

PROGRAMA DE DOCTORADO EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

Facultad de Educación y Deporte

Departamento de Educación Física y Deportiva

Análisis del rendimiento físico y cuantificación de la carga en surfistas de competición.

TESIS DOCTORAL

Presentada por

Iosu Fernández de Gamboa Rueda

Vitoria-Gasteiz, 2020

PROGRAMA DE DOCTORADO EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

Facultad de Educación y Deporte

Departamento de Educación Física y Deportiva

Análisis del rendimiento físico y cuantificación de la carga en surfistas de competición.

Tesis Doctoral

Presentada por

Iosu Fernández de Gamboa Rueda

Tesis dirigida por

Dr. Jesús Cámara Tobalina

Universidad del País Vasco, UPV/EHU

Dr. Javier Yanci Irigoyen

Universidad del País Vasco, UPV/EHU

Vitoria-Gasteiz, 2020

Dedicado a mi madre Elisa, por hacerme creer que puedo con todo.

A mi padre Iñaki, por enseñarme el valor de la naturaleza.

A mi hermana Ania, por acompañarme y aguantarme.

A mi mujer Mainer, por ser mi compañera de aventuras.

A mi familia política por acogerme.

Prólogo y agradecimientos.

Esta tesis es el fruto de un cambio de rumbo.

Nunca he sido especialmente bueno definiendo mis predilecciones, dado que en realidad he tenido gustos variados y siempre he tenido dificultad en definir mis preferencias. Sí que es cierto que de pequeño era aficionado “a tener aficiones”, pero existía una constante, la ciencia. Realicé el primer año de biología dado que me veía a mí mismo en un laboratorio. Finalmente, en la Facultad de Educación y Deporte, me di cuenta de que la investigación tenía y tomaba formas diferentes. Ya desde primero de carrera, me di cuenta de que terminaría mi recorrido académico realizando una tesis, para variar, sin especificar en los detalles. En un mundo dominado por diferentes especialidades, un viaje supuso un cambio de paradigma, donde lo abstracto se transformó en la máxima concreción, tanto académica como personal. Un cambio de rumbo, un paso a la madurez.

Agradecer a Jesús por “prestarme” sus conocimientos sobre la materia, y por guiarme durante la tesis, pero principalmente por aceptarme como su doctorando.

Agradecer a Javi, por su inquebrantable constancia durante todo el proceso de tesis, sin su ayuda y seguimiento hubiera sido ardua tarea llegar a puerto.

Mencionar y agradecer a la Dra. Cristina Granados por colaborar en la realización de los diferentes artículos científicos, su ayuda ha sido indispensable. Agradecer igualmente al doctor Bret Freemyer, por prestarnos su “idioma” para guiarnos a ser excelentes en este, aloha.

Declaración.

Yo, Iosu Fernández de Gamboa Rueda me identifico como el autor de esta tesis doctoral, que, junto con la ayuda y apoyo de mis dos directores, el Dr. Jesús Cámara Tobalina y el Dr. Javier Yanci Irigoyen, hemos compartido desde el minucioso trabajo de recogida, elaboración y diseño de la investigación, publicación de los tres artículos científicos hasta la redacción de este documento final de tesis. He abordado cada paso del proyecto de trabajo de forma exhaustiva, organizada y sistemática. Para todo ello, y como parte del presente proyecto de investigación, he conducido las sesiones de recogida de datos de las diferentes capacidades físicas de los y las surfistas durante las diferentes competiciones en las que se han realizado las tomas de datos. Específicamente, durante el año 2015 conduje personalmente las sesiones de toma de datos de las capacidades físicas específicas de los surfistas. Así mismo, en julio de 2015 durante el campeonato de “Euskaltel Euskal Zirkuitua” participé junto a mis directores y con la colaboración de la Dr. Cristina Granados en la toma de datos realizada para el análisis de la carga de competición de surf mediante métodos subjetivos y objetivos y análisis de las capacidades físicas de los y las surfistas. Además, verifico que los datos requeridos para la elaboración de este proyecto han sido recogidos con seriedad, rigurosidad y profesionalidad.

Durante la ejecución de la toma y análisis de datos me ha sido demandada una alta capacidad de concentración y atención. Así mismo, en esta fase del proyecto he sido el responsable de organizar y cumplimentar la documentación necesaria para el desarrollo de la sesión de los test de fuerza, de solicitar el material necesario a la Facultad de Educación y Deporte de la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). Después de cada toma de datos he realizado el análisis e interpretación de

estos. Estas tareas las he realizado a la vez que llevaba a cabo una exhaustiva y formativa lectura de los trabajos científicos publicados en relación con el surf.

En una fase posterior he contrastado los resultados obtenidos en mi proyecto científico con los publicados en la literatura científica relacionados con la temática. De esta forma, he progresado en la elaboración y redacción del conjunto de estudios que se reparten y forman los capítulos 4, 5 y 6. Gracias al buen saber hacer de mis dos directores, he sido capaz, mediante sus consejos y orientaciones, de progresar paulatinamente tanto como investigador en la materia, así como persona comprometida con su meta u objetivo. Su guía en los diferentes ámbitos de actuación ha sido indispensable para la consecución de los artículos científicos que se derivan de la presente tesis, hasta la producción de la misma.

Para el desarrollo de las investigaciones realizadas en la presente tesis no se ha contado con financiación de ningún tipo. No obstante, cabe mencionar que la UPV/EHU ha proporcionado parte del material necesario para la fase de recogida de datos. Además, esta tesis doctoral no presenta conflicto de intereses por parte de los autores ni familiares.

Consejos para la lectura.

La tesis doctoral está elaborada y presentada en formato de compendio de publicaciones. En el primer capítulo, a modo de aproximación al problema, y con el objetivo de contextualizar la investigación realizada, se presenta el marco teórico. Este primer capítulo se inicia con una breve reseña histórica del surf, una posterior exposición de la competición de surf y finalmente una descripción de las características físicas de los surfistas; todo ello fundamentado en los estudios científicos existentes sobre el tema en cuestión. En el segundo y tercer capítulo, se exponen la justificación y los objetivos de la tesis doctoral. Posteriormente, en el cuarto, quinto y sexto capítulo se presentan los tres estudios científicos publicados en revistas internacionales indexadas en el *Journal Citation Report (JCR)*. Todos los estudios han sido redactados en inglés dado que es el idioma requerido por las revistas en las que han sido publicados. Con el objetivo de facilitar la lectura de la tesis doctoral, el formato del conjunto del texto y las referencias bibliográficas de los artículos han sido unificados. Los estudios presentados en esta tesis doctoral siguen una misma temática y línea de investigación basada en el análisis del rendimiento físico y cuantificación de la carga en surfistas de competición. Por ello y con el objetivo de facilitar la lectura comprensiva de esta tesis los artículos han sido organizados para darle coherencia a la temática.

El cuarto capítulo corresponde al primer estudio, titulado “Comparison of anthropometry and lower limb power qualities according to different levels and ranking position of competitive surfers”, donde se analizan las características antropométricas y la fuerza en las extremidades inferiores de los surfistas atendiendo a su posición en la clasificación y nivel competitivo. El quinto capítulo corresponde al segundo estudio, titulado “Sex differences in competitive surfers’ generic and specific strength capacity”,

donde se analizan las diferencias de las capacidades de fuerza de los surfistas de competición dependiendo del sexo. Por último, el sexto capítulo corresponde al tercer estudio, titulado “Competition load described by objective and subjective methods during a surfing championship”, donde se analiza la carga de competición de una competición de surf descrita mediante métodos objetivos y subjetivos.

En el séptimo capítulo se presentan las conclusiones generales de la tesis doctoral. Además, en los capítulos octavo, noveno y décimo se exponen las aplicaciones prácticas, las limitaciones y las futuras líneas de investigación. El undécimo capítulo presenta la bibliografía utilizada en la elaboración de la tesis.

Por último, en el duodécimo capítulo, denominado “anexos”, se presentan las portadas de los artículos publicados en las revistas de investigación y que forman parte de la tesis y su correspondiente índice de calidad. En este capítulo también se expone en qué medida la presente tesis alcanza los requerimientos para la presentación de tesis doctorales por compendio de publicaciones establecidos por la UPV/EHU, así como el informe favorable del comité de ética.

Lista de abreviaturas:

IRM = one repetition maximum.

AU = arbitrary units.

b = beats.

BM = body mass.

BMI = body mass index.

CI = confidence interval.

CL = confidence limits.

CMJ = counter movement jump.

CMJ_{15s} = 15 second vertical counter movement jump.

CMJ_{FI} = counter movement jump force one.

CMJ_{FMAX} = counter movement jump maximal force.

CMJ_{FT} = counter movement jump flight time.

CMJ_{LR} = counter movement jump loading rate.

CMJ_S = counter movement jump interspersed with 45 s recovery periods.

CMJ_{TI} = counter movement jump time one.

CMJ_{TTS} = counter movement jump time to stabilization.

CMJ_{ULR} = counter movement jump unloading rate.

COI = Comité Olímpico Internacional.

CT = contact time.

WCT = world championship tour.

d = Cohen's d effect size.

dRPE = differentiated rating of perceived exertion.

EI = elastic index.

ES = Cohen's effect size.

FC = frecuencia cardiaca.

FT = flight time.

GPS = global position system.

HL = heat load.

HR = heart rate.

HR_{max} = maximal heart rate.

HR_{mean} = mean heart rate.

HR_{peak} = peak heart rate.

ICC = intraclass correlation coefficient.

INT = international.

ISA = International Surfing Association.

LMR = composite lean mass ratio.

LT = lactate threshold.

LT₄ = four millimole lactate threshold.

Mean Dif. = mean differences.

mmol = millimoles.

MPP = maximum peak power.

MPP_L = maximal peak power of the left leg.

MPP_{LA} = maximum peak power leg asymmetry.

MPP_R = maximal peak power of the right leg.

n = number.

NAT = national.

O16 = over sixteen years.

O₂ = oxygen.

PAM = potencia aeróbica máxima.

PE = perceived exertion.

POP_{LMF} = Pop-Up leg movement minimal force.

POP_{LRI} = Pop-Up loading rate one.

POP_{LR2} = Pop-Up loading rate two.

POP_{PUSH} = Pop-Up push.

POP_{REACH} = Pop-Up landing phase leg landing peak.

POP_{RMF} = Pop-Up landing phase minimal force.

POP_{T1} = Pop-Up time one.

POP_{T2} = Pop-Up time two.

POP_{T3} = Pop-Up time three.

POP_{T4} = Pop-Up time four.

POP_{TTPU} = Time to production of Pop-Up push.

POP_{TTS} = Pop-Up time to stabilization.

POP_{ULR1} = Pop-Up unloading rate one.

POP_{ULR2} = Pop-Up unloading rate two.

Pro Junior = professional junior circuit.

QS = world qualifying series.

r = Pearson's product-moment correlation coefficient.

RANK₁₋₅₀ = competitive ranking 1 to 50.

RANK₅₁₋₁₀₀ = competitive ranking 51 to 100.

RPE = rating of perceived exertion.

RPE_{mus} = muscular rating of perceived exertion.

RPE_{mus HL} = muscular rating of perceived exertion heat load.

RPE_{res} = respiratory rating of perceived exertion.

RPE_{res HL} = respiratory rating of perceived exertion heat load.

SD = standard deviation.

SJ = squat jump.

SSCE = stretch-shortening cycle efficiency.

TTS = time to stabilization.

U16 = under sixteen years.

VGRF = vertical ground reaction force.

VJ = vertical jump.

W = watts.

WCT = world championship tour.

WQS = world qualifying series.

WSL = World Surf League.

Resumen de la tesis doctoral en uno de los idiomas oficiales de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

La presente tesis doctoral tiene como objetivo el análisis del rendimiento físico y cuantificación de la carga en surfistas de competición. En el primer capítulo de la tesis doctoral se presenta, a modo de marco teórico o introducción, por un lado, una breve reseña histórica del surf y sistema de competición, para continuar con el conocimiento científico existente hasta el momento sobre las características físicas de los surfistas. En concreto, considerando que la combinación de maniobras mayores y progresivas son elementos clave para maximizar el potencial de puntuación y que las extremidades inferiores son, en última instancia, las responsables de dirigir la tabla de surf y realizar las maniobras, la presente tesis doctoral pretende analizar la posible asociación entre el rendimiento del surf y las características de potencia de las extremidades inferiores. Las novedades que aporta la presente tesis radican, en primer lugar, en que los participantes son surfistas competitivos, y, en segundo lugar, que la posición de clasificación de los surfistas se basa en una escala real de éxito competitivo, dado que todos los participantes participan en la misma competición. La finalidad de esta parte del trabajo es aportar información a entrenadores o preparadores físicos sobre la relación entre la fuerza de las extremidades inferiores de los surfistas y su posición en la clasificación.

Investigaciones anteriores observaron que los surfistas de nivel superior tenían un mayor rendimiento en el CMJ que los surfistas de nivel inferior. Así mismo los surfistas de élite competitivos que tomaron parte en los campeonatos nacionales o mundiales juveniles de Australia tenían una capacidad de salto vertical mayor que los surfistas no catalogados como élite (Tran et al., 2015b). Esto parece indicar que la

fuerza y la capacidad de generar potencia con las extremidades inferiores parecen desempeñar un papel importante en el rendimiento del surf. Además, considerando que las maniobras son elementos clave para maximizar el potencial de puntuación y que el Pop-Up es el primer movimiento que un surfista tiene que realizar, la presente tesis pretende analizar las posibles diferencias entre los surfistas competitivos masculinos y femeninos en las VGRF del CMJ y las características del Pop-Up y si una mayor capacidad de salto puede estar asociada con un mejor desempeño en el Pop-Up.

