenció que los deportistas tuvieron una edad comprendida entre 19 años y 28 años de edad, y llevaban entre 0,8 – 4 años formando parte del club de Fisicoculturismo de la PUCE. Este número de años posiblemente se debe a la promoción como deporte dentro de la institución (PUCE), mostrando además que en los últimos años este deporte ha alcanzado un gran auge y popularidad a nivel nacional, lo cual ha promovido su práctica en la PUCE.

Con relación a los antecedentes de lesiones, específicamente, las molestias o dolor reportado por los deportistas, todos indicaron presentar alguna de estas sintomatologías en algún momento previo al estudio. Esto podría explicarse por la cinemática en la ejecución del ejercicio de “Press Banca”, donde en la fase de descenso de la barra la abducción de hombro debe estar dentro de los rangos normales entre los 45°-65°, lo cual implica que la barra descienda hasta el pecho a unos 2 cm más abajo de los pezones. Una abducción por encima de estos grados de movimientos podría generar molestias y aumentar el riesgo de lesión en el hombro (e.g. tendinopatías del supraespinoso o del manguito rotador y pinzamiento subacromial) (Beachle & Earle, 2000, Rahamani et al., 2009). A esto se suma que podrían existir otros factores propios del entrenamiento (carga elevada, fatiga muscular, ergonomía de la banca para la ejecución del press banca, etc.), que posiblemente fueron responsables de las molestias o dolores auto-reportados. No obstante, para comprobar si se podría atribuir estas sintomatologías en el hombro a la cinemática durante la ejecución, se realizaron un grupo de mediciones que se discuten a continuación.

Se analizó la posición en la que colocaban la barra en el pecho los deportistas, tanto con media como con alta carga (70% y 90% 1RM). Tomando en cuenta los datos de la Tabla 3 se consiguió discernir que, en ambas condiciones y no de manera similar, existe un aumento positivo o cefálico de la posición de la barra que es superior a la sugerida en la literatura (0.02m). Específicamente, cuando los deportistas realizaron la ejecución con el 70% de 1RM colocaron la barra 0.027m más lejos del valor de referencia y este valor aumentó cuando la carga incrementó (0.034) al 90% de 1RM. Estos resultados sugieren dos

interpretaciones, en primer lugar, los sujetos no se encuentran ejecutando el ejercicio del press banca dentro de las referencias posicionales para la ejecución de este ejercicio (Beachle & Earle, 2000, Rahamani et al., 2009), y en segundo lugar, este fenómeno es marcado cuando se incrementa la carga de peso (Merchante, 2017).

En cuanto a la correlación entre el desplazamiento relativo de la barra y la velocidad en la fase de descenso tanto con el 70% como con el 90% de 1RM, se evidenció que existe una relación moderada y positiva entre estas variables, de manera que en la medida que aumenta el desplazamiento también aumenta en la velocidad (Figura 9 y 12), lo cual es consistente con la relación física entre estas variables que está mediada por el tiempo de ejecución, o sea, la velocidad aumenta con el desplazamiento porque el movimiento de descenso se realiza en menor tiempo (esto se comprobó con las correlaciones que se muestran en la Figura 10 y 14). Estos resultados pueden interpretarse en que los deportistas que ejecutan la prueba de 1RM más rápido, podrían ser los que menor fuerza desarrollen en dicha prueba, ya que se conoce que para alcanzar la máxima tensión se necesita de tiempo suficiente para que la tensión en el músculo (elemento contráctil) lleguen hasta el tendón (elemento elástico), elemento encargado de transferir la tensión muscular hasta la inserción ósea y se genere una palanca efectiva para el movimiento (Nordin & Frankel, 2013, p163-166).

En la figura 11 y 16 se muestra que hubo correlación que entre el tiempo de desplazamiento de la barra en la fase de ascenso y la velocidad durante la misma fase con una carga del 70% y 90% de 1RM. El mismo comportamiento motor se presentó durante el descenso y la fase de ascenso, y esto corrobora que existe un grupo de deportistas que no respetan la relación fuerza-tiempo según el tipo de contracción (i.e. excéntrica- fase de descenso y concéntrica-fase de ascenso) para la ejecución del press banca con cargas sub-máximas.

