

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



**CONFIABILIDAD DE LA DINAMOMETRÍA
ELECTROMECAÁNICA FUNCIONAL EN UN PROTOCOLO DE
ISOMETRÍA DE CODO**

POR

JAQUELINE KRISRTAL CORDERO TINAJERO

PRODUCTO INTEGRADOR

**Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRIA EN ACTIVIDAD FISICA Y DEPORTES CON
ORIENTACIÓN EN ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO.**

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, N.L. AGOSTO 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

Los miembros del Comité de Titulación de la Maestría en Actividad Física y Deporte integrado por la Facultad de Organización Deportiva, recomendamos que el Producto Integrador en modalidad de Reporte de Prácticas/Tesina titulado/a "Confiabilidad de un protocolo de isometría de codo en 3 posiciones con dinamometría electromecánica funcional" realizado por la Licenciada en Educación Física Jaqueline Kristal Cordero Tinajero sea aceptado para su defensa como oposición al grado de Maestro en Actividad Física y Deporte con Orientación en Alto Rendimiento Deportivo.


COMITÉ DE TITULACIÓN


Dra. Marina Medina Corrales

Asesor Principal


Dr. Alberto Garrido Esquivel

Co-Asesor


Dr. Juan José García
Verazaluce

Co-Asesor


Dra. Blanca R. Rangel Colmenero

Subdirección de Estudios de Posgrado e Investigación de la FOD

Nuevo León, Agosto 2019

DEDICATORIA

A mis padres, por enseñarme a perseguir mis sueños sin pedir permiso ni siquiera de ellos, que me dan su apoyo incondicional en todo momento y me impulsan a crecer en el proceso.

A mis hermanos y sobrinos, por hacer siempre todo en mi vida más alegre.

A las familias que me abrieron con amor las puertas de su hogar y de su corazón a lo largo de este trayecto; a mi amiga Rosy Galindo y su familia, por darme la bienvenida a Monterrey con un cariño genuino y sincero. A las familias que conocí en Granada, España que con su hospitalidad hicieron de mi estancia toda una experiencia y que siguen en mi vida muy de cerca. A la familia González Ortega que, entre muchas otras cosas, me aportó la armonía y la paz que se requiere para cerrar con éxito una etapa y proyectar el comienzo de otra.

A mis amigos de toda la vida por permanecer cerca y a los nuevos amigos que dan la sensación de quedarse para toda la vida.

A los profesores que fueron inspiración y aliento.

A mi asesora por su apoyo, disposición y confianza desde el comienzo, por aceptar el reto.

A Dios.

Al Universo.

FICHA DESCRIPTIVA

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Organización Deportiva

Fecha de Graduación: Junio 2019

JAQUELINE KRISTAL CORDERO TINAJERO

**Título del Producto Integrador: CONFIABILIDAD DE LA DINAMOMETRÍA
ELECTROMECAÁNICA FUNCIONAL EN UN PROTOCOLO DE ISOMETRÍA
DE CODO**

Número de Páginas: 41

**Candidato para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte con
Orientación**

en Alto Rendimiento Deportivo

Resumen

Todo indicador que desee ser mejorado debe ser susceptible de ser medido o evaluado, hablando de fuerza muscular en el deporte, la posibilidad de evaluar la fuerza funcional al momento de la ejecución de un gesto, es de gran importancia y utilidad para lograr un mayor control y mejor dosificación del entrenamiento. Animada por esto, ha surgido recientemente la dinamometría electromecánica funcional como herramienta de medición que debe ser sometida a pruebas de validez y confiabilidad para garantizar que los datos obtenidos de esta sean de utilidad. Con el fin de estimar la confiabilidad de un gesto básico como la flexión de codo se aplicó por duplicado un protocolo de acción isométrica de codo a tres distintas posiciones 45°, 90° y 130°. Diecinueve sujetos sanos participaron de forma voluntaria en las mediciones. Luego de analizar estadísticamente los datos obtenidos, fue posible concluir que la posición de 45° en la evaluación de la fuerza en la flexión isométrica de codo es la más fiable, debido a que sus valores

resultaron ser los que mantuvieron mayor tendencia central siendo los más cercanos al cero.

Categoría		
Administración	1	1
Comunicación	2	2
Marketing	3	3
Operaciones	4	4
Recursos Humanos	5	5
Tecnología	6	6
Finanzas	7	7
Legal	8	8
Seguridad	9	9
Logística	10	10
Atención al Cliente	11	11
Desarrollo de Negocio	12	12
Sostenibilidad	13	13
Innovación	14	14
Compliance	15	15
Relaciones Públicas	16	16
Control de Calidad	17	17
Gestión de Proyectos	18	18
Recursos Tecnológicos	19	19
Seguridad de la Información	20	20
Protección del Medio Ambiente	21	21
Gestión de Riesgos	22	22
Automatización	23	23
Integración de Sistemas	24	24
Optimización de Procesos	25	25
Investigación y Desarrollo	26	26
Construcción de Infraestructura	27	27
Mantenimiento de Activos	28	28
Formación y Capacitación	29	29
Gestión de Recursos Humanos	30	30
Control de Costos	31	31
Planificación Estratégica	32	32
Gestión de Clientes	33	33
Recrutamiento y Selección	34	34
Desarrollo de Productos	35	35
Logística de Distribución	36	36
Atención al Cliente	37	37
Marketing Digital	38	38
Gestión de Proyectos	39	39
Recursos Tecnológicos	40	40
Seguridad de la Información	41	41
Protección del Medio Ambiente	42	42
Gestión de Riesgos	43	43
Automatización	44	44
Integración de Sistemas	45	45
Optimización de Procesos	46	46
Investigación y Desarrollo	47	47
Construcción de Infraestructura	48	48
Mantenimiento de Activos	49	49
Formación y Capacitación	50	50
Gestión de Recursos Humanos	51	51
Control de Costos	52	52
Planificación Estratégica	53	53
Gestión de Clientes	54	54
Recrutamiento y Selección	55	55
Desarrollo de Productos	56	56
Logística de Distribución	57	57
Atención al Cliente	58	58
Marketing Digital	59	59
Gestión de Proyectos	60	60
Recursos Tecnológicos	61	61
Seguridad de la Información	62	62
Protección del Medio Ambiente	63	63
Gestión de Riesgos	64	64
Automatización	65	65
Integración de Sistemas	66	66
Optimización de Procesos	67	67
Investigación y Desarrollo	68	68
Construcción de Infraestructura	69	69
Mantenimiento de Activos	70	70
Formación y Capacitación	71	71
Gestión de Recursos Humanos	72	72
Control de Costos	73	73
Planificación Estratégica	74	74
Gestión de Clientes	75	75
Recrutamiento y Selección	76	76
Desarrollo de Productos	77	77
Logística de Distribución	78	78
Atención al Cliente	79	79
Marketing Digital	80	80
Gestión de Proyectos	81	81
Recursos Tecnológicos	82	82
Seguridad de la Información	83	83
Protección del Medio Ambiente	84	84
Gestión de Riesgos	85	85
Automatización	86	86
Integración de Sistemas	87	87
Optimización de Procesos	88	88
Investigación y Desarrollo	89	89
Construcción de Infraestructura	90	90
Mantenimiento de Activos	91	91
Formación y Capacitación	92	92
Gestión de Recursos Humanos	93	93
Control de Costos	94	94
Planificación Estratégica	95	95
Gestión de Clientes	96	96
Recrutamiento y Selección	97	97
Desarrollo de Productos	98	98
Logística de Distribución	99	99
Atención al Cliente	100	100

FIRMA DEL ASESOR

PRINCIPAL: _____

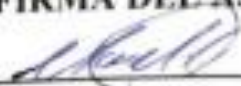


Tabla de contenido

Introducción	1
Planteamiento del Problema	1
Justificación	2
Antecedentes Teóricos y Empíricos.....	3
Fuerza muscular: conceptos y formas de evaluarla.....	3
Caracterización	18
Organización.....	18
Nivel de Aplicación	21
Propósitos u Objetivos	22
General.....	22
Específicos	22
Tiempo de Realización	23
Estrategias y Actividades.....	25
Recursos.....	27
Producto	29
Conclusiones	31
Referencias.....	32
Anexos	36
Anexo I	36
Hoja de información al participante.....	36
Anexo II	39
Cuestionario de datos generales y deportivos.....	39
Resumen autobiográfico	41

Lista de Figuras

Introducción

Caracterización

Figura 1. Órganos Unipersonales de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Ugr.

Tiempo de realización

Figura 2. Calendarización de las actividades realizadas (2018).

Producto

Figura 3. Diagramas de Bland-Altman que identifican el valor medio de la fuerza ejercida por los participantes en cada toma. Donde la línea continua ubicada al centro indica el valor medio de la fuerza para cada repetición y las líneas discontinuas el intervalo de confianza al 90%.

Lista de Tablas

Producto

Tabla 1. *Parámetros de fuerza media en la (N) flexión isométrica de codo a 45°, 90° y 135°.*

Introducción

Planteamiento del Problema

La valoración de la fuerza muscular, ya sea con fines de investigación o con el ánimo de conocer el estado y evolución de un atleta a lo largo de un programa de entrenamiento, se compone de una serie de gestos básicos que, en dependencia de la disciplina deportiva en cuestión, incluyen la flexión de codo junto con gestos como la sentadilla, peso muerto, press de banca, press militar, entre otros (Nodari, 2018). La información obtenida a través de la evaluación de estos ejercicios en concreto, permite un panorama general de la fuerza muscular necesaria para la realización de la gran mayoría de los gestos deportivos.