La presente tesis también realiza un análisis sobre la cuantificación y carga en surfistas de competición. Si bien la carga de una competición de surf ha sido previamente analizada mediante GPS y monitores de FC, dichos dispositivos podrían no ser accesibles a todos los surfistas. Estos monitores tienen un precio normalmente más alto que algunos de los dispositivos que registran la FC mediante fotopleismografía. Además, estos últimos dispositivos requieren que el dispositivo esté fuertemente sujeto a la muñeca ya que movimientos de este pueden afectar a la medición de la FC. Teniendo en cuenta la violencia de los revolcones dentro del agua a los que está sometido un surfista, asegurar que el reloj no se mueva respecto a la muñeca se considera muy difícil. Por otro lado, la temperatura del agua puede influir en los valores obtenidos (Askarian et al., 2019). Estas razones previas parecen indicar que este tipo de dispositivos no parecen ser adecuados para ser utilizados durante la práctica del surf (Wang et al., 2017). Por otro lado, las características técnicas de las bandas de pecho para el registro de la FC dentro del agua suelen tener un precio más elevado respecto a las bandas utilizadas fuera del agua. Además, en el caso de querer monitorizar a varios surfistas a la vez, se deberían utilizar tantos dispositivos como surfistas, lo que supondría la necesidad de contar con un mayor presupuesto económico. Por ello, y con la finalidad de aportar nuevos datos, en la presente tesis se utiliza el

método RPE ya que este podría ser un método barato y fácil de usar para evaluar la carga interna de los surfistas. Además, debido a la naturaleza del surf, donde los surfistas están continuamente realizando múltiples acciones de alta intensidad y de diferente duración, la evaluación del dRPE (RPEres y RPEmus), tal y como se utiliza en otros deportes, podría proporcionar a los preparadores físicos y a los propios surfistas una comprensión más profunda de las características de la carga de entrenamiento o de competición. De esta forma, el objetivo final será conocer la carga de una manga de surf para poder adaptar los entrenamientos realizados por profesionales del surf (entrenadores y preparadores físicos) a las exigencias reales de la competición.

En el segundo y tercer capítulo se exponen la justificación y los objetivos que se persiguen con la elaboración de esta tesis doctoral, que son: a) comparar las características antropométricas, la capacidad de salto vertical y la potencia máxima de las extremidades inferiores de surfistas dependiendo de su nivel de competición; b) analizar la asociación entre el nivel competitivo (posición en la clasificación), y las características antropométricas, la capacidad de salto vertical y la potencia máxima de las extremidades inferiores; c) comparar los parámetros de VGRF en las diferentes fases del Pop-Up (empuje, movimiento de las piernas y aterrizaje) y las diferentes fases del salto CMJ entre hombres y mujeres; d) analizar la relación entre los parámetros que describen las fases del Pop-Up y del CMJ en surfistas competitivos hombres y mujeres; e) describir la carga de los surfistas durante una manga de competición mediante métodos objetivos y métodos subjetivos; f) analizar la relación entre los métodos de cuantificación objetivos y subjetivos; g) describir la asociación entre la carga medida de manera tanto objetiva como subjetiva con las puntuaciones obtenidas por los surfistas durante las mangas de competición.

En el cuarto, quinto y sexto capítulo se exponen tres artículos científicos publicados en revistas indexadas en la base de datos JCR, que forman el conjunto de trabajos de la tesis doctoral presentada por compendio de publicaciones. El primer estudio, titulado “*Comparison of anthropometry and lower limb power qualities according to different levels and ranking position of competitive surfers*”, analiza la antropometría y fuerza en las extremidades inferiores de los surfistas atendiendo a la clasificación y nivel competitivo. El cuarto capítulo corresponde al tercer estudio, titulado “*Sex differences in competitive surfers’ generic and specific strength capacity*”, donde se analizan las diferencias de las capacidades de fuerza de los surfistas de competición atendiendo a su sexo. Por último, el quinto capítulo corresponde al segundo estudio, titulado “*Competition load described by objective and subjective methods during a surfing championship*”, donde se analiza la carga de competición de una competición de surf descrita mediante métodos objetivos y subjetivos.

En el séptimo capítulo se exponen las conclusiones generales de la tesis doctoral. Atendiendo a los resultados, los datos obtenidos demuestran la relación entre la posición de clasificación de competición y la potencia de las extremidades inferiores medida mediante la capacidad de salto vertical. No se han encontrado diferencias entre los surfistas competitivos nacionales e internacionales en las características antropométricas, salto vertical y potencia pico de las extremidades inferiores. Por el contrario, se observaron diferencias en los pliegues cutáneos de las extremidades inferiores, en el salto vertical (SJ, CMJ, CMJ, CMJ_{15s}) y en la potencia de salida de las extremidades inferiores (MPP_R y MPP_L) teniendo en cuenta las posiciones de clasificación (es decir, RANK₁₋₅₀ vs. RANK₅₁₋₁₀₀). Por otro lado, el CMJ y el Pop-Up en los surfistas varía en función del sexo, dependiendo del rango de edad. La asociación moderada entre CMJ y Pop-Up sugiere que el Pop-Up podría estar influenciado por

otros factores como la coordinación o la fuerza de la parte superior del cuerpo. Finalmente, se obtuvieron correlaciones significativas entre la distancia recorrida surfada y la carga de trabajo respiratorio, así como el tiempo activo que se pasa surfando y el RPE_{res} HL y RPE_{mus} HL. Previamente, se ha estudiado la relación entre las maniobras y las puntuaciones del juez en el surf competitivo, sin embargo, este es el primer estudio en examinar la asociación entre las cargas cuantificadas en una competición de surf con la puntuación de los jueces. Nuestros resultados demostraron que la puntuación del juez se correlacionó con la distancia total de la ola, la duración de la ola y el RPE_{res}.

En el octavo capítulo se presentan las diferentes aplicaciones prácticas del proyecto. Los resultados actuales indican que la posición en la clasificación de competición se relaciona con la fuerza de las extremidades inferiores de los surfistas, y que por lo tanto puede ser un indicador de su condición física. Además, los surfistas con una masa grasa más baja y un mayor rendimiento de las extremidades inferiores, en el salto vertical, tienen mejores resultados competitivos. En consecuencia, esto puede indicar que los entrenadores de surf deberían incluir ejercicios de potencia de las extremidades inferiores en su programa de entrenamiento físico, así como controlar la relación de masa grasa del surfista con el fin de mejorar el rendimiento de los atletas. Por otro lado, el bajo costo y la fácil administración del dRPE hace que sea fácilmente accesible para los surfistas y entrenadores. La implementación del dRPE en las rutinas de entrenamiento permitirá a los surfistas y entrenadores cuantificar las cargas de trabajo durante las sesiones de entrenamiento o las series de competiciones, que son comparables a los datos derivados de dispositivos GPS más caros. Esto puede proporcionar información valiosa a tener en cuenta en la planificación del entrenamiento de los atletas. Finalmente, los resultados de este estudio proporcionan

datos comparativos de las maniobras CMJ y Pop-Up entre atletas de surf masculinos y femeninos de diferentes categorías de edad. Sugerimos que el entrenamiento de fuerza/potencia en la parte superior del cuerpo en surfistas femeninas podría mejorar su rendimiento en la fase de empuje del Pop-Up. Constatando que para mejorar la maniobra de Pop-Up, los ejercicios generales de fuerza y potencia corporal, así como los ejercicios de coordinación deben ser incluidos en la planificación de los surfistas de competición.

En el noveno capítulo se exponen las limitaciones de la tesis doctoral. La principal limitación en los estudios realizados reside en la propia naturaleza del surf, y es que se practica en un medio altamente cambiante. Las condiciones del mar y de las olas limitan seriamente las posibles comparaciones incluso dentro de la misma competición en una misma localización, debido a la alta variabilidad de las condiciones del mar. Estas condiciones cambian sustancialmente dependiendo del lugar donde se surfee, teniendo cada localización y punta de marea unas características propias individuales. Es de vital importancia conocer los diferentes factores que pueden afectar al rendimiento en el surf, por lo tanto y en aras de una comparación más metodológica, hubiera sido interesante realizar las mismas mediciones en diferentes condiciones ambientales y en diferentes localizaciones de surf. Por otro lado, debido a la actual posibilidad de surfear en piscinas de olas, podría haber resultado interesante realizar las mediciones de los diferentes parámetros en condiciones estandarizadas como las que puede proporcionar este tipo de piscinas. Por otro lado, el hecho de que todos los surfistas participantes en los análisis fueran de la misma nacionalidad es otra limitación de la presente tesis, dado que los surfistas que fueron calificados como competidores internacionales, pertenecían al mismo país. Hubiera sido interesante contar con

participantes en la categoría de surfistas internacionales con deportistas de diferentes países.

Las futuras líneas de investigación se presentan en el décimo capítulo. En el mismo, se expone que sería interesante analizar si otras pruebas de análisis de las extremidades inferiores más específicas para surfistas revelarían diferencias en la producción de fuerza y potencia entre surfistas de diferentes niveles competitivos. En referencia al primer estudio, el siguiente paso consistiría en el estudio de un entrenamiento que examinara los efectos del entrenamiento de potencia en las extremidades inferiores del cuerpo, ya que los resultados actuales demuestran la correlación entre la fuerza de las extremidades inferiores en el salto vertical y la posición de clasificación. Otras futuras líneas de investigación podrían usar los hallazgos de la tesis actual para recolectar datos similares en competiciones y rondas o mangas oficiales. La futura investigación debería incluir diferentes localizaciones para surfear y así describir la variabilidad de la carga de trabajo de los surfistas entre varias competiciones o localizaciones de surf. Pese a que parece existir alguna asociación entre el salto CMJ y el Pop-Up, las pequeñas o moderadas correlaciones encontradas, nos llevan a pensar que son dos habilidades independientes. Esto parece indicar por lo tanto que el Pop-Up es una acción que puede estar influenciada por diferentes factores como pueden ser la fuerza de las extremidades superiores o la coordinación. Por lo tanto, las futuras líneas de investigación pueden centrarse en analizar cómo afectan esos diferentes factores a la ejecución del Pop-Up.

Para finalizar, en el capítulo duodécimo se presentan los anexos que complementan el estudio. En este apartado se presentan los artículos publicados en las revistas de investigación.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. BREVE RESEÑA HISTÓRICA DEL SURF.....	3
1.2. LA COMPETICIÓN EN SURF.....	6
1.2.1. Descripción general del surf, medio en el que se realiza y condiciones ambientales cambiantes.....	6
1.2.2. Sistema de competición.....	7
1.2.3. Puntuación.....	9
1.2.4. Prioridad.....	11
1.2.5. Análisis de la puntuación obtenida.....	11
1.2.6. Acciones más relevantes.....	12
1.2.6.1. Remada.....	13
1.2.6.2. Puesta en pie.....	14
1.2.6.3. Deslizamiento sobre la ola y maniobras.....	16
1.2.6.4. Espera y otras acciones.....	19
1.2.7. Respuestas y cargas físicas y fisiológicas de la competición.....	20
1.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SURFISTAS.....	23
1.3.1. Características antropométricas, composición corporal y somatotipo de los surfistas...	23
1.3.2. Condición física de los surfistas.....	24
1.3.3. Características fisiológicas de los surfistas.....	26
CAPÍTULO 2. JUSTIFICACIÓN DE LA UNIDAD TEMÁTICA.....	31
CAPÍTULO 3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	37
CAPÍTULO 4. ESTUDIO 1.....	43
ABSTRACT.....	43
INTRODUCTION.....	45
METHODS.....	47
<i>Experimental Approach to the Problem.....</i>	47
<i>Participants.....</i>	47
<i>Procedures.....</i>	48
<i>Test battery.....</i>	48

<i>Statistical analysis</i>	51
RESULTS.....	51
DISCUSSION	54
PRACTICAL APPLICATIONS	60
REFERENCES	60
CAPÍTULO 5. ESTUDIO 3.....	69
ABSTRACT.....	69
INTRODUCTION	71
METHOD	73
<i>Participants</i>	73
<i>Procedures</i>	75
<i>Statistical analysis</i>	79
RESULTS.....	80
CONCLUSIONS.....	84
REFERENCES	88
CAPÍTULO 6. ESTUDIO 2.....	97
ABSTRACT.....	97
INTRODUCTION	99
METHODS	101
<i>Experimental Approach to the Problem</i>	101
<i>Participants</i>	102
<i>Procedures</i>	102
<i>Statistical analysis</i>	104
RESULTS.....	105
DISCUSSION	108
PRACTICAL APPLICATIONS	114
REFERENCES	115
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES	123

CAPÍTULO 8. APLICACIONES PRÁCTICAS	129
CAPÍTULO 9. LIMITACIONES.....	133
CAPÍTULO 10. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	137
CAPÍTULO 11. REFERENCIAS	141
CAPÍTULO 12. ANEXOS	151
12.1. PORTADAS DE LOS ESTUDIOS PUBLICADOS	151
12.2. ÍNDICE DE CALIDAD DE LAS REVISTAS	157
12.3. NIVEL DE CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA VIGENTE PARA LAS TESIS ELABORADAS MEDIANTE COMPENDIO DE ARTÍCULOS.....	159
12.3 COMITÉ DE ÉTICA.....	161

Capítulo 1

Introducción

Capítulo 1. Introducción

1.1. Breve reseña histórica del surf

El primer indicio de la existencia del surf se remonta a mediados del siglo XVIII en la historia pre-colonial de diversas islas del océano Pacífico, principalmente Hawái (Ingersoll, 2016). En dicho momento histórico el surf era conocido como *he'e nalu*, que se traduce literalmente como "deslizamiento de olas" (Ingersoll, 2016). El *he'e nalu* no solo se trataba de la práctica de surf, sino que era un término que definía un constructo social sagrado de las creencias hawaianas que daba cabida a actividades sociales, políticas y espirituales con cánticos y rituales (Ingersoll, 2016). También se trataba de una forma de transmisión oral sobre los conocimientos del entorno oceánico, que ayudaba a los hawaianos pre-coloniales a conocer y transmitir los movimientos de las mareas y corrientes, así como la propia historia de los marineros hawaianos (Ingersoll, 2016; Walker, 2011).

A finales del siglo XIX, la colonización occidental de las islas hawaianas introdujo una combinación de enfermedades y moralidad cristiana que casi eliminaría el concepto de *he'e nalu* (Walker, 2011). La imposición de la religión cristiana por parte de los colonos impulsó un cambio cultural donde las prácticas y creencias nativas como el *he'e nalu* fueron apartadas y eliminadas. Posteriormente, tras la colonización de Hawái en 1898 por parte de los Estados Unidos de América, el *he'e nalu* fue recuperado en un esfuerzo por parte del gobierno para atraer inversiones e impulsar el turismo en Hawái. Para ello el *he'e nalu* fue utilizado como reclamo publicitario, diseñado para el público como una fantasía idealizada de isla tropical apta para el consumo de los visitantes (Ingersoll, 2016). En esta coyuntura histórica el *he'e nalu* se convierte en una herramienta para el desarrollo del turismo (Doering, 2018).