Solo con el 90% de 1RM se observó una correlación positiva entre la velocidad de la barra durante la fase de descenso y la velocidad en la fase de ascenso, es decir que se realiza el ejercicio sin aceleración al cambiar de una fase a la otra, y esto es consistente con lo propuesto por García et al., (2010), donde hace referencia a una velocidad constante durante la ejecución del movimiento para no interferir con la inercia del mismo (Figura 17). Por otra parte, estos resultados muestran que con esta carga de peso no se presenta ninguna

pérdida de velocidad sin dar lugar al fenómeno “stiking point”, el cual como ya se mencionó anteriormente, hace referencia a la dificultad del levantamiento de la carga asociado a una pérdida desproporcionada de velocidad en cualquier ROM (Kompf & Arandjelović, 2017). Una primera explicación de este hallazgo puede ser por la compensación de otros segmentos corporales para la realización del movimiento, lo que pudo garantizar una ejecución uniforme del press banca (e.g. rectificación de la curva lumbar, aumento de la posición de la barra en el pecho e incremento del ángulo de tobillo), lo cual no indica que la presencia de estas compensaciones produzca siempre un efecto “positivo” sobre el levantamiento del peso. Otra explicación va a estar relacionada con la aparente ausencia de fatiga muscular local en estos deportistas que no afectó la pérdida de velocidad durante todo el ROM. Sin embargo, un reciente estudio demuestra, que contrario a lo que se pensaba, la presencia de fatiga no es responsable de la pérdida de velocidad, de acuerdo a los cambios en la actividad electromiográfica cerca del “stiking point” para los ejercicios de fuerza como el press banca, la sentadilla y el peso muerto (Kompf & Arandjelović, 2017). Por último, la ejecución uniforme del movimiento pudo deberse a una correcta disposición psicológica de los deportistas para el levantamiento del peso. La evidencia demuestra que cuando se está cercano a ejecutar un movimiento, se requiere que el deportista tenga una mayor concentración, una buena percepción del gesto a realizar, y que en este caso fue la ejecución del press banca con el 90 % de 1 RM, dando lugar a procesos fisiológicos de acuerdo al enfoque del press banca (mayor reclutamiento de fibras, incremento de la actividad de los neurotransmisores, mayor disponibilidad energética para el esfuerzo, etc.) así como lo menciona Bonilla, P (2003).

En relación al análisis de asociación entre la posición de la columna lumbar y la condición de la prueba de acuerdo al porcentaje de carga (i.e. 70% y 90% 1 RM), se encontró que no hubo una asociación significativa entre estas variables ( $\chi^2_{13} = 0,144$ ;  $p=1,00$ ), indicando que la carga de peso no tiene influencia sobre la modificación de la alineación lumbar, específicamente la presencia o ausencia de la lordosis lumbar. Sin embargo, en la figura 18 se puede observar que el número de casos con arqueo lumbar aumenta de 6 a 8 cuanto mayor es la carga de peso. Además, es interesante que con un menor peso el 50% de los deportistas arquea la columna lumbar mientras que la otra mitad

no lo hace (Figura 18). Esto demuestra cierta tendencia a que la magnitud de la carga modifique la alineación de la columna lumbar.

Por otra parte, si se encontró una asociación estadísticamente significativa entre posición angular del tobillo y la condición de la prueba de acuerdo al porcentaje de carga para 1RM (70% y 90%) ( $\chi^2_{13} = 13,00$ ;  $p=0,003$ ). Dicha correlación fue perfecta y directamente proporcional ( $V$  de Cramer = 1,00,  $p=0,003$ ), lo cual indica que en ambas condiciones de carga la posición del tobillo de la mayoría de los deportistas superaba los  $100^\circ$  (Figura19). Esto quiere decir que dichos deportistas realizaron la ejecución del press banca con una tendencia a colocar los pies, como base de sustentación y empuje, de forma tal que superaron las referencias de posición sugeridas para este ejercicio. Sin embargo, esta posición no alteró la eficacia de la transferencia de fuerza desde el suelo, como plantea la literatura (Roberts, 2007), si se analiza la uniformidad de la velocidad de ejecución durante todo el movimiento del press banca.

