



Universidad de Río Negro

“Relación entre el desempeño neuromuscular y el rendimiento en canotaje 200mts (o pruebas de velocidad) en deportistas juveniles varones de representación nacional.”

Tesina presentada para cumplir con los requisitos finales para la obtención del título de Licenciado en Educación Física y Deporte.

Autor: Pablo Alejandro Bottoso.

Director de Tesina: Prof. Matías Scavo.

Fecha: enero 2016

Desempeño neuromuscular y rendimiento en canotaje 200 mts. Pablo Bottoso.

Aceptación del Director.

Por la presente nota, quien subscribe, certifica la aceptación como Director de la Tesina de grado (UNRN) de la carrera Licenciatura de E.F y D del tesista. Bottoso, Pablo, informando que el tema de la misma es " "Relación entre el desempeño neuromuscular y el rendimiento en canotaje 200mts (o pruebas de velocidad) en deportistas juveniles varones de representación nacional."

Firma Director de Tesina

Epígrafe, dedicatoria:

Quiero agradecer especialmente a mi familia por ser un gran soporte, por apoyarme, por darme la posibilidad de concretar en este proyecto, y hasta ayudarme a corregir la tesis. Le agradezco a Matías Scavo por guiarme, ayudarme, enseñarme y estar totalmente a mi disposición cuando lo necesite. A Julián Algañarás, por ayudarme con la evaluación del k1 200mts, con el armado de la pista y poner a mi disposición a su equipo de entrenamiento. Por último y no menos importante, a los palistas que colaboraron con el proyecto, poniéndose a mi disposición cada vez que los necesité, aportando de su tiempo y energía: Manuel Lascano, Agustín Rodríguez, José Higuera, Joaquín Ranedo, Mariano y Julián Kromberger, Sebastián Vergaúven, Sebastián Jocano, Ignacio Lommo, Bruno Colos y Juan Pablo Salcedo.

Sin ellos esto no hubiera sido posible.

INDICE:

Resumen

Introducción

Capítulo 1: EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema.....	11
1.2 Interrogantes del estudio.....	11
1.3 Objetivo general.....	11
1.4 Objetivos específicos.....	11
1.5 Justificación.....	12

Capítulo 2: MARCO TÉORICO

2.1 Canotaje.....	14
2.2 La palada.....	17
2.3 Potencia neuromuscular	19
2.4 Concepto de potencia mecánica.....	20
2.5 Concepto de potencia muscular.....	21
2.6 Intensidad de la realización de los ejercicios.....	22
2.7 Análisis test de pesos progresivos.....	23
2.8 Control neuromuscular en el núcleo corporal “Core”.....	27
2.9 Concepto de core.....	27
2.10 Estabilidad del core.....	29
2.11 Anatomía de la musculatura del core.....	31

Capítulo 3: CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

3.1 Tipo de investigación.....	34
3.2 Diseño de la investigación.....	34
3.3 Técnicas y procedimientos.....	38
3.4 Metodología de análisis cuantitativo de la técnica de paleo.....	38
3.5 Protocolo con pesos progresivos.....	40
3.6 Metodología de valoración del core.....	45
3.7 Escala de percepción subjetiva del esfuerzo.....	51
3.8 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	53
3.9 Análisis cuantitativo de técnica de paleo.....	53
3.10 Medición “Press de Banca” y “Remo en Banca”.....	55

3.11 Protocolo de estabilidad del “Core”.....	58
3.12 Análisis Estadístico coeficiente de determinación y correlación.....	61

Capítulo 4: ANALISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Presentación y análisis de datos.....	63
Resultados del análisis cuantitativo de la técnica de paleo.....	63
Resultados del test de pesos progresivos.....	66
Resultados de la evaluación del “Core”.....	68
Resultados percepción subjetiva del esfuerzo.....	68
4.2 Correlación entre fuerza máx y tiempo.....	69
4.3 Correlación entre potencia máx y tiempo.....	73
4.4 Correlación entre estabilidad del Core y tiempo.....	74
4.5 Correlación entre fuerza máx y FCL, LCL e ICL.....	75
4.6 Correlación entre potencia máx y FCL, LCL E ICL.....	81
4.7 Relación entre fuerza máx y potencia máx.....	85
4.8 Correlación entre FCL, LCL E ICL y tiempo.....	87

Capítulo 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Discusión.....	90
5.2 Conclusiones.....	92
5.3 Recomendaciones.....	93

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICO

Tablas:

Tabla 1. Musculatura del Core.....	33
Tabla 2. Operacionalización de Variables	36
Tabla 3. Fórmulas para la recopilación de datos de en el kayak.....	39
Tabla 4. Valoración de la resistencia muscular central.....	51
Tabla 5. Grado de correlación.....	62
Tabla 6. Análisis cuantitativo de técnica de paleo en aguas tranquilas.....	64
Tabla 7. Tiempo de los palistas cada 50mts.....	64
Tabla 8. Fuerza y potencia máxima en press de banca y remo en banca.....	66
Tabla 9. Valoración de la estabilidad del Core	6868
Tabla 10. Escala de Robertson. Percepción subjetiva del esfuerzo.....	69

Gráficos:

Gráfico 1. Press de banca plano con barra libre.....	44
Gráfico 2. Remo en banco.....	45
Gráfico 3. Escala de Robertson.....	52
Gráfico 4: Resultados del Software Real Power 2001.....	58
Gráfico 5: Tiempo de los palistas cada 50mts.....	6565
Gráfico 6. Fuerza y potencia máxima absoluta en press de banca.....	6767
Gráfico 7. Fuerza y potencia máxima absoluta en remo en banca.....	6767
Gráfico 8. Fuerza máxima en Press de banca (N) y tiempo.....	70
Gráfico 9. Fuerza máxima en Remo en banca (N) y tiempo.....	7171
Gráfico 10. Carga máxima en Press de banca (Kg) y tiempo.....	7272
Gráfico 11. Carga máxima en remo en banca (kg) y tiempo.....	72

Gráfico 12. Potencia máxima absoluta en Press de Banca y el tiempo.....	73
Gráfico 13. Potencia máxima absoluta en Remo en banco y el tiempo.....	74
Gráfico 14. Estabilidad del core y tiempo.....	75
Gráfico 15. Fuerza máxima rel en press de banca y FCL.....	76
Gráfico 16. Fuerza máxima abs en press de banca y LCL.....	77
Gráfico 17. Fuerza máxima abs en press de banca e ICL.....	78
Gráfico 18. Fuerza máxima rel en Remo banca y FCL.....	79
Gráfico 19. Fuerza máxima abs en Remo banca y LCL.....	80
Gráfico 20. Fuerza máxima absoluta en Remo en banca e ICL.....	81
Gráfico 21. Correlación Potencia máx rel P.B y FCL	82
Gráfico 22. Correlación entre la potencia máx abs y la LCL.....	82
Gráfico 23. Correlación entre la potencia máx abs y el ICL.....	83
Gráfico 24. Correlación entre la potencia máx rel en R.B y la FCL.....	84
Gráfico 25. Correlación entre la potencia max abs en R.B y LCL.....	85
Gráfico 26. Correlación entre la pot max abs e ICL.....	85
Gráfico 27. Fuerza máxima y la Potencia máxima en Press de banca.....	86
Gráfico 28. Fuerza máxima y la Potencia máxima en Remo en banca.....	86
Gráfico 29. Correlación entre la FCL y el tiempo en k1 200mts.....	87
Gráfico 30. Correlacion entre LCL y el tiempo en k1 200mts.....	88
Gráfico 31. Correlación entre ICL y el tiempo en k1 200mts	88
Gráfico 32. Grado de correlación entre F. máx y P. máx en R.B y P.B, y estabilidad del core con el tiempo en k1 200mts, FCL, LCL e ICI.....	89

RESUMEN

Esta investigación estudió el grado de correlación que existe entre la fuerza máxima, la potencia neuromuscular y la estabilidad del core con el rendimiento en canotaje, específicamente en la prueba individual de 200mts (k1 200mts). Al mismo tiempo se correlacionó las variables antes mencionadas con la frecuencia, longitud e índice de ciclo. Y estas últimas con el rendimiento en k1 200mts.

Para ello, se evaluó a 11 palistas de representación nacional en la prueba k1 200mts, se evaluó su fuerza y potencia máxima en los ejercicios de press de banca (PB) y remo en banca (RB) y se les realizó un test de estabilidad del core, protocolo de valoración propuesto por McGill.

Se encontró una correlación alta entre la fuerza máxima en ambos ejercicios y el rendimiento en k1 200mts, la potencia máx en press de banca también evidenció elevada correlación con el tiempo en k1 200mts. No se encontró relación alguna entre la estabilidad del core y el rendimiento en esta prueba. Por otro lado, se encontró un alto grado de relación entre la potencia máx relativa en PB y la frecuencia de ciclo (FLC), y entre la potencia máxima absoluta en PB y el índice de ciclo (ICL). Al mismo tiempo, la FLC y el ICL resultaron estar altamente correlacionados con el rendimiento en k1 200mts.

INTRODUCCIÓN

El propósito de esta investigación fue medir el grado de relación que existe entre la fuerza y la potencia del tren superior, y el rendimiento en canotaje, específicamente la prueba individual de 200mts (k1 200mts). Esta prueba paso a ser olímpica en los juegos de Londres 2012, por esta razón es una prueba que no ha sido muy estudiada en el pasado y en los últimos años se ha volcado la atención de los entrenadores hacia ella.

La hipótesis de esta investigación es que existe una importante asociación entre la fuerza y potencia del tren superior y el rendimiento en k1 200mts. Aunque se encontró poca evidencia científica que avale dicha asociación, el entrenamiento de la fuerza y la potencia del tren superior están presentes en el entrenamiento cotidiano del canotaje. Además autores como Mc Kean (2009); Fekete, et al. (1998); Mann, et al (1980); Trevithick, et al. (2007); Wassinger, (2007); destacan la importancia de la fuerza y potencia de tracción que el palista debe aplicar para lograr la mayor propulsión de la embarcación.

Esta investigación se llevó adelante en el año 2015 en Viedma (Rio Negro) y en Carmen de Patagones (Buenos Aires). Para realizar la misma se realizaron 3 Tests:

1. K1 200mts. a través del cual se realizó el análisis cuantitativo de la técnica de paleo.
2. Se realizó el protocolo con pesos progresivos para valorar la fuerza aplicada, velocidad y potencia mecánica en los ejercicios contra resistencia gravitatorias. En este caso Press de banca y Remo en banco.
3. Protocolo de valoración de la estabilidad del core propuesto por McGill.

Los principales hallazgos de la investigación fueron los siguientes:

- Importante relación entre la fuerza máxima en ambos ejercicios, press de banca y remo en banco, con el rendimiento en k1 200mts. ($r = -0,85$ y $r = -0,79$)

respectivamente). Estos resultados aparentemente indican que la fortaleza del tren superior (específicamente en los ejercicios antes mencionados) es crucial para tener un buen rendimiento en k1 200mts.

- Alta relación entre la potencia máxima en press de banca y el rendimiento en k1 200mts. ($r = -0,85$).
- Tanto la Frecuencia de ciclo (FCL) como el Índice de ciclo (ICL) resultaron estar altamente relacionados con el rendimiento en k1 200mts ($r = 0,7$ y $-0,75$ respectivamente). Lo cual indicaría que la "FCL" y el "ICL" son dos aspectos muy importantes para el rendimiento en 200mts dentro de lo que se refiere al análisis cuantitativo de la técnica de paleo.
- Importante grado de relación entre la potencia máx absoluta en press de banca y el Índice de ciclo (ICL). ($r = 0,86$). Esta información podría explicar el alto grado de relación que mencionábamos anteriormente de la potencia máxima en press de banca con el rendimiento en k1.200mts. Ya que, como demuestra este resultado, la potencia en press de banca está muy relacionada con el "ICL" y "FCL", los cuales al mismo tiempo están altamente correlacionados con el rendimiento en k1 200mts.
- Correlación significativa alta entre la potencia máxima relativa en press de banca y la frecuencia de ciclo (FCL). ($r = 0,8$).

CAPÍTULO 1.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es necesario justificar la inclusión de los programas de fuerza en el entrenamiento de canotaje y determinar si hay correlación alguna con el desempeño “en el agua” o sobre el kayak.

La problemática a resolver tiene que ver con la escases de información y estudios que relacionen la fuerza máxima, la potencia neuromuscular y la estabilidad del core con el rendimiento en la prueba de 200 metros de canotaje en kayak individual.

1.1 Interrogantes

- ¿Cuál es la influencia de la potencia neuromuscular, la estabilidad del core y la fuerza máxima en los ejercicios de press de banca y remo en banca sobre el rendimiento en k1 200mts?
- ¿Cuál es la influencia de la potencia neuromuscular, la estabilidad del core y la fuerza máxima en los ejercicios de press de banca y remo en banca sobre la longitud, frecuencia e índice de ciclo en k1 200mts?
- ¿Qué relación existe entre la longitud, frecuencia e índice de ciclo y el rendimiento en k1 200mts?
- ¿Qué relación existe entre la fuerza máxima y la potencia máxima?

1.2 Objetivo General

Determinar la influencia de la fuerza máxima y la potencia neuromuscular del tren superior, y la estabilidad del core sobre el rendimiento en k1 200mts.

1.3 Objetivos Específicos

- Valorar el rendimiento en K1 200mts utilizando el software de análisis biomecánico “Kinovea”.

- Aplicar un protocolo de valoración neuromuscular para la observación y evaluación de la relación carga - potencia muscular y “fuerza máxima” en los ejercicios de press de banca y remo en banco.
- Evaluar la estabilidad del “Core” a partir de la aplicación del protocolo de valoración de la estabilidad del core propuesto por McGill.
- Establecer relación entre:
 1. La fuerza máxima en los ejercicios de press de banca y remo en banco con el tiempo en k1 200mts.
 2. La potencia máxima en los ejercicios de press de banca y remo en banco con el tiempo en k1 200mts.
 3. La estabilidad del core con el tiempo en k1 200mts.
 4. La fuerza máxima en los ejercicios de press de banca y remo en banco y la longitud, frecuencia e índice de ciclo.
 5. La potencia neuromuscular en los ejercicios de press de banca y remo en banco y la longitud, frecuencia e índice de ciclo.
 6. La frecuencia, longitud e índice de ciclo y el tiempo en k1 200mts.
 7. La fuerza máxima y la potencia máxima en press de banca y remo en banco.

1.4 Justificación

Los siguientes elementos de juicio han dado justificación a la elección de la temática abordada:

- Pocos estudios que específicamente correlacionen potencia neuromuscular y/o la fuerza máxima con el rendimiento en k1 200mts, y complementariamente, la incidencia diferencial en tal relación de ciertos parámetros de rendimiento como la frecuencia y la longitud de ciclo.
- Insuficiencia de estudios sobre esta correlación a través de ejercicios evaluados con encoder rotatorio.
- Carencia de investigaciones que correlacionen la estabilidad del core con el rendimiento en la prueba de canotaje k1 200mts.

- Necesidad de contar con datos e información de estudios que proporcionen resultados y conclusiones sobre la temática en cuestión, a los fines de aportar al entrenamiento de una actividad que demanda altos estándares de potencia muscular, fuerza máxima y estabilidad del core como lo es la prueba de k1 200mts .

Según McKean (2009) no hay evidencia en la literatura que demuestren una correlación entre el entrenamiento de fuerza y el desempeño “en el agua” en canotaje. De acuerdo con McKean la fuerza máxima, la potencia y la fuerza resistencia no ha sido investigada o validada aunque estén presentes en el entrenamiento cotidiano de canotaje.

Existe una necesidad de justificar la inclusión de los programas de fuerza en el entrenamiento de canotaje y determinar si hay correlación alguna con el desempeño “en el agua” o sobre el kayak.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Canotaje o piragüismo de aguas tranquilas

El piragüismo de aguas tranquilas, también llamado piragüismo de velocidad, es un deporte olímpico en el cual los hombres y las mujeres compiten en kayak individual, doble o cuádruplo en distancias rectas de 200, 500 y 1000 metros.

El instrumento de propulsión y estabilización es una pala de paletas gemelas que el atleta sujeta con ambas manos ejecutando una y otra vez el mismo elemento o gesto técnico, que consiste en alternar los movimientos en el paleo: la secuencia de movimientos en el lado derecho de la embarcación seguidos por la secuencia de movimientos en el lado izquierdo. Juntas las dos secuencias de movimientos constituyen un ciclo de palada. Al ser ésta una secuencia motriz cíclica, es posible observarla con facilidad en forma repetida para luego hacer conclusiones sobre cómo el palista ejecuta los movimientos (Nitsch, et al, 2002; citado por Espinosa, 2011).

Al repetir sistemáticamente la ejecución de los movimientos, en las sesiones de entrenamiento, el atleta no solamente alcanza la adaptación en la actividad muscular que estimula las modificaciones en los sistemas funcionales y morfológicos de su organismo, sino que también se producen las mejoras en las capacidades que aumentan el potencial motor y la técnica de ejecución de los movimientos (Viru, 2001; citado por Espinosa, 2011).

Nitsch, et al, (2002); (citado por Espinosa, 2011) define a la técnica como:

“...el modelo ideal de una secuencia de movimientos, podría ser la representación de la solución perfecta de la tarea motriz, considerarla como patrón, debiendo permitir la aplicación de la fuerza y la velocidad de movimientos máximas” (p.40)

En todos los aspectos del desarrollo del rendimiento y de la actividad deportiva de un atleta, la técnica en algunos deportes como el piragüismo, es un factor muy importante que incluso tiene un papel determinante para la obtención de resultados exitosos (Grosser y Neumaier, 1982; citado por Espinosa, 2011).

Por otro lado, normalmente el entrenador tiene mucho interés en identificar los defectos de los movimientos durante su ejecución, como pueden ser: las posiciones del tronco, de la cabeza y de los hombros, la curvatura de la espalda, la empuñadura en la pala, los movimientos de las piernas, de los brazos, de la pala y el desplazamiento de la embarcación (Vinuesa, 1990; citado por Espinosa, 2011). Este tipo de defectos técnicos pueden ser detectados con un análisis visual a partir de registros de video.

Pero los objetivos del entrenamiento de la técnica requerirán además, que los movimientos del paleo sean eficaces, es decir, que consigan en el menor tiempo y con el menor esfuerzo posible el mejor resultado. El efecto de los entrenamientos deberá lograr que haya fiabilidad en la obtención de los resultados, que el atleta pueda reproducir los resultados teniendo la capacidad de regeneración, y este efecto eventualmente se expresará en el palista con una confianza en si mismo (Nitsch, et al, 2002; citado por Espinosa, 2011).

Según Espinosa (2011)

“La dinámica de la frecuencia de palada (ciclos en un minuto) y la velocidad de la embarcación depende de varios factores: las cualidades y el estilo del palista, el tipo de embarcación, el estado de entrenamiento del atleta y la longitud de la competencia.”(p.41)

De acuerdo con Mann y Kearney, (1980); (citado por Espinosa, 2011):

“La velocidad varía durante la ejecución de un ciclo de palada, se incrementa debido a las fuerzas propulsoras que actúan en la paleta, y entre las paladas la resistencia del agua frena al kayak.”(p.41)

Para Espinosa (2011) la técnica de paleo busca alcanzar la máxima velocidad de desplazamiento en un distancia dada, a través de una acción motriz propia del deportista y próxima a un movimiento ideal, que le permita la utilización, de la forma más racional y económica de su potencial individual.

A pesar de una velocidad promedio alta del kayak y una alta frecuencia de palada, no existe una relación entre estos dos parámetros, pero si se distingue más el buen desempeño por una alta frecuencia de palada que por una palada larga (Kendal y Sanders, 1992; citado por Espinosa, 2011).

La frecuencia de palada es muy importante y es posible establecerla después de monitorear diferentes opciones al incorporarla al entrenamiento, por lo que este concepto puede utilizarse perfectamente como parámetro de la preparación tanto técnica como funcional de los atletas (Toro, 1986; citado por Espinosa, 2011).

La velocidad promedio en la distancia recorrida es la media de las velocidades promedio de cada palada, si se desea incrementar la potencia en la palada se puede usar una “cuchara” de mayor área de contacto al agua, que exige un esfuerzo superior y disminuye la frecuencia del ciclo de palada; así para una frecuencia y longitud de palada dadas, existe una demanda de esfuerzo determinado durante cada palada (Michael et al., 2009; citado por Espinosa, 2011).

Según Michael et al, (2009), (citado por Espinosa, 2011):

“El atleta requiere ejercer su máximo esfuerzo a lo largo de toda la distancia a recorrer en una competición, y si pretende maximizar la velocidad del kayak será necesario generar una potencia promedio mayor durante cada palada, que las fuerzas promedio sean grandes, y exhibir también importantes habilidades técnicas, además de utilizar la máxima capacidad metabólica”. (p.42)

La palada

La palada en canotaje es un complejo patrón de movimiento y coordinación en el cual existe una rotación del tronco desde una posición de sedestación que involucra rotación del tronco y la estabilización del mismo. A través de cada palada el palista no solo debe mantenerse equilibrado, sino que debe aplicar la mayor potencia posible sobre la pala, a través de una acción sincronizada con las piernas y la cadera, la rotación del tronco y finalmente el tren superior traccionando alternadamente a ambos lados de la embarcación (Mc Kean, 2009).

Fekete, et al. (1998); Mann, et al (1980); Trevithick, et al. (2007); Wassinger (2007) (citados por Mc Kean, 2009) describen el ciclo de palada de la siguiente manera:

“La entrada o el contacto inicial de la pala con el agua, seguida de un movimiento del cuerpo que genera un fuerza de tracción sobre la pala que genera que el kayak se mueva y avance sobre el punto de entrada de la pala, la salida de la pala del agua y la fase aérea o el recobro hacia el siguiente punto de entrada de la pala al agua.” (p.47)

El pensamiento existente en el ámbito del entrenamiento y de las aplicaciones terapéuticas es que la función muscular va de la mano con un desempeño óptimo, aunque algunas investigaciones no muestren cambios en el desempeño mejorando la estabilidad del core (Staton, et al. 2004, citado por Mc Kean, 2009).