En deportes como la halterofilia y el canotaje, la flexión de codo es de gran importancia e incluso protagonismo. En el caso del último, al emplearse fundamentalmente las cadenas cinéticas del tronco y los miembros superiores (Fernandez, Terrados, Perez-Landaluce y Rodríguez, 1992). Y para el caso específico de la halterofilia, la flexión de codo toma importancia al momento de la fase de cargada donde se mantiene esta posición (Díaz, 2008).

Al ser la flexión de codo uno de los gestos motores más simples, es ampliamente utilizado con fines de investigación, sobre todo cuando se pretende iniciar con una idea o se indaga sobre un nuevo instrumento de evaluación, para posteriormente dirigirse hacia ejercicios cada vez más complejos. Tal es el caso de Dal Maso, Begon y Raison, (2017) evaluaron la fuerza isométrica de flexo-extensión de codo a un ángulo de 90°.

La literatura existente hasta el momento sobre la evaluación de la flexo-extensión de codo, refiere el uso de las células de carga como el instrumento utilizado más comúnmente para dichas valoraciones (Falk, Brunton , Dotan , Usselman, Klentrou & Gabriel, 2009) (Baiget, Corbi, Fuentes Y Fernández-Fernández, 2016). Así como también el uso de los dinamómetros isocinéticos, siendo considerados el estándar de oro, pero presentando una serie de inconvenientes relacionados con su coste económico y la

complejidad tanto del manejo como de los resultados que arroja (Chen, Chen, H., Lin, Wu y Nosaka, 2009).

En la actualidad aparece un nuevo dispositivo electromecánico funcional para la evaluación y entrenamiento de la fuerza como una herramienta tecnológica de vanguardia (Chamorro, 2017). Mostrado, entre otras ventajas, la posibilidad de liberar el gesto para que no se evalúe tan solo la acción de un musculo bíceps braquial, sino de todos los grupos musculares que intervienen en la acción motora.

Justificación

La Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Granada, cuenta con la tecnología de un dinamómetro electromecánico funcional, DYNASYSTEM de Synergy Movement Technologies (SYMOTECH) desarrollado precisamente, en la ciudad de Granada, España, lo que permitió realizar el proyecto orientado a determinar la confiabilidad del protocolo de isometría de flexión de codo en tres posiciones distintas. Ya que actualmente la evidencia publicada referente a éste tipo de instrumentos es escasa, sin que se haya encontrado información científica que vaya dirigida a la evaluación de la flexión de codo con dicho instrumento. De ahí que la presente intervención pueda servir para ampliar el conocimiento relacionado con las propiedades de cada posición de evaluación y determinar cuál de ellas muestra mayores ventajas, permitiendo marcar las pautas para una mejor práctica, cuando de evaluación de la fuerza de flexión de codo se trata. Todo lo anterior, dirigido a facilitar la obtención de variables que permitan tener un panorama del estado del deportista y un adecuado control de las cargas de entrenamiento, dando a conocer nuevas alternativas que se acerquen cada vez más a las posibilidades de evaluación del movimiento libre con lo que se benefician tanto a los atletas como a los profesionales encargados de la programación del entrenamiento y da pie a futuras investigaciones.

Antecedentes Teóricos y Empíricos

Fuerza muscular: conceptos y formas de evaluarla.

Concepto de fuerza. Dentro de las definiciones de fuerza más aceptadas y referidas actualmente, es posible destacar la de Harman y Lotz (1993) quienes sostienen que “la fuerza es la habilidad para generar tensión bajo determinadas condiciones definidas por la posición del cuerpo, el movimiento en el que se aplica la fuerza, el tipo de activación (concéntrica, excéntrica, isométrica, pliométrica) y la velocidad de movimiento”(p.14).

Sin embargo, para la realidad de la práctica deportiva resulta importante, sobre todo, tomar en cuenta la fuerza que el atleta es capaz de ejercer en el tiempo con el que cuenta para ejecutar el gesto que la actividad deportiva le demanda, llegando a ser en ocasiones un lapso de tiempo muy corto. Por lo que “la fuerza muscular de un deportista también se puede definir como la máxima tensión manifestada por el músculo en un tiempo determinado” (González & Gorostiaga, 2002, pág. 20).

Factores que influyen en la producción de fuerza. Con el fin de ampliar la comprensión acerca de la generación de fuerza por un músculo o grupo muscular, es importante resaltar que se ve influenciada por algunos aspectos como:

La relación de longitud y tensión de la fibra muscular. Propiedad, que hace referencia al máximo de tensión o fuerza que es capaz de generar un músculo en dependencia de la longitud de sus fibras (Chamorro, 2017). Relacionándose la fuerza que produce una fibra muscular con la cantidad de puentes cruzados que se encuentran en acción en ese determinado momento (Correa & Ermith, 2009). Entonces, para cada longitud a la que se encuentre sometido un músculo le corresponderá una determinada tensión máxima.

Staniszewski y col. (2015) proponen que el entrenamiento de fuerza con una máquina que cuenta con una palanca ajustable para el músculo es especialmente efectivo en el caso de los flexores de codo. Basados en el hecho de que la fuerza muscular depende, entre otros factores, de la longitud de las fibras, es decir, de la posición angular de la articulación. Que sin embargo, esta relación a menudo se descuida en la

construcción de máquinas de entrenamiento. Treinta y dos hombres divididos en dos grupos participaron en un entrenamiento de fuerza intensivo de 8 semanas de flexores de codo. Se observó un aumento significativo en los valores de la fuerza pico y los parámetros antropométricos en el grupo C que estuvo entrenando con la máquina con la leva (p. 23:161- 168).

Grosor y ángulo de inserción de las fibras. Son características estructurales que influyen en la producción de fuerza, pues un músculo será capaz de generar más fuerza, en tanto mayor sea su sección transversal o grosor y en dependencia de la disposición de las fibras que lo conforman, que se toma en cuenta según el ángulo que forman con la línea recta que fuera de tendón a tendón, llamado “ángulo de pennación” (Navarro, González & Requena, 2008). Viéndose determinadas las posibilidades de producir fuerza de un músculo y la velocidad a la que será capaz de aplicarla, según la relación entre el ángulo de pennación y la longitud de las fibras.

En el año 2015 Ye, Beck y Wages, realizaron la publicación de un artículo realizado en el departamento de ciencias de la salud y el ejercicio de la Universidad de Oklahoma, donde evaluaron la relación entre la anchura de la Zona de Inervación (ZI) muscular del bíceps braquial y la Velocidad Media de Conducción de la Fibra muscular (MFCV) durante una contracción isométrica de codo, al 60% de la Contracción Voluntaria Máxima (CVM). Dicho gesto fue realizado hasta el fallo por un grupo de varones sanos, empleando grabaciones de electromiografía de superficie multicanal para estimar la MFCV. Encontraron una diferencia significativa en el porcentaje de disminución de la MFCV media (% MFCV) entre los grupos con diferente ancho de la ZI, lo que comprueba que tal relación es probablemente influenciada por el tamaño de la fibra muscular (p. 15(1):95-102).

Factores neurales. Las fibras musculares se encuentran organizadas en fascículos, que a su vez, se agrupan para conformar al músculo, cuya activación sincronizada se ve facilitada gracias a la estimulación eléctrica que le proveen las neuronas. Una motoneurona es capaz de estimular varias fibras, pudiendo tratarse desde cinco hasta mil, a este conjunto de neurona motora- fibra muscular se le denomina “unidad motora” y a mayor cantidad de unidades motoras compongan un músculo, los

movimientos producidos serán de mayor precisión (González & Ribas, 2002). En cuanto a la producción de fuerza, ésta se verá influenciada por la sincronización de las unidades motoras que se activen en determinado momento, de lo que se deduce que al activarse simultáneamente más unidades motoras, mayor fuerza será capaz de generar el músculo.

Aunado a lo anterior, la activación de las distintas unidades motoras de un músculo lleva un proceso al que se le conoce como mecanismo de reclutamiento, propuesto por Henneman, Somjen y Carpenter (1965) estableciendo que la activación de las unidades motoras lleva un orden creciente con base en su tamaño, es decir, se inicia con las unidades motoras más pequeñas, luego las intermedias y finalmente las de mayor tamaño. No obstante, el modelo de reclutamiento de Henneman no es el único, existiendo otros que intentan explicar los incrementos de fuerza relacionados con las actividades deportivas.

Además del mecanismo de reclutamiento, la regulación de la fuerza dependerá de la activación neural de cada unidad motora pues “El efecto de la frecuencia de activación sobre la fuerza desarrollada por una unidad motora es fundamental para determinar el impulso mecánico generado por las fibras musculares” (González & Ribas, 2002, pág. 83). Siendo a mayor frecuencia de estimulación, mayor el impulso mecánico, que hace referencia a la rapidez con la que se dan los incrementos de fuerza.

Una investigación realizada recientemente por Yang y col. (2009) concluye que el debilitamiento del acoplamiento cortico-muscular es un mecanismo neural que contribuye a la fatiga muscular y al consecuente deterioro del rendimiento. Esto gracias a las mediciones que hicieron en nueve sujetos sanos, que mantuvieron una contracción isométrica de flexión de codo al fallo con una carga del 30% de la CVM, mientras era registrada la actividad muscular mediante electromiografía (EMG) y la cerebral a través de electroencefalograma (EEG), dividiendo la duración total del gesto en 2 etapas (una de fatiga mínima y otra de fatiga severa). La mayor disminución de la coherencia entre EEG Y EMG fue reportada en la segunda fase, de fatiga severa (p. 101- 112).