El surf finalmente llegó a la costa de California en 1907 y a Australia en 1915 (Warshaw, 2010). En 1907, George Freeth, nacido en Hawái, introdujo por primera vez el surf en la costa Californiana mediante diferentes exhibiciones (Moore, 2011). Las exhibiciones de surf consistían en reunir a un público en la playa y realizar una demostración sobre el surf. La persona que realizaba dicha demostración se introducía en el mar para surfear y posteriormente interactuaba con el público enseñándoles a surfear. Dichas exhibiciones fueron diseñadas para promover una nueva cultura de playa y fomentar el desarrollo inmobiliario a lo largo de la costa de California.

Por otro lado, en la década de 1930, varios surfistas hawaianos practicantes de *he'e nalu*, aprovechando el nuevo modelo turístico que se estaba promoviendo sobre el surf comenzaron a trabajar como instructores de surf bajo el nombre de Los *Beach-boys* de Waikiki. Los *Beach-boys* de Waikiki, entre ellos Duke Kahanamoku, desempeñaron un papel fundamental en impulso para el desarrollo del turismo de surf. Su labor principal consistía en enseñar a los turistas a surfear las fáciles olas en la playa de Waikiki. Por otra parte, revivieron y conservaron las tradiciones de *he'e nalu* en las olas más agresivas y grandes de la costa norte de Oahu (Doering, 2018). Debido a las exhibiciones de surf y al nuevo modelo turístico hawaiano, el surf fue ganando participantes, los cuales comenzaron a experimentar con nuevos diseños y materiales de tablas. En 1950, el poliestireno comenzó a utilizarse para hacer que las tablas largas fueran más ligeras de transportar y fáciles de utilizar, lo cual hizo que el surf fuera más accesible (Doering, 2018).

El lanzamiento de la exitosa película de Hollywood, *Gidget* (1959), introdujo la subcultura del surf al público general a nivel internacional, inspirando a una nueva generación a iniciarse en el surf (Doering, 2018; Warshaw, 2010). Se estima que antes de dicha película el surf contaba con una población practicante de aproximadamente

cinco mil surfistas. Posterior al estreno, dicho número incremento a 150.000 surfistas en las costas americanas, incluidas las islas Hawaianas y Australia (Finney y Houston, 1996). Las películas de surf continuaron desempeñando un papel importante en la transformación del surf a medida que este crecía (Doering, 2018). La película *The Endless Summer* (1964), introdujo la idea de surfistas viajando por el mundo en búsqueda de la ola perfecta. Esto fomentó la exploración en busca de olas remotas en áreas no turísticas de Indonesia y el Pacífico. Dicha exploración mundial de la ola perfecta expandió el surf a nuevos lugares, de tal manera que para finales de los años 70 se había establecido una industria global que comercializaba el turismo de surf (Doering, 2018).

En la década de 1970, la cultura del surf en Australia comenzó a dejar su huella, desempeñando un papel importante en la profesionalización, comercialización y transformación del surf hacia un deporte de competición. La competición de surf floreció junto con el crecimiento global del deporte, lo que llevó al desarrollo de algunas de las marcas australianas más grandes del surf: *Quicksilver*, *Billabong* y *Rip Curl* (Stranger, 2010). A su vez, la competición de surf impulsó la innovación tecnológica a medida que los competidores buscaban obtener ventajas sobre sus rivales a través de un diseño más eficiente de las tablas de surf (Doering, 2018). La revolución de las tablas cortas a finales de los años 60, donde se pasaron de fabricar tablas de 2,7 m a tablas más pequeñas y manejables de 2,1 m, y la fabricación de las tablas de tres quillas en los años 80, lo cual aportaba más estabilidad y menos fricción al agua reduciendo la resistencia, permitió que los surfistas fueran capaces de realizar giros más pronunciados y de obtener una mayor aceleración en los propios movimientos. Estas innovaciones permitieron que el surf se convirtiera en el deporte de competición y de alto rendimiento que hoy conocemos (Doering, 2018).

Finalmente, el 3 de agosto de 2016, el COI votó unánimemente para introducir el surf como deporte de demostración en los Juegos Tokio 2020. Por primera vez en la historia, 20 surfistas masculinos y 20 surfistas femeninos competirán por medallas en Japón, aunque será en el año 2021, debido a los efectos del coronavirus, como parte de la competición olímpica (Doering, 2018). La inclusión del surf en los Juegos se anticipó más de cien años antes, cuando el nadador olímpico medalla de oro y padre del surf moderno, el hawaiano Duke Kahanamoku, comentó en su biografía: "Ya desde.... (1918), pensaba en el surf en términos de cómo podría algún día convertirse en uno de los eventos de los Juegos Olímpicos. ¿Por qué no?" (Kahanamoku y Brennan, 1968).

1.2. La competición en surf

1.2.1. Descripción general del surf, medio en el que se realiza y condiciones ambientales cambiantes

El surf es un deporte individual que se practica en un entorno natural cambiante, el mar. Si bien en los últimos años se han desarrollado e introducido tecnologías que permiten generar olas en entornos controlados como piscinas o lagunas, estas instalaciones nos son, por norma general, los lugares de mayor práctica. El mar es un medio natural inestable en el cual diversos factores afectan directamente a la práctica del surf (Farley et al., 2012; Mendez-Villanueva y Bishop, 2005; Mendez-Villanueva, et al., 2006; Mendez-Villanueva et al., 2010). Por un lado, las características del entorno geográfico condicionan directamente la creación de las olas (Doering, 2018). Por ejemplo, cada tipo de fondo marino como pueden ser los fondos de arena, los fondos de roca o los fondos de coral formarán olas de diferentes características. Así mismo, la orientación de la playa juega un papel importante en la generación de las olas, debido a que estas son generadas en alta mar por el viento, con una dirección específica relativa

a dicho viento. Dichas condiciones medioambientales tienen un impacto directo en la creación de las olas y el tipo de olas que se generará en cada condición. El viento es un importante factor para tener en cuenta, dado que afecta directamente en el tamaño de las olas, la dirección de estas y su periodo (tiempo que transcurre entre cada ola) (Doering, 2018). Dentro de dichas condiciones ambientales se debe tener en cuenta el clima, dado que no supondrá lo mismo para los surfistas surfear en climas cálidos y templados o en climas fríos, donde la temperatura del agua requiere del uso de neopreno por parte de los surfistas. Todos estos factores pueden condicionar sustancialmente los requerimientos físicos y técnicos de la sesión de surf (Farley et al., 2012; Mendez-Villanueva y Bishop, 2005; Mendez-Villanueva et al., 2006; Mendez-Villanueva et al., 2010).

1.2.2. Sistema de competición

En la actualidad, el surf cuenta con dos organizaciones internacionales que regulan la competición a nivel internacional. Por un lado, la ISA fundada en 1964 y reconocida por el COI (International Surfing Association, 2018). La ISA regula las competiciones mundiales de surf en las cuales compiten los 104 países inscritos (International Surfing Association, 2018). La principal función de la ISA ha sido la inclusión del surf como deporte olímpico (International Surfing Association, 2018). Por otro lado, el organismo que regula y retransmite la liga mundial de surf de carácter individual, la WSL (World Surf League, 2019). La WSL cuenta con un circuito mundial conocido como WCT donde compiten los mejores 50 surfistas masculinos y las 30 mejores surfistas femeninas del mundo (World Surf League, 2019). Este circuito se compone de 13 eventos en ambas categorías (Sheppard et al., 2012). La WSL cuenta con otros dos circuitos internacionales conocidos como WQS y el Pro Junior (World Surf League, 2019). El WQS es un evento mundial, donde los 12 mejores surfistas

promocionan al WCT. Por su parte, el circuito Pro Junior se divide en siete circuitos diferentes dependiendo de la localización: Australia/Oceanía, África, Hawái/Tahití Nui, Europa, Asia, América del Norte y América del Sur. Al final del año competitivo, la WSL crea una clasificación internacional Pro Junior con los resultados de los diferentes circuitos (World Surf League, 2019). La WSL también cuenta con otros dos circuitos en modalidades diferentes de surf. Por un lado, el circuito mundial de longboard y por otro, el circuito mundial de olas grandes, contando ambas competiciones con categoría masculina y femenina.

El sistema de competición de la WSL consta de diferentes eventos dependiendo de si se trata de un evento WCT o WQS. El WCT se compone de 13 eventos anuales, mientras que el WQS, tratándose de múltiples eventos clasificatorios, cuenta con un número mayor de evento divididos en diferentes subcategorías dependiendo de la importancia del evento. Con fines de investigación, la presente tesis doctoral solo hará mención del sistema de competición utilizado en el WCT, dado que este sistema de competición es el utilizado de manera general en las competiciones de surf. Cada evento disputado en el circuito WCT está compuesto de diferentes rondas clasificatorias, dichas rondas se componen de otras sub-rondas denominadas mangas. En cada evento, 36 surfistas compiten utilizando el siguiente formato:

- La primera ronda se compone de 12 mangas donde compiten tres surfistas en cada manga. Los surfistas clasificados en primera y segunda posición por cada manga promocionarán directamente a la tercera ronda, mientras que los surfistas en tercera posición promocionarán a la segunda ronda.

- La segunda ronda está compuesta de 4 mangas donde compiten tres surfistas por manga. Solamente los surfistas clasificados en primera y segunda posición por manga promocionarán a la tercera ronda.
- La tercera ronda está compuesta de 16 mangas donde compiten dos surfistas por manga. Únicamente el ganador de cada manga promociona a la cuarta ronda.
- La cuarta ronda está compuesta de 8 mangas donde compiten dos surfistas por manga. El ganador de cada manga promociona a cuartos de final.
- Cuartos de final, semifinal y final están compuestas por dos surfistas por manga donde el vencedor progresa hasta declararse un ganador en la final.

Cada una de estas mangas tiene una duración específica de 20 minutos (World Surf League, 2019).

1.2.3. Puntuación

En cada manga, dos o tres surfistas (dependiendo de la fase de la competición) tratan de obtener la mayor puntuación posible sobre 20 puntos, realizando diferentes maniobras sobre la ola. Un jurado de cinco miembros califica cada ola en una escala de cero a diez (World Surf League, 2019). Por cada ola surfeada, las puntuaciones más altas y bajas (de los cinco jueces) son descontadas y el surfista recibe el promedio de las tres puntuaciones restantes (World Surf League, 2019). No existe límite en el número de olas que se puntuarán, pero solamente las dos mejores olas puntuadas (cada una de un total de 10 puntos posibles) se suman para convertirse en el total de puntos de la manga del surfista (de un total de 20 puntos posibles) (World Surf League, 2019).

Para puntuar las olas surfeadas los jueces tienen en cuenta los siguientes puntos: compromiso y grado de dificultad, innovación y progresión de las maniobras, combinación de grandes maniobras, variedad de las maniobras y finalmente velocidad, potencia y fluidez (World Surf League, 2019). Todo ello en la anteriormente mencionada escala de puntuación de 0 a 10, tal y como se muestra en la tabla 1 (World Surf League, 2019).

Tabla 1. Escala de puntuaciones de la WSL.

Puntuación	Escala
0,0 – 1,9	Pobre
2,0 – 3,9	Justo
4,0 – 5,9	Medio
6,0 – 7,9	Bueno
8,0 – 10,0	Excelente

World Surf League (2019)

Los resultados de cada competidor en cada uno de los eventos a lo largo del circuito son sumados para determinar la posición global del atleta al final de los 13 eventos anuales del circuito WCT. El primer clasificado obtiene 10.000 puntos, el segundo 8.000 puntos y así sucesivamente (World Surf League, 2019). Estos puntos son sumados para crear la clasificación anual del circuito WCT. Al final del año, los

surfistas masculinos y femeninos con mayor puntuación en la clasificación se convertirán en los campeones de la WSL de dicho año (World Surf League, 2019).

1.2.4. Prioridad

En la competición de surf existe la premisa de la prioridad. La prioridad, tiene la finalidad de regular qué surfista tiene preferencia sobre su adversario para coger o surfear una ola (World Surf League, 2019). El surfista con dicha prioridad tiene el derecho incondicional a surfear cualquier ola que él o ella elija (World Surf League, 2019). El resto de los competidores de la manga podrán remar y surfear dicha ola, siempre que no obstaculicen al surfista con prioridad (World Surf League, 2019). El surfista pierde su prioridad una vez que surfea y/o rema una ola (World Surf League, 2019). Si dos o más surfistas surfean una ola simultáneamente, el primer surfista en llegar a la zona donde rompen las olas obtendrá la prioridad (World Surf League, 2019). En todo momento los competidores conocerán qué surfista tiene prioridad sobre sus adversarios mediante una señalización en la cabina de los jueces. En el caso de que un competidor interfiera en la ola de otro competidor, siempre que este primero no tenga la prioridad sobre la ola, será sancionado con una interferencia (World Surf League, 2019). Como penalización a dicha interferencia los jueces solo contarán la mejor puntuación de una ola en vez de dos para realizar la puntuación final de la manga (World Surf League, 2019), por lo tanto, su puntuación será únicamente sobre 10 puntos en vez de 20.

1.2.5. Análisis de la puntuación obtenida

En un análisis sobre la puntuación obtenida durante el campeonato mundial de surf celebrado en el año 2013, se identificaron correlaciones moderadas significativas entre la posición promedio de los surfistas en la clasificación y la desviación estándar

de sus puntuaciones ($r = 0,596$, $p = 0,006$), y las puntuaciones totales de manga ($r = 0,474$, $p = 0,035$) (Farley et al., 2015). Dicho análisis mostró diferencias significativas entre las puntuaciones de manga obtenidas durante las rondas finales y todas las rondas anteriores ($p < 0,001$ o $p < 0,041$) (Farley et al., 2015). Como conclusión, los surfistas mejor posicionados en la clasificación lograron mejores puntuaciones en las olas, mejores puntuaciones totales de manga y fueron más consistentes con las puntuaciones obtenidas. En este estudio realizado por Farley et al. (2015) concluyeron que un aumento de 1,04 puntos por ola permitiría a un surfista de los 10 últimos puestos en la clasificación alcanzar a los 10 primeros, un pequeño aumento por ola con un gran impacto directo sobre la clasificación. Entender la relación entre la puntuación obtenida por los surfistas con relación a diferentes factores externos e internos de la acción de surfear puede ser de gran relevancia para los entrenadores de surf.

1.2.6. Acciones más relevantes

La acción de surfear puede ser descrita como la acción de desplazamiento con un artefacto flotante sobre una ola (Mendez-Villanueva y Bishop, 2005). Debido a las diferentes modalidades de surf existentes, la presente tesis ahonda en la modalidad que se realiza de pie sobre una tabla de surf de tamaño corto, la cual cuenta con tres quillas en la parte postero-inferior. La acción de surfear requiere que el surfista reme sobre la tabla de surf para aumentar su velocidad, se ponga de pie sobre la tabla de surf a través de un movimiento coordinado, para que posteriormente se deslice sobre la ola realizando diferentes maniobras.