Autores como Kiblier, et al. (2006); Willson, et al (2005) (citado por Mc Kean, 2009) creen que:

“...una mejorada estabilidad del core mejora la eficiencia del movimiento, previene lesiones y mejora el desempeño. Un fuerte sistema cinemático de soporte requiere una óptima función de los músculos asociados al tronco y a la pelvis que mantienen la posición del sistema esquelético y producen movimientos eficientes.” (p.48)

Las investigaciones no han reportado que un cambio de la postura del tronco y la cadera influya en el desempeño en canotaje. Los abdominales, el core y la estabilidad lumbo pélvica es entrenada regularmente por palistas en los programas de entrenamiento, y hay una necesidad de determinar si este tipo de entrenamiento se correlaciona no solo con un mejorado balance estructural del hombro sino también con un mejorado desempeño en “el agua”. (Kibler, et al. 2006, citado por Mc Kean, 2009)

Tesch, (1983) (citado por Mc Kean, 2009) sugiere que

“El entrenamiento de “agua” en canotaje por sí solo no genera los requerimientos de fuerza ideales. Y que se necesita de un entrenamiento de fuerza complementario para mejorar el desempeño de los palistas.” (p.48)

En un estudio realizado por Ackland, et al. (2003) que comparó la morfología y la estatura física de los palistas, se demostró que los palistas que compitieron en los juegos olímpicos de Sydney 2000 eran 5kg más pesados, con espaldas más anchas y con los bíceps, el pecho y la circunferencia de la cintura incrementada comparados con los palistas de los juegos olímpicos de 1976 (Mc Kean, 2009).

Este incremento de la masa muscular en palistas de elite sugiere que el entrenamiento de la fuerza se ha vuelto una parte integral de los programas de entrenamiento.

Un programa de entrenamiento de canotaje divide el mismo en dos: entrenamiento de “agua” y entrenamiento de “tierra”. El entrenamiento de tierra consiste en sesiones de flexibilidad, acondicionamiento físico y entrenamiento de sobrecarga, aunque de acuerdo con Mc Kean, (2009), hay muy pocas investigaciones sobre el entrenamiento de “tierra” en canotaje.

Como la fuerza ha sido sugerida como un importante atributo físico para el desempeño en canotaje, valorar la fuerza del tren superior y determinar el perfil de fuerza de un palista de elite, tanto masculino como femenino, aparentemente

es muy importante. En este sentido, “es evidente que la correlación entre desempeño “en el agua” o sobre el kayak y los niveles de fuerza van a proveer información muy valiosa para los futuros programas de entrenamiento de la fuerza” (Mc Kean, 2009).

2.2. Potencia neuromuscular

La capacidad de aplicar fuerza a la máxima velocidad posible determina los niveles de potencia neuromuscular, el cual ha sido considerado un indicador clave de la intensidad de esfuerzos físicos (Gutiérrez, 2008).

Este parámetro, junto con la relación determinada entre la fuerza y la velocidad en distintos ejercicios, ha sido utilizado para describir las características funcionales y los efectos de los entrenamientos aplicados en diferentes actividades físicas (Gutiérrez, 2008).

Por esto, además de la determinación del nivel de la 1MR (máxima repetición), el conocimiento de la capacidad de desarrollar la mayor fuerza, potencia y velocidad posibles con diferentes porcentajes de peso, constituye una metodología de gran interés para determinar el perfil de rendimiento específico de cada deportista, así como la evolución de las características neuromusculares a lo largo de un ciclo de entrenamiento (Gutiérrez, 2008).

Según Bosco (1991, citado por Gutiérrez, 2008), cada manifestación de la fuerza responde no sólo a un nivel de peso, estimado por el porcentaje de valor de 1MR, sino también de la velocidad y de la potencia producida, de modo que cuando no se respeta una de estas variables puede que las adaptaciones inducidas por el entrenamiento no sean adecuadas (p. 232).

La importancia de conocer la potencia mecánica producida en un ejercicio, radica en que ésta define el grado de eficiencia con la que el sistema neuromuscular actúa al realizar un movimiento específico, ya que expresa la cantidad de trabajo producido en un tiempo determinado. De hecho, en los últimos

años se ha propuesto que la potencia producida en los ejercicios de fuerza sea considerada el indicador principal de la intensidad con que se desarrollan los movimientos (Gutiérrez, 2008).

Existen diferentes propuestas en la literatura que proponen utilizar los pesos en donde se producen los valores más altos de potencia mecánica media o pico, como el modo más adecuado para mejorar el rendimiento, ya que, proporcionarían un estímulo más eficaz para mejorar la fuerza y la velocidad al permitir conseguir mayores beneficios en la eficiencia mecánica de los ejercicios realizados, respecto a cuando se utilizan pesos más ligeros (con alta velocidad) o más pesados (con alta fuerza) (Gutiérrez, 2008).

De todas formas, el aspecto crítico fundamental para mejorar el rendimiento específico en las acciones deportivas es la aplicación de la mayor cantidad de fuerza alcanzando la velocidad en que se desarrollan las acciones propias del deporte (Jennigs, et al. 2005; Verhoshansky, 2002, citados por Gutiérrez 2008).

Esto implicaría determinar aquel peso con que se producen los valores más elevados de potencia cuando se desarrollan velocidades de movimiento similares a las logradas en las actividades deportivas específicas (Crewther y col. 2005, citados por Gutiérrez 2008).

Concepto de potencia mecánica

De acuerdo con Watkins, (1999, citado por Gutiérrez, 2008)

“Desde el punto de vista mecánico, la aplicación de fuerza por una distancia determinada conduce a la producción de trabajo (W), cuya magnitud será proporcional a la energía utilizada para generarlo. Es decir que el trabajo (W) es el producto entre la fuerza (F) y la distancia (d) sobre la cual ésta se ha aplicado ($W=f \times d$)” (p.181).

La unidad de medición de trabajo es el julio (J), que equivale a aplicar una fuerza de 1 Newton (N) por una distancia de 1 metro (m) (Gutiérrez, 2008).

Watkins, (1999); Zatsiorsky, (2002), (citados por Gutiérrez, 2008) establecen que:

“Al relacionar el trabajo producido con el tiempo empleado en realizarlo, surge el concepto de potencia mecánica (P), que expresa la velocidad a la cual se produce el trabajo y se relaciona con la eficiencia mecánica con que se ejecutan las acciones.” (p. 181).

La potencia producida al realizar un trabajo determinado se expresa por la siguiente ecuación: $P = w/t$

La unidad de medición de la potencia es el vatio (w). Un vatio equivale a producir un trabajo de 1 J x s, o 1 N x m x s. (Gutiérrez, 2008).

Concepto de potencia muscular

Según Herzog y Ait-Haddou (2002, citados por Gutiérrez, 2008)

“Se refiere al producto entre la fuerza aplicada y la velocidad de la acción realizada” (p.181). En las acciones dinámicas, la potencia muscular surge de la relación entre la magnitud de la tensión o fuerza generada y la velocidad de acortamiento o alargamiento muscular. De este modo, pueden determinarse diferentes niveles de potencia muscular dependiendo de la velocidad a la que se contraiga el músculo. (Gutiérrez, 2008)

La mayoría de los dispositivos utilizados para estimar la fuerza, la velocidad y la potencia producida en un ejercicio, controlan los efectos inducidos sobre los objetos externos y no los cambios producidos a nivel muscular. Debido a esto, cuando se analiza la fuerza aplicada, la velocidad alcanzada o la potencia mecánica producida en un ejercicio, por medio de los cambios experimentados en las resistencias utilizadas, se está relacionando el efecto externo, expresado por la fuerza (N), velocidad (m x s) y la potencia (W) (en caso de movimientos lineales), producidas por las resistencias movilizadas, con la fuerza, la velocidad

de acortamiento y la potencia con que actúa el sistema muscular (Gutiérrez, 2008).

De todas formas, los diversos estudios realizados sobre fuerza aplicada y velocidad alcanzada en diferentes movimientos humanos (carrera, ciclismo, saltos, ejercicios con pesos, etc) demuestran una altísima relación entre la fuerza y la velocidad medida externamente, y la fuerza y velocidad generada a nivel muscular (Gutiérrez, 2008).

2.3 Intensidad en la realización de los ejercicios

De acuerdo con Bosco, (1992); Chandler, (2001); Gonzáles Badillo, (2000, citados por Gutiérrez, 2008) “La intensidad de un ejercicio ha sido relacionada con la cantidad de trabajo producido en la unidad de tiempo, que se expresa por la potencia desarrollada en cada acción”. (p.182)

La intensidad en los ejercicios de fuerza debe determinarse por el nivel de la resistencia utilizada y la velocidad a la cual se movilizan los pesos en las acciones dinámicas, o por el ritmo de aplicación de la fuerza en las acciones estáticas. No pudiendo ser relacionada sólo con el porcentaje de peso, como se ha sugerido hasta ahora, sino por los valores de potencia producida en cada acción, ya que la intensidad no depende sólo del nivel de peso a vencer sino también de la aceleración transmitida desde el sistema neuromuscular y la velocidad alcanzada en el rango de movimiento o acción realizada (Gutiérrez, 2008).

De esta forma, según Fry, et al. (2002); Graham, (2002, citados por Gutiérrez, 2008) “La intensidad en los ejercicios de fuerza puede definirse por el nivel de actividad muscular generado, que puede cuantificarse por la potencia producida al realizar cada movimiento”. (p.182)

Según Siff y Verkhoshansky (2000, citado por Gutiérrez, 2008)

“En los ejercicios de fuerza contra resistencias la intensidad estará determinada por tres factores fundamentales:

1. La magnitud porcentual de la resistencia de oposición (usualmente referido al porcentaje de peso factible de movilizar en una repetición máxima o 1MR).
2. La aceleración que el sistema neuromuscular aplica a la resistencia utilizada.
3. La velocidad alcanzada en las acciones dinámicas o el ritmo de desarrollo de la fuerza en las acciones estáticas.” (p.182)

De acuerdo con esto, la prescripción y valoración del rendimiento en los entrenamientos de fuerza deberá hacerse considerando la intensidad expresada por medio de la potencia mecánica (PM), ya que este es el factor que engloba la fuerza y la velocidad de cada acción, determina la eficiencia de los movimientos y define el tipo de manifestación de la fuerza realizada (Gutiérrez, 2008).

La importancia de conocer la potencia mecánica producida en un ejercicio, radica en que ésta define el grado de eficiencia con la que el sistema neuromuscular actúa al realizar un movimiento específico, ya que expresa la cantidad de trabajo producido en un tiempo determinado. De hecho, en los últimos años se ha propuesto que la potencia producida en los ejercicios de fuerza sea considerada el indicador principal de la intensidad con que se desarrollan los movimientos (Gutiérrez, 2008).

Análisis del Test Progresivo de Naclerio y Figueroa

Existen innumerables parámetros que pueden ser analizados a partir de los resultados obtenidos en el test progresivo.

Siguiendo a Baker (2001, citado por Gutiérrez, 2008)

El análisis progresivo de la relación entre el peso y potencia media o pico ofrece tres parámetros fundamentales a partir de los cuales puede analizarse el rendimiento en los ejercicios de fuerza:

1. El valor de 1 RM, que se relaciona con el nivel de fuerza máxima del sujeto y constituye un punto de referencia para planificar los entrenamientos de fuerza con resistencias.
2. El valor de la potencia máxima, media o pico, que se relaciona con la eficiencia funcional del sujeto para realizar cada ejercicio. En el caso de los saltos u otros ejercicios de tipo balístico como los lanzamientos, es más aconsejable basarse en la potencia pico mientras que para valorar la eficiencia que cada sujeto manifiesta para transmitir la fuerza entre los segmentos corporales implicados en los ejercicios de fuerza, se recomienda considerar a la potencia media.
3. El valor de potencia máxima producido con cada peso o porcentaje de peso movilizado que expresa la eficiencia mecánica con que cada sujeto puede movilizar las diferentes magnitudes de peso asociadas a cada zona de entrenamiento de la fuerza.” (p. 211).

A partir de la determinación de estos parámetros puede conocerse la localización porcentual, respecto al valor de 1 RM, de los pesos en que se expresan los valores más altos de potencia medio o pico cuya situación ha sido vinculada con otras variables como las adaptaciones específicas inducidas por el tipo de entrenamiento, los ejercicios realizados o las características antropométricas de cada persona (Gutiérrez, 2008).

De todos modos, aunque los pesos en los que se localicen los valores más altos de potencia no se modifiquen significativamente, cualquier mejora de la potencia media o pico en un zona específica de pesos indicaría que, el entrenamiento ha causado una mejora en la capacidad de aplicar fuerza y alcanza velocidad en éste rango de pesos más que en otras (Gutiérrez, 2008).

El control de la evolución de las capacidades físicas a lo largo de un periodo de entrenamiento es de gran importancia para realizar una prescripción adecuada de los programas de salud y la calidad de vida (Gutiérrez, 2008).

Según Logan y col, (2000, citado por Gutiérrez, 2008) “La fuerza, al ser una capacidad física esencial y limitante, requiere de un control específico que refleje claramente la evolución del rendimiento.”(p. 216)

Para ello es necesario determinar no solo los niveles de fuerza máxima, sino la velocidad y la potencia producida en los ejercicios y los pesos vinculados específicamente con el rendimiento o los objetivos perseguidos en cada caso (Gutiérrez, 2008).

Por esto, se considera que es de gran importancia que todos los entrenadores comprendan la necesidad de efectuar un control preciso y adecuado de esta capacidad, controlando todos los aspectos que la determinan, ya que una visión parcial, otorgada por un solo parámetro como el nivel de 1 RM o un número máximo de repeticiones con un peso específico, no refleja claramente las adaptaciones inducidas o el ritmo de los procesos de recuperación o las alteraciones del rendimiento que se producen a largo de uno o varios ciclos de entrenamiento (Gutiérrez, 2008).

Naclerio considera que tanto las evaluaciones como los entrenamientos de fuerza con ejercicios auxiliares constituyen partes muy importantes del proceso de entrenamiento para diagnosticar y formar las condiciones básicas fundamentales que limitan el rendimiento específico. Sin embargo consideradas de forma aislada, no son capaces de identificar el nivel de rendimiento o crear las adaptaciones que se logran con la aplicación sistemática de los ejercicios especiales y deportivos. (Naclerio, 2011)

Diversas investigaciones han demostrado que los niveles de fuerza máxima y potencia alcanzada en ejercicios auxiliares (como la sentadilla, press de banca o la cargada en un tiempo) influyen o limitan el rendimiento de las acciones específicas como los saltos, las aceleraciones en 5, 15 y 30mts o los lanzamientos. De esta manera, los resultados obtenidos en un test progresivo

constituyen una importante herramienta para identificar los puntos débiles que limitan el rendimiento específico (Naclerio, 2011).

En las especialidades que requieren la aplicación de movimientos explosivos (como los deportes de conjunto, los de combate, los juegos con raqueta, la gimnasia deportiva, etc.), las mejoras del rendimiento se relacionan con un aumento de la velocidad y la potencia mecánica producida con pesos bajos y moderados, mientras que en otro tipo de deportes predominan los movimientos lentos (como el culturismo o las carreras de fondo) (Naclerio, 2011).

Valoración de la fuerza máxima aplicada con diferentes pesos: test progresivo.

Cuando una persona aplica una fuerza a un objeto externo que posea una masa constante (isoinercial), éste adquirirá una aceleración directamente proporcional a la cantidad de fuerza aplicada. De esta forma, cuando se realiza un ejercicio con la intención de mover lo más rápido posible la resistencia de oposición, cualquier incremento en el peso de la misma va a determinar un aumento proporcional de la fuerza aplicada y una reducción de la aceleración y la velocidad alcanzada por el objeto movilizado. Así, en los ejercicios de empuje o tracción (como el press de banca o la sentadilla), la potencia mecánica producida se incrementa desde los pesos ligeros, mostrando una trayectoria curvilínea (creciente-decreciente) y alcanzando su valor más alto en los pesos intermedios (40 al 50% de 1 MR) para luego disminuir a medida que la resistencia aumenta hasta llegar a un punto en donde no es posible movilizarla (Naclerio, 2011).

No obstante, si bien el valor más alto de fuerza se alcanza con los pesos máximos cuando se movilizan pesos inferiores con la máxima velocidad posible, aunque la fuerza absoluta es menor, la activación del sistema neuromuscular es máxima, la fuerza se desarrolla velozmente y la velocidad de movimiento se incrementa, lo que refleja capacidades neuromusculares muy distintas respecto a las que se manifestaban con los pesos más altos (>80% 1 MR) (Naclerio, 2011).

Según Naclerio, (2011):

“Estas capacidades son de gran importancia en muchos deportes de conjunto y disciplinas atléticas que se caracterizan por la predominancia de acciones explosivas en donde se moviliza el propio peso corporal o implementos muy ligeros. Además, no todos los deportistas que posean muy altos niveles de fuerza absoluta serán capaces de aplicar velozmente altos niveles de fuerza con pesos bajos.” (p. 100)

2.4. Control neuromuscular en el núcleo corporal “core”

En la última década, el análisis del núcleo corporal es considerado como un aspecto muy importante tanto en las ciencias aplicadas a la salud y la medicina del deporte, como en el entrenamiento y el *fitness*.

La particular atención que se ha depositado en esta zona corporal, corresponde a su localización central en la mayoría de las cadenas cinéticas funcionales, y por ende en su relación con la posición y función de los miembros inferiores y superiores asociados a él, como así también las posibles alteraciones o disfunciones relativas a este y que se pueden alterar estas relaciones (Sampietro M, 2013).

Si bien se ha demostrado la importancia de su abordaje en pacientes con patologías lumbares, todavía quedan muchos aspectos por estudiar de esta zona, especialmente los sustratos neurofisiológicos y mecánicos que los componen y regulan, como su relación en el rendimiento deportivo (Sampietro M, 2013).

Concepto de core

De acuerdo con Jan Borghuis, At L. Hof1 and Koen A.P.M. Lemmink, (2008), en los últimos años se le ha prestado una atención particular al “core” debido a que es el centro de las cadenas cinéticas funcionales. El core es un “corset muscular” que trabaja como una unidad para estabilizar el cuerpo, particularmente la columna vertebral, con o sin movimiento de los miembros.

Kibler et al (2006, citado por Borghuis et al, 2008) agrega que:

“...la importancia del core, ya que provee fuerza local y estabilidad, tanto en sujetos con lesiones en la espalda baja como en situaciones de máximo control de la fuerza. El core incluye estructuras activas y pasivas: estructuras pasivas de la columna toracolumbar y cadera y las estructuras activas de la musculatura del tronco.” (p.895)

Según Panjabi (1992, citado por Samprieto, 2013):

“El concepto de core va más allá de solo una localización anatómica específica. Panjabi plantea que la estabilidad y salud del core o región lumbopelvica radica en la integración de los subsistemas activos (músculos que lo componen), pasivos (ligamentos, capsulas, articulaciones) y de control (Sistema nervioso central y periférico)” (p.14).

Resulta importante destacar también las estructuras pasivas que cumplen un papel importante. En ellas se incluye a la columna vertebral y todos sus componentes ligamentarios y discos intervertebrales, los componentes óseos, ligamentarios de la pelvis y caderas, y el segmento proximal del miembro inferior (Kibler et al, 2006. Citado por Sampietro, 2013).

Para contextualizar anatómicamente al “core” Akuthota y Nadler, (2004); Borghius, et al (2008); Kibler et al, (2006); Zazulack, et al, (2007) (citados por Sampietro, 2013) lo describen como una caja, con los abdominales en el frente, los paraespinales y glúteos por detrás, el diafragma como el techo de la caja y el piso pélvico y los músculos de la cintura pélvica como su piso.

De acuerdo con Faries and Greenwood, (2007) estos músculos son la base sobre donde se asienta todo movimiento humano y se provee el soporte, mediante una aumentada presión intra-abdominal, a la ya de por si inestable columna vertebral

Para asegurar la estabilidad de la columna y al mismo tiempo producir fuerza y prevenir lesiones, los músculos del tronco deben tener la suficiente fuerza y resistencia, y un patrón de reclutamiento adecuado.

Estabilidad del core

Según Tomoko et al (2011):

“La estabilidad del tronco (*Core Stability*) se logra a través de la estabilización del torso, permitiendo así la producción óptima, transferencia, y control de la fuerza y del movimiento hacia el segmento terminal durante una actividad de cadena cinética integrada.”(p.1)

Zazulak et al, (2007, citado por Sampietro, 2013) propone que la estabilidad del núcleo o core es la habilidad del cuerpo para mantener o restablecer el equilibrio del tronco durante y después de una perturbación.

Por su parte, Liemohn, (2005, citado por Sampietro, 2013) define la estabilidad del core como:

“la integración funcional de la columna pasiva, los músculos espinales activos y la unidad de control neural, de manera que permite al individuo mantener las zonas neutrales intervertebrales dentro de los límites fisiológicos mientras realiza las actividades de la vida diaria”. (p.16).

De acuerdo con Tomoko et al, (2011):

“La Investigación ha demostrado la importancia y las contribuciones de la estabilidad del tronco en el movimiento humano en la producción de acciones del tronco y acciones de los miembros eficaces para la generación, transferencia, y control de fuerzas o energía durante actividades de cadena cinéticas integradas.” (p.1)

Hodges y Richardson (1997, citados por Tomoko et al, 2011) examinaron la secuencia de activación muscular durante movimientos de cuerpo entero y encontraron que algunos de los estabilizadores del tronco (es decir, transversos

abdominal, multífido, recto del abdomen, y abdominales oblicuos) eran consistentemente activados antes de cualquier movimiento de los miembros. Estos resultados apoyan la teoría de que el control del movimiento y la estabilidad son desarrollados en una progresión troncoextremidad (proximal-distal) y una progresión céfalo-caudal (cabeza a pies). (Tomoko et al, 2011)

Como en todas las articulaciones de nuestro cuerpo, la función de co-contracción de músculos antagonistas (transformados en este momento en sinergistas), es la responsable del incremento del “*stiffness*” articular y por ende de la estabilidad articular.