Para 2015 Wang y col. realizaron un estudio similar al descrito anteriormente, en esta ocasión, fueron medidos quince sujetos sanos, varones, que mantuvieron la

contracción isométrica de codo hasta el agotamiento, pero en esta ocasión con una carga del 20% de la CVM. La finalidad de este estudio fue conocer la coherencia entre la actividad muscular del bíceps braquial (BB) con la del tríceps braquial (TB), encontrando que el acoplamiento de las actividades de EMG entre los músculos antagonistas aumentó como resultado de la fatiga, lo que indica el aumento de la interconexión entre las neuronas corticales sincronizadas y el grupo de motoneuronas de BB y TB, que puede ser de origen cortical. Este acoplamiento incrementado puede ayudar a garantizar la estabilidad de la articulación gracias a la fuerza conjunta (233:971-982).

Fatiga. Buscando conocer los factores que pueden estar influenciados en la fatiga, se encontró un artículo donde compara el comportamiento de la fatiga y de la recuperación, en sujetos sanos con diferente rango de edad, al realizar el gesto de flexo-extensión de codo tanto de forma dinámica como de manera estática. El mecanismo para generar dicha fatiga consistió en mantener cada tarea hasta el fallo con una carga del 20% de la máxima contracción voluntaria isométrica (MCIV) y se valoró la fatiga supraespal con estimulación magnética transcranial (TMS). Los resultados de éste estudio sugieren que la edad influye en la manifestación de la fatiga en la fuerza isométrica máxima, pero no de forma significativa para el caso de las contracciones dinámicas (Yoon T., Schlinder-Delap B., Hunter S., 2013).

Hablar de fatiga engloba una amplia gama de factores, conceptos y fenómenos fisiológicos involucrados, que incluso en la actualidad siguen sin aclararse del todo. Generalmente se hace la distinción de dos tipos de fatiga; la central y la periférica, estudiándolas de forma habitual por separado, lo que pudiera ser motivo causal de que se produzcan sesgos en las conclusiones obtenidas (Cárdenas, 2017). Pues es claro que están relacionados por el simple hecho de que ambos tipos de fatiga se producen sobre el mismo organismo vivo.

Manifestaciones de la fuerza y su clasificación. Desde su definición, podemos advertir que son diversos los factores por los que se ve influenciada la manifestación de la fuerza, sin embargo, son las relaciones tiempo-fuerza y velocidad de movimiento-

fuerza las que resultan de mayor interés a la hora de analizar la propia producción de fuerza y su proceso de entrenamiento.

Fuerza en relación con el tiempo. La expresión de la máxima fuerza que un musculo o grupo muscular sea capaz de ejercer, lleva una determinada evolución en relación con la unidad de tiempo, formando lo que se conoce como la “curva fuerza-tiempo (C.f-t). Por lo tanto, cualquier acción muscular puede ser representada por dicha curva, en la que se observan tres fases: la fase inicial, donde se comienza a generar la tensión independientemente de la magnitud de la resistencia a vencer; la explosiva, que expresa el incremento de la fuerza aplicada en relación con el tiempo transcurrido y la fuerza máxima expresada que puede ser estática (isométrica) o dinámica, dependiendo de si existe o no desplazamiento de la resistencia a vencer (González & Gorostiaga, 2002). Expresándose esta relación en Newton (N) milisegundos (ms) y considerándose como variables de referencia al planificar y monitorear el entrenamiento de la fuerza.

Fuerza en relación con la velocidad. En cuanto a la relación que guardan la velocidad y a fuerza, se manifiesta como inversamente proporcional, es decir que: existirá una menor aplicación de fuerza cuanto mayor sea la velocidad a la que se ejecuta la acción o gesto deportivo, sin que esto signifique que a mayor fuerza se vuelva más lento el sujeto, sino por el contrario, una ganancia en la fuerza muscular le permitirá desplazar la carga en un lapso de tiempo más corto, si se entrena de la forma apropiada (González & Gorostiaga, 2002). El objetivo final del entrenamiento será, entonces, alcanzar y mantener un nivel óptimo de fuerza de acuerdo a las necesidades específicas del deporte, posición, etapa de entrenamiento, etc.

De forma similar a lo que se trató anteriormente respecto a la C.f-t, existe una “curva fuerza-velocidad” (Cf-v) que, en este caso, muestra un comportamiento que vendrá definido por las características propias del deportista y de la disciplina en cuestión (González & Gorostiaga, 2002). Sin embargo, también es posible distinguir tres zonas descritas de la siguiente manera por Gonzáles y Gorostiaga (2002): la primera de empleo de gran fuerza y poca velocidad, la de gran velocidad ante cargas pequeñas y la tercera zona en la cual, fuerza y velocidad muestran valores intermedios, alcanzándose la máxima potencia.

Durante el entrenamiento, se está enfatizando siempre el trabajo en alguna de las zonas descritas anteriormente, entonces, la ejecución de los ejercicios a la máxima velocidad posible representa la forma óptima de entrenar con cada carga (Rodríguez, 2017) buscando la mejora del rendimiento físico-deportivo.

La forma en la que el musculo se activa o contrae, ejercerá influencia para determinar cómo se expresará la fuerza producto de dicha activación. González y Ribas (2002) refieren que la activación muscular puede dar lugar a 3 tipos de acciones:

Fuerza dinámica concéntrica. Conocida también como de acortamiento en donde, al superarse la resistencia externa, en donde el ángulo entre segmentos se ve disminuido. A medida que se va incrementando la tensión, las fibras se van acortando.

Fuerza dinámica excéntrica. También llamada de alargamiento, que genera un incremento en el ángulo entre segmentos corporales y se presenta cediendo ante la resistencia externa. Ocurre cuando conforme aumenta la tensión, el musculo se alarga.

Fuerza isométrica. Es en la que el ángulo entre los segmentos corporales que se encuentran relacionados por el músculo puesto bajo tensión se mantiene sin modificaciones, es decir, no se produce movimiento ni desplazamiento de la carga. Durante este tipo de contracción la fuerza producida depende de la activación voluntaria del SNC (Bosco, 2000). Por lo que no es casualidad que se utilice en las pruebas de Contracción Voluntaria Máxima CVM.

Dicha activación voluntaria podrá ser según Bosco (2000);

- Lenta, donde se produce un incremento creciente de las unidades motoras activas y posteriormente de la frecuencia del estímulo.
- Normal, en ésta el incremento de la tensión se da por el progresivo aumento del reclutamiento y de la frecuencia de estímulos.
- Rápida, en la que la frecuencia se ve incrementada desde el inicio y todas las unidades motoras se reclutan al mismo tiempo.

Fuerza isométrica máxima (FIM).- que representa el valor expresado más propiamente en N de la máxima tensión producida ante una carga insuperable, por lo que no existe desplazamiento y su evaluación es expresada gráficamente con una C.f-t.

En la acción muscular isométrica, se pueden identificar subjetivamente dos tipos diferentes de rendimiento: se puede mantener una postura isométricamente, resistir así una fuerza de impacto o empujar isométricamente, por lo tanto, trabajar contra una resistencia estable. Schaefer y Bittmann investigaron si dos acciones musculares isométricas diferentes, la de retención contra la de empuje (HIMA y PIMA), pueden distinguirse por parámetros objetivos. En 2017 evaluaron a diez sujetos, que realizaron dos modos de medición diferentes al 80% de MVC con ayuda de un sistema neumático especial. Durante HIMA, el sujeto tuvo que resistir la fuerza de impacto del sistema neumático en una posición isométrica, de flexión del codo. Durante PIMA, el sujeto trabajó isométricamente en la dirección de la extensión del codo contra una posición estable del sistema. Las señales de presión, fuerza, aceleración y mecanografía / tendografía (MMG / MTG) del extensor de codo (MMGtri / MTGtri) y el músculo abdominal (MMGobl) se registraron y evaluaron con respecto a la duración del mantenimiento del nivel de fuerza (resistencia de fuerza) y las características de las señales MMG- / MTG. Las diferencias de grupos estadísticos que comparan HIMA con PIMA se calcularon utilizando SPSS. Los resultados sugieren que al mantener las condiciones isométricas los músculos se agotan antes que cuando se trata de empujar isométricamente. Eso significa que probablemente hay dos formas de acción muscular isométrica. Los autores se plantearon dos posibles razones para un rendimiento más rápido durante HIMA: (1) fatiga metabólica más temprana de las fibras musculares y (2) la complejidad de las estrategias de control neural (2-13).

Evaluación de la fuerza isométrica. La elección de evaluar la fuerza de modo isométrico se basa en que se ha considerado como la forma más segura y apropiada para las pruebas de fuerza máxima, particularmente en el caso de poblaciones que pudieran tener un rango de movimiento restringido o que no puedan realizarlas de modo isocinético (Simpson y col., 2019). Sobre todo al buscar comparar resultados de test-retest en una herramienta de medición relativamente nueva.

Las recomendaciones ampliamente seguidas por los investigadores respecto al tiempo bajo tensión que se debe manejar en las evaluaciones de fuerza isométrica máxima, son las de Sale que señala desde 1991 que una duración de 5-6 segundos de la contracción isométrica máxima como suficiente para que se alcance el pico de fuerza (p. 21-106), junto a lo que refería Caldwell desde 1974 quien afirma que transcurre al menor 1 segundo desde que se ejerce la fuerza hasta que se alcanza la máxima (p. 35:201-206), pues es necesario que se lleve a cabo el reclutamiento de las fibras como se mencionaba en los apartados anteriores, donde se explicó el mecanismo de producción de fuerza y los factores que interfieren en él.

Por otra parte, Youn y Kim (2010) realizaron como parte del protocolo que aplicaron para isometría de codo, 3 repeticiones máximas de 3-4 segundos de duración con intervalos de recuperación de 5 minutos, el objetivo que perseguían era demostrar la viabilidad de la Mecanomiografía (MMG), empleando acelerómetros, en la estimación de la fuerza isométrica de la flexión de codo y utilizando una red neuronal artificial, en comparación con electromiografía (EMG). El estudio fue realizado en adultos sanos y concluyó que es posible la estimación de la fuerza isométrica de flexión de codo con MMG, sin embargo, el uso de la EMG mostró mayor precisión (p. 48:1149–1157).