Por lo tanto, la acción de surfear se divide en tres fases globales: la fase de remada, la fase de puesta en pie sobre la tabla de surf y la fase de deslizamiento sobre la ola.

1.2.6.1. Remada

En la fase de remada el surfista se encuentra decúbito prono sobre la tabla de surf con el tronco en hiperextensión. En esta posición el surfista bracea con ambos brazos de manera alterna, metiendo la mano en el agua con el brazo en hiperextensión por delante del cuerpo para posteriormente recogerlo por dentro del agua impulsando la tabla hacia adelante, finalmente sacando el brazo del agua una vez realizado todo el impulso, realizando un movimiento circular (Everlovelline, 2007), con la finalidad de desplazarse por el mar (Loveless y Minahan, 2010a). Se diferencian dos tipos de remada dependiendo de la duración e intensidad de estos: los intervalos cortos de remada y los intervalos largos de remada (Mendez-Villanueva y Bishop, 2005). Los intervalos cortos de remada son acciones explosivas de remada utilizados por los surfistas para acelerar de forma explosiva, con el objetivo de alcanzar la velocidad necesaria que permita al surfista desplazarse sobre las olas (Loveless y Minahan, 2010a). Por otro lado, los intervalos largos de remada son considerados de intensidad moderada o baja, principalmente utilizados para desplazarse al inicio de la manga entre la orilla y la zona de inicio de las olas o después de haber surfado una ola para volver a la posición inicial en el mar (Loveless y Minahan, 2010a). Los intervalos cortos de remada tienen una duración de 1 a 20 s y constituyen el 33% del tiempo total de remada de una manga (Mendez-Villanueva y Bishop, 2005). Por otro lado, los intervalos largos de remada constituyen el 60% del tiempo total con una duración entre 21 y 90 s (Mendez-Villanueva y Bishop, 2005). El análisis de los patrones de tiempo-movimiento se refiere al análisis de las acciones que se dan durante un periodo de tiempo concreto, en el cual dichas acciones son categorizadas. Dichos patrones de tiempo-movimiento han demostrado que el surf es un deporte de carácter intermitente, donde la remada ocupa aproximadamente entre el 40% y el 50% del tiempo total

(Mendez-Villanueva y Bishop, 2005) de una sesión de surf. El análisis de movimiento de seis surfistas durante una sesión de una hora reveló que, la mayor parte de la sesión fue ocupada por la acción de remada, un total de 26 minutos, lo que representaba el 44% de la sesión (Meir et al., 1991). Recientemente, Secomb et al. (2015) analizaron una sesión de dos horas de entrenamiento de quince surfistas masculinos, mientras estos usaban tanto un dispositivo GPS como un monitor de frecuencia cardiaca. Durante dicha sesión también se realizó una grabación de vídeo individual de toda la duración de la sesión de surf (Secomb et al., 2015). Como resultado, el tiempo relativo a las acciones de intervalo largo de remada e intervalo corto de remada fueron de un 42% y 4,1% respectivamente (Secomb et al., 2015). Por otro lado, en un análisis del tiempo en movimiento de 42 surfistas profesionales durante diferentes mangas en una competición internacional, se observó que dichos surfistas estuvieron el 51% del tiempo total remando (Mendez-Villanueva et al., 2006). En un estudio más reciente Farley et al. (2012) confirmaron los resultados obtenidos previamente por Mendez-Villanueva y Bishop (2005), donde revelaron que los surfistas profesionales remaron el 44% del tiempo total de manga.

1.2.6.2. Puesta en pie

El movimiento de puesta en pie sobre la tabla surf, conocido como Pop-Up, ocurre en el momento en el que el deportista se pone de pie sobre la tabla de surf para surfear una ola. El Pop-Up se divide en tres fases: empuje, movimiento de las piernas y aterrizaje. En la fase de empuje, el surfista presiona la tabla de surf con ambas manos a la altura de su pecho, realizando una extensión de los brazos. En esta posición comienza la fase de movimiento de las piernas, donde, el deportista mueve las piernas hacia adelante y debajo de su cuerpo para trasladarse de una posición decúbito prono a una posición vertical. Finalmente, en la fase de aterrizaje, los pies alcanzan la tabla de

surf impactando sobre ella y absorbiendo la energía generada en el movimiento adoptando una posición de semi-flexión sobre la tabla de surf (Eurich et al., 2010; Parsonage et al., 2017). Varios estudios han analizado el movimiento de Pop-Up. Eurich et al. (2010) analizaron los parámetros cinéticos de los brazos en la fase de empuje del Pop-Up. En este estudio los hombres exhibieron de manera significativa una fuerza relativa mayor ($p < 0,05$) (hombres = $9,56 \pm 1,25 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$, mujeres = $8,15 \pm 0,98 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$) y una potencia relativa mayor (hombres = $16,39 \pm 4,22 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$, mujeres = $9,98 \pm 2,58 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$) en comparación con las mujeres surfistas (Eurich et al., 2010). Estos hallazgos demuestran que los hombres producen más fuerza y potencia que las mujeres surfistas, incluso en relación con la masa corporal, al realizar la fase de empuje del Pop-Up (Eurich et al., 2010). Pese a que hombres y mujeres no compiten juntos, las condiciones de competición son las mismas para ambos, en consecuencia, la comparación resulta interesante. Por otro lado, Parsonage et al. (2017b) analizaron las diferencias de Pop-Up entre la fuerza isométrica y la fuerza dinámica de los surfistas, así como la duración del tiempo desde la fase de empuje hasta el contacto con el pie delantero sobre la tabla de surf. La fuerza isométrica se trata de la fuerza que se aplica cuando el músculo o músculos implicados se contraen, pero no modifican su longitud. Por otro lado, la fuerza dinámica puede diferenciarse en fuerza concéntrica o excéntrica: fuerza concéntrica, cuando las células de dicho músculo implicado se contraen modificando la longitud del músculo, o fuerza excéntrica, cuando las células de dicho músculo recuperan su longitud original. En dicho estudio se identificaron correlaciones significativas entre la fuerza isométrica máxima normalizada realizada durante la fase de empuje y empuje dinámico normalizado en el Pop-Up ($r = 0,69$; $p = 0,03$) y el tiempo hasta el Pop-Up ($r = 0,73$; $p = 0,02$) en el grupo más fuerte (Parsonage et al., 2017b). Dichos resultados sugieren que es posible obtener mejoras en el

rendimiento del Pop-Up al mejorar la fuerza dinámica o potencia en los surfistas más fuertes, mientras que en los surfistas más débiles pueden obtener mejoras en el rendimiento al mejorar la fuerza máxima (Parsonage et al., 2017b). Si bien estudios previos (Eurich et al., 2010; Parsonage et al., 2017b) dejan claras las diferencias en las capacidades físicas en la fase de empuje del Pop-Up entre hombres y mujeres, no describen ni analizan la fase de movimiento de los pies, ni la fase de aterrizaje, por lo tanto, no analizan el Pop-Up en su toda la fase del movimiento, ni como este puede variar entre hombres y mujeres. Dichos estudios, tampoco cuentan con participantes que sean surfistas de competición. Debido a que el Pop-Up es un movimiento necesario a realizar para posteriormente completar maniobras sobre la tabla de surf, parece razonable investigar las posibles diferencias entre los surfistas competitivos masculinos y femeninos, así como si cualidades físicas, como las que determinan la ejecución del salto, pueden asociarse con un mejor rendimiento en el Pop-Up.

1.2.6.3. Deslizamiento sobre la ola y maniobras

Una vez realizado el Pop-Up, el surfista se desliza por la ola donde realiza diferentes maniobras. Dichas maniobras varían entre giros que pueden realizarse en diferentes lugares de la ola: en la base de la ola, en la cresta de la ola, sobre la espuma de la ola o más alejado de la espuma de la ola. Existen maniobras que se realizan dentro de la ola, cuando ésta crea un espacio con forma de tubo al caer la cresta de la ola sobre la base de la ola, donde el surfista se coloca el máximo tiempo posible, maniobra conocida como tubo. Por último, tendríamos las maniobras que se realizan fuera de la ola, es decir, en el aire. Los surfistas aprovechan la verticalidad de la ola para despegar de ésta y realizar maniobras de rotación suspendidos en el aire, para posteriormente aterrizar sobre la ola. Everline (2007) describen la posición del surfista mientras se desliza por la ola como una semi-sentadilla con una flexión entre 30-80 grados de las

rodillas. Teniendo en cuenta el análisis del movimiento, en seis surfistas durante una sesión de surf libre de una hora de duración, se encontró que la acción de surfear ocupó el 5% del tiempo total de la sesión, 3 min, a pesar de que se surfearon un promedio de 20,6 olas (Meir et al., 1991). De manera similar, en la sesión de dos horas analizadas por Secomb et al. (2015), la acción de surfear ocupó el 4,1% de la sesión. Por otro lado, en el análisis de una competición internacional los 42 surfistas profesionales ocuparon el 3,8% total del tiempo, en una manga de 25 min (Mendez-Villanueva y Bishop, 2005). Por lo tanto, la acción de surfear la ola ocupó entre un 4% y un 5% (Meir et al., 1991; Mendez-Villanueva y Bishop, 2005; Secomb et al., 2015). Varias investigaciones centran su análisis en las maniobras y las puntuaciones obtenidas en dichas maniobras (Ferrier et al., 2018; Forsyth et al., 2017; Lundgren et al., 2014). Lundgren et al. (2014) analizaron todas las maniobras realizadas y las puntuaciones obtenidas de los cuartos de final en adelante del campeonato mundial de surf de 2012. En este estudio la maniobra más común fue la de *reentry* (maniobra que consiste en deslizarse desde la base de la ola hasta la cresta de ésta en un movimiento vertical con la tabla colocada de manera vertical en relación a la ola para una vez alcanzada la cresta realizar un giro de 180° y volver a bajar de manera vertical a la base de la ola) y las maniobras con puntuaciones más altas fueron las maniobras aéreas y los tubos, con una puntuación media de $7,40 \pm 1,53$ y $6,82 \pm 2,13$ puntos respectivamente, en comparación con otras maniobras de menor riesgo que obtuvieron una puntuación media de $5,08 \pm 2,21$ ($p < 0,001$) (Lundgren et al., 2014). Por otro lado, las maniobras de puntuación más alta tuvieron una tasa de finalización más baja (~50-60% en comparación con ~90%) (Lundgren et al., 2014), es decir, que esas maniobras no fueron completadas del todo y el surfista no pudo terminar la maniobra. De la misma manera Forsyth et al. (2017) observaron una relación significativa entre las maniobras realizadas y la tasa de

finalización de estas. Lundgren et al. (2014) concluyeron que los surfistas de alto rendimiento deberían de realizar maniobras más difíciles o de mayor riesgo y a su vez tener un alto índice de finalización en las maniobras más fáciles para maximizar sus puntuaciones. Por otro lado, gracias a un estudio posterior (Forsyth et al., 2017), podemos observar la evolución de la competición de surf en comparación con el estudio anterior (Lundgren et al., 2014) en un análisis de las maniobras realizadas durante el campeonato mundial del año 2015. En este caso las maniobras aéreas se puntuaron significativamente más alto que los tubos y los giros (Forsyth et al., 2017). Dichas maniobras denominadas como aéreas (maniobras en las que el surfista despega de la ola, realiza una maniobra en el aire y aterriza sobre la ola) fueron introducidas en los últimos años por los surfistas de competición con mayor progresión, hasta convertirse en las maniobras con mayor dificultad de realización y mejor puntuadas por los jueces. En la actualidad, si un surfista realiza una maniobra aérea durante la competición, se le otorgará una puntuación significativamente más alta (Ferrier et al., 2018). En otro estudio similar, la maniobra más común en competición fue la denominada como “*Frontside Air Reverse*” (maniobra en la cual el surfista despega de la ola y realiza una rotación de 180° grados para posteriormente aterrizar de nuevo sobre la ola), con una puntuación media de 6,77 sobre 10 (Forsyth et al., 2017). El autor indica que los surfistas profesionales pueden optimizar sus puntuaciones en una ola durante la competición completando con éxito las maniobras aéreas (Forsyth et al., 2017). Sin embargo, las maniobras aéreas siguen siendo una maniobra de alto riesgo con una tasa de finalización de 45,5%, que es significativamente más baja que el resto de las maniobras (Forsyth et al., 2017). De manera similar al estudio realizado por Lundgren et al. (2014), los hallazgos de Forsyth et al. (2017) sugieren que los surfistas deben de

tratar de mejorar su tasa de finalización de maniobras aéreas, bien a través de entrenamientos específicos en el mar o mediante ejercicios de entrenamiento.

1.2.6.4. Espera y otras acciones

Los momentos en los cuales los surfistas no están realizando ninguna de las acciones anteriores son categorizados en dos tipos de sub-acciones. Por un lado, tenemos la espera o acción de espera. Ocurre cuando el atleta se mantiene sentado sobre la tabla sin realizar ningún tipo de acción, aparte de mantenerse en dicha posición de espera. Este tipo de situaciones se dan cuando el surfista se encuentra esperando a la siguiente ola que va a surfear. Este tiempo de espera representa un 35% del total de sesión (Meir et al., 1991). En el análisis realizado por Secomb et al. (2015) en una sesión de dos horas de entrenamiento de quince surfistas masculinos, estos se mantuvieron durante el 52,8% de la sesión de manera estacionaria o en espera. Similarmente, en los dos estudios realizados en surfistas profesionales durante mangas de competición, se ha observado que los surfistas se mantuvieron el 42% del tiempo total de manga de manera estacionaria o de espera (Farley et al., 2018; Mendez-Villanueva et al., 2006). Por otro lado, todas las acciones restantes, quedan representadas en los diferentes estudios como acciones de miscelánea, que definiremos como acciones variadas (Farley et al., 2012; Farley et al., 2015; Lundgren et al., 2014; Meir et al., 1991; Mendez-Villanueva y Bishop, 2005; Mendez-Villanueva et al., 2006, 2010; Secomb et al., 2015). En esta categoría aunaríamos la conjunción de varias acciones como son: recoger la tabla después de surfear una ola o realizar la maniobra de pasar por debajo de las olas para volver o remontar hacia la zona de inicio de las olas (Meir et al., 1991). Estas acciones variadas ocupan desde el 16% del tiempo de total de sesión (Meir et al., 1991), hasta el 2,1% y 2,6% en análisis realizados en competición (Mendez-Villanueva y Bishop, 2005; Secomb et al., 2015).