De acuerdo con Peña García-Orea, (2013):

“El concepto de *stiffness* o rigidez muscular se refiere a la capacidad o propiedad biomecánica del músculo de oponerse al estiramiento y contraria a la complianza o distensibilidad muscular. Esta propiedad, cuando la relacionamos únicamente con la activación de la musculatura periarticular, es un importante componente para la estabilidad de la articulación, y por tanto de protección del complejo articular.” (p.1)

La columna vertebral no escapa a este principio. Se ha demostrado que en sujetos sanos, este fenómeno de co-contracción en los músculos de la columna lumbar, se incrementa en respuesta a condiciones que amenazan la estabilidad de la misma. Y que este fenómeno es disparado por mecanoreceptores y nociceptores diseminados en las estructuras ligamentarias y musculares de las zonas implicadas. (Van Dieen, 2003, citado por Sampietro, 2013).

Hodges y Richardson (1997, citados por Sampietro, 2013), demostraron que la activación de los músculos del tronco con el intento de incrementar el *stiffness* articular en las articulaciones de la columna y por ende su estabilidad, se produce antes de la activación de los músculos de los miembros superiores (elevación de los miembros hacia adelante, lateral y posterior), que en este caso actúan como las fuerzas inestabilizantes de la columna.

Estos hallazgos implican que el SNC a través de mecanismos de control motor por *feedforward*, se anticipa y crea las condiciones de estabilidad necesaria en la columna para el movimiento de los miembros, mediante la co-contracción anticipada de los músculos que rodean a las articulaciones potencialmente inestabilizadas de la columna por dicho movimiento de los miembros.

De acuerdo con Faries y Greenwood, (2007):

“la fuerza puede ser definida como la habilidad de un músculo de ejercer una fuerza. El control activo de la columna, en este caso es logrado a través de la regulación de la fuerza de los músculos que la rodean. Cuando existe cierta inestabilidad, hay una falla en la musculatura a la hora de aplicar la fuerza suficiente para estabilizar la columna.” (p.10).

Por lo tanto, la “estabilidad” puede ser descrita como la habilidad del cuerpo de controlar todo el rango de movimiento de una articulación para que no haya una deformación mayor, déficit neuromuscular o un dolor incapacitante. En general, el objetivo de la musculatura del core es la de estabilizar la columna durante diversas demandas funcionales, porque el cuerpo quiere maximizar la estabilidad.

Anatomía de la musculatura del core: sistema local y global

Siguiendo a Faries y Greenwood, (2007), la musculatura local incluye al Transverso abdominal, Multifidus, Oblicuos internos y externos, el Cuadrado Lumbar, el Diafragma y los músculos del suelo pélvico.

Estos músculos tienen palancas más cortas que los del sistema global, se insertan directamente sobre las vértebras, y son los principales responsables de generar la suficiente fuerza como lograr la estabilidad segmentaria de la columna. Investigaciones recientes definen a los músculos transverso abdominal y multifidus como los principales estabilizadores de la columna.

Se ha descubierto que el TrA (Transverso abdominal) y el multifidus se activan antes del movimiento de las extremidades en un intento por estabilizar la columna, ya que cualquier movimiento de las extremidades rompe con el equilibrio.

Se ha demostrado que el TrA se activa 100 milisegundos antes de la activación de la musculatura de las extremidades durante test de reacción de las extremidades. Esta activación promueve la estabilidad de la columna sin importar la dirección del desequilibrio, lo que confirma la función primaria del TrA que es la de estabilizar la columna (Faries y Greenwood, 2007).

El sistema Local se divide en estabilizadores Primarios y Secundarios. Los estabilizadores primarios son el TrA y el multifidus por que no generan movimiento sobre la columna. El oblicuo interno y externo, y el cuadrado lumbar en su función primaria estabilizan la columna pero también tienen una función secundaria de ejercer movimiento sobre la columna (Faries y Greenwood, 2007).

Los músculos encargados de producir movimiento y esfuerzo de torsión sobre la columna son los del sistema global, estos músculos poseen palancas largas y grandes brazos de movimiento, lo que los hace capaces de producir un gran esfuerzo de torsión, con énfasis en la velocidad y potencia, y grandes arcos de movimiento en múltiples planos (Faries y Greenwood, 2007).

Estos músculos incluyen el Recto Abdominal, las fibras laterales del Oblicuo Externo, el Psoas Mayor y el Erector espinal (Tabla 1).

Tabla 1. Musculatura del Core.

Musculatura Local (sistema estabilizador)		Musculatura Global (sistema de movimiento)
Primarios	Secundarios	
Transverso abdominal Multifidos	Oblicuo interno Fibras medias del oblicuo externo Cuadrado Lumbar Diafragma Músculos del suelo pélvico Iliocostal y Longuisimo (Porción lumbar)	Recto abdominal Fibras laterales del oblicuo externo Psoas Mayor Erector espinal Iliocostal (Porción torácica).

Fuente: Faries and Greenwood, April 2007. "Core Training: Stabilizing the Confusion"

CAPITULO 3. CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

3.1 Tipo de investigación

La investigación realizada se ubica dentro de un enfoque cuantitativo en cuanto al proceso y componentes para su desarrollo, teniendo carácter aplicado respecto a la utilización de sus resultados.

Enfoque cuantitativo

Lo es en tanto la investigación abordará un problema desagregado en variables empíricamente observables y sujetas a medición, orientándose a la obtención de datos posibles de someterse a tratamiento estadístico.

3.2 Diseño

El diseño utilizado será de modalidad no experimental, transeccional -o transversal- descriptivo y correlacional.

No experimental

No habrá manipulación (establecimiento intencional de presencia – ausencia – o variación de intensidad de una o más variables X) para observar su efecto en una o más variables Y. Tampoco se establecerá un grupo de control para mostrar la diferencia respecto a los resultados obtenidos en un grupo experimental.

Transeccional o transversal

Se realizará la observación, medición y evaluación de un fenómeno, tal como se manifiesta en un momento dado –o tiempo único–.

Correlacional

Se analizará la relación entre cuatro variables correlacionales principales (rendimiento en K1200–Estabilidad del Core, fuerza y potencia muscular) en un momento determinado, sin intentar precisarse sentido de causalidad entre una o más variables X – Y.

Área contextual

Espacialmente la investigación se localizará en la Comarca Viedma (Río Negro) – Carmen de Patagones (Buenos Aires), Argentina.

3.3 Población y muestra

Varones adultos de entre 17 y 25 años, con entrenamiento semanal sistemático en canotaje y su preparación física específica.

Grupo de 11 sujetos seleccionados de manera intencional y no probabilística dentro de dicha población.

Operacionalización de variables

Tabla 2. Operacionalización de Variables.

Variab les	Definición conceptual	Unidades de medida	Grupo de aplicación	Dispositivo de evaluación
Potencia	La capacidad de aplicar fuerza a la máxima velocidad posible	Vatio (w)	Equipo nacional Junior de canotaje.	Encoder rotatorio. Software Real Power 2001, versión J 62 C. Globus Italia.
Fuerza muscular	Capacidad neuromotora capaz de generar cambios en el estado de reposo o movimiento.	Newton (N)	Equipo nacional Junior de canotaje.	Encoder rotatorio. Software Real Power 2001, versión J 62 C. Globus Italia.
Tiempo 200mts	Tiempo que demora el palista en recorrer los 200mts.	Segundos (seg)	Equipo nacional Junior de canotaje.	Cámara filmadora (Fujifilm, Finepix xp60). Software Kinovea 0,8. 15
Long. De ciclo	Distancia que avanza el palista en cada ciclo de paladas.	Metros (mts) x ciclo	Equipo nacional Junior de canotaje.	Cámara filmadora (Fujifilm, Finepix xp60). Software Kinovea 0,8. 15
Frecuencia de ciclo	Cantidad de ciclos por minuto	Ciclos/minuto	Equipo nacional Junior de canotaje.	Cámara filmadora (Fujifilm, Finepix xp60). Software Kinovea 0,8. 15
Índice de ciclo	Indicador de eficiencia de la palada.	Metros x metros (segundos x ciclos)	Equipo nacional Junior de canotaje.	Cámara filmadora (Fujifilm, Finepix xp60). Software Kinovea 0,8. 15
Estabilidad de core	Habilidad del cuerpo para mantener o restablecer el equilibrio del tronco durante y después de una perturbación.	Segundos (seg)	Equipo nacional Junior de canotaje.	Protocolo de valoración de la estabilidad del core propuesto por Mc Gill.

Fuente: Elaboración propia

Los palistas fueron evaluados individualmente en k1 200mts y a partir de esta prueba se extrajeron los siguientes datos: tiempo, velocidad, frecuencia de ciclo, longitud de ciclo e índice de ciclo. Para tomar estos datos se utilizó la “metodología para el análisis cuantitativo de la técnica de paleo en aguas tranquilas” (Alacid, López, Muyor, Isorna, Gutierrez, 2011) que se describe a continuación.

Luego se evaluó su fuerza y potencia neuromuscular en press de banca y remo en banco utilizando el “test de carga progresiva” de Naclerio y Figueroa y un Encoder Rotatorio. Y por último se evaluó la estabilidad del core de los sujetos utilizando el “Protocolo de valoración de la estabilidad del core propuesto por Mc Gill”.

3.4 Técnicas y procedimientos

3.4.1 Metodología para el análisis cuantitativo de la técnica de paleo en aguas tranquilas

La metodología para la obtención de variables cuantitativas del paleo en distancias inferiores o iguales a 1000mts, incidiendo sobre todo en el uso de tecnologías sencillas como una videocámara y un cronómetro y cuenta paladas manuales se describe a continuación.

Las variables analizadas y sus unidades de medida son las siguientes:

- Velocidad (V): metros x segundo.
- Frecuencia de ciclo (FCL): ciclos x segundo
- Longitud de ciclo (LCL): metros x ciclo.
- Índice de ciclo (ICL): velocidad x LCL.

De cada una de las variables se obtuvo los valores medios y parciales para cada uno de los tramos en que se dividió la distancia.

El análisis cuantitativo se basó en la obtención de forma directa de la V y la FCL y mediante un sencillo cálculo la LCL e ICL. Teniendo en cuenta que la V de una embarcación viene determinada por la distancia (metros), que recorre en un ciclo y la cantidad de ciclos que se realizan en una determinada unidad de tiempo (segundo), podemos determinar la siguiente ecuación:

$$V=LCL \text{ (metros/ciclo) } \times \text{ FCL (ciclos/segundo)}$$

De esta sencilla ecuación, tras eliminar los ciclos, se determinan los metros por segundo: la V. Para obtener la LCL dividimos la V entre la FCL.

Por otro lado el ICL es el resultado del producto de la V por la LCL, esta variable fue definida por Costill y sus colaboradores (Costill, Kovaleski, Porter, Fielding, & King, 1985, citado por Alacid et al, 2009) como un indicador de eficiencia y economía en el ciclo en nadadores, nada indica que no pueda ser extrapolable al piragüismo.

Por ejemplo, si dos palistas que van a la misma velocidad pero uno de ellos avanza mas metros por palada, esto quiere decir que su palada es más efectiva y al multiplicar la velocidad por la LCL sus valores de ICL serán superiores a los de su compañero.

Para poder realizar este estudio se necesita la V y la FCL de la grabación, por ello se realizó en una calle acotada, de forma que el palista tenga una bolla a cada lado como sistema de referencia al realizar la prueba.

Para la grabación se utilizó una videocámara digital, que capta 25 cuadros por segundo.

Tras la digitalización, se obtuvieron los datos de la grabación utilizando un programa que permite reproducir la grabación fotograma a fotograma e indique el número del mismo en el que se encuentra.

Esta metodología de análisis ha sido utilizada por autores como Alacid, Ferrer, Martínez, & Carrasco, (2005 y 2008), Alacid Cárceles (2007 y 2009), Alfonso, Folgar, Prieto & Alacid Cárceles (2011) para cuantificar la técnica de paleo se sus kayakistas.

Tabla 3. Fórmulas para la recopilación de datos en el kayak.

Velocidad	Distancia/tiempo
(*)Fcl	Ciclos/seg
(**)Lcl	Distancia/ciclos
(***)Icl	Vel*Lcl
Paladas/minuto	(Fcl*2)*60
Ciclos	Paladas*2

Fuente: Elaboración propia

(*) Fcl: Frecuencia de ciclo.

(**) Lcl: Longitud de ciclo.

(***) Icl: Índice de ciclo.

Grabación

Uno de los aspectos más importantes en este tipo de análisis es la correcta colocación de la cámara respecto al palista. En todo momento el objetivo debe estar alineado con la proa de la embarcación y con las boyas a lo largo de la distancia.

3.4.2 Protocolo con pesos progresivos para valorar la fuerza aplicada, velocidad y potencia mecánica en los ejercicios contra resistencias gravitatorias

Para la realización de este test, es necesario contar con un transductor lineal, encoder rotatorio, sensores por infrarrojos, o *V scope*. Para poder determinar la posición y el desplazamiento del implemento movilizado de tal forma que se pueda calcular la fuerza, la velocidad y la potencia producida en cada acción (Gutiérrez, 2008).

El test comprende la ejecución de varias series con pesos crecientes de 2 a 3 repeticiones cada una, aplicando la máxima aceleración posible y alternada con pausas de recuperación de 2 a 5 min según la duración de los esfuerzos, para evitar los prejuicios de la fatiga acumulada. Para analizar los niveles de fuerza, velocidad y potencia, se selecciona la repetición, con la que habiendo realizado una técnica correcta, se alcanza el mayor valor de potencia media (Gutiérrez, 2008).

Este protocolo permite comprobar el valor de la 1 RM (repetición máxima), y al mismo tiempo obtener los niveles de fuerza aplicada, velocidad y potencia en un amplio espectro de pesos desde los muy ligeros (entre 30 y el 40% del 1 RM), hasta máximos (más del 90% o 100% del 1 RM), para poder configurar un perfil completo del rendimiento en las diversas manifestaciones de fuerza muscular (Gutiérrez, 2008).

Encoder rotatorio

Es un dispositivo compuesto por un cable que se desenrolla y se enrolla alrededor de un eje al que hace girar. El encoder envía una cantidad de impulsos por cada vuelta que realiza el eje, de modo que al conocer el tamaño del mismo y el espacio recorrido por cada giro, es posible calcular el desplazamiento realizado por cada vuelta que efectúa el eje del encoder.

Los impulsos son transmitidos hacia una interface conectada a un ordenador, en donde a través de una tarjeta de recepción de datos, un software específico determina la posición, el tiempo en que se produce, y estima el desplazamiento realizado con una altísima resolución.

Los datos de posición, tiempo y desplazamiento permiten al software calcular los valores medios y picos de fuerza, potencia y velocidad, producidos durante todo el recorrido realizado (Gutiérrez, 2008).

Estimación de peso final (peso máximo o 1 RM)

Antes de comenzar los test, debe estimarse cuál será el peso máximo o 1 RM que cada sujeto puede alcanzar. Para esto debe conocerse el rendimiento en los sujetos en entrenamientos anteriores, basarse en apreciaciones subjetivas de cada persona, o utilizar datos de test anteriores.

La estimación del peso final ofrece un dato inicial de gran importancia para organizar adecuadamente la secuencia de realización de protocolo de evaluación propuesto (Gutiérrez, 2008).

Determinación del peso inicial

Para poder evaluar el rango más amplio de pesos posibles, la primera serie se realiza con un peso muy ligero, siempre que permita expresar predominantemente la capacidad de aplicar fuerza explosiva. Este peso ha sido vinculado a resistencias próximas al 30% de 1 RM, de este modo una vez que se estima el peso final, se calcula el peso inicial que se corresponde a un 30% del valor del peso final o máxima calculado (Gutiérrez, 2008).

Estimación de las series totales a realizar

De acuerdo con Naclerio y col, 2004 (citado por Gutiérrez, 2008):

“Tanto en los estudios experimentales como en los trabajos publicados se ha establecido un número ideal de series totales de 8 +/- 2 ya que, estas permiten obtener un amplio espectro de datos, analizar los parámetros de fuerza y potencia relacionados con las diversas manifestaciones de fuerza muscular, identificar el peso máximo o 1 RM, y establecer la zona en donde se expresan los valores más altos de potencia” (p.208).

Para poder valorar adecuadamente la relación entre la fuerza y la potencia, producida con diferentes porcentajes de peso vinculados a los distintos tipos de fuerza, de las 8 series determinadas en este protocolo, la 1ª y 2ª deberían realizarse con pesos ligeros del 30% al 45% (zona de fuerza explosiva) la 3ª y 4ª con pesos medios entre el 50% al 65% (zona de transición fuerza explosiva y fuerza potencia) la 5ª y 6ª con pesos medios-altos, entre el 70% y el 80% (zona de fuerza potencia) y la 7ª y 8ª serie con pesos casi máximos y máximos, entre el 85% y el 95% o 100% del peso máximo estimado (1RM) (zona de fuerza máxima) (Gutiérrez, 2008),

Determinación de los pesos a incrementar entre series

Para poder realizar cada serie con los porcentajes indicados anteriormente es necesario determinar los incrementos de pesos entre series, utilizando la ecuación propuesta por Naclerio y Figueroa, (2004, Citados por Gutiérrez, 2008):

Kies (kg a aumentar por series) = (1 RM estimado (kg) – peso inicial (kg))/(8-1)

Finalización de test y estimación del valor de 1 RM

Según el nivel de 1 RM estimado antes del inicio del test, al análisis en tiempo real de los parámetros de fuerza, velocidad y potencia, así como a la percepción subjetiva de esfuerzo, expresada, por cada sujeto, al final de cada serie, se puede controlar la evolución de los pesos a lo largo del test, de manera, que cuando el

sujeto se aproxime al valor de 1 RM, las pausas se alargaran hasta 5 min antes de la última serie.

3.5 Ejercicios

Los ejercicios a evaluar son los siguientes:

Ejercicio 1 – press de banca plano con barra libre

Se trata de un ejercicio de cadena cinética cerrada ejecutado con acción de empuje, frecuentemente utilizado para mejorar la fuerza de la musculatura extensora del tren superior (pectorales, hombros, tríceps) - (Escamilla y otros, 2000, citado por Scavo, 2009).

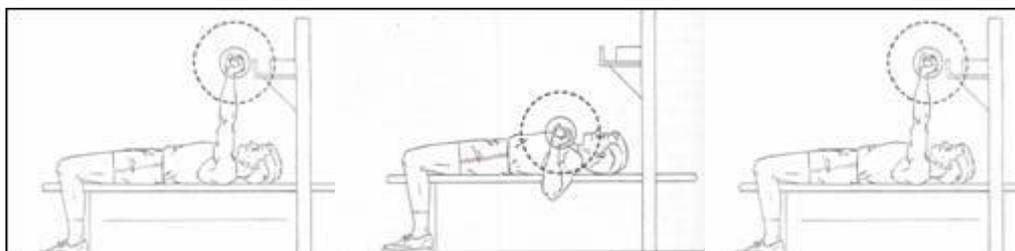
Operativamente, su realización se efectúa en un banco plano con soportes, en el que el sujeto se acuesta en decúbito dorsal, apoyando el tronco y la cintura pelviana, con los pies en el piso y las manos con agarre libre sobre la barra (Clemons y Aaron, 1997, citado por Scavo, 2009).

El ejercicio comienza cuando el Coordinador del trabajo anuncia que descuelgue la barra de los soportes, y a la orden de “va” se intenta completar el ciclo de estiramiento-acortamiento (excéntrico-concéntrico) lo más rápido posible (Cronin y otros, 2001), favoreciendo la influencia del aprovechamiento de la capacidad elástica muscular en la potenciación de la acción concéntrica, y procurándose alcanzar la máxima velocidad y potencia en el gesto completo (Naclerio, 2004, citado por Scavo, 2009). El Gráfico 1 ilustra este ejercicio.

Los sujetos deben bajar la barra hasta tocar el pecho y subirla hasta que sus brazos estuvieran completamente extendidos. El coordinador debe estar atento y ayudar al sujeto que realiza el test en caso de que no pueda extender completamente los brazos o no pueda despegar la barra del pecho. Cualquiera de estos casos es considerado como “fallo”. Cualquier intento en el que el evaluado no logre la completa extensión de los brazos sobre el pecho no se considerara

como válido y se tomara el intento anterior como levantamiento final (Baker, 2001, citado por McKean, 2009).

Gráfico 1: Press de banca plano con barra libre



Posición inicial Fin de la fase descendente Posición final

Fuente: Scavo, 2009. “Cargas óptimas para el desarrollo de la potencia muscular”

Ejercicio 2 – remo en banco

El entrenamiento de Remo en banco y dominadas para el desarrollo de la fuerza resistencia han sido reportados como excelentes ejercicios para mejorar el desempeño en canotaje. Lo cual ha sido demostrado por la “*National Talent Identification (NTID)*” conducido por la “Comisión Australiana del Deporte”, que utiliza ambos ejercicios en la selección de palistas para el programa de kayak de la NTID. Determinando que la relación entre la fuerza máxima y fuerza resistencia del tren superior provee una guía para la planificación del entrenamiento de la fuerza y acondicionamiento en palistas. (McKein, 2009).

En un banco plano de altura regulable, el sujeto se acuesta en decúbito ventral apoyando el tronco y el tren inferior. Las manos toman la barra con agarre libre. Cuando el Coordinador anuncia el inicio del ejercicio el sujeto está con los brazos extendidos, e intenta aplicar la máxima velocidad posible, llevando la barra hacia el pecho, completando los sucesivos ciclos de estiramiento-acortamiento de manera rápida (Cronin y otros, 2001).

Al igual que en el press de banca plano con barra libre, el ancho de la empuñadura es seleccionado libremente por cada sujeto (Clemons y Aaron, 1997). Cada intento es contado cuando la barra toca la parte inferior del banco y el evaluado extiende completamente los brazos antes de realizar otra repetición (Mc Kean, 2009). El Gráfico 2 ilustra el ejercicio.

Gráfico 2: Remo en banco



Fuente: Scavo, 2009. “Cargas óptimas para el desarrollo de la potencia muscular”

3.6 Protocolo de valoración de la estabilidad del core propuesto por Mc Gill

Este protocolo valora la resistencia muscular del core mediante la realización de test isométricos, donde el sujeto evaluado debe mantener una posición del tronco sin apoyo y de forma estática durante un periodo de tiempo habitualmente máximo.

Según Peña, 2012 “el protocolo de McGill (2007) es el test más utilizado por diversas investigaciones para medir la estabilidad central en sujetos activos y deportistas, en el componente de resistencia muscular (p.7).