Simpson y Col. (2019) realizaron un estudio con individuos sanos, en el que se evaluó la fuerza isométrica de la flexión de codo y de la dorsiflexión de tobillo con la finalidad de determinar la confiabilidad de los protocolos empleados, para lo cual se valieron del uso de la dinamometría isocinética, tomando en cuenta los resultados de fuerza pico, fuerza máxima y tasa de desarrollo de la fuerza para establecer una correlación de dichos datos arrojados durante una primera con los de la segunda toma. Concluyendo que el análisis de los resultados apuntó a una excelente confiabilidad para ambos protocolos descritos por los autores (p. [39:1] 67–76).

Instrumentos de evaluación de la fuerza. Dentro de los instrumentos de medición más comúnmente utilizados en la evaluación de la fuerza isométrica destacan los dinamómetros de mano, cuyas principales ventajas son la portabilidad, el bajo coste económico y la facilidad de su uso. Sin embargo en una revisión sistemática publicada en 2014, realizada por Schrama, Stenneberg, Lucas y Trijffel en la que fue analizada la

literatura publicada hasta diciembre de 2011 en 3 bases de datos (MEDLINE, CINA HL y EMBASE), sobre confiabilidad intraexaminador de la dinamometría de mano (HHD) en el miembro superior. Los criterios que debían cumplir los artículos para ser incluidos en la revisión fueron; (1) utilizar un diseño de medidas dentro del examinador; (2) incluyen individuos sintomáticos o asintomáticos, o ambos; (3) use HHD para medir la fuerza muscular en cualquiera de las articulaciones del hombro, codo o muñeca con la técnica de “fabricación” o “rotura”; (4) informe las mediciones en kilogramos, libras o torque; (5) use un dispositivo que se coloca entre la mano del examinador y el cuerpo del sujeto; y (6) estimaciones actuales de la fiabilidad del intraexaminador. Fueron 54 estudios los que cumplieron con lo anterior, de los cuales 26 (48%) demostraron una fiabilidad aceptable dentro del examen. Siete estudios de alta calidad demostraron una fiabilidad aceptable para la flexión y extensión del codo en sujetos sanos. Para la rotación externa del hombro y la abducción se encontraron resultados conflictivos. De lo que concluyeron que la fiabilidad intraexaminadora de HHD en la fuerza muscular de la extremidad superior es aceptable solo para las mediciones del codo en sujetos sanos. Recomendando a los fisioterapeutas no basar las evaluaciones de los efectos del tratamiento en pacientes trastornos de las extremidades superiores en el uso de este instrumento (p.2444-2469).

La dinamometría isocinética representa el estándar de oro en las herramientas de evaluación de la fuerza muscular debido a su elevada precisión (Chamorro, 2017), sin embargo muestra algunas desventajas como la complejidad de su uso y de los resultados que arroja, el elevado costo de la máquina y las limitaciones a la hora de medir de manera funcional. Una alternativa nueva ha surgido con la creación de dispositivos como el Dinamómetro Electromecánico Funcional (DEMF), que permite realizar mediciones de fuerza muscular de programas analíticos tanto isométricos, anisométricos e isocinéticos, además de evaluaciones de movimientos funcionales permitiendo el logro de un entrenamiento dosificado y controlado de forma apropiada.

El Dinamómetro Electromecánico Funcional Dynasystem de Synergy Movement Technologies (SYMOTECH Granada, España) se compone de tres partes: Software, que muestra en una pantalla táctil antes, durante y después del ejercicio

información parametrizable, entorno que permite adoptar múltiples posiciones y realizar distintos tipos de ejercicios y gestos deportivos con cierta libertad de movimiento, gracias a que cuenta con un vector multiposición y un dispositivo electromecánico que se encarga de simular otras herramientas del mercado, contando con 7 formas de trabajo (tónico, cinético, elástico, cónico e inercial tipo yoyo, que son dinámicos y los isométrico y vibratorio que son estáticos) (Dynasystem 2018, Dynasystem Health, Granada, España, recuperado de <https://www.dynasystem.es/>).

En cuanto a los valores de referencia de la fuerza muscular en individuos sanos, Do Amaral y col. (2018) encontraron, luego de realizar una revisión sistemática en las bases de datos de MEDLINE, LILACS y SciELO, donde fueron incluidos 46 artículos, a mayoría de los cuales tuvieron una calidad metodológica adecuada. Los estudios evaluaron: los músculos apendiculares (80.4%) y axiales (36.9%); adultos (78.3%), ancianos (58,7%), adolescentes (43,5%), niños (23,9%); Fuerza isométrica (91.3%) e isocinética (17.4%). En general, los valores del coeficiente de variación que resultaron del metanálisis variaron del 20,1% al 30% y fueron similares a los informados por los estudios originales. El metanálisis sintetizó los valores de referencia de la fuerza isométrica de 14 grupos musculares del dominante / no. Lados dominantes de las extremidades superiores / inferiores de adultos / ancianos de países desarrollados, utilizando dinamómetros (p. 122 1-15).

Confiabilidad de los instrumentos de evaluación de la fuerza muscular. Al momento de recolectar datos, ya sea con fines de investigación o con el objetivo de conocer el estado de los deportistas, surge la necesidad de asegurar que el instrumento que se pretende emplear permita recabar información que realmente sea de utilidad para el objetivo planteado y que además sea válida y confiable. Considerando la importancia de dichos aspectos, se vuelve necesario definirlos con claridad.

La validez se refiere a que un instrumento mida lo que tiene que medir, al estimar la validez es necesario tener en claro qué rasgos o características se desean estudiar exactamente (Corral, 2009).

Es importante tomar en cuenta tanto la validez externa e interna. La validez externa se refiere a la medida en que los resultados de un estudio son generalizables o transferibles. Mientras que la validez interna se refiere al rigor con el que se realizó un estudio y a la medida en que los diseñadores del mismo han tenido en cuenta explicaciones alternativas para cualquier causalidad (Howell J. y col., 1994-2018).

Por otra parte, la confiabilidad se refiere a la propiedad de reproductibilidad de una medición, es decir es la medida en que un experimento, prueba o cualquier procedimiento de medición produce el mismo resultado en ensayos repetidos (Howell J. y col., 1994-2018).

Tipos de confiabilidad. La confiabilidad de equivalencia es la medida en que dos elementos miden conceptos idénticos en un nivel de dificultad idéntico. Se determina relacionando dos conjuntos de puntajes de prueba entre sí para resaltar el grado de relación o asociación (Howell J. y col., 1994-2018).

La confiabilidad de estabilidad también conocida como la correlación test re-testes o confiabilidad relativa, en la que se comprueba que los instrumentos de medición sigan coincidiendo a lo largo del tiempo. Para determinar la estabilidad, una medida o prueba se repetirá en los mismos sujetos en una fecha futura, para comparar resultados los resultados y correlacionarlos con la prueba inicial (Howell J. y col., 1994-2018).

La consistencia interna es descrita en palabras de Howell y col. (1994-2018) como:

La medida en que las pruebas o procedimientos evalúan la misma característica, habilidad o calidad. Mide la precisión entre los observadores o de los instrumentos de medición utilizados en un estudio. Este tipo de confiabilidad a menudo ayuda a los investigadores a interpretar los datos y predecir el valor de las puntuaciones y los límites de la relación entre las variables (p. 2).

La confiabilidad intraevaluador se refiere a la medida en que dos o más individuos (codificadores o evaluadores) coinciden en los resultados. Aborda la

consistencia de la implementación de un sistema de calificación (Howell J. y col., 1994-2018).

Métodos para cuantificar la confiabilidad. Al momento de estimar la confiabilidad de un instrumento para valorar la fuerza muscular, es necesario conocer:

Los cambios en la media que se relacionan con la diferencia significativa entre los valores promedio del test I y el II, estas diferencias pueden ser debidas a problemas al momento de calibrar, mala estabilización estandarización de la posición y/o a consecuencia de la fatiga que se produce generalmente cuando no se toma la precaución de realizar las tomas de forma aleatoria (Chamorro, 2017).

El coeficiente de correlación intra o inter evaluador (ICC), utilizado para estimar la confiabilidad relativa, refleja la capacidad de la prueba para diferenciar la posición de cada individuo respecto al resto. Siendo aplicable únicamente cuando los sujetos evaluados en ambos test son los mismos y son medidos con el mismo instrumento, además de resultar más efectivo cuando la población tiende a ser homogénea (Corral, 2009).

Según el modelo de Shrout y Fleiss (2010) la forma de calcular el coeficiente de correlación es aplicando la siguiente formula:

$$ICC = \frac{MS_B - MS_W}{MS_B + (k-1) MS_W}$$

Donde:

ICC: Coeficiente de correlación intra e inter clase

MS_B: cuadrado de las medias entre sujetos

MS_W: cuadrado de las medias dentro del sujeto

k: número de test

Respecto a la confiabilidad absoluta, puede ser medida a través del error estándar de medición (SEM), el cambio mínimo relevante (MDC), el coeficiente de variación y el límite de acuerdo (LOA) que son más apropiados cuando se busca evaluar

la confiabilidad al utilizar instrumentos de medición diferentes, con distintos protocolos y en diferentes muestras, debido a que puede ayudar a predecir la magnitud de un cambio para poder considerarlo significativo (Chamorro, 2017).