#### **3.1.4. Limitación del Estudio**

El estudio ejecutó con una cámara de video para las pruebas con las dos cargas de peso (70% y 90% de 1 RM ), la cual fue capaz de captar la vista lateral de la ejecución del movimiento, generando una perspectiva visual valida y fiable, pero por la distribución de las instalaciones prestadas no fue factible la toma de video en otras posiciones que hubieran proporcionado un mejor detalle del ejercicio, como una vista antero-posterior que permita ver el descenso de la barra o incluso una vista superior, es decir en posición aérea, en donde se observe el plano frontal para el análisis de la posición de la barra en el pecho. Siendo así un punto a tomar en cuenta para futuros estudios.

#### **3.1.5. Impacto Clínico**

Este estudio sirve como una fuente de análisis y de prestación para la valoración técnica de los deportistas de la PUCE, con el fin de promover un perfeccionamiento de la misma durante la ejecución del press banca, y a la vez puede servir para la prevención de lesiones en la articulación del hombro por medio de correcciones cinemáticas del ejercicio. Además, por medio de este método de análisis biomecánico de bajo costo se puede promover conciencia sobre la correcta ejecución técnica dentro del ambiente deportivo del Fisicoculturismo.



## CONCLUSIONES

La edad promedio de los deportistas fue de  $25 \pm 3$  años. Se obtuvo un valor promedio de  $2 \pm 1$  años de pertenencia al club de Fisiculturismo. Los deportistas manifestaron que a lo largo de los años de entrenamiento, habían tenido algún tipo de sensación o molestia en la articulación del hombro, muñeca o codo cuando realizaron el press banca.

Al comparar entre dos condiciones de carga los promedios de la posición de la barra en el pecho, la posición angular del tobillo, así como la velocidad de desplazamiento lineal de la barra durante el descenso y el ascenso, no se encontró una diferencia estadísticamente significativa en ninguna de estas variables, es decir que la cinemática del ejercicio tanto con el 70% de 1 RM como con el 90% de 1 RM fueron iguales (Tabla 2). Esto sugiere, que el aumento de la carga no modificó la cinemática del movimiento del press banca en ninguna de sus fases (descenso y ascenso).

De acuerdo a los datos obtenidos, la comparación de la posición de la barra en el pecho (m) respecto a la literatura de referencia, se evidenció que los deportistas del club de la Fisicoculturismo de la PUCE no respetan la referencia posicional de la literatura (0.02m bajo los pezones), provocando que la ejecución del movimiento no esté dentro de los límites de seguridad clínica de riesgo de lesión.

Respecto a la correlación entre las variables cinemáticas y la posición de la barra en el pecho (m) durante la ejecución del ejercicio, se obtuvo una relación moderada y positiva entre el desplazamiento relativo de la barra y la velocidad en la fase de descenso tanto con el 70% como con el 90% de 1RM, lo cual es consistente con la relación física entre estas variables. Por otra parte, hubo correlación negativa que entre el tiempo de desplazamiento de la barra en la fase de descenso y ascenso y la velocidad durante en ambas fases con una carga del 70% y 90% de 1RM. Esto demuestra que existe un grupo de deportistas que no respetan la relación fuerza-tiempo según el tipo de contracción (i.e. excéntrica- fase de descenso y concéntrica-fase de ascenso) para la ejecución del press banca con cargas sub-máximas. Solo con el 90% de 1RM se observó una correlación positiva entre la velocidad de la barra durante la fase de descenso y la velocidad en la fase de ascenso, es decir que se realiza el ejercicio sin aceleración al cambiar de una fase a la otra, por lo tanto, no se presenta el fenómeno “stiking point”.