Este protocolo fue originalmente desarrollado para valorar la estabilidad central en pacientes con dolor lumbar y consiste en una batería de cuatro test de resistencia muscular isométrica. El mismo no requiere de ningún equipamiento especial, y ha demostrado ser fiable y poseer suficiente validez para ser utilizado ampliamente por diversas investigaciones (Peña, 2012).

McGill y cols (1999) demostró que cada uno de los cuatro test de resistencia muscular del protocolo tenía coeficientes de fiabilidad muy altos al repetirse durante 5 días consecutivos en sujetos jóvenes sanos de ambos sexos: 0.98 para el test de extensores del tronco, 0.97 para el test de flexores del tronco, 0.99 para el puente lateral a ambos lados. Además la fiabilidad se mantuvo excelente después de un periodo de 8 semanas (Peña, 2012).

A continuación se describen los distintos test que constituyen el protocolo de valoración propuesto por McGill (1999, citado por Peña, 2012).

1. "Test modificado de Biering-Sorensen (Foto 1). Este test activa los músculos principales extensores del tronco, el longísimo y el multífido, los cuales forman parte del sistema estabilizador "local", pero no de los músculos de la cadera. El sujeto debe tumbarse decúbito prono con el tren inferior sujeto a la camilla por los tobillos, rodillas y caderas y el tren superior extendido y suspendido sobre el borde de la camilla. La superficie del banco o camilla debe ser estar aproximadamente a 25cm de la superficie del suelo (McGill et al, 1999, citado por Peña 2012). Al comienzo del test los brazos deben estar cruzados por delante del pecho y en contacto con los hombros opuestos, y el tronco perfectamente horizontal/paralelo al suelo. El test se da por finalizado cuando el sujeto contacta con cualquier parte del tren superior en el suelo. McGill et al (1999, citado por Peña, 2012) Informaron de una media de tiempo de 146 y 189 segundos para hombres y mujeres respectivamente.



Foto 1. Test modificado de Bierin-Sorensen.

Fuente: <http://www.buenaforma.org/2013/10/29/como-valorar-la-estabilidad-central-o-core/>

2. Test de puente lateral derecho e izquierdo (Foto 2).

Según Lehman et al, (2005); McGill, (1998); Axler & McGill, (1997, citados por Peña, 2012):

“Este test requiere la activación de la musculatura lateral del core, básicamente el cuadrado lumbar y la musculatura oblicua interna y externa, con un baja compresión discal” (p.8).

En este test el sujeto se coloca en decúbito lateral apoyando el peso corporal sobre uno de los codos y sobre la extremidad inferior del mismo lado. La extremidad inferior que no está en contacto con el suelo queda apoyada sobre la otra extremidad inferior, y ambas totalmente extendidas. El brazo contrario al que se apoya en el suelo queda flexionado por delante del tronco y contactando con la mano el hombro opuesto. El sujeto debe mantener la posición suspendida con cero grados de flexión de cadera y el raquis en perfecta alineación lumbo-pélvica. El test concluye cuando el sujeto no es capaz de mantener la postura derecha y la cadera caiga hacia el suelo o sea flexionada. McGill et al (1999, citado por Peña

2012) informaron de una media de tiempo de 94 y 97 segundos para el lado derecho e izquierdo respectivamente en hombres, mientras que para mujeres una media de 72 y 77 segundos respectivamente.



Foto 2. Test de puente lateral

Fuente: <http://www.buenaforma.org/2013/10/29/como-valorar-la-estabilidad-central-o-core/>

3. Test de resistencia de flexores del tronco (Foto 3). Este test implica los músculos principales flexores del tronco, es decir el recto abdominal, el cual es una musculatura “global” (McGuill, 2007, citado por Peña, 2012). El sujeto se posiciona sentado con 60° de flexión de tronco respecto al suelo, las caderas y las rodillas flexionadas a 90°, y los pies fijados al suelo por correas o por el propio evaluador. Para la determinación de la angulación de la flexión del tronco el autor utiliza una escuadra de madera de 60° que es retirada de la espalda de sujeto al comenzar el test. Los brazos deben estar cruzados por delante del pecho y en contacto con los hombros opuestos.

Cualquier cambio en la angulación del tronco, las caderas o rodillas obliga a dar por finalizado el test. McGill et al (1999, citado por Peña, 2012) informaron de una media de tiempo de 149 y 144 segundos para mujeres y hombres respectivamente.

Cada uno de los cuatro tests es puntuado individualmente por el tiempo máximo en segundos mantenido isométricamente, pudiéndose hacer un sumatorio final total. Según McGill (2007, citado por Peña, 2012):

“Los flexores, extensores y músculos laterales del tronco proporcionan estabilidad espinal durante casi todos los movimientos dinámicos, y existe una necesidad obvia de equilibrar las capacidades musculares entre ellos. Por ello, con este protocolo de valoración de 4 test podemos valorar la resistencia de la musculatura posterior, anterior y lateral del core en su función estabilizadora.”
(p.9)



Foto 3. Test de resistencia de flexores de tronco a 60°.

Fuente: <https://ptswap.files.wordpress.com/2014/01/flexor-core-2.jpg>

4. Test isométrico de puente prono, fundamental para valorar la resistencia muscular anterior y posterior del core. Este test consiste en mantener el peso corporal del sujeto exclusivamente sobre los antebrazos/codos y los dedos de los pies en una posición de decúbito prono, manteniendo en todo momento una alineación lumbo-pélvica neutra.

Los brazos deben estar perpendiculares al suelo y formando un ángulo de 90° con los antebrazos. Los codos y antebrazos separados a la anchura de los hombros (Foto 4). La finalización del test sucede cuando el sujeto pierde el posicionamiento neutro de la pelvis y ésta cae hacia el suelo, adquiriéndose una hiperlordosis lumbar por rotación anterior de la pelvis (Peña G, et al, 2012).



Foto 4. Test de puente prono.

Fuente: <http://natacionprogresiva.com/blogdericardo/category/trabajo-en-seco/>

Tabla 4. Valoración de la resistencia muscular central

Nombre:	Apellidos:
Fecha de nacimiento:	Edad:
Decúbito prono (estabilización isométrica)	Tiempo (seg):
Decúbito lateral (estabilización isométrica)	Tiempo (seg):
Extensión del tronco (estabilización isométrica)	Tiempo (seg) Derecha: Izquierda:
Flexión de cadera (estabilización isométrica)	Tiempo (seg):
Tiempo total:	Tiempo (seg):

Fuente: Peña, Heredia Elvar, Moral, Donate y Mata Ordoñez, MD

3.7 Escalas de percepción subjetiva del esfuerzo

En los últimos años la valoración del nivel de esfuerzo por medio del uso de escalas de percepción subjetiva ha sido considerado un criterio válido y útil para determinar la intensidad de los entrenamientos de fuerza. El procedimiento más utilizado consiste en vincular el grado de esfuerzo percibido con un valor numérico acompañado de figuras y frases que ayuda a la persona a expresar el grado de fatiga experimentado con mayor exactitud así como a reducir las diferencias entre los diferentes individuos.

Las escalas de Percepción Subjetiva del Esfuerzo (RPE) en los entrenamientos de fuerza se han aplicado con diferentes objetivos:

- 1) Seleccionar el peso de entrenamiento
- 2) Analizar el progreso de la fatiga desde el comienzo hasta el final de la serie de uno o varios ejercicios
- 3) Analizar las fluctuaciones de la velocidad o potencia

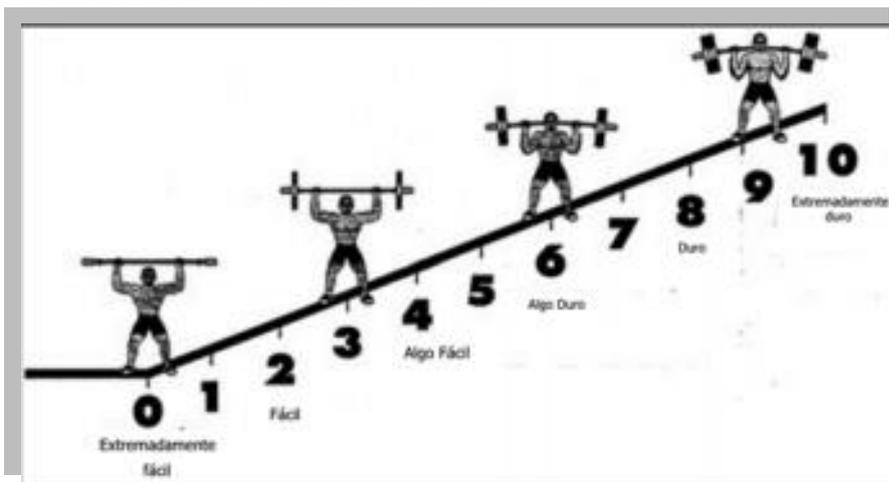
4) Analizar el impacto de una sesión de entrenamiento cuando su valor es determinado entre 15 o 30 minutos después de su finalización.

Recientemente se ha comprobado la utilidad de la RPE para reflejar la variación de la velocidad de ejecución e incluso permitir al ejecutante tomar la decisión de detener la serie para entrenar en las zonas de explosividad evitando la realización de movimientos lentos o continuar para mejorar la capacidad de resistencia. Otros estudios demostraron la utilización de una escala de percepción especialmente diseñada para entrenar la fuerza (OMNIS-RES 0-10) para seleccionar los pesos asociados con la mejora de la fuerza resistencia con pesos bajos (<60% RPE~3), o pesos moderados (>60 %RPE~6) o fuerza máxima (RPE~9). (Pantoja, 2015).

De acuerdo con Naclerio, (2008):

“...las escalas de percepción del esfuerzo como la OMNI-RES (0-10) propuesta por Robertson y col (2003), ha mostrado ser una herramienta válida y fiable para controlar la intensidad de los entrenamientos de fuerza reflejando la percepción al inicio de la serie para indicar el porcentaje de peso utilizado o al final para controlar la caída de la velocidad o potencia de movimiento.”(p.1).

Grafico 3. Escala de Robertson



Fuente: Robertson et al., 2003

3.8 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Análisis cuantitativo del rendimiento en k1 200mts

Para realizar las mediciones necesarias para el análisis cuantitativo del rendimiento en k1 200mts: tiempo, velocidad, FCL, LCL, ICI y paladas/min. Se marcaron 200mts lineales en el río utilizando boyas y un GPS (Garmin, Forerunner® 920XT).



Foto 5. Boyado marcando 200mts lineales con una boya cada 50mts.

Fuente: Elaboración Propia

Todos los palistas realizaron exactamente la misma entrada en calor y luego esperaban su turno de largada. Realizaron una pasada de 200mts a máxima intensidad.



Foto 6. Palista pasando la bolla de los primeros 50mts.

Fuente: Elaboración Propia.

Los palistas fueron grabados con una cámara fotográfica (Fujifilm, Finepix xp60)

Luego los videos fueron reproducidos en el software “Kinovea”, el cual permitió el análisis del mismo en cámara lenta y cuadro por cuadro, lo cual es indispensable debido a la precisión con la que debe ser obtenida la información.

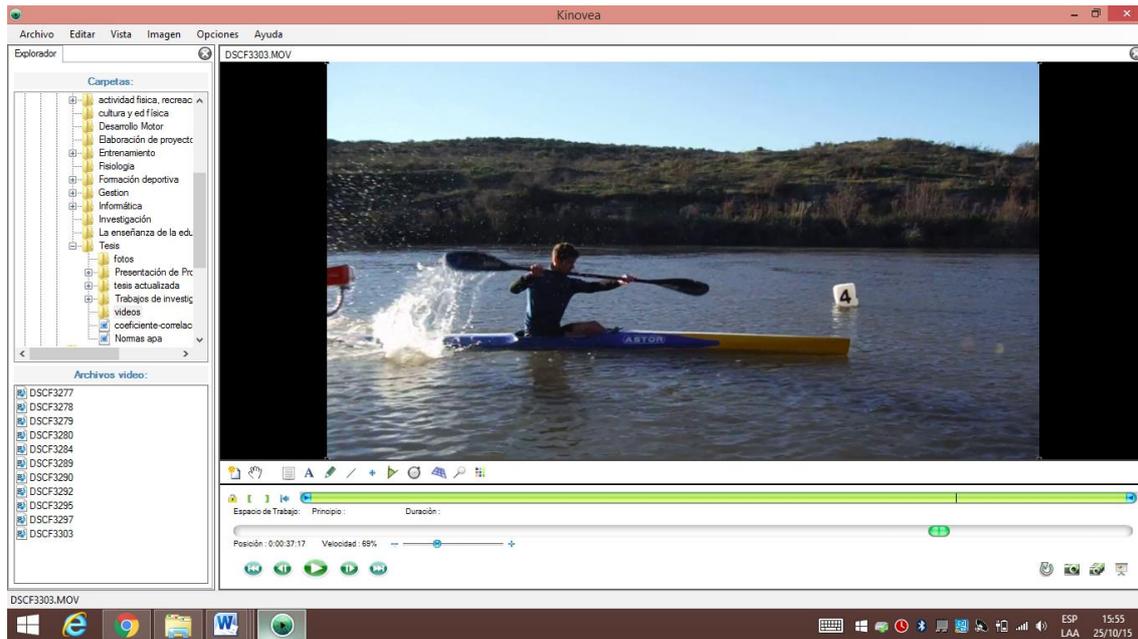


Foto 7. Software de análisis de video “Kinovea”.

Fuente: Elaboración propia.

Medición de datos en “press de banca” y “remo en banca”

La ejecución de los ejercicios se llevó a cabo, utilizando dos bancos, uno de “Press de banca” y el otro “Remo en banca”. Se les pidió a los deportistas que con todas las cargas intentaran realizar la fase concéntrica a la máxima velocidad posible.



Foto 8. Banco de “Press de banca”.

Fuente: Elaboración propia.



Foto 9. Banco de “Remo en Banca”.

Fuente: Elaboración propia.

Las determinaciones de la producción de fuerza en newtons y potencia en watts, así como las diferentes curvas de fuerza, potencia, velocidad, se obtuvieron utilizando un transductor de movimiento lineal (Real Power, Globus, Italia). Este consiste en un encoder rotatorio, que funciona con un sistema de dinamo, y consta de un registro mínimo de posición de 1mm y un cable cuyo extremo se asegura arbitrariamente en un sitio específico de la barra, de modo de no molestar la ejecución del ejercicio. El funcionamiento del encoder permite que el cable se desplace en forma vertical, según la dirección del movimiento, detectando e informando la posición de la barra cada 5 milisegundos (500hz) a una interfase conectada a un ordenador, donde con el software Real Power 2001, versión J 62c (Globus, Italia) calcula automáticamente los valores de fuerza, velocidad y potencia (Naclerio, 2001, citado por Scavo 2009).



Foto 10. Encoder rotatorio conectado a la barra en Press de Banca.
Fuente: Elaboración propia.



Foto 11. Software Real Power 2001, versión J 62c (Globus, Italia) analizando la información de "Press de banca".
Fuente: Elaboración propia.

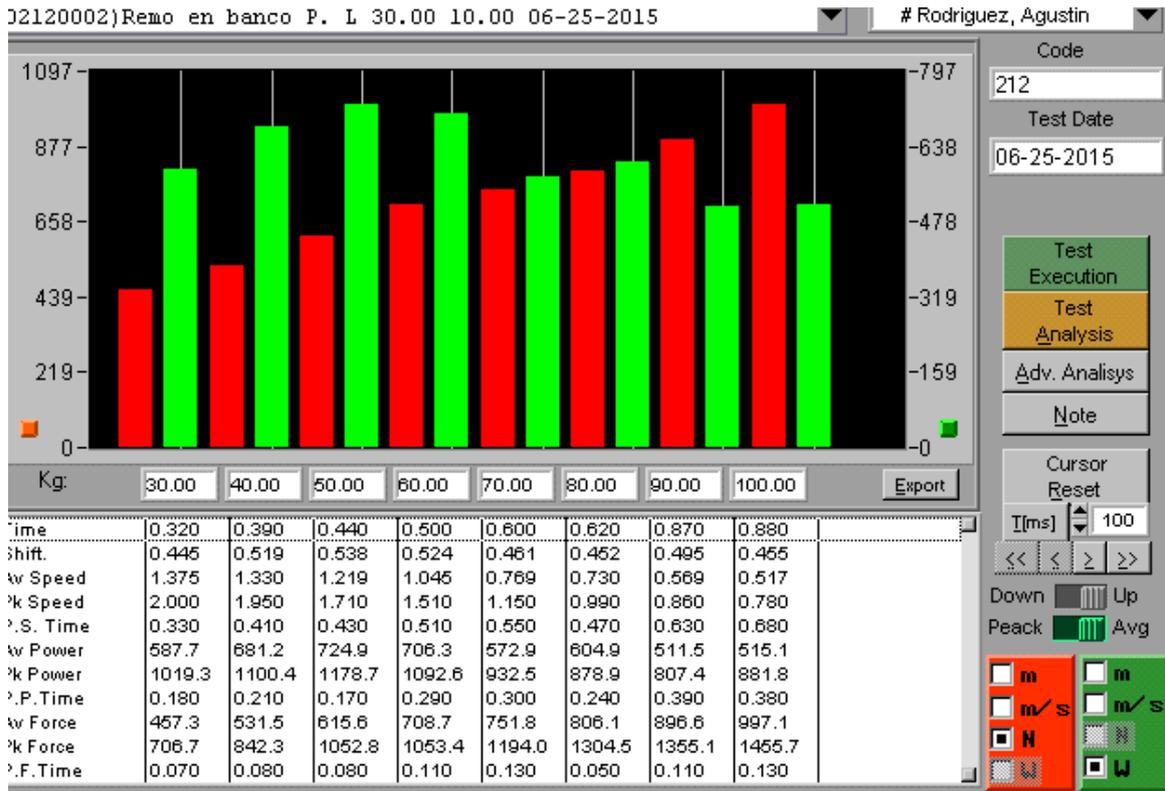


Gráfico 4. Resultados entregados por el Software Real Power 2001, versión J 62c (Globus, Italia)

Fuente: Software Real Power 2001, versión J 62c (Globus, Italia)

Otra de las variables que se midieron con el protocolo de pesos progresivos en Remo en banca y Press de banca fue la percepción subjetiva del esfuerzo, se evaluó utilizando la escala de Robertson, que consiste en la valoración que hacen los evaluados del esfuerzo realizado en una escala del 1 al 10, describe en el gráfico.

Medición de datos del protocolo de estabilidad del core

Para valorar la estabilidad del Core se utilizó un cordón con una plomada atada a un extremo de éste, el cual se sujetaba sobre la cintura y la espalda del sujeto evaluado en los ejercicios de “puente prono” y “puente lateral”. La plomada en el otro extremo debía quedar a 1cm del piso y de esta forma se puede notar fácilmente cuando el evaluado pierde la estabilidad en su zona media.

También se utilizó un cronómetro convencional para medir el tiempo que el evaluado logra mantener la posición de su cuerpo sin que la plomada toque el piso. El cronómetro se inicia cuando el sujeto evaluado está en la posición adecuada y el cordón está correctamente sujetado por el evaluador.



Foto 12. Evaluación de “Puente prono” utilizando cordón.

Fuente: Elaboración propia.



Foto 13. Evaluación de “Puente lateral” utilizando cordón.

Fuente: Elaboración Propia.

Para el Test modificado de Bierin-Sorensen de extensión del tronco se utilizó un banco de 25cm de altura y se tomó el tiempo con un cronometro convencional.



Foto 14. Test modificado de Bierin-Sorensen.

Fuente: Elaboración Propia.

Por último, para realizar el test de resistencia de flexores de tronco a 60° se utilizó un goniómetro, una pizarra y un bastón recto. Con el goniómetro se midió un ángulo de 60° y se trazó una línea en la pizarra que correspondiera con este ángulo (entre el piso y esta línea hay un ángulo de 60°).

El sujeto evaluado se sentó en la intersección de las líneas y colocó su espalda alineada con la línea de los 60° , el bastón se apoyó sobre la espalda del evaluado para tener una visión más clara de si la alineación era la correcta.

Se utilizó un cronometro convencional para tomar el tiempo.



Foto 15. Goniómetro colocado a 60°

Fuente: Elaboración Propia.



Foto 16. Pizarra con la angulación demarcada.

Fuente: Elaboración Propia.

Coeficiente de determinación y de correlación.

De acuerdo con Norman y Streiner, 1996 “ R^2 , el coeficiente de determinación, expresa la parte proporcional de variancia de la variable dependiente producida por la variable independiente.” (p.103).

Descrito de otra forma, el coeficiente de determinación en la parte proporcional de variancia de y que se ajusta con x .

La correlación se midió utilizando el coeficiente de Pearson, el cual es un número comprendido entre -1 y +1 cuyo signo coincide con el de la pendiente de la recta de regresión y cuya magnitud está relacionada con el grado de dependencia lineal entre dos variables. El valor $r = 0$ indica que no existe relación entre las variables; los valores (1 son indicadores de una correlación perfecta positiva, la cual no se da en seres vivos). (Norman y Streiner, 1996). Para interpretar el coeficiente de correlación se utilizó la siguiente escala:

Tabla 5. Grado de correlación.

Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Fuente: Suárez Ibujes.

4. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

A partir de la información obtenida durante la recolección de datos, se abordó su elaboración en tablas y gráficos y el análisis correspondiente: resultados, conclusiones, discusión, limitaciones y recomendaciones. A fin de dar a los resultados del análisis articulación y coherencia respecto a los objetivos planteados como metas de la investigación, ellos se estructuraron en apartados o subtítulos, correlativos a los objetivos específicos propuestos.

4.1 Plan de ejercicios-evaluación general de su aplicación

Los sujetos de la muestra realizaron los ejercicios contemplados en el Plan formulado al efecto, de manera secuencial. Esto es, en el orden en que los ejercicios están presentados en dicho apartado. Por lo tanto, primero se valoró el desempeño de los palistas en k1 200mts, seguido por la estabilidad del core (en el orden establecido en la tabla 3), luego la potencia muscular y fuerza máxima en el press de banca plano y por último la potencia muscular y fuerza máxima en remo en banco.

Dentro de tal secuencia, la evaluación se realizó de manera individual, de tal modo que finalizada con un sujeto de la muestra, se pasaba al siguiente, y así sucesivamente.