El cálculo de estos aspectos se sugiere de la siguiente manera según Bootvong y col. (2010):

$$\mathbf{SEM} = \mathbf{SD} \sqrt{1 - \mathbf{ICC}}$$

Donde:

SEM: error estándar de la medición

SD: desviación estándar de las diferencias

ICC: coeficiente de correlación intra clase

El límite de acuerdo mantiene una relación lineal con el SEM y es útil para establecer el rango en que si se toman varias mediciones a un sujeto, usando un instrumento, el valor medio de la variable cuantitativa, caería el 95% de las veces dentro el mismo intervalo. Y se calcula según Currell (2008):

$$\mathbf{L} = \pm \mathbf{t} * \mathbf{s} * \sqrt{2}$$

Donde:

L: límite de acuerdo

t: t de student

s: error estándar de la medición

Por último, según Hopkins (2000) el límite de confianza para estudios de test re- test se calcula:

$$\mathbf{d} = \pm \mathbf{t}_{0.975, n-1} * \mathbf{s} * \sqrt{2} / \sqrt{\mathbf{n}}$$

Donde:

d: significancia clínica

t: prueba t

n: tamaño muestral

s: error estándar de la medición

Y para el tamaño muestral:

$$n = 2(t*s/d)^2 = 8s^2/d^2$$

Donde:

n: tamaño muestral

t: prueba t

s: error estándar de medición

d: significancia clínica

Al ser el dinamómetro electromecánico funcional un instrumento de evaluación de reciente creación, la literatura científica publicada hasta el momento sobre su uso es escasa, entre los estudios que es posible citar, se encuentra el documento de tesis redactado por Campos (2016), que observó altos Índices de Correlación Intraclass (ICC2,1) para las medidas de validez y fiabilidad del dispositivo (0.998 y 0.99, respectivamente). Cuando se analizó la fiabilidad de las medidas por cada una de las condiciones de evaluación altos ICC, bajos CV y SEM fueron encontrados, rango 0.90 – 0.99, rango 0.1 – 4.7 y rango 0.001 – 0.005 m x s-1, respectivamente. Los resultados obtenidos avalan la validez y fiabilidad del dispositivo Haefni Health System 1.0 para la medición de la variable de velocidad de rango isocinético (p. 58).

En el 2017 Chamorro, busca determinar la confiabilidad relativa y absoluta del dinamómetro electromecánico funcional en el registro de la fuerza isométrica máxima de los rotadores de hombro a dos distintas angulaciones de abducción glenohumeral (40° y 90°) y la validez concurrente de este dispositivo para el registro de fuerza isométrica máxima de rotadores de hombro a 90° de abducción. En el estudio participaron cincuenta y dos sujetos sanos, estudiantes universitarios, que realizaron las dos sesiones

de evaluación (test re- test) de contracción isométrica de rotadores de hombro a 40° y 90° grados de abducción del hombro para estimar la confiabilidad. Mientras que para conocer la validez concurrente fueron evaluados veinticuatro universitarios sanos, ejecutando el gesto de isometría de rotadores de hombro a 90° de abducción, mediante dinamometría electromecánica funcional y dinamometría isocinética. El autor del estudio pudo concluir, con base en los resultados, que el dinamómetro electromecánico funcional mostro una alta confiabilidad relativa para el registro de la fuerza isométrica máxima de los rotadores laterales de hombro a 40° de abducción, mientras que en el caso de los rotadores laterales a 90° y los rotadores mediales a 40° y 90° de abducción glenohumeral, mostro una confiabilidad muy alta. Además de una muy alta validez concurrente respecto al estándar de oro en el registro de la fuerza isométrica máxima de rotadores de hombro a una posición de abducción a 90°.

Final mente, Cerda y col. (2018) publicaron un artículo titulado “Validity and reliability of evaluating hip abductor strength using different normalization methods in a functional electromechanical device”, cuyo objetivo fue establecer la validez y confiabilidad de tres protocolos en la evaluación de la fuerza isométrica de los músculos abductores de la cadera utilizando el dinamómetro electromecánico funcional “Haefni Health device”. En dos sesiones idénticas, se registró la fuerza del abductor de la cadera de 29 sujetos en posición lateral, de pie y en posición supina. La fuerza máxima se registró en términos absolutos y se normalizó con la masa corporal, la masa libre de grasa y una técnica alométrica. La fuerza máxima registrada en la posición decúbito lateral fue un 30% y un 27% más alta que en las posiciones en reposo y en posición supina, respectivamente, independientemente de la metodología de normalización de datos. Se encontraron correlaciones altas entre protocolos (r : 0.72 a 0.98, p 0.001). Concluyeron que, el dinamómetro electromecánico funcional es un dispositivo válido para medir la fuerza isométrica en los músculos abductores de la cadera. Las tres posiciones evaluadas son confiables, aunque la posición supina con normalización de datos alométricos proporcionó los mejores resultados.

Caracterización

La intervención se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Granada, ubicada en Carretera de Alfacar s/n 1801, localizada en el barrio de la Cartuja, al norte de la ciudad de Granada, España.

En 1981 a través de un Real Decreto, se establece el título de Licenciado en Educación Física y en 1982 se crea el Instituto Nacional de Educación Física (INEF) de Granada, cuya entrada en funcionamiento y Adscripción provisional a la Universidad de Granada, fue llevada a cabo en 1983, transformándose en Enero de 1992 en Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.

En 1988, se transfiere el INEF a la Comunidad Autónoma de Andalucía. Y se aprueba su adscripción definitiva a la Universidad de Granada.

En el curso académico 2010/2011, se inauguró el cuarto plan de estudios, del grado de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, en el marco del tan significado Plan Bolonia.

En la facultad prestan sus labores 73 docentes.

Organización.

Los órganos colegiados de gobierno y representación de la Facultad tienen como deberes fundamentales promover e impulsar la enseñanza, la investigación y gestión de calidad, la prestación de servicios a la sociedad, así como fomentar la participación de los distintos sectores universitarios. Están configurados de tal forma que están representados los diferentes sectores de la comunidad universitaria en los términos establecidos en los Estatutos de la Universidad de Granada y su funcionamiento se rige por lo establecido en el Reglamento de Régimen Interno del Centro.

La Junta de Facultad es el órgano colegiado de gobierno y representación del centro y está compuesta por el Decano/a que la preside, los Vicedecanos/as, el Secretario/a, como muestra la figura 1. Además del Administrador/a del Centro y cien miembros elegidos conforme a lo dispuesto en los Estatutos de la Universidad de Granada y en la normativa electoral aprobada por el Consejo de Gobierno y de acuerdo con la siguiente distribución:

- 56 miembros (56%) en representación del profesorado con vinculación permanente a la Universidad de Granada.
- 4 miembros (4%) en representación del resto de personal docente e investigador.
- 24 miembros (24%) en representación del alumnado.
- 8 miembros (8%) en representación del personal de administración y servicios.
- 8 miembros (8%) en representación de los Departamentos que imparten docencia en el Centro.

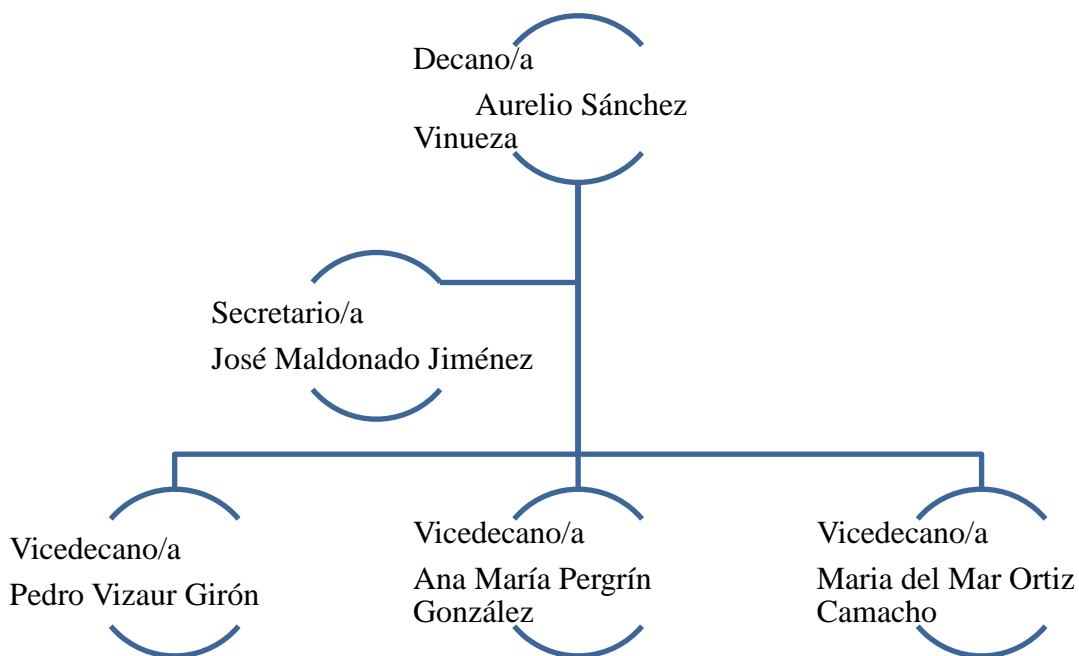


Figura 1. Órganos Unipersonales de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Ugr.

Se desarrollan además del programa de licenciatura, otros estudios complementarios como son los cursos de Master en Entrenamiento Personal, el Master Universitario en Investigación en Actividad Física y Deporte con mención de calidad por parte de la ANECA, el Master Andaluz Interuniversitario en Gestión Deportiva, el

Master Propio en Análisis del Juego en Deportes de Interacción, o el Master Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas Especialidad: Educación Física. Además, tanto para alumnos de licenciatura o grado como para alumnos egresados y otras personas interesadas, se lleva a cabo un plan de formación mediante los denominados Cursos de Formación Complementaria con una temática muy diversa.