Al estimar el grado de asociación entre la posición de la columna lumbar y la condición de la prueba de acuerdo al porcentaje de carga para 1RM (i.e. 70% y 90%) se encontró que

no hubo una asociación significativa entre estas variables, indicando que la carga de peso no tiene influencia sobre la modificación de la alineación lumbar, específicamente la presencia o ausencia de la lordosis lumbar. Sin embargo, se encontró cierta tendencia a que el número de casos con arqueo lumbar aumentara de 6 a 8 cuanto mayor era la carga de peso, al mismo tiempo que el 50% de los deportistas arqueaba la columna lumbar mientras que la otra mitad no lo hacía. Además, se encontró una asociación estadísticamente significativa entre las variables “posición angular del tobillo y la condición de la prueba de acuerdo al porcentaje de carga para 1RM (70% y 90%)”, donde la correlación fue perfecta y directamente proporcional indicando que en ambas condiciones de carga los participantes superaban los 100° (ángulo de tobillo) alejándose de la referencia posicional sugerida para este ejercicio. No obstante, si se analiza la uniformidad de la velocidad de ejecución durante todo el movimiento del press banca. esta posición aparentemente no alteró la eficacia de la transferencia de fuerza desde el suelo.

## **RECOMENDACIONES**

Proponer charlas de inducción técnica para levantamiento de peso libre y estacionario en la ejecución del press banca.

Fomentar un seguimiento continuo de los deportistas para promover un mejor desarrollo muscular en base al perfeccionamiento de la técnica de ejecución del press banca.

Para una correcta optimización de los entrenamientos y una reducción del riesgo de lesión, se recomienda a los deportistas hacerse una valoración física que incluya el análisis biomecánico del movimiento. Esto es un punto importante, ya que los deportistas del Club de Fisicoculturismo de la PUCE al momento de incrementar los pesos tienden a modificar la cinemática del movimiento, según las referencias posicionales de seguridad clínica para el desarrollo de una lesión en la articulación del hombro.

## REFERENCIAS

- Astudillo & Edgar. (2001). *Prevalencia de lesiones neuromusculoesqueléticas en personas de 20 a 40 años que practican levantamiento de pesas en los gimnasios de Cuenca-Ecuador, 2010*. Tesis de Pregrado. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador
- Baechle & Earle. (2000). *Essential of strength training and conditioning* (NSCA). Champaign IL, Estados Unidos: *Human Kinetics*.
- Barnet, Kippers & Turner. (1995). *Effects of variation of the bench press exercise on the EMG activity of five shoulder muscles*. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 9 (4), 222-227.
- Bonilla, P. (2003). *El entrenamiento psicológico en el deporte de alto rendimiento*. *Revista ABRA*. 23(32), 85-93.
- Calzada, A. (2004). *Deporte y Educación*. *Revista de Educación*, 335, 45-60.
- Cresswell, T.R. & Smith, R.B. (1998). **Bilateral anterior shoulder dislocation in bench pressing: an unusual case**. *Br J Sports Med*, 32 (1),71- 72
- Chiriboga, C. (2010). *Diferencias de la composición corporal, perfil lipídico, y perfil glucémico entre personas que realizan fisicoculturismo y ejercicio aeróbico de los gimnasios de la ciudad de Ambato*. Tesis de Grado. Escuela Superior Técnica de Chimborazo. Riobamba.
- Chulvi Medrano, I. & Díaz Cantalejo, A. (2008). *Eficacia y seguridad del press de banca*. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 8 (32) . 338 - 352.
- Doncel, L. (2010). *Manual de Powerlifting y otras modalidades de levantamiento de peso*. Madrid: Editorial Visión Libros.

- Flores, M. (2016). *Patología del hombro en el entrenamiento de la musculación*. Material no publicado. Universidad de Fasta. Mar de Plata, Argentina.
- García, E. (2015). *Anatomía del hombro*: actualización para la consulta del médico de atención primaria. Material no publicado. Zaragoza, España.
- Garhammer, J & Takano, B. (1989). *Strength and Power in Sport. The encyclopedia of sports medicine*, 3 (16), 357-369.
- Glass & Armstrong, (1997). *Electromyographical Activity of the Pectoralis Muscle During*. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 11(3), 163-167.
- Gunning et al, (2001). *Spinal posture and prior loading history modulate compressive strength and type of failure in the spine: a biomechanical study using a porcine cervical spine model*. *Clinical Biomechanics*. 16(6), 471-480.
- Gross, et al (1993). *Anterior shoulder instability in weight lifters*. *The American Journal of Sports Medicine*. 2, 599 - 603.
- Hartley, A. (1995). *Practical joint assessment*. Upper quadrant. Ontario: Nosby.
- Hernández et al. (2001). *Actividad electromiográfica del músculo pectoral mayor en los movimientos de press de banca inclinado y declinado respecto al press de banca horizontal*. *APUNTS Medicina del Deporte*, 136, 15-22.
- International Federation of Bodybuilding and Fitness IFBB, (1946). *Fisicoculturismo*, Historia. Obtenido de <https://www.ifbb.com/>
- Jaimés, et al. (2012). *Análisis cinético y cinemático del press de banca en dos situaciones de evaluación: press banca libre vs press banca Máquina smith*. *Revista de ciencias del deporte*. 8, 105–120.
- Joseph et al. (2015). *Anatomía del hombro y del codo*. Técnicas. Quirúrgicas En Hombro Y Codo. España: *Lippincott Williams & Wilkins* Edición Original 2,1-15.