Análisis cuantitativo de la técnica de paleo en aguas tranquilas.

En la investigación se utilizó la metodología para análisis cuantitativo de la técnica de paleo en aguas tranquilas (Alacid et al, 2011) permitiendo estimar la velocidad de carrera, el tiempo en 200mts, la frecuencia de ciclo (FCL), la longitud de ciclo (LCL), el índice de ciclo y las paladas por minuto. Detallados en la tabla 6.

Tabla 6. Análisis cuantitativo de técnica de paleo en aguas tranquilas.

Sujeto	Tiempo total (seg)	FCL (Ciclos/seg)	LCL (mts/ciclo)	ICL (Vel*LCL)	P/MIN	Vel (mts/seg)
1	39,6	1,07	4,71	23,79	128,4	5,05
2	40,99	1,15	4,26	20,79	138	4,88
3	42,21	0,92	5,13	24,32	110	4,74
4	39,49	1,06	4,76	24,09	127	5,06
5	38,91	1,12	4,6	23,64	134,4	5,14
6	37,67	1,14	4,65	24,69	136,8	5,31
7	39,48	1,1	4,6	23,32	132	5,07
8	36,06	1,14	4,88	27,08	136,8	5,55
9	35,56	1,14	4,94	27,76	136,8	5,62
10	36,35	1,21	4,55	25,03	145	5,50
11	37,64	1,1	4,82	27,59	132	5,31

Fuente: Elaboración propia

Fcl: Frecuencia de ciclo.

Lcl: Longitud de ciclo.

Icl: Índice de ciclo.

P/min: Paladas/minuto.

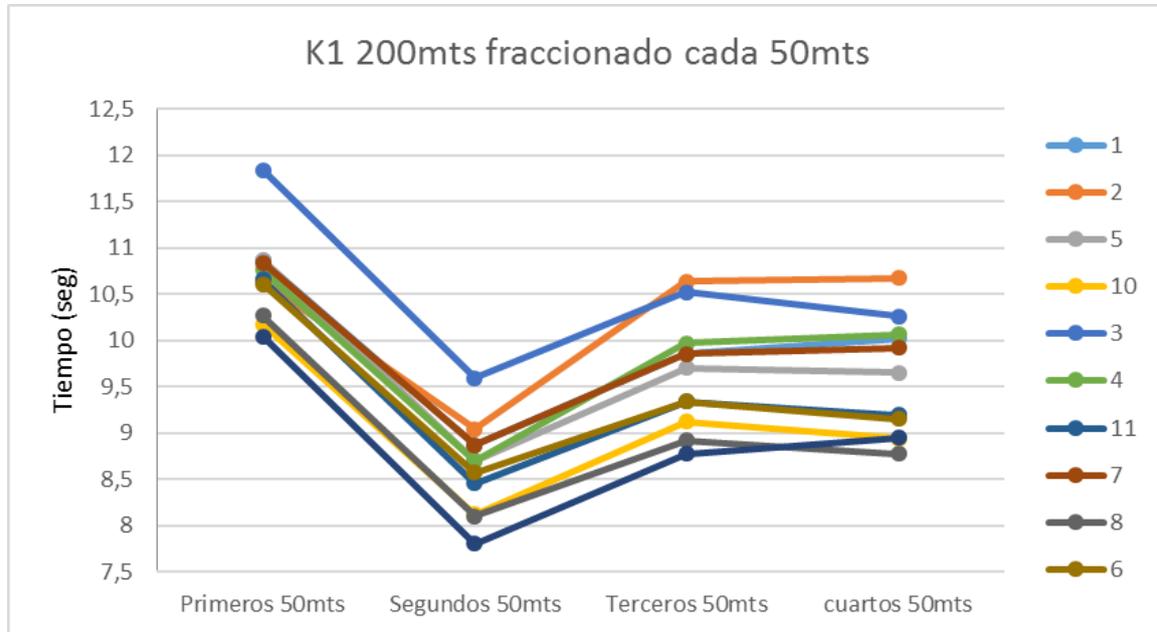
Al mismo tiempo se tomó el tiempo de los palistas cada 50mts como puede verse en la siguiente tabla.

Tabla 7. Tiempo de los palistas cada 50mts.

	Primeros 50mts	Segundos 50mts	Terceros 50mts	Cuartos 50mts
1	10.86	8.87	9.85	10.02
2	10.64	9.04	10.64	10.67
3	11.84	9.59	10.52	10.26
4	10.76	8.7	9.97	10.06
5	10.87	8.69	9.7	9.65
6	10.61	8.57	9.34	9.15
7	10.84	8.87	9.85	9.92
8	10.27	8.1	8.92	8.77
9	10.04	7.8	8.77	8.95
10	10.17	8.12	9.12	8.94
11	10.66	8.45	9.34	9.19

Fuente: Elaboración Propia.

Grafico 5. Tiempo de los palistas cada 50mts.



Fuente: Elaboración Propia.

Estos datos se obtuvieron a través de la grabación de la evaluación de k1 200mts y su posterior análisis en Excel, donde a partir del tiempo y las paladas totales se sustrajeron el resto de los datos a través de las fórmulas matemáticas expresadas en la tabla 3.

Protocolo de pesos progresivos.

Por último, los resultados de las evaluaciones de potencia media máxima y de fuerza máxima en press de banca y remo en banca fueron los detallados a continuación en la tabla 8.

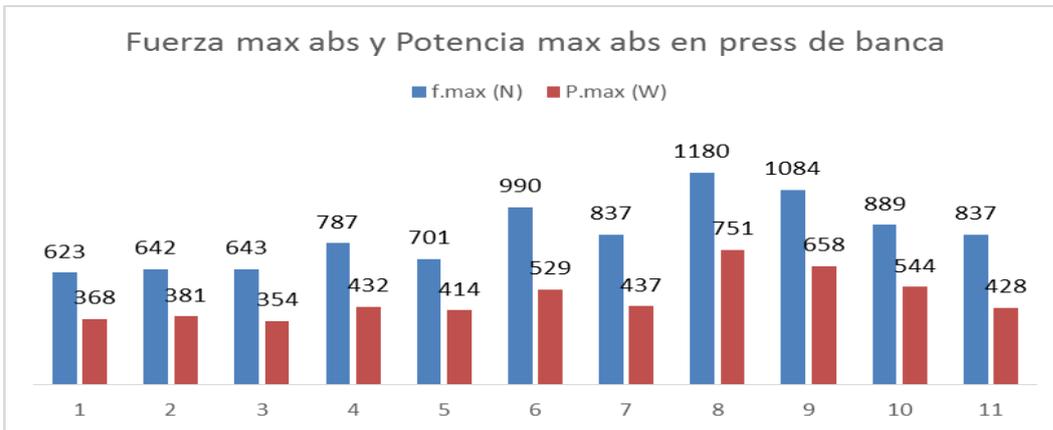
Tabla 8. Fuerza máxima y potencia media máxima en press de banca y remo en banca

Sujetos	F.Max (N) Absoluta PB	P.Max (W) Absoluta PB	F.Max (N) Absoluta RB	P.Max (W) Absoluta RB
1	623	367,8	745,9	489,6
2	641,7	380,9	746,4	562
3	643	354	695	526,8
4	786,7	432	746,8	674,9
5	701	413,8	742	752
6	989,5	528,6	988	791,2
7	837	436,5	842,7	839,6
8	1179,7	751,2	1296	1101,2
9	1084	658,2	1136,1	739,5
10	888,8	544,2	1455,7	724,9
11	836,9	428	743,3	488

Fuente: Elaboración Propia.

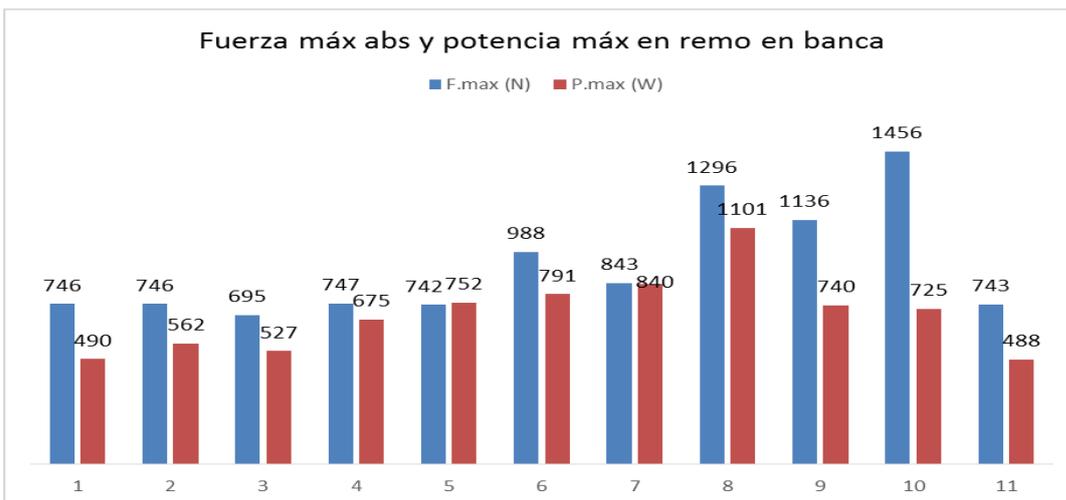
Los datos de fuerza máxima y potencia fueron estimados a través del “protocolo con pesos progresivos para valorar la fuerza aplicada, velocidad y potencia mecánica en los ejercicios con resistencias gravitatorias” descrito por Gutiérrez, (2008).

Gráfico 6. Fuerza media máxima absoluta y potencia media máxima absoluta en press de banca.



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 7. Fuerza máxima absoluta y potencia máxima absoluta en remo en banca.



Fuente: Elaboración Propia.

Protocolo de valoración de la estabilidad del core

En cuanto al protocolo de valoración de la estabilidad del core propuesto por McGill en la tabla 9 están indicados los resultados.

Tabla 9. Valoración de la estabilidad del Core

Sujetos	(*)Sumatoria de tiempos (seg)
1	591
2	415
3	334
4	497
5	288
6	856
7	485
8	635
9	618
10	322
11	368

Fuente: Elaboración Propia. (*) Sumaria del tiempo de cada uno de los 4 test.

Percepción subjetiva del esfuerzo.

Mientras los sujetos evaluados realizaban el test de pesos progresivos en press de banca y remo en banca se evaluó la percepción subjetiva de los mismos utilizando la escala de Robertson. Los resultados pueden verse en la tabla 10.

Tabla 10. Escala de Robertson. Percepción subjetiva del esfuerzo.

Promedio de percepción subjetiva del esfuerzo (Escala de Robertson)								
Press de banca (% 1RM)	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Percepción subjetiva del esfuerzo	1	2	4	5	6	6	8	9
Remo en banca (% 1RM)	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Percepción subjetiva del esfuerzo	1	2	3	4	5	6	7	8

Fuente: Elaboración Propia.

4.2 Correlación entre la fuerza máxima y tiempo en k1 200mts

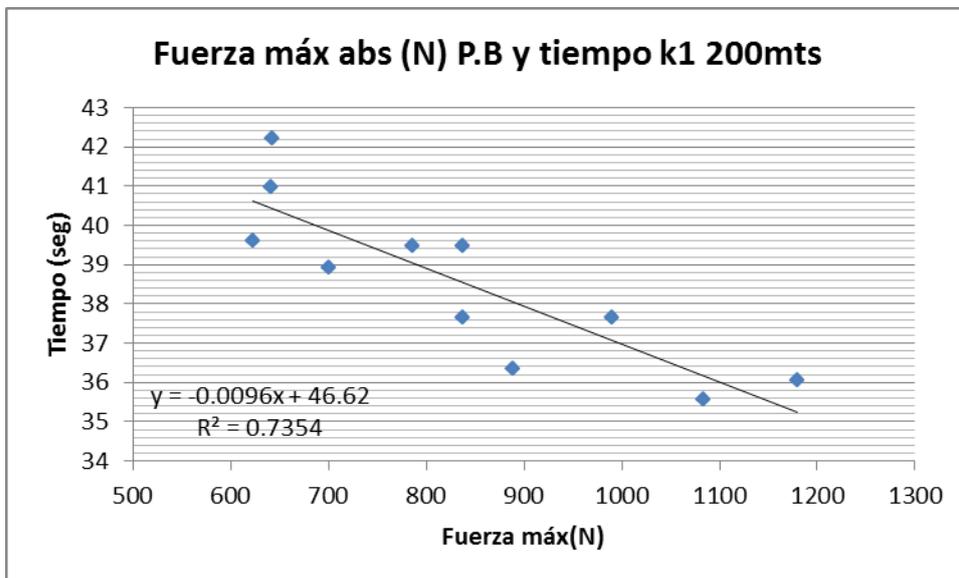
Correlación entre la fuerza máxima en press de banca y el tiempo en k1 200mts

Se correlacionó la fuerza máxima medida en Newtons en los ejercicios de Press de banca y Remo en banca con el tiempo en k1 200 metros.

La correlación entre la fuerza máxima en press de banca y el tiempo en k1 200mts fue de -0,85 según el coeficiente de Pearson, lo cual indica que la relación es negativa y alta. Es decir que a mayor fuerza máxima en press de banca menor será el tiempo en k1 200mts. Lo que se puede observar en el gráfico 8.

El coeficiente de determinación (R^2) es de 0.73 lo cual indica que en un 73% “y” depende de “x”, el 27% restante responde a otras variables. En este caso, la fuerza máxima en press de banca determinara en un 73% el tiempo en k1 200mts.

Gráfico 8. Relación entre la fuerza máxima en Press de banca (N) y el tiempo en k1 200mts.



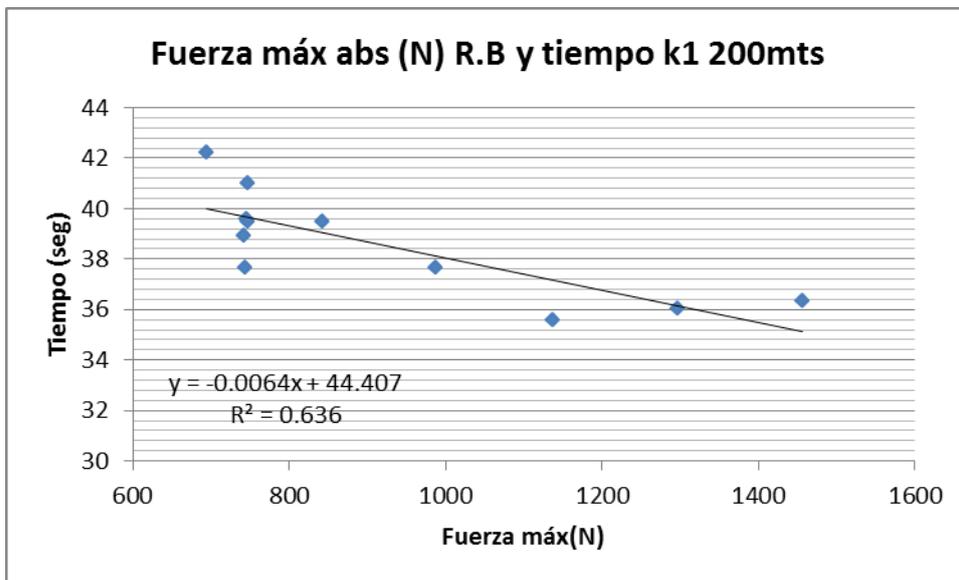
Fuente: Elaboración Propia

Correlación entre la fuerza máxima en remo en banco y el tiempo en k1 200mts

La correlación entre la fuerza máxima absoluta en remo en banca y el tiempo en k1 fue de -0,79 según el coeficiente de Pearson. Lo cual indica que la relación entre una variable y la otra es negativa y alta, como se puede ver en el gráfico 9.

EL R² es de 0.63, por lo que en este caso el tiempo en k1 200mts depende en un 63% de la F. Máx absoluta en Remo en banca.

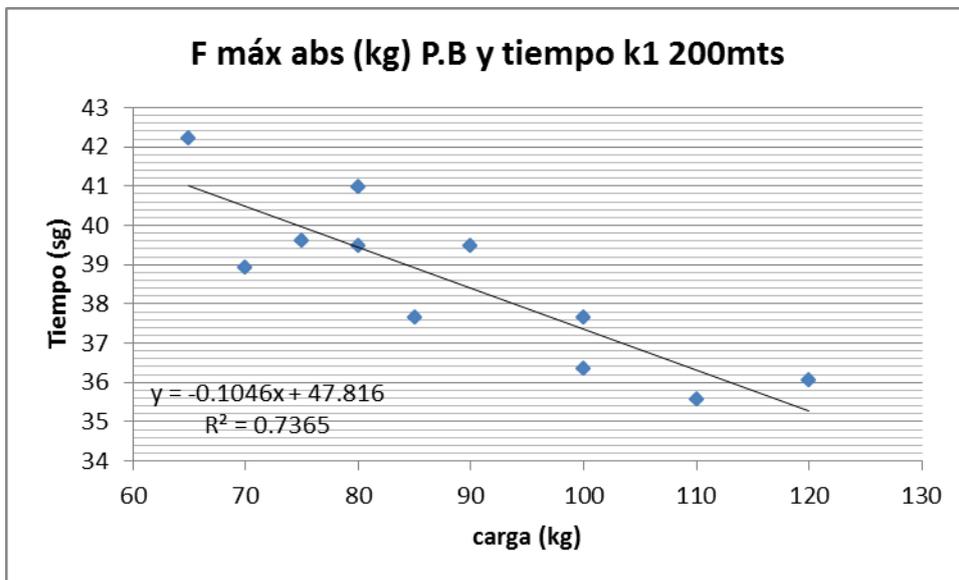
Gráfico 9. Relación entre la fuerza máxima absoluta en remo en banca (N) y el tiempo en k1 200mts.



Fuente: Elaboración propia.

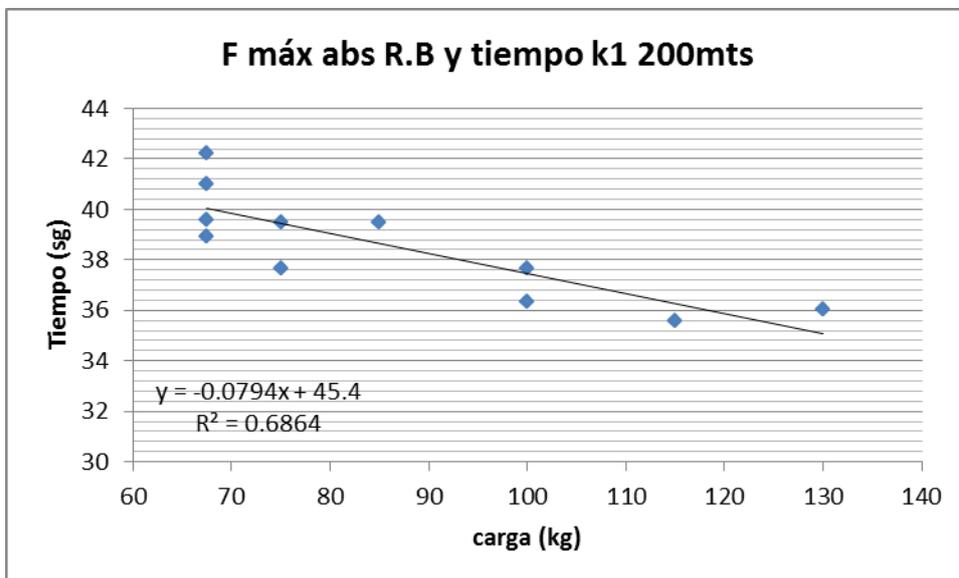
Al mismo tiempo se realizó la correlación entre el tiempo en k1 200mts y la carga máxima valorando solo la resistencia movilizada en kg. Los resultados fueron muy similares, ya que si comparamos la correlación de la fuerza en PB medida en Newton y en Kilogramos, y el tiempo en k1 200mts fue de 0,85 en ambas. Mientras que en RB la diferencia fue mínima. La correlación entre el tiempo en k1 200mts y la fuerza medida en N fue de 0,79 mientras que en kg fue de 0,82. Como se puede observar en los gráficos 10 y 11 respectivamente.

Gráfico 10. Relación entre la carga máxima en Press de banca (Kg) y el tiempo en k1 200mts.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 11. Relación entre la fuerza carga en remo en banca (kg) y el tiempo en k1 200mts.



Fuente: Elaboración propia.

4.3 Correlación entre la potencia máxima y el tiempo en k1 200mts.

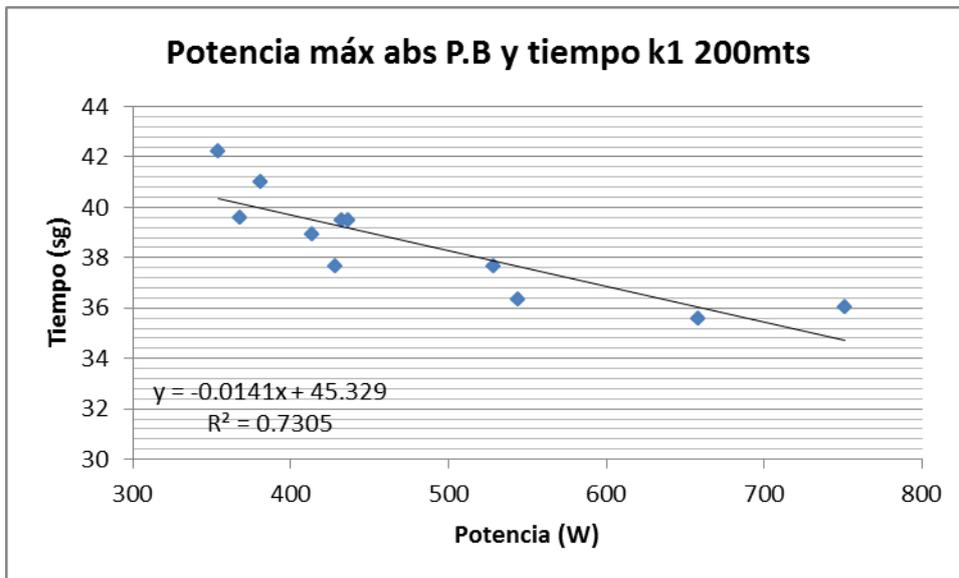
En este caso se analizó el grado de relación entre la potencia media máxima en los ejercicios PB y RB y el tiempo empleado en k1 200mts.