Las evaluaciones de fuerza isométrica máxima de flexión de codo, fueron realizadas en el laboratorio de la sala de musculación de la piscina ubicada dentro de las instalaciones de la facultad de ciencias del ejercicio de la Universidad de Granada. De un total de 22 participantes que comenzaron el estudio, cuatro de ellos fueron excluidos por no cumplir con los criterios de inclusión, por lo que la muestra final del estudio fue de 18 participantes 10 hombres y 8 mujeres (edad $23 \pm 3,015$ años, masa corporal $69,675 \pm 11.122$ kg, altura $173,297 \pm 7.716$ cm, grasa corporal $15,3 \pm 6,299$ %)

La experiencia del entrenamiento en fuerza de los participantes osciló entre 0-4 horas por semana. No se informaron limitaciones físicas ni lesiones musculoesqueléticas que pudieran afectar las pruebas. El estudio se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki y fue aprobado por la Comisión de Bioética de la Universidad de Granada. Después de ser avisados de los procedimientos experimentales, los participantes firmaron un formulario de consentimiento informado por escrito.

Los criterios de inclusión fueron: a) tener una edad entre 17-30 años, b) no tener patologías en los miembros superiores, c) estar sanos, d) practicar actividad física regular y e) presentar firmado el consentimiento informado. (Anexo I).

Los criterios de exclusión de esta investigación fueron: a) no asistir al 100% de las mediciones planificadas y b) realizar entrenamientos específicos de fuerza isométrica paralelos al estudio que puedan suponer una variable contaminante en el estudio.

Nivel de Aplicación

Las actividades se llevaron a cabo como apoyo en el área de investigación en materia de Alto Rendimiento Deportivo como parte de la estancia académica realizada en la mencionada Universidad de Granada.

Propósitos u Objetivos

General

Establecer la confiabilidad del Dinamómetro Electromecánico Funcional Dynasystem en la evaluación de fuerza isométrica máxima de flexión de codo.

Específico

- Determinar la confiabilidad del dinamómetro electromecánico funcional Dynasystem al evaluar la fuerza isométrica máxima de flexión de codo a 45°, 90° y 135°.

Tiempo de Realización

Las actividades fueron realizadas en el periodo comprendido del 6 de septiembre al 6 de noviembre del año 2018, durante la estancia académica en la universidad de Granada, en el periodo comprendido del 6 al 25 de septiembre se realizó una revisión sistemática de la literatura científica publicada en distintas bases de datos relacionadas con la isometría de codo, como se señala a continuación en la figura 1.

Estrategias y Actividades

Dos semanas antes de la intervención, se estableció contacto con los participantes y se les asignó una fecha y horario para realizar las pruebas. Los participantes acudieron dos veces, con un tiempo de 2 semanas entre cada visita, al laboratorio situado en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de Granada. Cuando los participantes llegaron por primera vez al laboratorio les fue facilitado el consentimiento informado (ANEXO I) para luego someterse a las mediciones antropométricas y cumplimentaron el cuestionario de antecedentes deportivos y demográficos. Posteriormente realizaron un calentamiento de tres minutos trotando por la sala, con movilidad articular del tren superior (brazos, codo, hombro, muñeca, se les explicó la posición en la que se realizaría la prueba y se dio el espacio para resolver dudas, luego de esto se comenzó con el registro de datos de la flexión isométrica de codo).

A continuación, estando de pie realizaron ejercicios de movilidad articular de brazos al completo, con un solo movimiento global, este movimiento implica la movilidad de la muñeca, codo y hombro. Además, realizaron un calentamiento específico relacionado directamente con la prueba de la medición, realizando tres series de flexión de codo con mancuernas de 2.5 kg., con cada brazo de cinco segundos a máxima velocidad con un movimiento controlado, tomando la posición de la prueba de pierna contralateral adelantada.

Cada participante realizó seis isometrías de ocho segundos cada una. Todos los participantes realizaron las contracciones isométricas máximas a 45°, 90° y 135° de flexión de codo (0° extensión completa de codo) con cada brazo. Para el registro de datos, el participante se colocaba con el pie ipsilateral del brazo a medir paralelo a la cuerda del dinamómetro y la pierna contraria retrasada. Después se procedía a medir la angulación con la ayuda de un goniómetro, siendo el orden de los distintos ángulos a evaluar determinado de forma aleatoria antes del comienzo de la fase experimental con ayuda del programa Microsoft Excel 2010. Una vez que el participante estuviera listo y en posición se comunicaba al participante que iniciara con la flexión isométrica máxima

de codo. Se proporcionó un feedback auditivo durante los ocho segundos de duración de la flexión isométrica.

Una vez finalizada la medición se colocaba al participante en posición para la toma en el otro brazo. Efectuando el protocolo de isometría con ambos brazos el participante tenía un descanso de siete minutos para volver a colocarse encima del dinamómetro electromecánico funcional y realizar la siguiente serie de contracciones isométricas. Por último, el participante realizaba las dos isometrías restantes para finalizar con la recogida de datos. Después de dejar pasar dos semanas, el sujeto se presentaba al segundo día de mediciones, en el que los participantes acudieron al laboratorio realizaron el mismo protocolo.

Recursos

Antes del comienzo de la fase experimental se entregó a los participantes un cuestionario de antecedentes deportivos y demográficos. En este cuestionario se recogía información relativa al sexo, la edad y la mano dominante de los participantes. También se realizaron preguntas acerca de su estado de salud (como enfermedades, lesiones, etc) y de sus hábitos deportivos (ej., deporte que practica, horas a la semana que dedica a practicar el deporte, etc.) (Anexo II).

El registro de las medidas antropométricas de masa corporal (kg), la estatura (cm), el porcentaje de masa grasa (%), la masa grasa (kg) y la masa magra (kg) de los participantes. También se anotó la longitud del brazo (cm) y antebrazo (cm), y sus respectivos perímetros. La masa corporal y la estatura de los participantes fue registrada siguiendo los estándares internacionales de antropometría (Marfell-Jones, M. J., Stewart, A. D., & De Ridder, J. H, 2012). Para la medición de la masa corporal, los participantes se colocaron encima de la báscula (Báscula digital Rowenta Premiss BS1060 con peso máximo ≤ 150 Kg y 100gr de graduación, Francia) sin ningún soporte y con el peso distribuido en cada pie por igual. Para la evaluación de la estatura, los participantes se situaron de manera erguida con los dos pies juntos. Sus talones, glúteos y la parte alta de la espalda tenían que estar tocando el tallímetro (Tallímetro digital HM200D con rango de medida (cm) 120 a 200 con una graduación de 1 mm.), y con la cabeza en el plano Frankfurt horizontal.

La medición de la estatura se realizó al final de una inspiración profunda. Las mediciones del porcentaje de masa grasa (%), masa grasa (kg) y masa magra (kg) se llevaron a cabo mediante impedancia bioeléctrica (Tanita BC 418 MA Segmental). Los participantes se colocaron sobre de la báscula de bioimpedancia eléctrica (Tanita BC 418 MA Segmental) descalzos, sin ningún soporte y con el peso distribuido en ambos pies por igual.

La medición de la longitud del antebrazo y del brazo se realizaron con cinta métrica. La longitud del antebrazo se midió desde la apófisis estiloides a la epitroclea, y la longitud del brazo se midió desde la epitroclea al borde subacromial. El perímetro del antebrazo se midió en la zona más prominente y el del brazo, tanto relajado como en

contracción, se realizó en la mitad de la longitud de este. Todas las mediciones fueron realizadas en el lado derecho independientemente de la dominancia.

La medición de la fuerza isométrica media (N) durante los 8 segundos de duración de la isometría de flexión de codo a 45°, 90° y 135° grados con ambos brazos se llevó a cabo mediante dinamometría electromecánica funcional con DYNASYSTEM RESEARCH dinamómetro funcional SYMOTECH, Granada, España. Se trata de un dinamómetro electromecánico, con precisión de 3 mm para desplazamiento y 100 g para una carga detectada. Cuenta con software integrado para diseñar y controlar cualquier protocolo de entrenamiento o sesión de prueba. Tasas de muestreo para datos de 1Khz. Cargas programadas entre 5 kg y 120 kg, y velocidades entre 0,05 m / s y 2,80 m / s , (es capaz de programar carga y velocidad según necesidad o requerimiento del test). Todas las mediciones se realizaron en la misma posición, con la cuerda perpendicular a la máquina y el pie contralateral al brazo ejecutor adelantado.

La fiabilidad fue estimada a través del T-test para muestras relacionadas y mediante el tamaño del efecto (ES), el error estándar de medida (SEM), el coeficiente de variación (CV), el coeficiente de correlación intraclase (ICC), y el 90% correspondiente a los intervalos de confianza (CI). El T-test para muestras relacionadas se usó con el fin de comparar las medias entre la primera ejecución del gesto y la segunda, teniendo en cuenta el ángulo de ejecución y el segmento (dominante vs no dominante). Los análisis de fiabilidad se realizaron mediante una hoja de cálculo personalizada (Hopkins, 2000), mientras que otros análisis estadísticos se realizaron con el paquete de software SPSS (IBM SPSS versión 22.0; Chicago, IL, EE. UU.). Los diagramas de Bland-Altman se realizaron utilizando MedCalc (MedCalc software versión 12.3.0; Ostend, Bélgica). Y el nivel de significación se determinó en $p < 0.05$.

Variables

La variable independiente del presente estudio quedo representada por las tres formas de medición de la fuerza isométrica de codo (45°, 90° y 135°).