1.2.7. Respuestas y cargas físicas y fisiológicas de la competición

Con el objetivo de determinar el esfuerzo de los surfistas durante una manga de competición, varios autores (Farley et al., 2012; Mendez-Villanueva et al., 2006) analizaron la carga externa mediante la medición y categorización de las acciones realizadas y en qué medida se dan estas durante la competición. Tal y como describen Loveless y Minahan (2010a), es razonable asumir que una disminución en la fuerza y potencia de las extremidades superiores o inferiores del cuerpo puede influenciar la habilidad del surfista para remar en olas, realizar la maniobra de Pop-Up o surfear las olas con la técnica correcta y la fuerza y estabilidad necesarias para mantener el equilibrio. Méndez-Villanueva et al. (2006) fueron los primeros autores en sugerir que la fatiga inducida en las extremidades superiores durante la remada podría perjudicar a las habilidades motoras necesarias para el surf de alto rendimiento. Mendez-Villanueva et al. (2006) analizaron la carga externa de una manga de competición. Cuarenta y dos surfistas masculinos fueron grabados en vídeo durante una competición internacional de surf. El patrón de actividades de los surfistas se clasificó en cuatro categorías distintas: remar, surfear las olas, permanecer en espera y una mezcla de acciones variadas. Los surfistas remararon y permanecieron en la actividad de espera el 51% (25-70%) y el 42% (23-72%) del tiempo total, respectivamente. Surfear las olas representó el 4% (2-7%) del tiempo total, mientras que la actividad de acciones variadas representó el 2% restante (0,1-6%) del tiempo total de manga. La frecuencia (número promedio de movimientos en una manga) de la acción de remada fue de 26 ocasiones (15-37), la acción de espera se dio en 17 ocasiones (10-26), la acción de surfear se dio 5 veces (2-8) y en 6 ocasiones se produjeron acciones variadas (1-13). La duración media de las actividades fue de 30,1 s (1-286 s), 37,7 s (1-413 s), 11,6 s (1-44 s) y 5 s (1-31 s) para las actividades de remada, permanecer a la espera, surfear las olas y las acciones

variadas, respectivamente. La mayoría de las acciones de remada (aproximadamente el 60%) se realizaron en intervalos de tiempo de entre 1 y 20 s. El 50% (50.9%) de los intervalos de descanso tuvieron entre 1 y 20 s de duración. Por otro lado, un único estudio hasta la fecha analiza la carga externa de una manga de competición mediante la utilización de dispositivos externos (Farley et al., 2012). En el estudio (Farley et al., 2012), doce surfistas fueron equipados con monitores de FC y unidades de GPS, así como grabados en dos competiciones. La remada ocupó la mayor cantidad de tiempo durante la manga (54 ± 6 unidad de medida, 6,3% del tiempo total). Durante el resto del tiempo, el permanecido en espera represento un $28 \pm 6.9\%$ del tiempo total, surfear las olas y la remada específica para coger las olas representaron el $8 \pm 2\%$ del tiempo total y el $4 \pm 1,5\%$ del tiempo total respectivamente. Los surfistas pasaron el $61 \pm 7\%$ del tiempo total de las acciones de remada y el $64 \pm 6,8\%$ del total del tiempo permanecido en espera, con una duración de entre 1 y 10 s. La velocidad media registrada a través del GPS fue de $3,7 \pm 0,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, con una velocidad máxima de $33,4 \pm 6,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ($45 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ fue la velocidad máxima registrada). La distancia media recorrida fue de $1,605 \pm 313 \text{ m}$. La distancia recorrida solamente remando fue de $947 \pm 185 \text{ m}$ y la distancia recorrida surfeando olas fue de $128 \pm 25 \text{ m}$.

Por otro lado, diferentes estudios (Farley et al., 2012; Mendez-Villanueva et al., 2006), analizaron las respuestas fisiológicas en una manga de competición, principalmente mediante la cuantificación de la FC. En cuanto a dichas respuestas fisiológicas o la carga interna en competiciones de surf, los surfistas mantenían durante una manga de competición una frecuencia cardiaca media de $139 \pm 11 \text{ b}\cdot\text{min}^{-1}$, la cual representaba el 64% de la FC máxima de dichos surfistas, siendo la FC máxima de $190 \pm 12 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$ (Farley et al., 2012). El 70% del tiempo total de la manga se pasó entre el 56 y el 74% de la FC máxima teórica según la edad, el 19% del tiempo total en el

46% de la FC máxima y aproximadamente el 3% del tiempo total en el 83% de la FC máxima. De forma similar, Mendez-Villanueva y Bishop (2005) indicaron que las mediciones de la FC durante la práctica de surf muestran una intensidad media entre el 75% y el 85% de los valores de FC máxima. En ambos casos, tanto en la cuantificación de las respuestas físicas o carga externa como de las respuestas fisiológicas o carga interna, se utilizaron métodos objetivos para cuantificar dichas respuestas (Farley et al., 2012; Mendez-Villanueva et al., 2006). Por un lado, la FC fue obtenida mediante el uso, por parte de los competidores, de una banda transmisora de la FC en el pecho a la altura del esternón y un reloj de muñeca con una unidad GPS incorporada, para obtener con este último los patrones de movimiento de los surfistas (Farley et al., 2012; Mendez-Villanueva et al., 2006). Estos sistemas cuentan con diversos inconvenientes, dado que es común que los surfistas se quejen de la incomodidad a la hora de usar dichos dispositivos durante la remada. Teniendo en cuenta que el tiempo total de remada durante una competición representa el 51-58% del tiempo total (Farley et al., 2012), el uso de estos dispositivos podría dificultar la eficacia de la acción de remada. Podría ser necesario conocer si existe algún método de cuantificación de la carga sin que sea perjudicial para la acción de surfear. En este sentido, un método subjetivo de cuantificación de la carga, como es el RPE, el cual no ha sido previamente utilizado en surf, podría ser una herramienta de gran utilidad para valorar la carga en la competición de surf, dado que se trata de una herramienta sencilla, sin coste y previamente validada en distintas modalidades deportivas (Impellizzeri et al., 2004; McLaren et al., 2016; Weston et al., 2015). Así mismo, esta herramienta nos puede permitir entender la relación entre la puntuación obtenida y la carga de una manga, dado que puede ser relevante conocer si la carga de una manga es un factor importante para el rendimiento en la competición de surf. Hay varias características únicas del surf que pueden alterar

las respuestas metabólicas entre sesiones y competiciones de surf. Estas características específicas del surf son diferentes a otras actividades o deportes de intensidades similares que tienen condiciones externas o ambientales relativamente estables. Dichas condiciones ambientales (es decir, las condiciones de oleaje, el clima, la temperatura del agua y la marea, entre otros) son los factores que alteran la contribución relativa de los sistemas de energía no oxidativa y oxidativa entre las sesiones y competiciones de surf (Loveless y Minahan, 2010b).

1.3. Características físicas de los surfistas

1.3.1. Características antropométricas, composición corporal y somatotipo de los surfistas

En cuanto a las características antropométricas de los surfistas, en lo relativo a la estatura, se observó una asociación inversa entre la altura del centro de gravedad y la base de apoyo, pudiendo ser indicativo de que surfistas de menor altura pueden tener una ventaja en el surf de competición (Mendez-Villanueva y Bishop, 2005). Algún estudio ha sugerido que las características antropométricas ideales para un surfista de élite son una estatura más baja y una menor BM en comparación con otros deportistas acuáticos similares como son los nadadores (Mendez-Villanueva y Bishop, 2005). Así mismo, un perfil específico de antropometría ha sido previamente descrito en surfistas de competición de categoría junior (Fernández-López et al., 2013; Tran et al., 2015b) y de categoría sénior (Sheppard et al., 2012). Los surfistas séniores fueron descritos como más altos, más pesados y con un mayor porcentaje de masa magra que los surfistas más jóvenes o junior, diferencias que se dan debido al proceso de maduración (Sheppard et al., 2012). En el caso de las surfistas de competición, se observó que los niveles de grasa corporal se asociaron negativamente con la clasificación nacional que

tienen dichas surfistas (Barlow et al., 2016). Por último, estudios previos sugieren que el somatotipo o características morfológicas de surfistas internacionales es de constitución mesomorfa, representado por la robustez o magnitud musculoesquelética relativa de hombres y mujeres (Endomorfia 2,6-3,9; mesomorfia 5,2-4,1 y ectomorfia 2,6-2,6. Respectivamente para hombres y mujeres), asemejándose a deportistas de élite de otras modalidades de agua como natación, waterpolo, submarinismo o remo (Mendez-Villanueva y Bishop, 2005). Si bien las diferentes características de los surfistas de competición han sido analizadas, tenemos que considerar la necesidad de analizar dichas características dependiendo de diferentes factores como el nivel de los surfistas, su puesto en la clasificación o las diferencias entre sexos para entender la influencia de dichos factores en el surf de competición. Conocer las características antropométricas óptimas de los surfistas, y cómo pueden afectar al rendimiento es de vital importancia para los profesionales del surf como entrenadores y/o preparadores físicos, especialmente en deportistas de competición.

1.3.2. Condición física de los surfistas

Varios estudios analizaron la condición física de surfistas mediante test de fuerza de las extremidades superiores (Coyne et al., 2017; Furness, Schram, Cottman-Fields, Solia, & Secomb, 2018; Parsonage et al., 2017; Sheppard et al., 2012). Un estudio en esta línea expone que los surfistas que competían en el WCT realizaron un 1RM con mayor peso en un test de dominadas que surfistas que competían en el QS (Sheppard et al., 2012). Igualmente, se encontró una relación entre la fuerza de las extremidades superiores y el pico de velocidad de remada, así como con el tiempo de remada en distancias de 5, 10 y 15 m (Sheppard et al., 2012). El estudio concluye que los surfistas más rápidos remando realizaron un mayor 1RM respecto a los surfistas más lentos (Sheppard et al., 2012). De manera similar, un estudio reveló que el

entrenamiento de la fuerza máxima en surfistas de competición mejoró significativamente la velocidad de remada en sprint de 5, 10 y 15 m de los surfistas (Coyne et al., 2017). Teniendo en cuenta el sexo de los surfistas élite, los surfistas hombres mostraron mayor velocidad de remada en los 5, 10 y 15 m (12,4%, 9,7% y 10,9%), un mayor pico de velocidad de remada (11,3%) y registraron tiempos de remada más rápidos en 400 m (11,8%) que las mujeres (Parsonage et al., 2017a). También en relación con las extremidades superiores y específicamente la musculatura del hombro, un estudio reveló que la rotación del hombro de los surfistas presentaba una asimetría muscular específica a los rotadores externos del hombro (Furness et al., 2018).

En cuanto a las características de las extremidades inferiores de los surfistas, Tran et al. (2015b) observaron una mayor capacidad de salto vertical (fuerza máxima relativa de salto, velocidad máxima en el salto vertical y altura de salto vertical) en surfistas de élite junior seleccionados por la selección australiana en comparación con sus compañeros élite junior no seleccionados. En otro estudio Tran et al. (2015a) observaron que los surfistas sénior élite mostraban de manera significativa un TTS menor que los surfistas junior élite en un test de salto. Teniendo en cuenta la capacidad de salto de los surfistas dependiendo del sexo, un estudio describió que el grupo de hombres era capaz de producir un pico de fuerza normalizado mayor (28,5%) y saltaron más alto (27,7%) en un SJ que mujeres surfistas élite (Parsonage et al., 2017a). En relación con la condición física general de los surfistas de competición Sheppard et al. (2013) desarrollaron y evaluaron un protocolo de pruebas de carácter científico para uso de los surfistas, con la finalidad de desarrollar un protocolo para medir la condición física de los surfistas de competición. Dicho protocolo incluía test y medidas de antropometría, fuerza y potencia de las extremidades inferiores del cuerpo, la capacidad

de sprint en remada, así como la resistencia (Sheppard et al., 2013). Los resultados de dicho estudio fueron determinantes para la creación de un protocolo nacional (Australia) de pruebas científicas para surfistas competitivos, con la finalidad de que sea adoptado en su totalidad o en parte, o ampliado por otros programas de entrenamiento y para su uso en investigaciones futuras (Sheppard et al., 2013). Considerando que la combinación de maniobras y la progresión de estas son elementos clave para maximizar el potencial de puntuación (World Surf League, 2019) y que las extremidades inferiores son en última instancia las responsables de dirigir la tabla de surf y realizar las maniobras a través del contacto de los pies con la tabla, parece interesante profundizar en la posible asociación entre el rendimiento del surf y las características de fuerza y potencia de las extremidades inferiores del surfista de élite. Sin embargo, aunque previamente se han determinado las diferencias en la capacidad de salto vertical de acuerdo al nivel competitivo (es decir, no seleccionado y seleccionado para el Equipo Nacional país Juvenil) (Tran et al., 2015b), los resultados de la prueba de SJ (Secomb et al., 2016) así como la diferencia en el TTS entre surfistas sénior y junior en un salto, no existen ningún estudio que analice las diferencias en el salto vertical y la potencia pico de las extremidades inferiores, teniendo en cuenta el nivel competitivo y la clasificación de los surfistas en la competición. Es necesaria una mayor investigación en esta dirección para comprender mejor la influencia de la fuerza y la potencia en el surf a nivel competitivo.