Correlación entre la potencia máxima en press de banca y el tiempo en k1 200mts.

La correlación entre la potencia máxima en PB y el tiempo en k1 200mts fue de -0,85, lo cual indica que la correlación es negativa y alta.

El R^2 es de 0.73 lo cual indica que en un 73% es la correlación entre la potencia en press de banca y el tiempo establecido. El 27% restante responde a otras variables.

Gráfico 12. Relación entre la potencia media máxima absoluta en Press de Banca y el tiempo en k1 200mts.



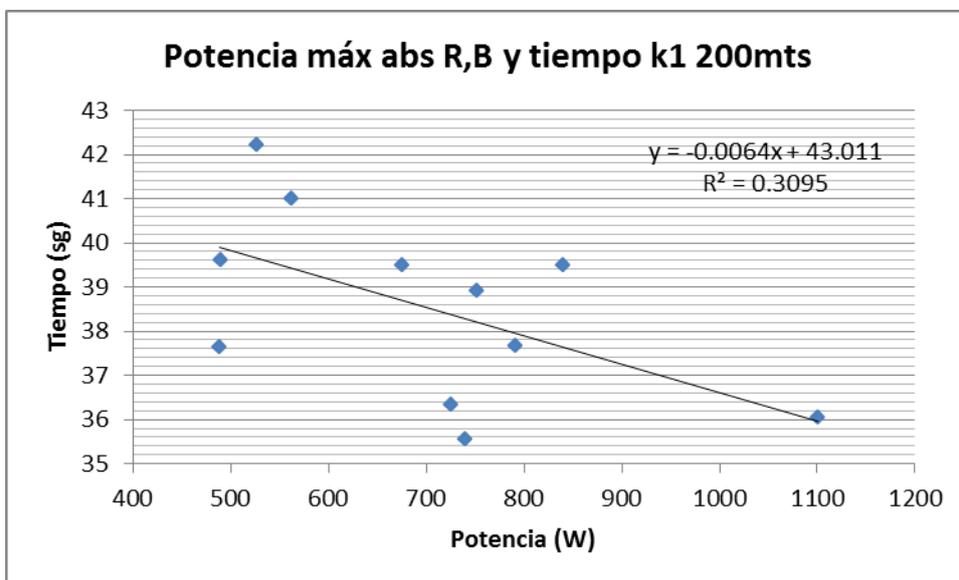
Fuente: Elaboración propia.

Correlación entre la potencia máxima en remo en banco y el tiempo en k1 200mts

En cuanto a la relación entre la potencia media máxima absoluta en RB y el tiempo en k1 200mts, esta fue de -0,55. Lo cual indica que la correlación fue negativa moderada.

El R^2 es de 0.30 por lo tanto en este caso el tiempo en k1 200 depende en un 30% de la potencia absoluta en remo en banca.

Gráfico 13. Relación entre la potencia media máxima absoluta en Remo en banco y el tiempo en k1 200mts.



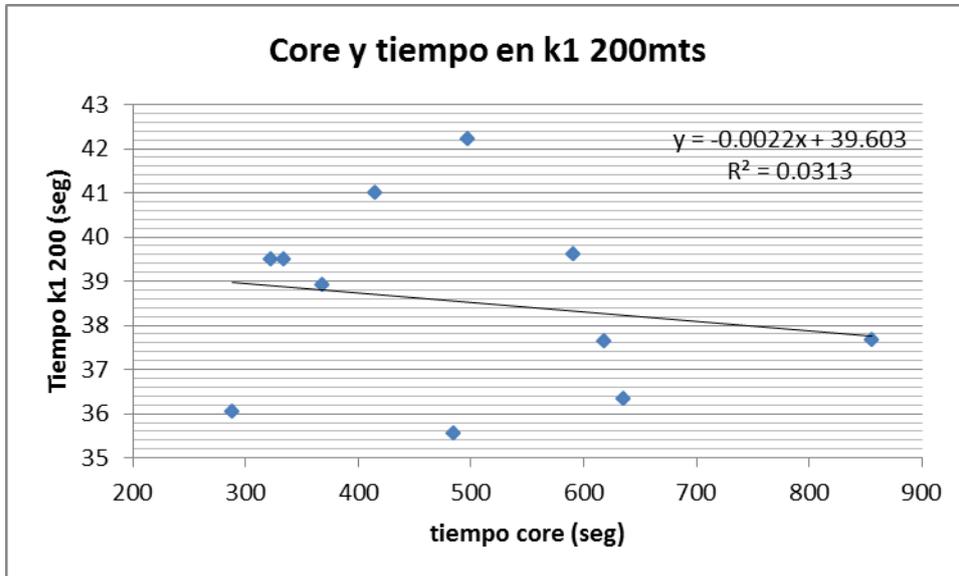
Fuente: Elaboración propia.

4.4 Correlación entre la estabilidad del core y el rendimiento en k1 200mts

En este caso se analizó el grado de relación que existe entre el tiempo empleado en k1 200mts y la estabilidad del Core. La correlación entre estas dos variables fue de -0,17, lo cual indica que el grado de relación es muy bajo. Como puede verse en el gráfico 14.

El R^2 es de 0.03 por lo que, en este caso, el tiempo en k1 200mts depende en un 3% de la estabilidad del core.

Gráfico 14. Correlación entre la estabilidad del core y el rendimiento en k1 200mts.



Fuente: Elaboración propia.

4.5 Correlación entre la fuerza máxima y la FCL, LCL e ICL

En este caso se midió la relación entre la fuerza máxima en PB y RB con las siguientes variables:

- Frecuencia de ciclo (FCL). Indica cuantos ciclos realiza el palista en 1 segundo.
- Longitud de ciclo (LCL). Indica cuantos metros avanza el palista por cada ciclo.
- Índice de ciclo (ICL). Indicador de eficiencia.

Correlación entre la fuerza máxima en press de banca y la FCL, LCL e ICL

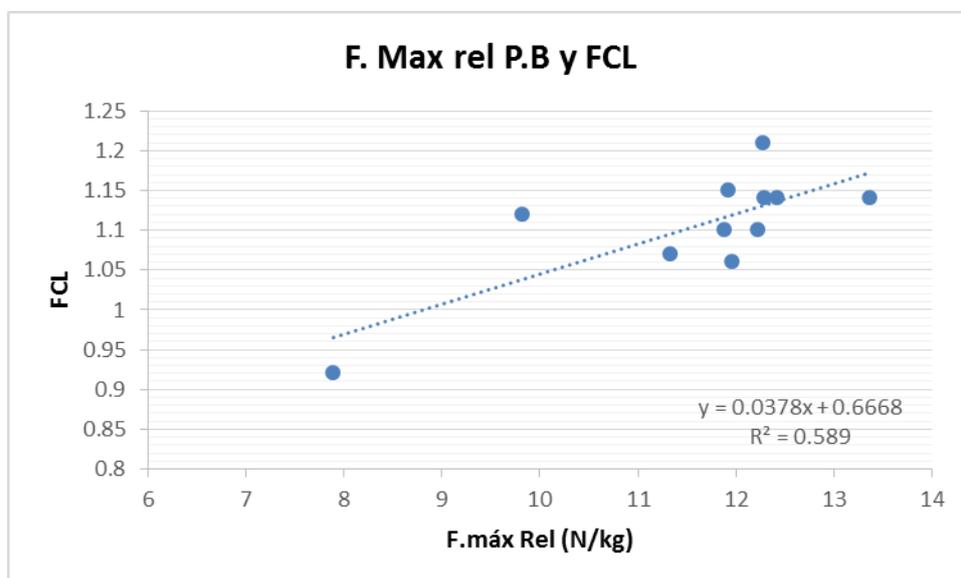
Cuando se midió el grado de relación entre estas variables y la fuerza en PB los resultados fueron los siguientes:

1. La relación entre la fuerza relativa en PB y la FCL fue de 0,76, Lo cual indica una correlación “positiva alta”. Como puede verse en el gráfico 13. En este caso se utilizó la fuerza relativa porque la correlación fue mayor que con la fuerza absoluta (0,48).

El R^2 fue de 0.58 por lo que, en este caso, la fuerza máxima relativa en P.B determina en un 58% la FCL.

Por lo general entre los entrenadores de canotaje es más utilizado el concepto de paladas por minutos (p/min). En ese caso la FCL está íntimamente relacionada con las p/min y la correlación entre la fuerza, la FCL y las p/min es exactamente igual tanto en PB como en RB.

Gráfico 15. Correlación entre la fuerza máxima relativa en press de banca y la Frecuencia de ciclo (FCL).

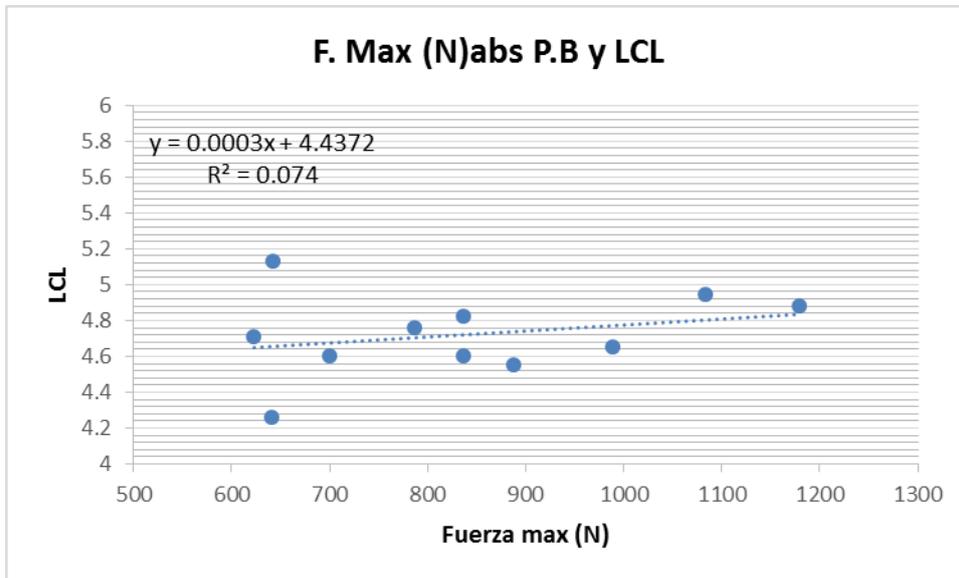


Fuente: Elaboración propia.

2. Cuando se mide el grado de relación entre la LCL y la fuerza máxima absoluta en PB, la misma fue de 0,27. Lo cual indica que la misma es positiva baja. Como se puede ver en el gráfico 16.

EL R^2 fue de 0,07 por lo que, en este caso, la fuerza máx abs en PB determina en un 7% la LCL, lo cual es insignificante.

Gráfico 16. Correlación entre la fuerza máxima abs en press de banca y la Longitud de ciclo (LCL).

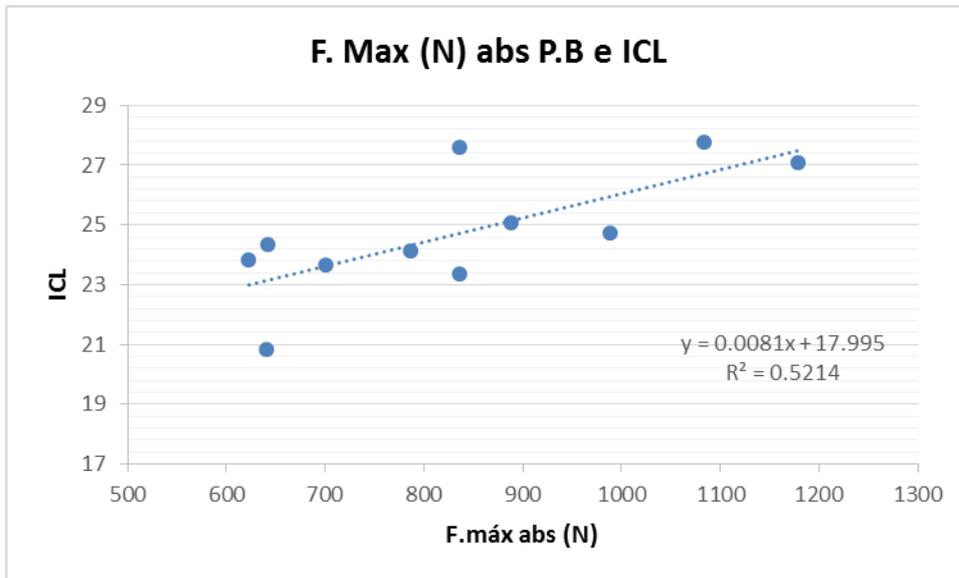


Fuente: Elaboración propia.

3. En cuanto al Índice de ciclo (ICL), este tiene una relación positiva alta con la fuerza abs max en PB, siendo el valor de r de 0.72 como se puede ver en el gráfico 17.

El R^2 fue de 0,52 por lo que, en este caso, la fuerza máx abs en PB determina en un 52% el ICL.

Gráfico 17. Correlación entre la fuerza máxima abs en press de banca y el Índice de ciclo (ICL).



Fuente: Elaboración propia.

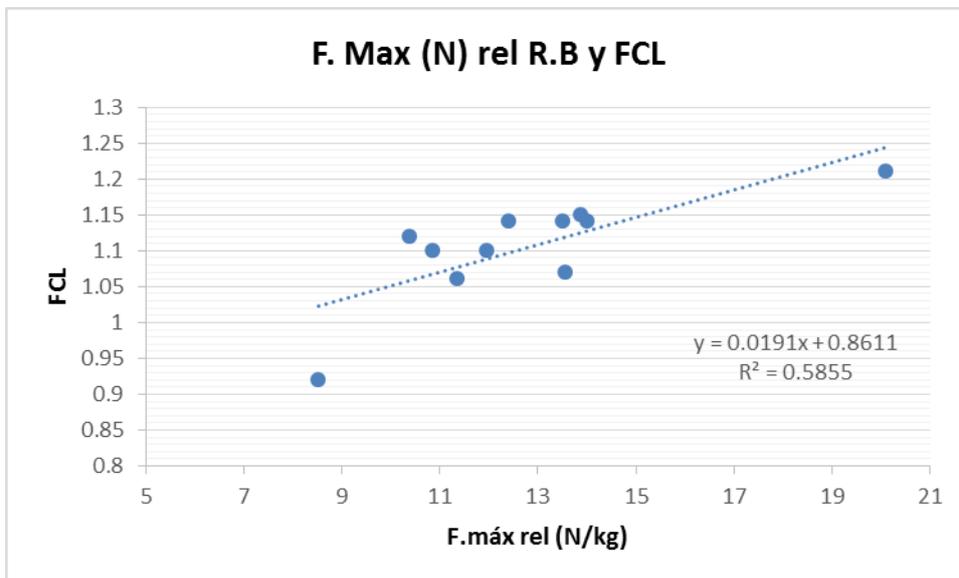
Correlación entre la fuerza máxima en remo en banco y la FCL, LCL e ICL

Cuando se relacionaron las mismas variables con la fuerza en RB los resultados fueron los siguientes:

- La relación entre la fuerza max rel y FCL fue positiva alta, siendo r de 0,76. Se tomó la fuerza relativa porque la correlación fue mayor que con la fuerza absoluta (0,64). Como puede verse en el gráfico 18.

El R^2 fue de 0.58 por lo que, en este caso, la fuerza máxima rel en RB determina en un 58% la FCL.

Gráfico 18. Correlación entre la fuerza máxima rel en Remo banca y la Frecuencia de ciclo (FCL).

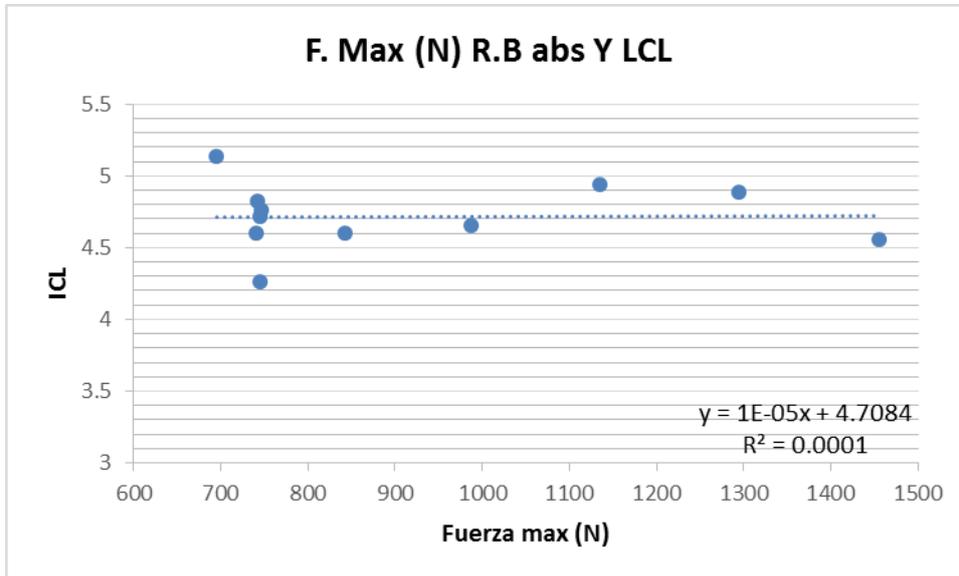


Fuente: Elaboración propia.

- La relación entre la fuerza máx abs en RB y la LCL fue nulo, ya que el valor de r fue de 0,01 - gráfico 19-.

El R^2 fue de 0 por lo que, en este caso, la fuerza máx abs en RB no influyo sobre la LCL.

Gráfico 19. Correlación entre la fuerza máxima abs en Remo banca y la Longitud de ciclo (LCL).

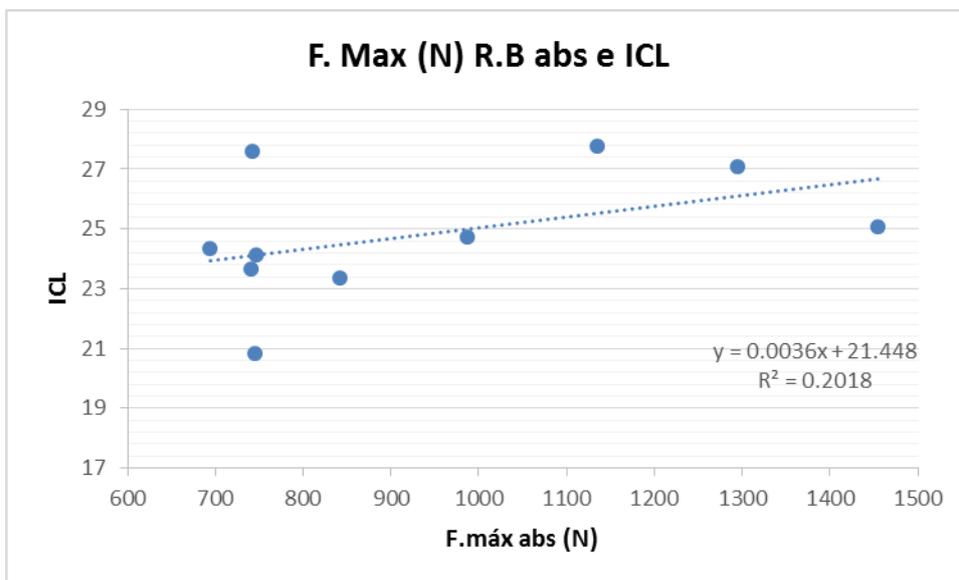


Fuente: Elaboración propia.

- La relación entre la fuerza max abs en RB y el ICL fue positivo moderado, ya que el valor de r fué de 0,46 -gráfico 20-

EL R^2 fue de 0.20 por lo que, en este caso, la fuerza máx abs en RB determina en un 20% el ICL.

Gráfico 20. Correlación entre la fuerza máxima absoluta en Remo en banca y el Índice de ciclo (ICL).



Fuente: Elaboración propia.

4.6 Correlación entre la potencia máxima y la FCL, LCL e ICL

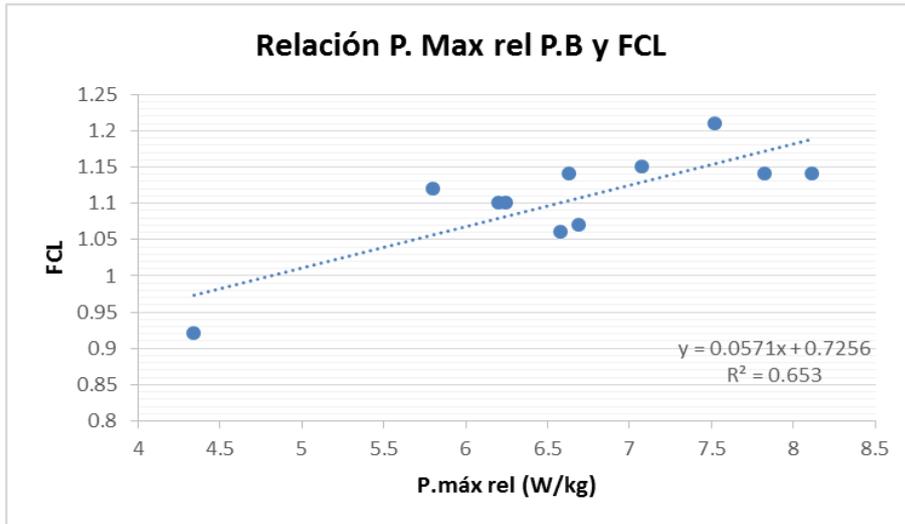
Correlación entre la potencia máxima en press de banca y la FCL, LCL e ICL.

Cuando se midió el grado de relación entre estas variables y la potencia máxima en PB los resultados fueron los siguientes:

1. La correlación entre la potencia máx relativa en PB y la FCL fue de 0,8. Lo cual indica que el grado de relación es positivo alto. Se utiliza la potencia relativa por que fue más significativa que la absoluta (0,4) - gráfico 21-.

EL R^2 fue de 0.65 por lo que, en este caso, la potencia máx rel en PB determino en un 65% la FCL.

Gráfico 21. Correlación Potencia máx rel PB y FCL.