- Kapandji, A. (2006). *Fisiología Articular*. (6ta ed). Madrid. Panamericana
- Kompf & Arandjelović. (2016). *Understanding and Overcoming the Sticking Point in Resistance Exercise*. *Sports Medicine*, 46. 751–762.
- Madsen, N. & McLaughlin, T. (1984). *Kinematic factors influencing performance and injury risk in the bench press exercise*. *Med Sci Sports Exercise*. 16(4), 81-376
- Marchante, D. (2017). *Cómo ganar masa muscular y fuerza. Ponte en forma sin perder el tiempo*. Editorial Planeta, S. A. Barcelona (España). 124 -130
- Mass & Barraquer. 2006. *Hombro doloroso*. *Médicos de Familia. Miembros del Grupo de Trabajo de Reumatología de la Societat Catalana de Medicina Familiar y Comunitària*. Barcelona. España. 1.615. 46 – 48.
- Merced Goire, A. (2016). *Análisis biomecánico del Bench Press. Análisis biomecánico en el ejercicio del bench press (Biomechanical analysis in the bench press exercise)*.215.
- Menacho, C. (2017). *Sensor inalámbrico de velocidad para el Ejercicio de Press de Banca mediante microcontrolador Arduino*. Máster Universitario en Ingeniería Mecatrónica. Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica de Valencia y Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño. España.
- Morán, G. (2003). *La musculación*. Barcelona: Paidotribo.
- Moras, Tous, Muñoz & Padulles. (2005). *Actividad electromiográfica en el press de banca horizontal en movimientos armónicos y oscilatorios progresivos*. *Apunts. Educación física y deportes*.
- Moya & Chato, (2017). *Análisis biomecánico de la técnica de sentadilla en los fisicoculturistas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), sede*

- quito, en el año 2017*. Tesis de grado no publicada. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Nordin, M. & Frankel, V. H. (2013). *Bases biomecánicas del sistema musculoesquelético* (4ª Ed.). Barcelona: Wolters Kluwer.
- Pearl, B. (2002). *Tratado General de la Musculación*. (4ta ed.). Barcelona: Paidotribo
- Pérez, C. (2012). *La Tributación de los Deportistas*. *Anales de Derecho*. 30, 164-195.
- Roberts, P. (2007). *Quantum bench press manual*. Toronto Canadá.
- Sernik, R. (2010). *Hombro. Ultrasonografía del Sistema Musculoesquelético Correlacionado con la Resonancia Magnética Caracas* (Venezuela) : Amolca. Edición 2010. 6-8
- Schoenfeld, B.J. (2010). *The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training*. *J Strength Cond Res*, 24(10): 2857–2872.
- Stumbo et al. (2013). *Ruptura del pectoral mayor ¿Cuándo opero?* *Revista de la Asociación de Traumatología del Deporte*. 20(1), 41-42.
- Suárez-Sanabria, N., & Osorio-Patiño, A. M. (2013). *Biomecánica del hombro y bases fisiológicas de los ejercicios de Codman*. *Ces medicina*, 27(2): 205-217.
- Vallejo & Zambrano. 2009. *Física Vectorial*. Poliediciones. Quito, Ecuador.
- William, Donald & Kirkendall. (2000). *Biomechanics of Powerlifting and Weightlifting Exercises*. *Exercise and Sport Science.. Philadelphia*. Lippincott & Wilkins. 39, 558-603

## Anexo 1

### CUESTIONARIO

1) Edad:

Género: Masculino\_\_\_ Femenino\_\_\_

#### CARACTERISTICAS DEL ENTRENAMIENTO DE TREN SUPERIOR

1. ¿Hace cuánto tiempo pertenece al Club de Fisicoculturismo? (Especifique años en números enteros y meses en decimales Ej 3 = tres años ; 1,5 = un año seis meses)

\_\_\_\_\_

2. ¿Cuántas veces por semana entrena? (Días a la semana o sesiones)

\_\_\_\_\_

3. ¿Cuáles son sus ejercicios primarios y / o actividades durante el entrenamiento de pectorales ? (seleccione máximo 2)

a) Mancuernas

b) Press banca

c) Press banca (smith)

d) Flexiones de pecho

e) Otro:\_\_\_\_\_

\*Si seleccionó PRESS BANCA, continúe con la encuesta

4. ¿Cuántas veces por semana realiza Press banca? (Días en la semana o sesiones)

\_\_\_\_\_

#### LESIONES PREVIAS

5. ¿Presenta usted alguna lesión de hombro?

Sí \_\_\_ No \_\_\_

6. ¿Presenta usted alguna lesión codo?

Sí \_\_\_ No \_\_\_

7. ¿Presenta usted alguna lesión de muñeca?

Sí \_\_\_ No \_\_\_

\* Si su respuesta, en las preguntas 5,6,7 fue SÍ, la encuesta termina aquí. Si su respuesta es NO continúe con la encuesta

#### **DOLOR DURANTE LA EJECUCION**

8. ¿Usted ha sufrido dolor durante las dos últimas sesiones de entrenamiento en la ejecución del Press Banca?

Sí \_\_\_ No \_\_\_

\*Si su respuesta en las preguntas fue SI continúe con las siguientes preguntas. Caso contrario aquí termina la encuesta.

9. ¿En qué parte del cuerpo presenta este dolor?

a) Hombro

b) Codo

c) Muñeca

d) Músculos del torax

10. ¿Qué lado está molestando?      Derecho      Izquierdo      Ambos

**11. ¿Hace cuánto tiempo presenta el dolor?**

a) Menos de 3 meses

b) Más de 3 meses

Otro: \_\_\_\_\_

**12. ¿Cuál es la intensidad de su dolor? (siendo 1= dolor mínimo; 10= dolor insoportable).**

**1 2 3 4 5 6 7 8 9 10**

**13. ¿En qué momento de la ejecución del Press Bancale duele? (Marque en cada una de las fases que se presente el dolor)**

a) Al Iniciar el movimiento (saque de la barra)

b) Durante el movimiento (fase de descenso al pecho)

c) Final del movimiento (tope con el pecho)

d) Al Retornar la barra (fase de ascenso)

## Anexo 2

### **Consentimiento informado para el estudio Caracterización De La Cinemática Del “Press Banca” En Fisicoculturistas Amateur De La Pontificia Universidad Católica Del Ecuador**

**Investigador:** Alejandro Vasco      **Lugar:** Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Usted a sido elegido para poder formar parte de un estudio de investigación: CARACTERIZACIÓN DE LA CINEMÁTICA DEL “PRESS BANCA” EN FISICOCULTURISTAS AMATEUR DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR. La cual tiene como objetivo estudiar la prevalencia de lesiones que existen en el hombro mediante un análisis biomecánico como base.

Yo,.....con CI: .....he sido informado con respecto a cada uno de los detalles y procedimientos que se van a realizar en el estudio dando como un respaldo el que no existirá ningún riesgo y mi participación será de beneficio para quien realiza el estudio. He podido leer con detenimiento y paciencia cada uno de los detalles de la información proporcionada o en el caso he entendido la misma de ser el caso de que me la hayan leído. Al momento de presentar alguna duda o pregunta estas fueron respondidas con claridad y cordialidad. Es por ello que acepto voluntariamente participar del estudio y entiendo que puedo retirarme del mismo si así yo lo requiero. He sido informado que los resultados del estudio pueden ser publicados o de uso científico si esto llegase a suceder. Recibiré una copia del consentimiento informado con su respectiva fecha.

Nombre: .....

Firma:..... CI: .....

Ciudad y fecha: .....