1.3.3. Características fisiológicas de los surfistas

La PAM de un individuo en cualquier modo de ejercicio se determina durante el ejercicio de intensidad incremental hasta el agotamiento. La absorción, transporte y consumo máximo de O₂ es ampliamente aceptada como la mejor medida del rendimiento cardiovascular y de la potencia aeróbica máxima (Lowdon y Pateman,

1980). Por lo tanto, la PAM de un individuo en una actividad específica es una medida precisa de su capacidad para desempeñarse aeróbicamente en esa actividad. Varios estudios han analizado la PAM de surfistas (Lowdon et al., 1989; Lowdon y Pateman, 1980; Meir et al., 1991; Mendez-Villanueva y Bishop, 2005; Patterson, 2002). En dichos estudios el valor máximo obtenido fue de $54 \text{ mL}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$ y el mínimo de $40 \text{ mL}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$. Cabe destacar que Mendez-Villanueva y Bishop (2005) en su estudio no encontró diferencias significativas en la potencia aeróbica entre surfistas nacionales y regionales. El sistema de energía oxidativa no responde eficientemente a cambios rápidos en la intensidad del ejercicio o a períodos cortos de ejercicio de alta intensidad (Brooks et al., 1984). Por esta razón, el sistema de energía aeróbica es la fuente primaria de energía para actividades de intensidad baja a moderada y de larga duración, como puede ser remar desde la orilla de la playa hasta la zona de las olas. A medida que aumenta la intensidad del ejercicio, como puede ser la velocidad e intensidad de remada, existe un punto en el que la contribución del sistema de energía no oxidativa aumentará significativamente. Dicho punto en el que las concentraciones de lactato en la sangre comienzan a aumentar continuamente se identifica como el LT, que ocurre cuando el lactato se produce más rápido de lo que se puede eliminar. Mendez-Villanueva y Bishop (2005) en otro estudio encontró que la potencia pico desarrollada durante un test incremental de remada hasta el agotamiento y la intensidad de remada a la que se alcanza la concentración de $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ de lactato en sangre, se correlacionan significativamente con el nivel de competición de los surfistas. Méndez-Villanueva (Mendez-Villanueva y Bishop, 2005) también midieron la potencia durante un test incremental de remada en el cual las concentraciones de lactato en sangre superaban el LT_4 de lactato en sangre. La potencia a la que se producían dichos $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ fue significativamente mayor en los surfistas de nivel nacional en comparación con los

surfistas de nivel regional. Así mismo, la potencia máxima alcanzada en la captación máxima de O_2 y LT_4 correlacionaban entre sí ($r = -0,67$, $p = 0,01$; $r = -0,57$, $p = 0,03$) con la clasificación de los surfistas en competición.

Capítulo 2

Justificación de la unidad temática

Capítulo 2. Justificación de la unidad temática

La presente tesis analiza las respuestas o carga física/fisiológica en surfistas de competición. Considerando que la combinación de maniobras mayores y progresivas son elementos clave para maximizar el potencial de puntuación (Ferrier et al., 2018) y que las extremidades inferiores son, en última instancia, las responsables de dirigir la tabla de surf y realizar las maniobras, puede ser importante analizar la influencia del nivel de rendimiento en surf y la capacidad neuromuscular de las extremidades inferiores de los surfistas. No se ha encontrado ningún estudio que analice las diferencias en el salto vertical y la potencia máxima de las extremidades inferiores, teniendo en cuenta el nivel competitivo y la clasificación de los surfistas en competición. De esta forma, la principal novedad de la presente tesis doctoral reside en que se analizan las diferencias en la capacidad neuromuscular de las extremidades inferiores de surfistas atendiendo a su nivel competitivo.

Por otro lado, la presente tesis analiza la fuerza genérica y específica en surfistas de competición. Aunque algunos estudios han analizado tanto la capacidad de salto vertical (Mendez-Villanueva y Bishop, 2005; Tran et al., 2015b) como el Pop-Up (Parsonage et al., 2017b) no se han analizado las diferentes fases del Pop-Up en surfistas de competición ni las diferencias en función del sexo y la edad de los surfistas. Aunque se ha descrito que las características antropométricas (Doering, 2018) y la condición física (Eurich et al., 2010; Secomb et al., 2013) son diferentes entre los surfistas masculinos y femeninos, se desconoce cómo el rendimiento en las fases específicas del Pop-Up puede diferir entre sexos. Una característica importante en el surf competitivo es la fuerza de las extremidades inferiores del cuerpo (Mendez-Villanueva y Bishop, 2005). Investigaciones anteriores observaron que los surfistas de

rango superior tenían un mejor rendimiento en el CMJ que los surfistas de categoría inferior (Tran et al., 2015b). Así mismo se ha expuesto que los surfistas de élite competitivos que compitieron en los campeonatos nacionales o mundiales juveniles de Australia tenían una capacidad de salto vertical más alta (es decir, una mayor fuerza pico de salto vertical, velocidad pico de salto vertical y altura de salto vertical) que los surfistas que no eran de élite (Tran et al., 2015b). Por consiguiente, la fuerza y la capacidad de generar potencia parecen desempeñar un papel importante en el rendimiento del surf (Mendez-Villanueva y Bishop, 2005; Tran et al., 2015b). Sin embargo, estas capacidades de fuerza y potencia hasta el momento no han sido analizadas en ninguna investigación que haga la distinción entre surfistas masculinos y femeninos competitivos. Además, considerando que las maniobras son elementos clave para maximizar el potencial de puntuación (Forsyth et al., 2017) y que el Pop-Up es el primer movimiento que un surfista tiene que realizar antes de surfear, parece razonable analizar por un lado, si existen diferencias entre los surfistas competitivos masculinos y femeninos en las VGRF del CMJ y las características del Pop-Up y, por otro lado, si una mayor capacidad de salto vertical puede estar asociada con una acción más eficaz en el Pop-Up.

Finalmente, la presente tesis también realiza un análisis sobre la cuantificación y carga en surfistas de competición. El RPE es un método subjetivo que recoge la percepción de la carga interna en una sola puntuación y no requiere unidades externas para su cuantificación (Arcos et al., 2014; McLaren et al., 2016). Además, esta puntuación también se ve afectada por la tasa de ventilación, los estados psicológicos y las condiciones ambientales (Arcos et al., 2014; McLaren et al., 2016), aspectos relevantes durante las competiciones de surf. El RPE ha demostrado ser un método válido y eficaz para medir la carga de entrenamiento (Impellizzeri et al., 2004; Pandolf

et al., 1975), incluso en deportes caracterizados por sus múltiples acciones de alta y baja intensidad (Arcos et al., 2014; McLaren et al., 2016), como puede ser también el surf. Por lo tanto, considerando el perfil de intensidad variable de una competición de surf, donde las acciones de alta intensidad siguen, repetidamente, a acciones de baja intensidad (Mendez-Villanueva y Bishop, 2005), el RPE podría ser un método barato y fácil de usar para evaluar la carga de competición de los surfistas. Además, debido a la naturaleza del surf, en el que los surfistas están continuamente realizando múltiples acciones de alta intensidad y de diferente duración, la evaluación del dRPE, como el RPE RPEres y el RPEmus, tal y como se utiliza en otros deportes (Arcos et al., 2014; McLaren et al., 2016; Sinclair et al., 2009; Weston et al., 2015), podría proporcionar a los preparadores físicos y a los propios surfistas una comprensión más profunda de las características de la carga de entrenamiento o de competición. Sin embargo, hasta el momento, no existe evidencia sobre la validez del dRPE para la cuantificación de la carga en surf.

Capítulo 3

Objetivos e hipótesis

Capítulo 3. Objetivos e hipótesis

En el presente capítulo se exponen los objetivos e hipótesis de la presente tesis doctoral.

- Objetivo 1: Describir y comparar las características antropométricas, la capacidad de salto vertical y la potencia máxima de las extremidades inferiores de surfistas dependiendo de su nivel de competición y analizar la asociación entre el nivel competitivo (posición en la clasificación), y las características antropométricas, la capacidad de salto vertical y la potencia máxima de las extremidades inferiores.
 - Hipótesis 1: Debido a que estudios previos han observado diferencias en la capacidad de salto vertical según el nivel de competición (Tran et al.,2015b), la hipótesis de este primer estudio fue que los surfistas situados en una mejor posición en la clasificación de competición mostrarían mayores picos de potencia máxima en las extremidades inferiores y mayor capacidad de salto vertical.
- Objetivo 2: Comparar los parámetros de VGRF en las diferentes fases del Pop-Up (empuje, movimiento de las piernas y aterrizaje) y las diferentes fases del salto CMJ entre hombres y mujeres, así como analizar la relación entre los parámetros que describen las fases del Pop-Up y del CMJ en surfistas competitivos hombres y mujeres.
 - Hipótesis 2: Considerando que los estudios de Parsonage et al (2017) y de Eurich et al. (2010) indican que el Pop-Up es una acción que puede ser influenciada por la fuerza de las extremidades inferiores del cuerpo, la fuerza de las extremidades superiores del cuerpo, la coordinación y

otros aspectos, la hipótesis fue que los surfistas con mayor fuerza relativa en el en las extremidades inferiores analizada mediante el CMJ realizarían una maniobra de Pop-Up más eficaz que los surfistas con menor fuerza, absorbiendo con mayor eficiencia el impacto sobre la tabla de surf y estabilizando dicha fuerza en un tiempo menor en la fase de aterrizaje.

- Objetivo 3: Cuantificar la carga de los surfistas durante una manga de competición mediante métodos objetivos y métodos subjetivos, analizar la relación entre los métodos de cuantificación objetivos y subjetivos y describir la asociación entre la carga medida de manera tanto objetiva como subjetiva con las puntuaciones obtenidas por los surfistas durante las mangas de competición.
 - Hipótesis 3: Teniendo en cuenta que en otras modalidades deportivas se ha constatado relación entre los métodos objetivos y subjetivos (Weston et al., 2015) la hipótesis fue que también en surf puede darse una relación entre los métodos de cuantificación de la carga objetivos y subjetivos. Dicha carga puede estar asociada con la puntuación obtenida por los surfistas debido a que un mayor esfuerzo durante el momento de surfear la ola puede tener influencia en las maniobras realizadas y en consecuencia en la puntuación obtenida.

Capítulo 4

**Comparison of anthropometry and lower limb power
qualities according to different levels and ranking
position of competitive surfers**

Estudio 1

Comparison of anthropometry and lower limb power qualities according to different levels and ranking position of competitive surfers

Iosu Fernandez-Gamboa, Javier Yanci, Cristina Granados and Jesús Cámara

Journal of Strength and Conditioning Research

2017, 31(8), 2231–2237

Capítulo 4. Estudio 1

Comparison of anthropometry and lower limb power qualities according to different levels and ranking position of competitive surfers.

Iosu Fernandez-Gamboa¹, Javier Yanci², Cristina Granados² and Jesús Cámara²

¹High Performance Program Department, Gipuzkoa Surfing Association, Donostia-San Sebastián, Spain; and ²Department of Physical Education and Sport, Faculty of Education and Sport, University of the Basque Country, UPV/EHU, Vitoria-Gasteiz, Spain.

Abstract

The aim of the present study was to compare competitive surfers' lower limb power output depending on their competitive level, and to evaluate the association between competition rankings. Twenty competitive surfers were divided according to competitive level: international (INT) or national (NAT), and competitive ranking (RANK₁₋₅₀ or RANK₅₁₋₁₀₀). Vertical jump and maximal peak power of the lower limbs were measured. No differences were found between INT and NAT surfers in the anthropometric variables, in the vertical jump or in lower extremity power; although the NAT group had higher levels on the elasticity index (EI), squat jumps (SJ) and counter movement jumps (CMJ) compared to the INT group. The RANK₁₋₅₀ group had a lower biceps skinfold ($p < 0.01$), lower skinfolds in the legs (Front thigh: $p < 0.05$; medial calf: $p < 0.01$), lower sum of skinfolds ($p < 0.05$), higher SJ ($p < 0.01$), CMJ ($p < 0.01$) and 15 second vertical CMJ (CMJ_{15s}) ($p < 0.05$); also maximal peak power of the right leg (MPP_R) and left leg (MPP_L) were higher in the RANK₁₋₅₀ group. Moderate to large significant correlations were obtained between the surfers ranking position and

some skinfolds, the sum of skinfolds and vertical jump. Results demonstrate that surfers' physical performance seems to be an accurate indicator of ranking positioning, also revealing that vertical jump capacity and anthropometric variables play an important role in their competitive performance, which may be important when considering their power training.

Key words: vertical jump, strength, power, assessment, lower limb

Introduction

Surfing is performed in a dynamic environment (Everline, 2007) with challenging situations (Mendez-Villanueva & Bishop, 2005), which compel surfers to adapt to variable oceanic conditions whilst maintaining a high level of performance (Eurich et al., 2010). Surfing competitions last from 20 to 40 min depending on the format of the competition and surfers' activity is characterized by repeated bouts where balance and force development are required (Meir et al., 1991). During competition, the surfer's score is determined by commitment, the degree of difficulty of the wave being ridden and by the characteristics of the maneuvers, such as speed and power (WSL, 2015). In this sense, the physical conditioning of the lower limbs, along with the surfers' anthropometric characteristics, has been shown to play an important role in surfer discrimination (Fernandez-Lopez et al., 2013; Oosthuizen, 2012; Sheppard et al., 2012).

Specific anthropometric characteristics have been related to the competitive level of junior (Fernandez-Lopez et al., 2013; Tran et al., 2015) and senior surfers (Sheppard et al., 2012). Previous research has observed that the inverse association between the height of the center of gravity above the base of support and stability (Hayes, 1982) may mean that shorter surfers have an advantage in surfing performance (Mendez-Villanueva & Bishop, 2005). This could explain why competitive surfers tend to be shorter than the average age-matched sporting population (Lowdon, 1980; Mendez-Villanueva & Bishop, 2005). Furthermore, due to the maturation process senior surfers have been shown to be taller, heavier and have a greater composite lean mass ratio (LMR) ($\text{body mass} / \sum 7 \text{ site skinfold thickness}$) than young surfers (Sheppard et al., 2012). Therefore, considering that increased levels of body fat are inversely related to surfing performance (Barlow et al., 2014) and the association

between LMR and maturation (Sheppard et al., 2012), a study of anthropometric characteristics according to competitive level should help to better understand the influence of these parameters on surfing performance.

Furthermore, strength and power abilities seem to play a role in surfing performance (Tran et al., 2015). Surfers competing in the World Championship Tour (WCT) performed higher 1RM than surfers competing in the World Qualifying Series (WQS) (Sheppard et al., 2012). Similarly, Tran et al. (Tran et al., 2015), observed higher vertical jump capacity (i.e. relative vertical jump peak force, vertical jump peak velocity, and vertical jump height) in selected Australian elite competitive male junior surfers in comparison with non-selected surfers. Considering that the combination of major and progressive maneuvers are key elements to maximize scoring potential (WSL, 2015) and that the lower limbs are ultimately responsible for riding the surfboard and making the maneuvers through the contact of the feet with the surfboard, it seemed of interest to look in more depth into the possible association between surfing performance and lower limb power characteristics. Nevertheless, even though differences in vertical jump capacity according to competitive level (i.e. Non-selected and Selected for the National Junior Team) (Tran et al., 2015) and isometric mid-thigh pull test results (i.e. stronger and weaker) (Secomb, Sheppard, & Dascombe, 2015) have been previously determined, we have not found any study analyzing the differences in vertical jump and lower limb peak power, considering competitive level and ranking in competitive surfers. So, the main novelty of our study is that our surfers are competitive surfers, and second, the ranking position of the surfers is based on a real scale of competitive success, as all the participants take part in the competition where the ranking is obtained. Unfortunately, more research in this direction is needed to better understand the influence of power on surfing competitive level.