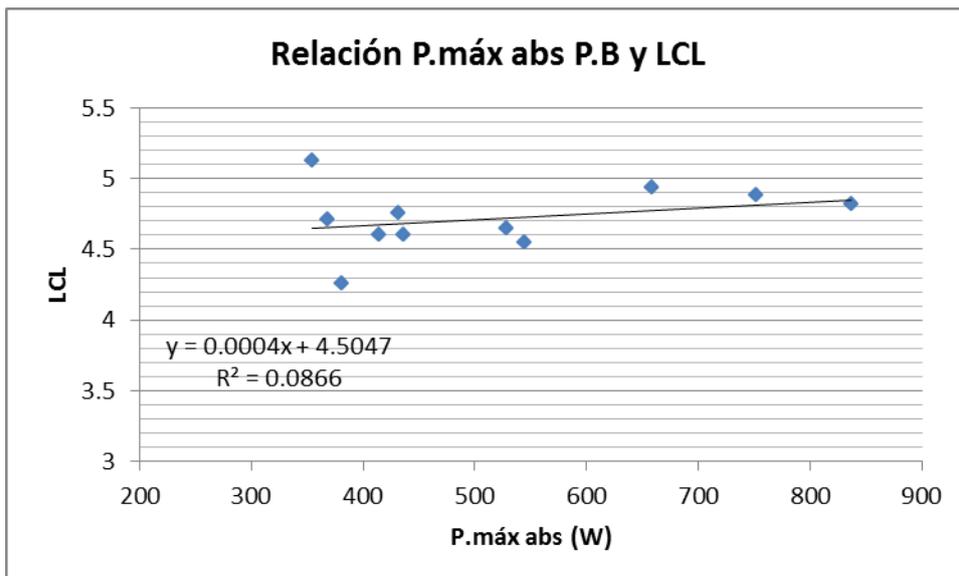


Fuente: Elaboración propia.

2. La correlación entre la potencia máx absoluta (abs) en PB y la LCL fue de 0,3. Lo cual indica que el grado de relación es positiva baja - gráfico 22-.

El R^2 fue de 0.08 por lo que, en este caso, la potencia máx abs en PB determina en un 8% la LCL.

Gráfico 22. Correlación entre la potencia máx abs y la LCL.

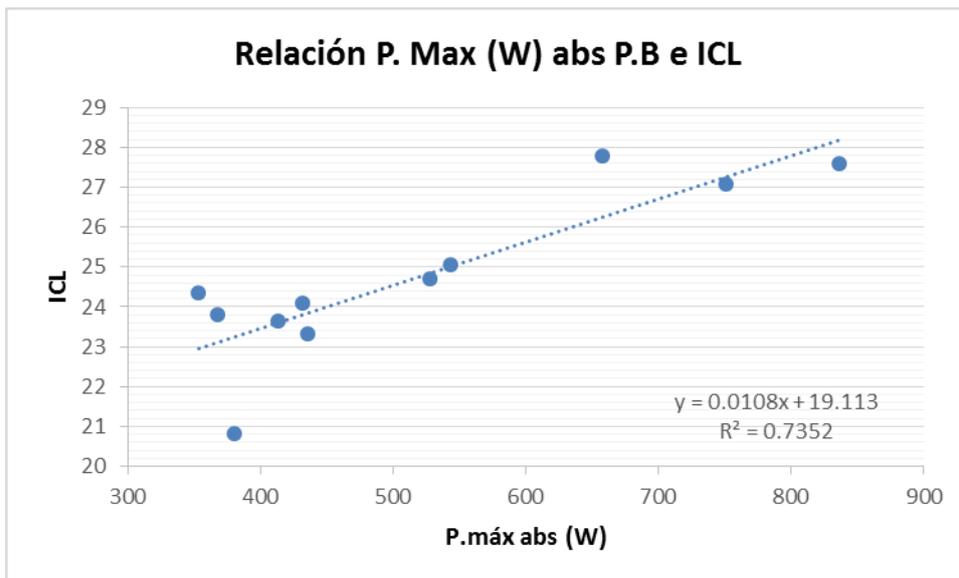


Fuente: Elaboración propia.

3. La correlación entre la potencia máx abs y el ICL fue de 0,86. Lo cual indica que la correlación fue positiva alta -gráfico 23-.

El R^2 fue de 0,73 por lo que, en este caso, la potencia máx abs en PB determina en un 73% el ICL.

Gráfico 23. Correlación entre la potencia máx abs y el ICL.



Fuente: Elaboración propia.

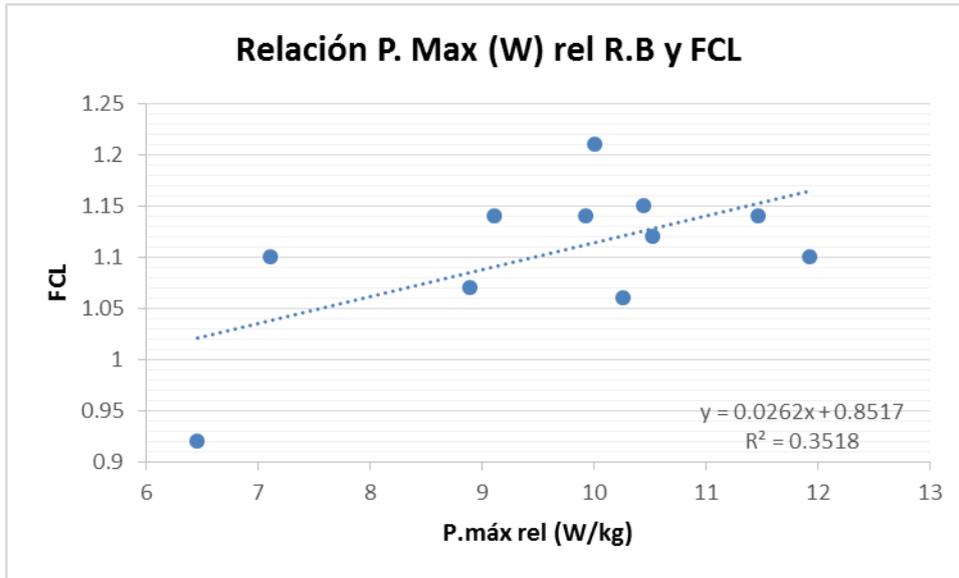
Correlación entre la potencia máxima en remo en banco y la FCL, LCL e ICL

Cuando se midió el grado de relación entre la potencia máxima en RB y las variables FCL, LCL e ICL los resultados fueron los siguientes:

1. La correlación entre la potencia máxima relativa en remo en banco y la FCL es de 0,6, lo que indica que es positiva moderada. Se utilizó la potencia relativa porque fue más significativa que la absoluta (0,4). En el gráfico 24 se pueden ver estos datos.

EL R^2 fue de 0,35 por lo que, en este caso, la potencia máx rel en RB determina en un 35% la FCL.

Gráfico 24. Correlación entre la potencia máx rel en R.B y la FCL

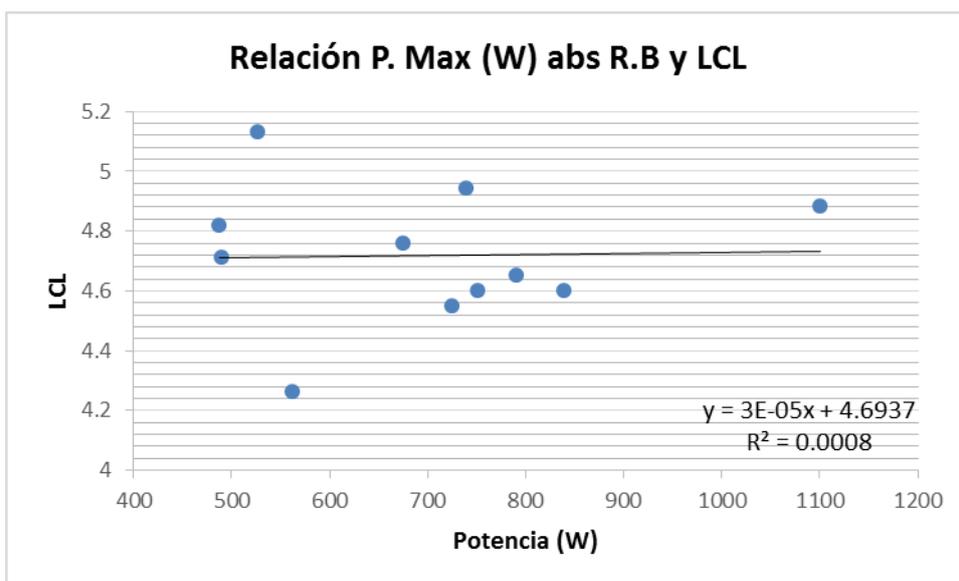


Fuente: Elaboración propia.

2. La correlación entre la potencia máx absoluta y la LCL fue de 0,02. Lo cual indica que fue nula - gráfico 25-.

El R^2 fue de 0 por lo que, en este caso, la potencia máx abs en R.B no influyó sobre la LCL.

Gráfico 25. Correlación entre la potencia max abs en R.B y LCL.

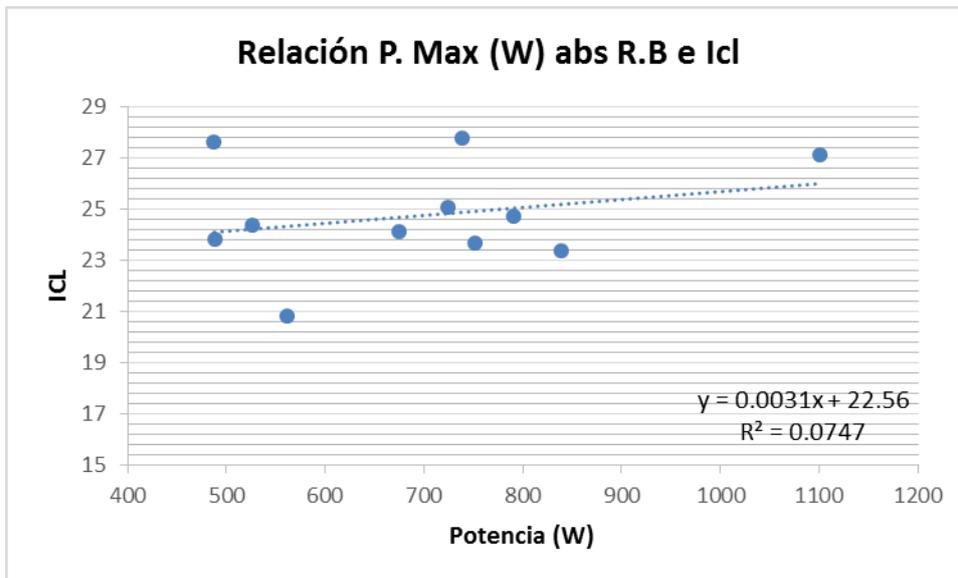


Fuente: Elaboración propia.

3. La correlación entre la potencia max abs en R.B y el ICL fue de 0,3. Lo cual indica que fue positiva baja - gráfico 26-.

EL R^2 fue de 0.07 por lo que, en este caso, la potencia máx abs en RB determina solo en un 7% el ICL.

Gráfico 26. Correlación entre la pot max abs e ICL.



Fuente: Elaboración propia.

4.7 Relación entre la fuerza máxima absoluta (N) y la potencia media máxima absoluta (W)

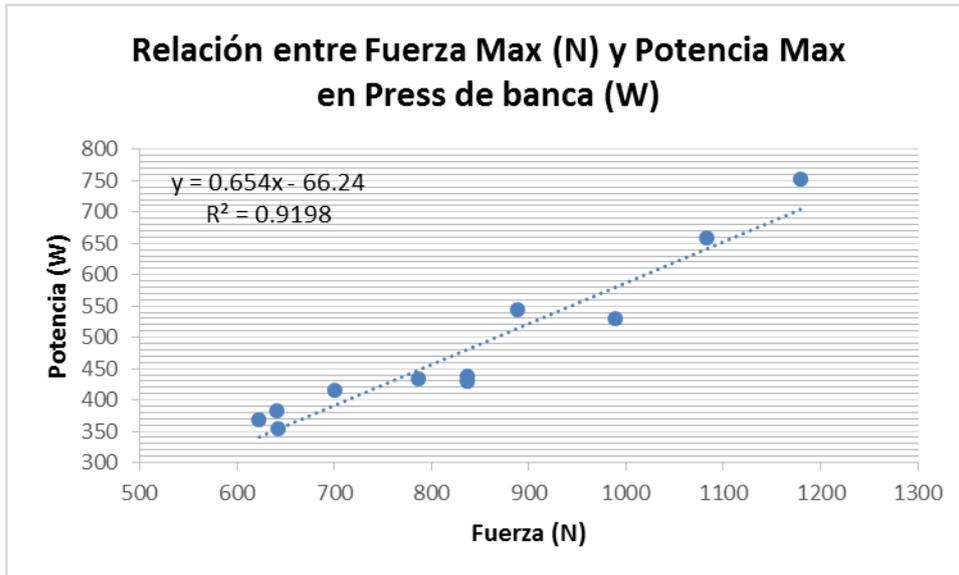
Se midió la correlación la fuerza máxima absoluta y la potencia media máxima absoluta.

Lo que dio un resultado de 0,95 en PB (Correlación muy alta) y de 0,62 en RB (Correlación Moderada). Como se puede ver en el Gráfico 9 y 10 respectivamente.

El R^2 fue de 0.91 por lo que, en este caso, la fuerza máx abs en PB determina en un 91% la potencia máx en el mismo ejercicio.

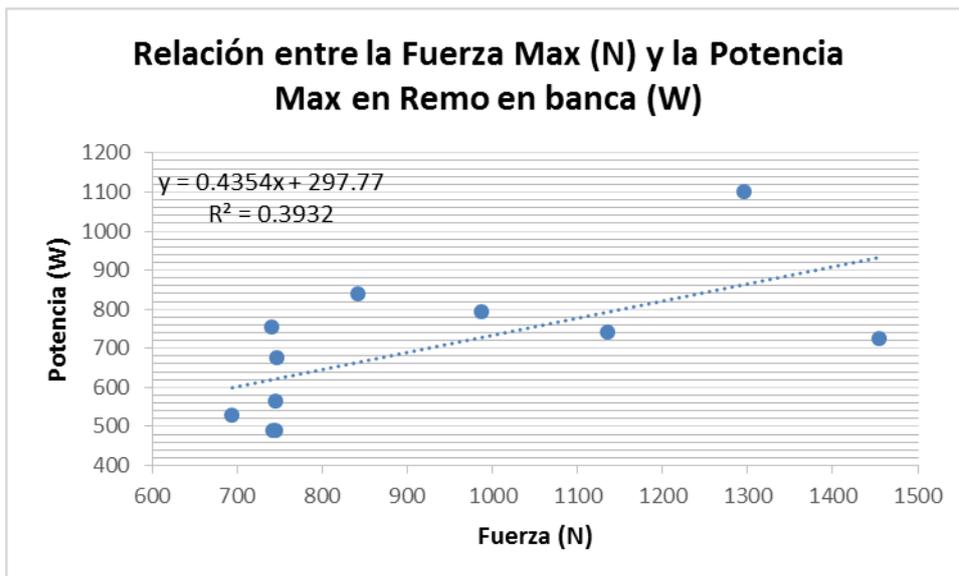
Por otro lado, el R^2 fue de 0.39 en el caso de RB. Por lo que, la fuerza máx abs determina en un 39% la potencia máx en este caso.

Gráfico 27. Correlación entre Fuerza máxima absoluta y la Potencia media máxima absoluta en Press de banca.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 28. Correlación entre Fuerza máxima absoluta y la Potencia media máxima absoluta en Remo en banca.



Fuente: Elaboración propia.

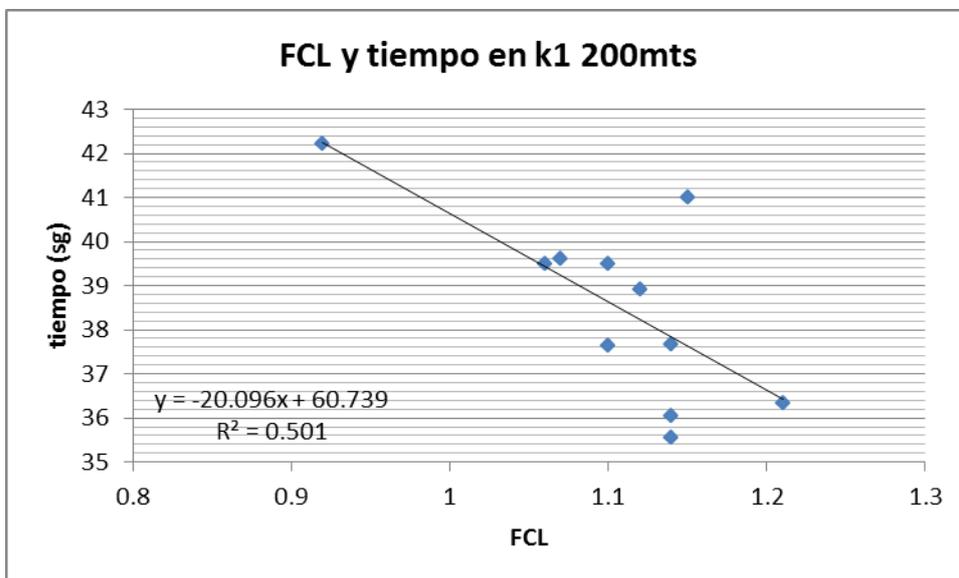
4.8 Correlación entre la FLC, LCL e ICL y el tiempo empleado en k1 200mts

Se correlaciono el tiempo empleado en completar los 200mts en k1 con las variables FCL, LCL e ICL. Los resultados fueron los siguientes:

1. La correlación entre el tiempo en k1 200mts y la FCL fue de -0.7. Lo cual indica que la correlación fue negativa alta. Este quiere decir que a mayor FCL menor tiempo. Como puede verse en el gráfico 29.

El R^2 indica que la FCL determina en un 50% el tiempo en k1 200mts.

Gráfico 29. Correlación entre la FCL y el tiempo en k1 200mts.

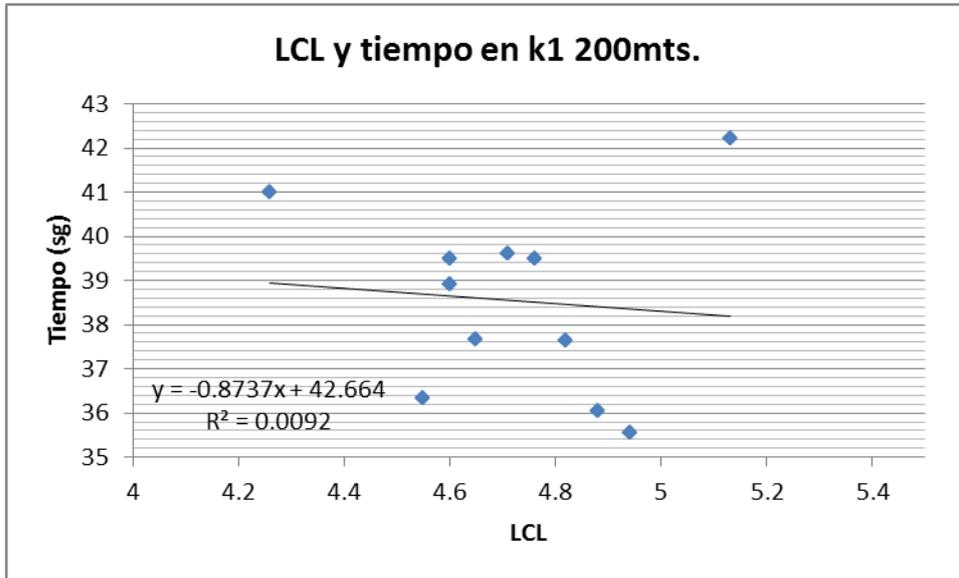


Fuente: Elaboración propia.

2. La correlación entre el tiempo en k1 200mts y la LCL fue de -0,1. Lo cual indica que la misma fue negativa baja y muy poco significativa -gráfico 30-.

El R^2 indica que la LCL no determina el tiempo en k1 200mts.

Gráfico 30. Correlación entre LCL y el tiempo en k1 200mts.

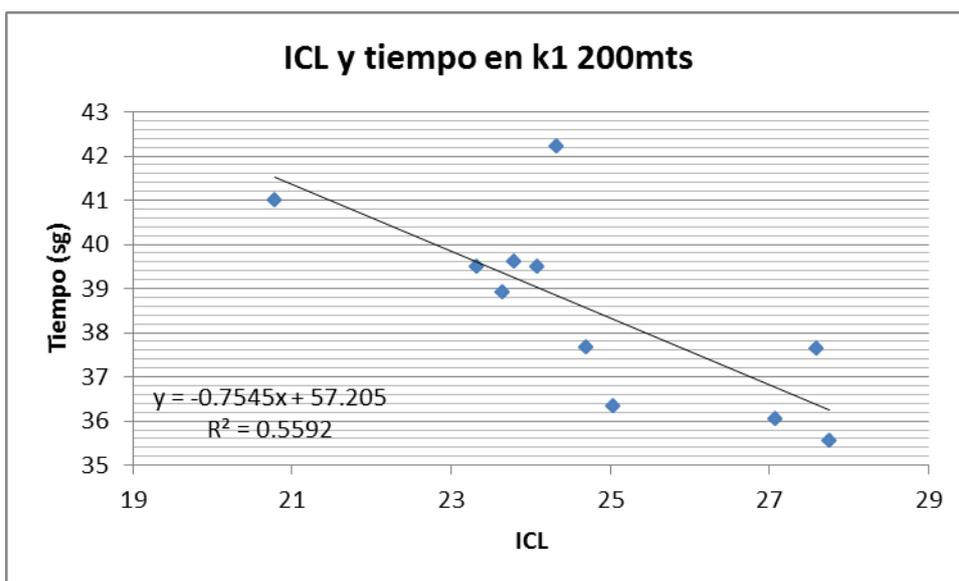


Fuente: Elaboración propia.

3. La correlación entre el tiempo en k1 200mts y el ICL fue de -0,75. Lo cual indica que la misma es negativa alta. Es decir que a mayor índice de ciclo (ICL) menor tiempo en k1 200mts -gráfico 31-.

El R^2 indica que el ICL determina en un 52% el tiempo en k1 200mts.