La variable dependiente es la fuerza media de los participantes en cada medición.

Producto

En la Tabla 1 se muestran los valores medios y desviaciones de fuerza para cada sesión de evaluación, los intervalos de confianza al 90% de la muestra estudiada. (Ayala, F., de Baranda, P. S., Croix, M. D. S., & Sarobe, L., 2012).

Tabla 1 . *Parámetros de fuerza media en la (N) flexión isométrica de codo a 45°, 90° y 135°*

	Sesión 1	Sesión 2	ES	SEM	CV (90%CI)	ICC (90%CI)
FM 45°	665,38	664,77	0,00	57,0	12,71 (9,98;	0,89 (0,77;
DOM	(247,54)	(251,22)			17,8)	0,95)
FM 45°	667,39	627,34	-0,17	57,2	8,58 (6,73;	0,95 (0,9;
NO DOM	(254,41)	(243,32)			12,01)	0,98)
FM 90°	652,65	614,33	-0,17	53,9	7,2 (5,66;	0,97 (0,92;
DOM	(251,74)	(219,70)			10,09)	0,98)
FM 90°	649,49	619,79	-0,13	53,5	10,9 (8,55;	0,92 (0,82;
NO DOM	(222,02)	(241,00)			15,16)	0,96)
FM 135°	842,43	743,46	-0,33	70,7	13,61	0,88 (0,76;
DOM	(308,05	(303,25)			(10,68;	0,95)
					19,05)	
FM 135°	834,51	699,56	-0,57	55,9	11,53 (9,05;	0,88 (0,74;
NO DOM	(256,81)	(233,75)			16,15)	0,94)

Nota: ES, error estándar; SEM, error estándar de la media; CV-CI intervalo de confianza al 90%; ICC índice de correlación interclase al 90%.

Entre los resultados de una sesión y otra, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$). Lo que sugiere un buen nivel de fiabilidad para las mediciones. Se observa como los índices convencionales se encuentran entre valores del 7-13%, mientras que para el ICC se muestran valores entre el 0,88 y el 0,97.

Sin embargo en los diagramas de Bland-Altman (Figura 1) aplicados al estudio, se observa que aparecen datos por encima y por debajo de la media, cuando sería ideal que todas las mediciones se mantuvieran sin mostrar dicha dispersión. Aun así es posible

observar como la gran mayoría de esas mediciones, excepto 5 de ellas, se mantienen dentro del intervalo de confianza del 90%, asegurando que todas las mediciones tomadas sean fiables. Es posible identificar como los resultados más fiables son los obtenidos en la posición de 45° en el brazo dominante, donde la media se mantiene en 0,6 N, lo más cercano al cero de todas las posiciones, seguidas de la posición de 90° y finalmente la de 135°.

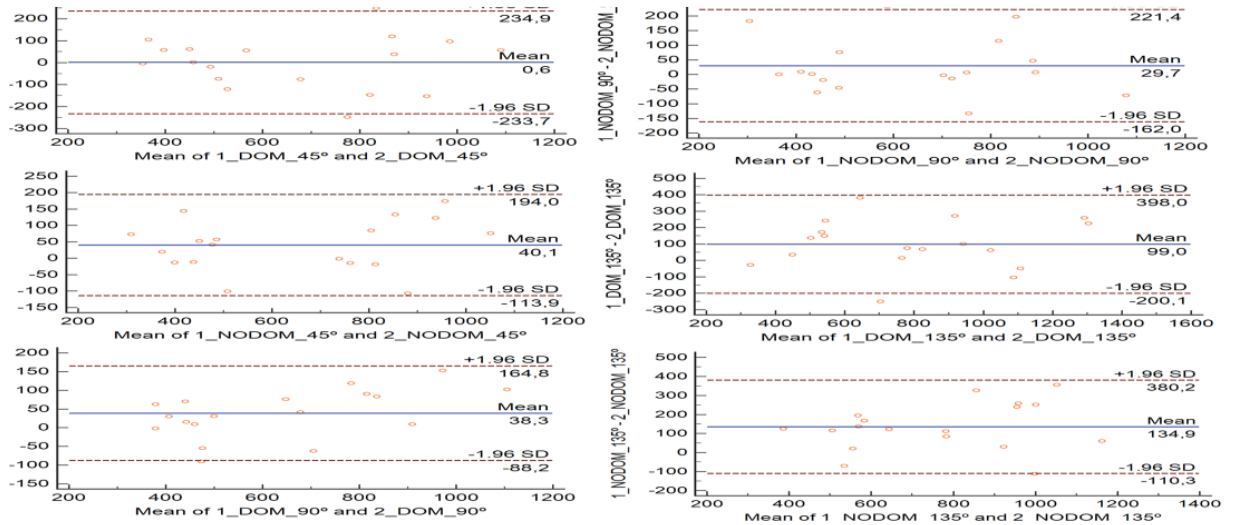


Figura 3. Diagramas de Bland-Altman que identifican el valor medio de la fuerza ejercida por los participantes en cada toma. Donde la línea continua ubicada al centro indica el valor medio de la fuerza para cada repetición y las líneas discontinuas el intervalo de confianza al 90%.

Conclusiones

Analizando los resultados obtenidos a través del análisis estadístico de los datos, las principales conclusiones a las que hemos llegado son:

1.- El dinamómetro electromecánico funcional Dynasistem Health demostró ser una herramienta con alta fiabilidad para medir la fuerza isométrica de la flexión de codo.

2.- La confiabilidad es mayor al evaluar la fuerza isométrica máxima de flexión de codo a 45°.

Teniendo en cuenta que la precisión en la determinación de la relación de fuerza media parece mejorarse cuando los puntos experimentales están ubicados cerca del eje, lo más cercana al cero, la posición de 45° del brazo dominante resulta ser la de mayor tendencia central.

Referencias

- Fernandez B., Terrados N., J. Perez-Landaluce y M. Rodríguez. (1992). Patología del paraguismo. *Archivos de medicina del deporte*, 315-318.
- Baiget, E., Corbi, F., Fuentes, J. P., & Fernández-Fernández, J. . (2016). The relationship between maximum isometric strength and ball velocity in the tennis serve. *Journal of human kinetics*, 53(1), 63-71.
- Baumgartner, T. (1989). Norm-referenced measurement: reliability. *Measurement concepts in physical education and exercise science* DIO:5.10.1519/JSC.0b013e3181aa36b8, 20:45-47.
- Bootvong K. y col. (2010). Virtual model analysis as an alternative approach to plaster model analysis: reliability and validity. *The European Journal of Orthodontics*, 32:589-598 .
- Bosco, C. (2000). *La fuerza muscular Aspectos metodológicos* . Barcelona, España: INDE .
- Caldwell L. y col. (1974). A proposed standard procedure for static muscle strength testing. *The American Industrial Hygiene Association Journal*, 35:201-206.
- Cárdenas, D. C.-G. (2017). La fatiga como estado motivacional subjetivo. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 10(1), 31-41.
- Cerda y col. (2018). Validity and reliability of evaluating hip abductor strength using different normalization methods in a functional electromechanical device. *PLoS ONE*, 13 (8)1-12.
- Chamorro, C. (2017). *Confiabilidad y validez de un nuevo dinamómetro electromecánico funcional en la evaluación de la fuerza isométrica máxima de los rotadores mediales y laterales de hombro: Influencia de la posición articular*. Granada, España: Tesis Univerisdad de Granada. Programa oficial de Doctorado en: Actividad Física y Salud.
- Chen, T. C., Chen, H. L., Lin, M. J., Wu, C. J., & Nosaka, K. (2009). Muscle damage responses of the elbow flexors to four maximal eccentric exercise bouts performed every 4 weeks. *European journal of applied physiology*, 106(2), 267-275.
- Corral, Y. (2009). Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recoleccion de datos. *Revista ciencias de la educación*, 228-247.
- Correa & Ermith. (2009). *Principios y metodos para el entrenamiento de la fuerza muscular*. Bogotá, Colombia: Universidad del Rosario.

- Currell K. y Jeukendrup A. (2008). Validity, reliability and sensivity of measures of sporting performance. *Sports medicine*, 38:297-316.
- Dal Maso F., Begon M. y Raison M. . (2017). Methodology to Customize Maximal Isometric Forces for Hill-Type Muscle Models. *Journal of applied biomechanics*, 80-86.
- Díaz, J. (2008). La técnica de los ejercicios de fuerza. *Ssport tráining magazine*, 38-43.
- Do Amaral P. y col. (2018). Reference values for muscle strength: a systematic review with a descriptive meta-analysis. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 122 1-15.
- Falk, B., Brunton, L., Dotan, R., Usselman, C., Klentrou, P., & Gabriel, D. (2009). Muscle strength and contractile kinetics of isometric elbow flexion in girls and women. *Pediatric exercise science*, (21)3, 354-364.
- González & Gorostiaga. (2002). Capitulo 1.- Concepto de fuerza. En J. & González, *Fundamentos del Entrenamiento de la Fuerza: Aplicación Al Alto Rendimiento* (págs. 19-60). Barcelona, España: INDE Publicaciones.
- González & Ribas. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona, España: INDE.
- Hopkins, W. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports medicine*, 30:1-15.
- Howell J. y col. (1994-2018). Reliability and Validity. *Writing@CSU. Colorado State University*, 1-15 recuperado de: <https://writing.colostate.edu/guides/guide.cfm?guideid=66>.
- Knuttgen & Komi. (2003). Part 1: Definitions, Basic considerations for exercise. En P. Komi, *Strength and power in sport* (págs. 3-10). Malden, USA: Blackwell science.
- Navarro, González & Requena. (2008). La fuerza muscular, análisis, desarrollo y pruebas de evaluación. . En P. Rodríguez, *Ejercicio físico en salas de acondicionamiento muscular; Bases científico- medicas para una práctica segura y saludable* (págs. 9-28). Madrid, España: Panamericana.
- Nodari, L. (Junio de 2018). Evaluación de la fuerza. *Desarrollo de temáticas referidas al entrenamiento* . Instituto de Educación Física "Dr. Jorge E. Coll" 9-016.