Therefore, the purpose of this study was twofold: 1) to compare anthropometric characteristics, vertical jump capacity, and lower limb maximal peak power of competitive surfers according to their competitive level and, 2) to evaluate the association among competitive level (i.e. ranking position), anthropometric characteristics, vertical jump capacity and maximal peak power performance. We hypothesized that surfers with a high rank would show greater peak power in the lower limbs and vertical jump capacity, and lower body fat levels.

Methods

Experimental Approach to the Problem

Surfers with a different competitive profile, either national or international, were tested on their lower limb power output, and their competitive results and ranking position were recorded. The participants were tested for anthropometric variables, vertical jump power and lower limb peak power, using identical protocols, to determine the differences in lower limb power qualities among participants according to different levels and ranking positioning.

Participants

Twenty competitive surfers (20.75 ± 7.83 yr) participated in this study. The surfing league that they competed in was used as the criteria to classify them since there is not a clear delimitation across studies of the criteria for considering participants as professional or amateur surfers. Surfers competing in the former Association of Surfing Professionals, Kings of Groms and Big Wave World Tour were classified as international surfers (INT, $n = 11$, 23.00 ± 9.92 yr) and participants competing in the Monster Energy Tour were classified as national surfers (NAT, $n = 9$, 18.00 ± 2.65 yr).

Surfers were also ranked according to the Monster Energy Tour classification league in two groups according to their overall classification. The surfers classified in the top 50 of the ranking were identified as RANK₁₋₅₀ ($n = 10$, 23.00 ± 9.15 yr), and the surfers classified in the 51st – 100th positions of the ranking as RANK₅₁₋₁₀₀ ($n = 10$, 18.50 ± 5.85 yr). No significant differences in age between groups were obtained. Written informed consent was obtained from each of the participants after a detailed written and oral explanation of the potential risks and benefits resulting from their participation and they knew that they had the option to voluntarily withdraw from the study at any time. For underage participants written informed consent was required from their legal tutors or parents. This investigation was performed in accordance with the Declaration of Helsinki (2013), met the ethical standards in Sport and Exercise Science Research (Harriss & Atkinson, 2013) and was approved by the local institutional review board.

Procedures

Participants were allowed to familiarize themselves with the equipment and testing procedures before performing the test battery. All tests were conducted on the same day, during one week in February in the following order: anthropometric characteristics, vertical jump and peak power test. All participants were asked to follow their normal diet and refrain from intense exercise during the 48h prior to the tests. Participants performed a standardized warm up prior to data collection.

Test battery

Anthropometric characteristics: Height was measured with a stadiometer (Holtain Ltd™, Crymych, United Kingdom) fixed to the wall and recorded to the nearest 0.1 cm (Durnin & Womersley, 1974). Body weight was measured with an electronic scale to the nearest 0.1 kg (Fagor™, BB-150, Mondragon, Spain)

immediately after voiding with participants wearing light indoor clothing and no shoes. Skinfold thickness (triceps, subscapular, biceps, iliac crest, supraspinale, abdominal, front thigh, and medial calf) was measured with a skinfold caliper (Holtain Ltd™, Crymych, United Kingdom), as described by Durnin and Womersley (del Coso et al., 2014) and the sum of 8 skinfolds (Σ skinfolds) was determined.

Vertical jump (VJ): Surfers were required to perform 5 counter movement jumps (CMJ) interspersed with 45s recovery periods (Krol & Mynarski, 2010) followed by 5 squat jumps (SJ). The CMJ had to be performed with their hands on their hips during the entire jumping activity and only a minimal flexion of their trunk was permitted during the push-off phase (Komi & Bosco, 1978). The maximal flexion of the knees during this phase was required to be approximately 90° (Bosco et al., 1983). The SJ starting position was at a knee flexion of 90°. No counter movement was permitted in the SJs. Any jump that did not meet the considered requirements was excluded from the calculations and had to be repeated. Flight height was measured in the SJ and CMJ (Optojump Next, Microgate™ Polifemo, Bolzano, Italy). The ICC range for the Optojump was 0.91-0.92 (Ruggiero et al., 2016). Stretch-shortening cycle efficiency (SSCE) was assessed as the CMJ-SJ difference (Castagna & Castellini, 2013), and the elasticity index (EI) (Bosco et al., 1983) was also measured:

$$IE (\%) = \frac{CMJ - SJ}{CMJ} \cdot 100 .$$

In addition to these jumps, participants performed a

15 second vertical CMJ test (CMJ_{15s}) (del Coso et al., 2014). The CMJ_{15s} had to be performed as consecutive non-stop CMJs during a 15s period. Participants were required to start when they were ready, and to stop when the researchers told them to after the 15s period. Flight time (FT) and contact time (CT) were measured using the

Optojump Next (Microgate™ Polifemo, Bolzano, Italy). Power output (w/kg) was calculated as the average of all jumps performed in the CMJ_{15S}:

$$CMJ_{15S} \left(\frac{W}{Kg} \right) = g^2 \cdot FT \frac{(FT + CT)}{4 \cdot CT}, \text{ where } g \text{ is the gravitational force, } FT \text{ is the}$$

flight time and CT is the contact time.

Peak power test: In order to compare lower-body power, an incremental power test was conducted on each leg to determine maximum peak power (MPP, in w) for the left leg (MPP_L) and for the right leg (MPP_R). To establish the MPP, participants were seated on the leg extension machine with legs placed under the pad (feet pointed forward) and hands holding the sidebars; the exercise involved extending the leg from a retracted position adjacent to the seat to an extended position away from the seat. Participants were asked to perform an incremental power test with an encoder (Ergotech Consulting, T-Force™, Murcia, Spain) transducer attached to measure force and velocity. The ICC range for the encoder was 0.91 for average power and 0.94 for peak power (Balsalobre-Fernandez et al., 2016). Prior to the test, the participants were assessed on their one repetition maximum (1RM) on the leg extension machine. The incremental power test was started at 40% of subject's 1RM and increased by 10% in each trial (Sheppard et al., 2012). A 2–3 minute rest was provided between trials, until a failed lift occurred, at this point, the weight successfully lifted in the previous lift was recorded as the subject's MPP. Also, MPP leg asymmetry (MPP_{LA}) was obtained in absolute (w) and percentage (%) values: $MPP_{LA} (w) = MPP_L - MPP_R$;

$$MPP_{LA} (\%) = \frac{MPP_R - MPP_L}{MPP_L} \cdot 100$$

Statistical analysis

The results are presented as mean \pm standard deviation (SD). All the variables were normal and satisfied the equality of variances according to the Kolmogorov-Smirnov and Levene tests respectively. Only the maximum score for each test was included in the data analysis. Independent t-tests were used to determine if any significant differences existed between the groups (i.e. INT vs. NAT or RANK₁₋₅₀ vs. RANK₅₁₋₁₀₀). Practical significance was assessed by calculating Cohen's d effect size (Cohen, 1977). Effect sizes (d) of above 0.8, between 0.8 and 0.5, between 0.5 and 0.2 and lower than 0.2 were considered as large, moderate, small, and trivial, respectively. Pearson's product-moment correlation coefficient (r) was calculated to determine the relationships among the parameters obtained from the surfers' ranking position, anthropometric measurements and performance characteristics. The magnitude of correlation between test measures was assessed with the following thresholds: < 0.1 , trivial; $= 0.1-0.3$, small; $< 0.3-0.5$, moderate; $< 0.5-0.7$, large; $< 0.7-0.9$, very large; and $< 0.9-1.0$, almost perfect (Hopkins et al., 2009). Data analysis was performed using the Statistical Package for Social Sciences (version 20.0 for Windows, SPSS™ Inc, Chicago, IL, USA) for Windows. Statistical significance was set at $p < 0.05$.

Results

The results obtained in this study for the total sample and divided into INT and NAT are presented in Table 1. No significant differences were observed between the INT and NAT groups in the anthropometric variables ($p > 0.05$, $d < 0.47$, trivial to small), in the vertical jump ($p > 0.05$, $d < 0.30$, trivial to small) or in lower extremity power ($p > 0.05$, $d < 0.63$, trivial to moderate). However, although the differences were not significant ($p > 0.05$), the NAT group had practical higher levels ($d = 1.36-1.65$,

large) of IE (%) and SJ-CMJ (cm) compared to the INT group ($p > 0.05$, $d = 1.36-1.65$, large).

Table 1. Anthropometric characteristics, vertical jump (VJ) and maximal peak power (MPP) results for total sample, international (INT) and national (NAT) surfers' groups.

	Total sample	INT group	NAT group	Cohen's d
<i>Anthropometrics</i>				
Height (cm)	172.6 ± 8.8	170.8 ± 10.6	174.9 ± 5.8	0.38
Body mass (kg)	66.0 ± 9.4	64.4 ± 10.1	68.1 ± 8.4	0.37
Triceps (mm)	12.1 ± 5.9	11.7 ± 6.0	12.6 ± 5.9	0.15
Subscapular (mm)	9.1 ± 3.7	9.0 ± 3.6	9.2 ± 3.9	0.05
Biceps (mm)	6.7 ± 3.1	6.0 ± 2.9	7.4 ± 3.3	0.47
Iliac crest (mm)	18.6 ± 7.7	18.3 ± 8.6	19.1 ± 6.9	0.09
Supraspinale (mm)	8.7 ± 4.5	8.3 ± 3.8	9.1 ± 5.5	0.21
Abdominal (mm)	13.5 ± 6.0	12.5 ± 4.8	14.7 ± 7.4	0.44
Front thigh (mm)	13.3 ± 5.4	12.9 ± 6.2	13.9 ± 4.5	0.17
Medial calf (mm)	10.6 ± 4.8	10.4 ± 5.0	10.9 ± 4.8	0.10
∑ Skinfold (mm)	92.7 ± 37.3	89.2 ± 37.4	96.9 ± 38.9	0.20
<i>Vertical jump (VJ)</i>				
SJ (cm)	32.7 ± 5.8	32.63 ± 5.5	32.75 ± 6.6	0.02
CMJ (cm)	34.8 ± 5.6	33.99 ± 5.7	35.73 ± 5.7	0.30
SJ-CMJ (cm)	2.1 ± 1.9	1.36 ± 1.2	2.97 ± 2.4	1.36
EI (%)	6.9 ± 7.3	4.21 ± 3.6	10.14 ± 9.4	1.65
CMJ _{15s} (W/kg)	22.7 ± 4.8	22.18 ± 4.6	23.44 ± 5.3	0.28
<i>Maximal peak power (MPP)</i>				
MPP _R (W)	316.7 ± 84.4	295.64 ± 74.8	342.44 ± 92.7	0.63
MPP _L (W)	307.6 ± 73.2	293.18 ± 76.2	325.22 ± 69.4	0.42
MPP _{LA} (W)	-9.1 ± 48.7	-2.45 ± 38.4	-17.22 ± 60.4	-0.38
MPP _{LA} (%)	-1.2 ± 1.4	0.04 ± 12.9	-2.74 ± 16.8	-0.22

SJ = squat jump, CMJ = counter movement jump, EI = elastic index, CMJ_{15s} = 15 seconds repeat counter movement jump, MPP_R = right leg maximal peak power, MPP_L = left leg maximal peak power, MPP_{LA} = maximal peak power leg asymmetry.

Table 2. Anthropometric characteristics, vertical jump (VJ) and maximal peak power (MPP) results in RANK₁₋₅₀ and RANK₅₁₋₁₀₀ surfers' groups.

	RANK ₁₋₅₀ group	RANK ₅₁₋₁₀₀ group	Cohen's d
<i>Anthropometrics</i>			
Height (cm)	174.6 ± 5.1	170.7 ± 11.4	-0.76
Body mass (kg)	66.8 ± 4.3	65.3 ± 12.8	-0.35
Triceps (mm)	9.7 ± 3.5	14.6 ± 6.9	1.40
Subscapular (mm)	8.2 ± 1.9	10.1 ± 4.8	1.05
Biceps (mm)	4.7 ± 1.8	8.7 ± 2.9**	2.30
Iliac crest (mm)	17.0 ± 6.0	20.4 ± 9.2	0.57
Supraspinale (mm)	7.2 ± 2.4	10.2 ± 5.6	1.27
Abdominal (mm)	11.1 ± 3.7	15.9 ± 7.1	1.30
Front thigh (mm)	10.6 ± 3.0	16.1 ± 5.9*	1.87
Medial calf (mm)	7.6 ± 2.6	13.6 ± 4.7**	2.32
Σ Skinfold (mm)	75.8 ± 22.0	109.5 ± 42.7*	1.53
<i>Vertical jump (VJ)</i>			
SJ (cm)	36.4 ± 4.3	29.0 ± 4.8**	-1.73
CMJ (cm)	38.2 ± 4.2	31.4 ± 4.8**	-1.64
SJ-CMJ (cm)	1.8 ± 0.9	2.4 ± 2.7	0.65
EI (%)	5.1 ± 2.6	8.7 ± 9.9	1.42
CMJ _{15S} (W/kg)	25.3 ± 3.6	20.2 ± 4.7*	-1.45
<i>Maximal peak power (MPP)</i>			
MPP _R (W)	346.4 ± 84.5	287.0 ± 77.2	-0.70
MPP _L (W)	339.4 ± 71.7	275.8 ± 62.5*	-0.89
MPP _{LA} (W)	-7.0 ± 48.6	-11.2 ± 51.3	-0.09
MPP _{LA} (%)	-1.1 ± 12.9	-1.3 ± 16.6	-0.01

RANK₁₋₅₀ = surfers group classified in 50 top positions of the ranking, RANK₅₁₋₁₀₀ = surfers group classified in 51-100 positions of the ranking, SJ = squat jump, CMJ = counter movement jump, EI = elastic index, CMJ_{15S} = 15 seconds repeat counter movement jump, MPP_R = right leg maximal peak power, MPP_L = left leg maximal peak power, MPP_{LA} = maximal peak power leg asymmetry. Significant differences (* p < 0.05, ** p < 0.01) between RANK₁₋₅₀ and RANK₅₁₋₁₀₀ groups.