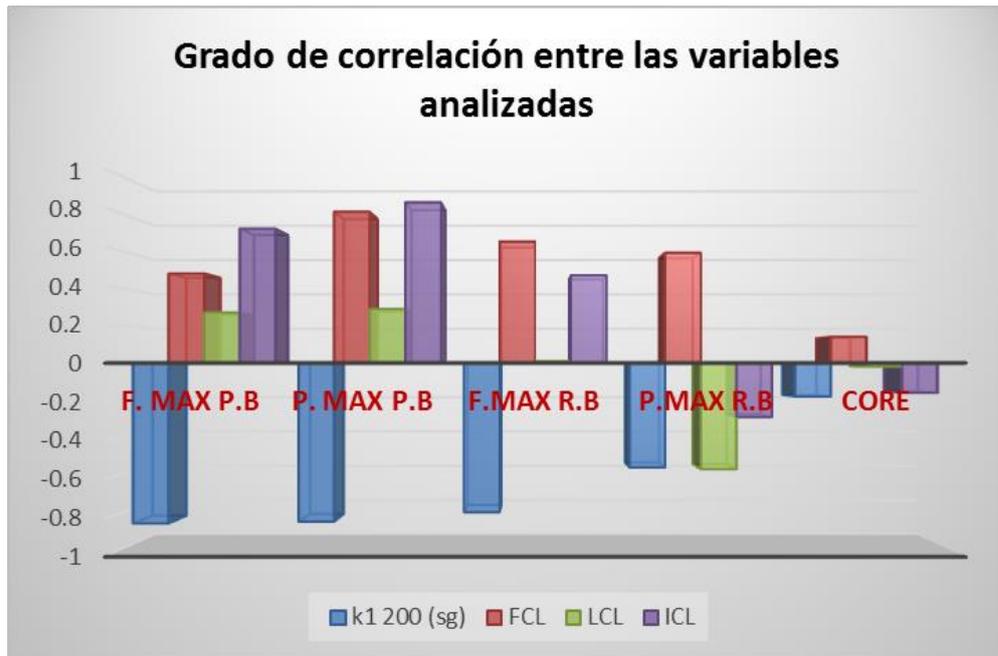
Gráfico 31. Correlación entre ICL y el tiempo en k1 200mts



Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente gráfico pueden verse los distintos niveles de relación entre la variables evaluadas.

Gráfico 32. Grado de correlación entre F. máx y P. máx absoluta en R.B y P.B, Estabilidad del Core con el Tiempo k1 200mts y FCL, LCL e ICL.



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Discusión

Si bien en el estudio de McKean (2009) también se encontró un alto grado de correlación entre la potencia máxima en PB y el rendimiento en canotaje, la relación no fue buena entre la fuerza máxima y el rendimiento “en el agua”, aunque esto pudo deberse a que las distancias evaluadas por dicho investigador fueron distintas (500 y 1000mts).

Por otra parte, en otro estudio longitudinal de 3 años realizado por McKean (2013), en el cual se analizó la influencia de la fuerza del tren superior sobre el rendimiento en canotaje en deportistas de elite, se encontró que hubo una directa y significativa correlación entre los valores de fuerza y el tiempo de carrera a través de los 3 años.

Además, Michael et al, (2009) sostiene que “...si pretende maximizar la velocidad del kayak será necesario generar una potencia promedio mayor durante cada palada, que las fuerzas promedio sean grandes”, esta afirmación está en sincronía con los resultados encontrados en esta investigación. En este sentido, Tesch, (1983, citado por Mc Kean, 2009) sugiere que “El entrenamiento de “agua” en canotaje por sí solo no genera los requerimiento de fuerza ideales. Y que se necesita de un entrenamiento de fuerza complementario para mejorar el desempeño de los palistas.” (p.48)

Un estudio de Ackland, et al. (2003) indica que los palistas que compitieron en Sidney 2000 eran 5kg más pesados, con espaldas más anchas y con los bíceps, el pecho y la circunferencia de cintura incrementada comparados con los palistas de los juegos olímpicos de 1976. De acuerdo con Mc Kean, (2009) este incremento de la masa muscular en palistas de elite sugiere que el entrenamiento de la fuerza se ha vuelto una parte integral de los programas de entrenamiento de canotaje. Lo cual respalda el alto grado de correlación entre la fuerza y el rendimiento hallado en esta investigación.

En este sentido, Fry & Morton (1991) evaluaron a 38 palistas divididos en dos grupos, un grupo estaba integrado por palistas que pertenecían a la selección estatal (y hasta eran representantes internacionales del equipo australiano) y los palistas del otro grupo no pertenecían a la selección estatal. Se los evaluó en 500mts, 1000mts, 10000mts y 42km. Además se les realizó una antropometría, test de potencia aeróbica y anaeróbica, test de fuerza muscular y un test de resistencia muscular a la fatiga. Todas estas evaluaciones dieron resultados significativamente mayores en los palistas con mejor rendimiento. Todos los parámetros medidos estuvieron fuertemente correlacionados con un mejor rendimiento en al menos un test de “agua”. Lo cual concuerda con los resultados encontrados en esa investigación.

En cuanto a la estabilidad del core y la nula relación con el rendimiento en k1 200mts, Staton, et al. (2004) sugiere que algunas investigaciones no muestran cambios en el desempeño mejorando la estabilidad del core. Aunque otros como Kiblier, et al. (2006) Willson, et al (2005) creen que “...una mejorada estabilidad del core mejora la eficiencia del movimiento, previene lesiones y mejora el desempeño.”

Por otro lado, según Peña, et al. (2012) “Hasta la fecha no parece existir un test reconocido por la comunidad científica como el más válido y fiable para la valoración de la estabilidad central.” Lo cual puede explicar porque no se encontró correlación alguna entre el tiempo en k1 200mts y la estabilidad del core.

El alto grado de correlación entre la frecuencia de ciclo y el rendimiento en k1 200mts hallado coincide con el trabajo de Kendal y Sanders (1992) quienes aseguran que se distingue más el buen desempeño por una alta frecuencia de palada que por una palada larga. En este sentido, los resultados encontrados también coinciden con lo expuesto por Toro (1986), quien afirma que la frecuencia de palada es muy importante y puede utilizarse tanto para la preparación técnica como funcional de los atletas.

Alacid, F; López-Miñarro, P. Á.; Ferragut, C.; García, A.; Ferrer V.; Martínez (2008), realizaron el análisis cuantitativo de la técnica de paleo, para evaluar velocidad, frecuencia de ciclo (FCL), longitud de ciclo (LCL) e índice de ciclo (ICL), en un test de 200mts, de la misma forma que se realizó en esta investigación, en 65 palistas de entre 13 y 14 años. Entre otros resultados, encontraron que un menor rendimiento en esta prueba era resultado de valores inferiores en la FCL. Dichos resultados son muy similares a los hallados en esta investigación.

5.2 Conclusiones

En los siguientes puntos se presentan las conclusiones principales sobre la problemática abordada en esta investigación:

Objetivo general:

- La fuerza máxima absoluta tanto en press de banca como en remo en banca demostraron tener un alto grado de correlación con el rendimiento en k1 200mts. Aunque ésta fue levemente mayor en press de banca comparada con remo en banca.
- La potencia media máxima absoluta en press de banca resultó tener un alto grado de correlación con el rendimiento en k1 200mts.
- No se encontró relación alguna entre la estabilidad del core y el rendimiento en k1 200mts.

Objetivos específicos:

- En cuanto a las variables del análisis de la técnica de paleo, la variable que demostró mayor grado de relación con el tiempo en k1 200mts fue el índice de ciclo (ICL), siendo esta negativa alta, aunque la frecuencia de ciclo (FCL) también estuvo altamente correlacionada de forma negativa. Es decir a mayor ICL y FCL menor es el tiempo en k1 200mts.
- Por otro lado, la frecuencia de ciclo estuvo altamente relacionada con la potencia máxima relativa en press de banca.
- El índice de ciclo demostró estar altamente correlacionado de forma positiva con la potencia máxima absoluta en press de banca. Lo cual nos

indica que el entrenamiento de la potencia en press de banca parece ser fundamental para mejorar el rendimiento en dicha distancia. Ya que parece aumentar el ICI y la FCI, y a través de estos disminuye el tiempo en k1 200mts.

- La fuerza media máxima absoluta y la potencia media máxima absoluta en press de banca resulto tener un alto grado de correlación entre ambas variables.
- La longitud de ciclo mostro un bajo grado de relación con la fuerza y la potencia en press de banca, pero el mismo no resultó ser significativo.

5.3 Recomendaciones

Sería interesante profundizar en este tipo de investigaciones, que relacionen el rendimiento deportivo en canotaje con el entrenamiento “de tierra”. Ya sea, evaluando el grado de relación entre el rendimiento de fuerza y potencia, y diversas distancias, no solo los 200mts como fue el caso de esta investigación. Se podrían analizar la distancia de 500 y 1000mts, ya que también ambas son disciplinas olímpicas.

Al mismo tiempo se podría evaluar, no solo el rendimiento individual, sino también el rendimiento grupal en botes de equipo.

Por otro lado, podrían seleccionarse otros ejercicios para evaluar la fuerza y potencia, no solo press de banca y remo en banca como en este caso. Otros ejercicios que forman parte del entrenamiento “de tierra” entre los palistas son las dominadas o “*pull ups*”, remo a un brazo sobre un asiento de kayak y con los pies sobre un apoya pies similar al de un kayak, lagartijas o “*push up*”, etc.

También sería interesante evaluar otro tipo de manifestación de la fuerza como lo es la fuerza resistencia, la cual fue evaluada por McKean (2009). Y medir el grado de relación que tiene con el rendimiento en las distancias antes

mencionadas y las distintas variables que componen la técnica de paleo. (FCL, LCL e ICL).

En cuanto a la estabilidad del core, haría falta investigar más en este sentido y buscar un protocolo de evaluación que pueda valorar esta “estructura muscular” específicamente para las necesidades del deporte.

ANEXO 1: Listado de símbolos

1 RM: expresa el valor del peso máximo movilizado en una única repetición máxima en un ejercicio específico.

Cm: centímetros

PB: press de banca.

Pmax: potencia máxima.

Pmax. absoluta: potencia máxima absoluta expresada en watts .

Pmax. relativa: potencia máxima relativa expresada en watts/Kg de peso.

RB: remo en banco.

TPR: test progresivo de máxima aceleración.

Variable X: variable independiente.

Variable Y: variable dependiente.

W: watts o vatios.

N: Newton.

Encoder rotatorio: Un encoder es un codificador rotatorio, también llamado codificador del eje, suele ser un dispositivo electromecánico usado para convertir la posición angular de un eje a un código digital, lo que lo convierte en una clase de transductor.

Muestra: grupo representativo de la población con la que efectivamente se trabajó en la investigación.

Muestra intencional o no probabilística: grupo de la población seleccionado para la investigación sin aplicarse procedimientos estadísticos de muestreo, haciéndose sí tal selección de manera intencional, en consonancia con los objetivos y marco conceptual de la investigación.

Población o universo: conjunto de sujetos de una determinada área contextual en que se focalizó la investigación.

Potencia media: Valor medio de potencia mecánica producido a lo largo de un movimiento completo que resulta del promedio de todos los valores de potencia obtenidos en cada fase o instante del ejercicio.

Repetición: Comprende un ciclo de movimiento completo de un ejercicio. En un régimen dinámico concéntrico, consta de dos fases: la acción concéntrica, o contracción, y la acción excéntrica o reconstrucción.

Series: Grupo de repeticiones efectuadas consecutivamente cuya cantidad depende de la magnitud del peso a vencer, la velocidad de ejecución y fundamentalmente del tipo de fuerza a estimular.

Variable: aspecto o dimensión de la realidad susceptible de variación en algún parámetro (cantidad, frecuencia, tipo, etc.)

Variables correlacionales o funcionales: implican una relación sólo de covariación o asociación. Esto es, que un determinado parámetro (frecuencia, magnitud, duración, etc.) de una variable está asociado con algún parámetro de otra variable. Tal relación no implica causalidad, sino específicamente asociación o covariación. Por ejemplo en la ecuación $E=mc^2$ se establece una relación funcional entre la energía y la velocidad de la luz, sin implicar que una sea causa de la otra. Cabe señalar también que en las relaciones funcionales no precisan ser especificadas las relaciones temporales y direccionales lo que si es necesario hacer en las relaciones causales (Haynes, S. N. y O'Brien, W.H., 1990; Primero, G., 2006).

Variable dependiente: involucra al factor o dimensión cuya presencia y variaciones se considera resultante o consecuencia de otro factor o dimensión -variable independiente-.

Variables intermediarias o intervinientes: aquellas que procediendo de las diferencias individuales de los sujetos o del medio que rodea a los mismos, pueden incidir en la relación de otras variables -correlacionales o causales- (Arnau, J. 2003).

Variable independiente: alude al factor o dimensión a la que se atribuye -en términos causales-, la presencia y variaciones registradas en otro factor o dimensión de ella dependiente.

Vatio: Unidad de potencia equivalente al trabajo realizado al ritmo de un julio por segundo.

Velocidad de ejecución: se refiere a la velocidad en mts/seg que alcanza el implemento movilizado (barra) durante la ejecución de un ejercicio específico.

BIBLIOGRAFIA

1. Alfonso, G, Isorna Folgar, M., Prieto, I. & Alacid Cárceles, F. (2011). *La investigación en las ciencias de la actividad física y del deporte: piragüismo*. Ames. 2.0 Editora.
2. Alacid, F.; Ferrer, V.; Martínez, E. & Carrasco, L. (2008). *Evolución y comparación de la velocidad, frecuencia, longitud e índice de ciclo sobre 200mts, en palistas infantiles de diferentes modalidades*. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad Católica San Antonio de Murcia. *Motricidad European Journal of Human Movement*, 2005:12, 133-147.
3. Alacid, F, López-Miñarro, P.A, Vaquero, R. (2009). *Velocidad y frecuencia de ciclo en palistas infantiles en la distancia de 1000 m*. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Murcia.
4. Alacid, F.; Ferrer, V.; Martínez, E. & Carrasco, L. (2005). *Análisis cuantitativo de la técnica de paleo en kayakistas infantiles*. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte Universidad Católica San Antonio de Murcia
5. Alacid, F.; López-Miñarro, P.A.; Martínez, I. y Ferrer-López, V. (2011). *Índices antropométricos en piragüistas de categoría infantil*. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol. 10 (41) pp. 58-76.
6. Antón, M., Izquierdo, M., Ibañez Asiain, X., Mendiguchia, J., & Gorostiaga, E. (2015). *Predicción del Rendimiento en Pruebas Contrarreloj en el Llano y en Ascenso en Ciclistas Aficionados de Elite*. Studies, Research and Sport Medicine Center, Government of Navarra, Pamplona, Spain. *journal PubliCE Premium*
7. Benjamin. C, Y. Lee & McGill. S (2015). *Efecto a largo plazo del entrenamiento isométrico sobre la estabilidad del core y el torso*. Spine Biomechanics Laboratory, Department of Kinesiology, Faculty of Kinesiology, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada. *J Strength Cond Res* 29(6): 1515–1526
8. Borghuis, J., At L. Hof1 and Koen A.P.M. Lemmink (2008). *The Importance of Sensory-Motor Control in Providing Core Stability*. Center for Human Movement Sciences, University Medical Center Groningen, University of Groningen, Groningen, the Netherlands 2 School of Sports Studies, Hanze University of

- Applied Sciences, Groningen, the Netherlands. Sports Med 2008; 38 (11): 893-916
9. Clemons, J. & Aaron, C. *Effect of grip width on the myoelectric activity of the prime movers in the bench press*. J. Strength Cond. Res. 11:82–87. 1997.
 10. Cronin J, Mcnair PJ, Marshall R.N. *Developing explosive power: a comparison of technique and training*. J Sci Med Sport. 4:59-70, 2001.
 11. Espinosa, M. (2011). "Validación metodológica del análisis cinemático del ciclo de palada en el piragüismo de velocidad. Un estudio piloto". Motricidad. European Journal of Human Movement, 2011: 26, 39-54.
 12. Faries, M. and Greenwood, M. (2007). *Core Training: Stabilizing the Confusion*. Baylor University, Waco Texas. National Strength and Conditioning Association Volume 29, Number 2, pages 10–25
 13. Garcia, J. (2009). *Periodización del entrenamiento de fuerza y resistencia en Piragüistas de alto nivel*. Universidad de Murcia. Departamento de Fisiología.
 14. Gutiérrez, A (2008). *Nuevas dimensiones en el entrenamiento de la fuerza: aplicación de nuevos métodos, recursos y tecnologías*. España. INDE publicaciones.
 15. Kendal, S.J. y Sanders, R.H. (1992). *The Thechnique of Elite Flatwater Kayak Paddlers Using the Wing Paddle*. International Journal of Sport Biomechanics, 8, pp. 233-250.
 16. Kibler, W., J. Press, and A. Sciascia. "The role of core stability in athletic function". Sports Medicine. 36:189, 2006.
 17. McKean, M. (2009). *Postural Movement – Quantifying Timing of Joint and Segment Coordination, Structural Muscle Balance, and Joint Range of Motion*. Tesis para optar al título de Fisiología. Universidad de Sunshine Coast, Queensland, Australia.
 18. McKean, M & Berkett, B. (2010). *Relación entre rango de movimiento articular, fuerza muscular y tiempos de carrera en sub-elite palistas de aguas quietas*. J Sci Med Sport. 2010 Sep;13(5):537-42
 19. McKean M, Burkett B. (2013). *The influence of upper-body strength on flat-water sprint kayak performance in elite athletes*. Int J Sports Physiol Perform. 2014 Jul;9(4):707-14

20. Michael, J.S., Smith, R., and Rooney, K.B. (2009). *Determinants of kayak paddling performance*. Sports Biomechanics. June, 8(2): 167-179
21. Naclerio, F., Forte, D., Colado, J. C., Benavent, J. Y. & Chulvi, I. (2007). *Analysis of the Force and Power Produced in the Squat over 52 Weeks Training*. Med and Sci sports and Exc, 39(5), S293.
22. Naclerio, F., Rodríguez, G., Forte, D. (2009). *Determinación de las zonas de entrenamiento de fuerza explosiva y potencia por medio de un test de saltos con pesos crecientes*. Departamento de Fundamentos de la Motricidad y Entrenamiento Deportivo, Universidad Europea de Madrid. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte – INEF, Universidad Politécnica de Madrid.
23. Naclerio A, Gutiérrez A, Forte D & Benito P (2006). *Relación del peso máximo con la fuerza aplicada y la potencia producida en un test creciente, en el ejercicio de press de banca plano con barra libre, en levantadores*. Departamento de Fundamentos de la motricidad y entrenamiento deportivo. Universidad Europea de Madrid, Departamento de Fisiología del esfuerzo, Instituto Nacional de Educación Física de Madrid (UPM)
24. Naclerio, F (2011). *Entrenamiento Deportivo. Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes*. Madrid. Editorial Médica Panamericana.
25. Naclerio, F. (2008). *Variables a Considerar para Programar y Controlar las Sesiones de Entrenamiento de Fuerza*. Departamento de fundamentos de la motricidad y entrenamiento deportivo. Univ. Europea de Madrid (UEM). Journal PubliCE Premium del año 2008
26. Norman, G & Streiner, D. 1996. *Bioestadística*. Madrid, España. Mosby/Doyma Libros.
27. Pantoja, D. (2015). *Utilización de las escalas de percepción para controlar los entrenamientos de fuerza*. Grupo Sobre Entrenamiento. <http://g-se.com/es/entrenamiento-de-la-fuerza-y-potencia/blog/utilizacion-de-las-escalas-de-percepcion-para-controlar-los-entrenamientos-de-fuerza>.
28. Peña, G., García-Orea, (2013). *“STIFFNESS (MUSCULAR)”* Instituto Internacional de Ciencias del Ejercicio Físico y Salud. Extraído el 15 de mayo de 2015 de www.g-se.com/es/salud-y-fitness/wiki/stiffness-muscular_9553

29. Peña, G., Heredia, J., Moral, S., Donate, F. & Mata, O. (2012). *Revisión de los métodos de valoración de la estabilidad central (Core)*. IICEFS- Instituto Internacional de Ciencias del Ejercicio Físico y la Salud.
30. Richard, P & Mikat. (2007). *Mapeo de la Presión Total del Cuerpo para Determinar la Composición Corporal*. University of Wisconsin-La Crosse, La Crosse, WI. journal PubliCE Premium (2007).
31. Samprieto, M. (2013). “Desarrollo de control Neuromuscular en el núcleo corporal (core) en distintos ámbitos”. Universidad CAECE.
32. Segarra, V., Heredia, J.R., Peña, G., Sampietro, M., Moyano, M., Mata, F., Isidro, F., Martín, F., Edir Da Silva Grigoletto, M.E. (2014). *Core y sistema de control neuro-motor: mecanismos básicos para la estabilidad del raquis lumbar*. Instituto Internacional Ciencias Ejercicio Físico y Salud – España.
33. Scavo, M (2009). *Cargas óptimas para el desarrollo de la potencia muscular*. Universidad nacional de Catamarca. Facultad de ciencias de la salud. Licenciatura en Educación Física.
34. Tomoko, O. Kellie, C. & Nesser, T. (2011). *Relación entre Estabilidad del Tronco (Core), Movimiento Funcional, y Rendimiento*. Exercise Physiology Laboratory, Athletic Training Department, Indiana State University, Terre Haute, Indiana. Journal of Strength and Conditioning Research 25(1): 252–261, 2011 © 2011 National Strength and Conditioning Association.
35. Vera-García, D. Barbado, V. Moreno-Pérez, S. Hernández-Sánchez, C. Juan-Recio y J.L.L. Elvira. (2015). *Core stability: evaluación y criterios para su entrenamiento*. Centro de Investigación del Deporte, Universidad Miguel Hernández de Elche, Alicante, España.
36. Vera-García, D. Barbado, V. Moreno-Pérez, S. Hernández-Sánchez, C. Juan-Recio y J.L.L. Elvira. (2015). *Core stability. Concepto y aportaciones al entrenamiento y la prevención de lesiones*. Centro de Investigación del Deporte, Departamento Psicología de la Salud, Universidad Miguel Hernández, Elche, Alicante, España.