- Bohannon R. (2012). Hand-held dynamometry: A practicable alternative for obtaining objective measures of muscle strength. *Isokinetics and Exercise Science* DOI:4.10.3233/IES-2012-0476, 20:301-315.
- Rodríguez, D. (2017). *La velocidad de ejecución como variable para el control y la dosificación del entrenamiento y como factor determinante de las adaptaciones producidas por el entrenamiento de la fuerza*. Sevilla, España: Tesis doctoral.
- Sale D. y Norman R. (1991). Testing strength and power. *Physiological testing of the high-performance athlete*, 21-206.
- Schaefer L. y Bittmann F. (2017). Are there two forms of isometric muscle action? Results of the experimental study support a distinction between a holding and a pushing isometric muscle function. *Schaefer and Bittmann BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 2-13.
- Schrama P.,Stenneberg M.,Lucas C.,Trijffel E. (2014). Intraexaminer Reliability of Hand-Held Dynamometry in the Upper Extremity: A Systematic Review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95:2444-2469.
- Simpson y col. (2019). Peak torque, rate of torque development and average torque of isometric ankle and elbow contractions show excellent test–retest reliability. *Hong Kong Physiotherapy Journal*, (39) 1 67–76.
- Staniszewski M. y col. (2015). Use of a variable-cam for strength training of the elbow flexors. *Isokinetics and Exercise Science*, 23:161-168.
- Wang L. y col. (2015). Fatigue-related electromyographic coherence and phase synchronization analysis between antagonistic elbow muscles. *Exp Brain Res*, 233:971–982.
- Yang Q. y col. (2009). Weakening of functional corticomuscular coupling during muscle fatigue. *Brain Research*, 101-112.
- Ye X., Beck T., Wages N. (2015). Relationship between innervation zone width and mean muscle fiber conduction velocity during a sustained isometric contraction. *Musculoskelet Neuronal Interact Journal*, 15(1):95-102.
- Yoon T., Schlinder-Delap B., Hunter S. (2013). Fatigability and recovery of arm muscles with advanced age for dynamic and isometric contractions. *Experimental Gerontology*, 48: 259–268.
- Youn w. y Kim J. (2010). Estimation of elbow flexion force during isometric muscle contraction from mechanomyography and electromyography. *International Federation for Medical and Biological Engineering*, 48:1149–1157.



**FORMATO DE INFORME DE ACTIVIDADES REALIZADAS
BECA MIXTA**

Nombre del becario:					
Cordero		Tinajero		Jaqueline	
Kristal					
Apellido Paterno		Apellido Materno		Nombre(s)	
No. de becario: _____	CVU: 887387	Grado: Maestría			
Institución Origen Universidad Autónoma de Nuevo León					
Nombre del Programa de Posgrado Maestría en Actividad Física y Deporte					
Institución Destino Universidad de Granada				País	
España					
Modalidad :	En el extranjero	Movilidad nacional	En los sectores de Interés		Programas de Doble Titulación
			En el país	En el extranjero	
Período de la Beca Mixta :	de: 06 / 09 /2018	a: 06 / 11 /2018			
	dd / mm / aaaa	dd / mm / aaaa			

Actividades Realizadas (elegir una opción de calificación):

Desempeño Académico	Satisfactorio <input checked="" type="checkbox"/>	No Satisfactorio <input type="checkbox"/>
Cumplimiento del plan de trabajo presentado	Sí cumplió <input checked="" type="checkbox"/>	No cumplió <input type="checkbox"/>
Cumplió con el objetivo de la Beca Mixta	Sí <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Comentarios sobre la evaluación:		

Dra. Rosa María Cruz Castruita
Vo. Bo. Del Coordinador Académico de
Posgrado

Dr. Germán Hernández Cruz
Nombre y firma del Tutor

Dr. Luis Javier Chiroso Ríos
Nombre y firma del Co tutor

Lic. Jaqueline Kristal Cordero Tinajero
Nombre y firma del Becario

Fecha de evaluación: ____/____/20____
dd mm aaaa

Anexos

Anexo I

Hoja de información al participante.

PROYECTO DE EVALUACIÓN DEL BICEPS

Estimado señor/a:

Este documento constituye su aceptación formal para colaborar de forma voluntaria en el siguiente estudio de investigación. Además de ser, requisito indispensable para participar en él.

A continuación, se explicaran los tratamientos a los que el sujeto de estudio se someterá, con la intención de que pueda decidir libremente su incorporación al estudio.

Se llevarán a cabo dos sesiones de evaluación con un descanso de dos semanas. Se realizará un calentamiento inicial de la musculatura implicada en la flexo/extensión del codo. El protocolo de evaluación de la fuerza isométrica de flexión de codo será el siguiente:

1. La fuerza isométrica de flexión de codo a 45°, 90° y 135° se evaluará mediante el uso del dinamómetro DYNAsystem:

a. Primera isometría: el brazo derecho y a continuación el brazo izquierdo.

b. Segunda isometría: el brazo derecho y a continuación el brazo izquierdo.

c. Tercera isometría: el brazo derecho y a continuación el brazo izquierdo.

En ninguna fase de isometría se repetirá la misma angulación de codo para el mismo brazo, es decir, la prueba se compondrá de un total de 6 isometrías, 3 por cada brazo.

Tras realizar cada fase de isometría se realizará un descanso completo de 7 minutos.

Comprendido todo lo anterior:

Yo, D. _____ con DNI _____
acepto participar en el proyecto de evaluación del bíceps que se llevará a cabo en la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Granada.

Si decido participar en dicho experimento, comprendo que durante el proceso deberé comprometerme a:

1. Asistir a las mediciones planificadas.
2. Permitir el uso de los datos recogidos en las evaluaciones del estudio para la elaboración de dicha investigación.
3. No realizar ningún tipo de entrenamiento específico de fuerza isométrica paralelo al estudio que pueda suponer una variable contaminante en el estudio.
4. Indicar cualquier problema, o patología que sea relevante y que pueda afectar directamente a mi seguridad o desempeño tanto en las mediciones previas o posteriores.
5. No ingerir alcohol ni sustancias estupefacientes al menos un día antes de la prueba.
6. No realizar un trabajo de musculación previo a la prueba ni que suponga un elevado esfuerzo físico.

Por todo lo anterior hago constar, que he recibido información clara y concisa sobre la participación en este proyecto, habiéndose resuelto todas las dudas y preguntas que hayan surgido acerca del mismo.

Igualmente certifico que he sido informado de los siguientes puntos:

1. Comprendo que mi participación es voluntaria.
2. Comprendo que puedo retirarme del estudio cuando quiera, sin tener que dar explicaciones y sin que esto repercuta de ninguna manera en mí.
3. Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.
4. Las muestras obtenidas en este estudio sólo serán utilizadas para los fines específicos del mismo.

Granada, a de , del 2018.

Firma:

Anexo II

Cuestionario de datos generales y deportivos.

RECOGIDA DE DATOS:

NOMBRE

CORREO

MOVIL

EDAD

SEXO

MANO DOMINANTE

¿Tienes alguna enfermedad?:

o Si la respuesta es Sí, ¿Cuál?:

.....
.....

¿Tomas alguna medicación?:

o Si la respuesta es Sí, ¿Cuál?:

.....
.....

¿Has tenido alguna lesión en miembro superior?¿cual?

o Si la respuesta es Sí, ¿Hace cuanto tiempo?:

¿Has perdido la sensibilidad en brazo, antebrazo, manos o dedos?

¿Practicas algún deporte?:

o Si la respuesta es Sí, ¿Cuál?:

.....
.....

o ¿Cuántas horas a la semana?:

o ¿Cuántos años llevas practicando ese deporte?:

¿Cuántas horas a la semana dedicas a la musculación?:

¿Tomas algún tipo de suplementación?

o Si la respuesta es Sí, ¿Cuál?:

PESO 1 (kg)	PESO 2 (Kg)	PESO MEDIO (Kg)	MASA GRASA (%)	MASA GRASA (Kg)	MASA MAGRA (Kg)

TALLA 1 (Cm)	TALLA 2 (Cm)	TALA MEDIA (Cm)

ANTEBRAZO (Cm)	PERÍMETRO DEL ANTEBRAZO (Cm)

BRAZO (Cm)	PERÍMETRO DEL BRAZO RELAJADO (Cm)	PERÍMETRO DEL BRAZO CONTRAIDO (Cm)

Resumen autobiográfico
JAQUELINE KRISTAL CORDERO TINAJERO

Candidato para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte

Con Orientación en Alto Rendimiento Deportivo

Reporte de Prácticas Profesionales/Tesina: **CONFIABILIDAD DE LA
DINAMOMETRÍA ELECTROMECAÁNICA FUNCIONAL EN UN PROTOCOLO
DE ISOMETRÍA DE CODO**

Campo temático: XX

Lugar y fecha de nacimiento: Hidalgo del Parral, Chihuahua 22 de Octubre de 1990

Lugar de residencia: Monterrey, Nuevo León

Procedencia académica: Facultad de Ciencias de la Cultura Física de la Universidad
Autónoma de Chihuahua.

Experiencia Propedéutica y/o Profesional:

Como docente interina de la asignatura de Educación Física en la escuela Gustavo Díaz
Ordaz en el ciclo escolar 2016-2017.

E-mail: jaquelef2@gmail.com