The results of this study show that the RANK₁₋₅₀ group had a lower biceps ($p < 0.01$, $d = 2.30$, large) and sum of skin folds ($p < 0.05$, $d = 1.53$, large) in comparison with the RANK₅₁₋₁₀₀ group (Table 2), especially in the skin folds of the lower extremities (Front thigh: $p < 0.05$, $d = 1.87$, large; Medial calf: $p < 0.01$, $d = 2.32$, large). Vertical jump performance was higher in the RANK₁₋₅₀ group in comparison with the RANK₅₁₋₁₀₀ group in SJ ($p < 0.01$, $d = -1.73$, large), CMJ ($p < 0.01$, $d = -1.64$), and CMJ_{15S} ($p < 0.05$, $d = -1.45$, large). The MPP_R ($p > 0.05$, $d = -0.70$, moderate) and MPP_L ($p < 0.05$, $d = -0.89$, large) were also higher in the RANK₁₋₅₀ group (Table 2). However, although the differences were not significant ($p > 0.05$), the RANK₅₁₋₁₀₀ group had practical higher values in SJ-CMJ ($p > 0.05$, $d = 0.65$, moderate) and IE ($p > 0.05$, $d = 1.42$, large).

Moderate to large significant correlations were obtained between the surfers' ranking positions and some skinfolds (Triceps: $r = 0.450$, $p < 0.05$; Biceps: $r = 0.580$, $p < 0.01$; Front thigh: $r = 0.558$, $p < 0.05$; Medial calf: $r = 0.695$, $p < 0.01$), the sum of skinfolds ($r = 0.474$, $p < 0.05$) and vertical jump ($r = -0.569/-0.676$, $p < 0.01$) (Figure 1). However, no correlations between the ranking and EI or the MPP values ($p > 0.05$) were obtained.

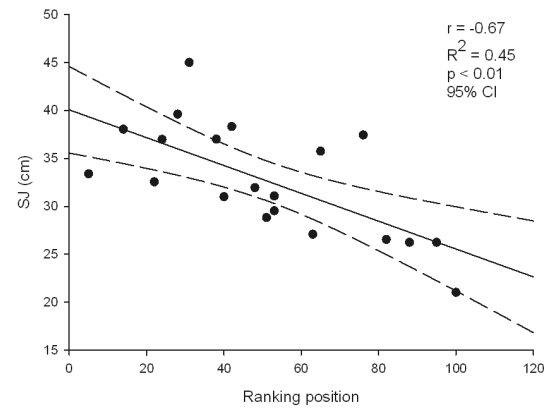
Discussion

The purposes of this study were to compare anthropometric characteristics, vertical jump capacity, and lower limb maximal peak power of competitive surfers according to competitive level and, to evaluate the association among competitive level (i.e. ranking position), anthropometric characteristics, vertical jump capacity and maximal peak power performance. The results of this study provide novel data demonstrating the relation between ranking position and lower body power as measured

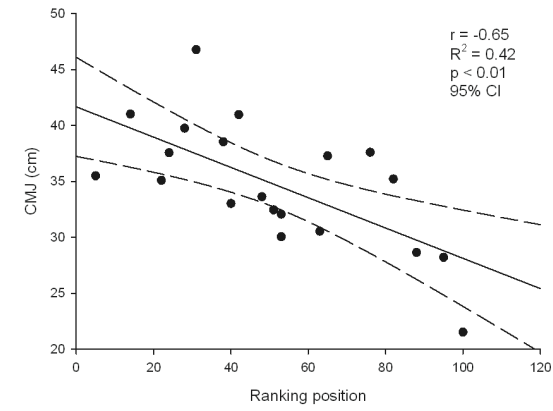
by vertical jump capacity. We did not find differences between national (NAT) and international (INT) competitive surfers in the anthropometric characteristics, vertical jump and peak power of the lower limbs, taking into account the ranking positions (i.e. RANK₁₋₅₀ vs. RANK₅₁₋₁₀₀). On the contrary, we did observe differences in lower limb skin folds, vertical jump (SJ, CMJ, CMJ_{15s}) and in lower limb power output (MPP_R and MPP_L).

Due to the importance in surfing of anthropometric (Fernandez-Lopez et al., 2013; Sheppard et al., 2012; Tran et al., 2015) and lower limb strength/power characteristics (Fernandez-Lopez et al., 2013; Oosthuizen, 2012; Sheppard et al., 2012), competitive level differences in anthropometric characteristics (Fernandez-Lopez et al., 2013; Sheppard et al., 2012; Tran et al., 2015) and in physical performance (i.e. vertical jump or power output) have been analyzed in previous studies, obtaining contradictory results. Some studies reported differences in anthropometric characteristics between different level surfers (Fernandez-Lopez et al., 2013; Sheppard et al., 2012), although similar papers did not find any such differences (Mendez-Villanueva & Bishop, 2005; Tran et al., 2015). In the same way, while some studies suggested that professional surfers have higher lower limb power than amateur surfers (Mendez-Villanueva & Bishop, 2005; Secomb et al., 2015), other studies concluded that differences do not exist between these variables at different competitive levels (Anderson & Pandey, 1993; Farley et al., 2013; Tran et al., 2015). Even though in our study we did not find differences between the NAT and INT groups in skinfolds, vertical jump (SJ, CMJ, CMJ_{15s}) and maximal power output (MPP_R and MPP_L) of the lower limbs, we did find differences in relation to the ranking positions (i.e. RANK₁₋₅₀ vs. RANK₅₁₋₁₀₀). Regarding the anthropometric measurements, the RANK₁₋₅₀ group showed significantly lower biceps (45.9%), front thigh (34.1%), medial calf (44.1%) and sum

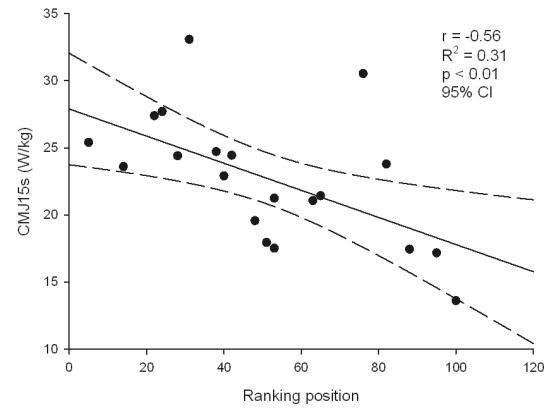
of skinfolds (30.77%) than surfers in RANK₅₁₋₁₀₀ (Table 2). Furthermore, the RANK₁₋₅₀ group showed better vertical jump and maximal lower limb power performance. We observed that RANK₁₋₅₀ jumped significantly higher in the SJ (20.3%), CMJ (17.8%), CMJ_{15S} (20.1%), and had higher scores for EI (41.3%), MPP_R (17.14%) and MPP_L (18.73%) than RANK₅₁₋₁₀₀ (Table 2).



A



B



C

Figure 1. Relationship between ranking position and SJ (1A), CMJ (1B) and CMJ15s (1C). SJ = squat jump, CMJ = counter movement jump, CMJ15S = 15 seconds repeat counter movement jump, CI = confidence interval.

The contradictory results obtained in these studies, our study included, (i.e. INT-NAT or RANK₁₋₅₀-RANK₅₁₋₁₀₀), are probably due to the different definitions used to classify athletes as a function of their competitive level, as each study has used their particular one. The distribution of the surfers in a NAT or INT classification was made according to the surfer's competition region. Surfers who only compete in national championships, tours or events were classified as NAT; and surfers competing in international championships, tours or events, apart from the nationals, were classified as INT. Since competitive surfing is becoming more competitive and professional, some of the competitive surfers are managing to get sponsored in pursuance of building a professional career; most likely because the economic factor plays an important role in being able to participate in international events. This economic factor may explain, therefore, why there are not differences between NAT and INT surfers in competitive surfing. This study reveals that the fact that some surfers are competing in international level events and others only in national level events, does not mean that INT classified surfers have better physical conditioning in terms of the present analysis. Ranking showed differences between surfers' anthropometric characteristics and physical performance. This could be explained because the surfer with more power and better conditioning in the lower limbs is able to perform better on the surfboard (Mendez-Villanueva & Bishop, 2005), resulting in better competitive results, thus improving the surfer's position in the ranking. Hence, surfer's conditioning level seems to be a good discriminator to assess ranking position. These facts reveal the importance of physical conditioning, and therefore the importance of the surfer's physical training.

In addition, the results of this study show a positive relationship between the classification in the ranking with some skinfolds ($r = 0.450/0.695$, $p < 0.05$), and the sum of skinfolds ($r = 0.474$, $p < 0.05$) as described in other studies in which ranking

positioning had a significant positive correlation with the sum of six skinfolds (6 Skinfolds: $r = 0.66$, $p < 0.035$) (Fernandez-Lopez et al., 2013). Also, surfers' ranking positions correlated negatively with vertical jump (SJ, CMJ and CMJ_{15s}) ($r = -0.569/-0.676$, $p < 0.01$). Regarding these results, a lower sum of skinfolds seems to be positive for surfing performance, as body power development must be accompanied by low-fat mass to optimize surfers' relative body strength (Barlow et al., 2014; Sheppard et al., 2012), and having a better performance in the vertical jump (i.e. SJ, CMJ and CMJ_{15s}) will also be positive for surfing performance, due to the use of lower body power to perform maneuvers and remain on the board (Barlow et al., 2014; Mendez-Villanueva & Bishop, 2005; Secomb et al., 2016, Secomb et al., 2015). However, in our study, we did not find a significant relationship between ranking and MPP. These results indicate that the maximum quadriceps power test may not be specific enough to assess the surfers' physical conditioning. The possible reason for these results is that in our study, MPP was calculated in a sitting position quadriceps exercise. Taking into account the present findings, the vertical jump test (SJ, CMJ and CMJ_{15s}) appears to be more accurate in discriminating performance level than the MPP quadriceps test for surfing performance. It would be interesting to analyze if other more surf-specific lower limb tests would reveal differences in output between surfers from different competitive levels.

It stands to reason that better-ranked surfers will have a low fat mass and better physical condition. This paper demonstrates that surfers with better physical conditioning will have better competitive results (without downplaying the technical aspects of surfing), and those results will be reflected in a better ranking position. In the case of lower limb power, that can be measured through vertical jump output, which shows a strong relation with surfers' ranking positions. Taken together, these data

suggest the importance of physical training and the benefits of power and conditioning for surfing performance. Further research within surfing is needed to establish the importance and need of physical training for surfing performance at all levels. In reference to the present study and findings, a training study examining the effects of lower body power training will be the next step, as the current findings demonstrate the correlation between physical conditioning in the vertical jump and ranking position.

Practical applications

The present results indicate that the surfers' different levels do not seem to be a good discriminator of surfers' physical conditioning, on the other hand, ranking position clearly reflects the surfers' physical conditioning and may be an accurate indicator of their physical performance. Furthermore, surfers with a lower fat mass and greater lower limb performance, in the vertical jump, have better competitive outcomes. In consequence, this may indicate that surfing coaches should include lower limb power exercises in their training program on a daily basis, and control the surfer's fat mass ratio in order to achieve better competitive results.

References

- Anderson, F. C., & Pandy, M. G. (1993). Storage and utilization of elastic strain energy during jumping. *Journal of Biomechanics*, 26(12), 1413–1427.
[https://doi.org/10.1016/0021-9290\(93\)90092-s](https://doi.org/10.1016/0021-9290(93)90092-s)
- Balsalobre-Fernandez, C., Kuzdub, M., Poveda-Ortiz, P., & Campo-Vecino, J. del. (2016). Validity and Reliability of the PUSH Wearable Device to Measure Movement Velocity During the Back Squat Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(7), 1968–1974.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001284>

- Barlow, M. J., Findlay, M., Gresty, K., & Cooke, C. (2014). Anthropometric variables and their relationship to performance and ability in male surfers. *European Journal of Sport Science*, *14*(1), 171-177. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.666268>
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. v. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *50*(2), 273–282.
- Castagna, C., & Castellini, E. (2013). Vertical jump performance in Italian male and female national team soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *27*(4), 1156–1161. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182610999>
- Cohen, J. (1977). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-10517-X>
- del Coso, J., Perez-Lopez, A., Abian-Vicen, J., Salinero, J. J., Lara, B., & Valades, D. (2014). Enhancing physical performance in male volleyball players with a caffeine-containing energy drink. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *9*(6), 1013–1018. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0448>
- Durnin, J. v., & Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *The British Journal of Nutrition*, *32*(1), 77–97. <https://doi.org/10.1079/bjn19740060>
- Eurich, A. D., Brown, L. E., Coburn, J. W., Noffal, G. J., Nguyen, D., Khamoui, A. v., & Uribe, B. P. (2010). Performance differences between sexes in the Pop-Up phase of surfing. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(10), 2821–2825. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181f0a77f>

- Everline, C. (2007). Shortboard Performance Surfing: A Qualitative Assessment of Maneuvers and a Sample Periodized Strength and Conditioning Program In and Out of the Water. *Strength & Conditioning Journal*, 29(3), 32. [https://doi.org/10.1519/1533-4295\(2007\)29\[32:SPSAQA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4295(2007)29[32:SPSAQA]2.0.CO;2)
- Farley, O., Coyne, J., Secomb, J., Lundgren, L., & Tran, T. (2013). Comparison of the 400 metre time endurance surf paddle between elite competitive surfers, competitive surfers and recreational surfers. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 21, 125–127.
- Fernandez-Lopez, J. R., Camara, J., Maldonado, S., & Rosique-Gracia, J. (2013). The effect of morphological and functional variables on ranking position of professional junior Basque surfers. *European Journal of Sport Science*, 13(5), 461–467. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.749948>
- Harriss, D. J., & Atkinson, G. (2013, December). Ethical standards in sport and exercise science research. *International Journal of Sports Medicine*, 34, 1025–1028. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1358756>
- Hayes, K. C. (1982). Biomechanics of postural control. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 10, 363–391. <https://doi.org/10.1249/00003677-198201000-00011>
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3–13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Komi, P. v., & Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and Science in Sports*, 10(4), 261–265.

- Krol, H., & Mynarski, W. (2010). Effect of increased load on vertical jump mechanical characteristics in acrobats. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 12(4), 33–37.
- Lowdon, B. (1980). Physiological parameters of international surfers. *Australian Journal of Sports Medicine*, 12, 30–33.
- Meir, R., Lowdon, B., & Davie, A. (1991). Heart rates and estimated energy expenditure during recreational surfing. *Australian journal of science and medicine in sport*, 23, 70–74.
- Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2005). Physiological aspects of surfboard riding performance. *Sports Medicine*, 35(1), 55–70.
<https://doi.org/DOI:10.2165/00007256-200535010-00005>
- Oosthuizen, F. (2012). An evaluation of the mental skills, nutritional preferences and anthropometric characteristics of the pro junior under 20 surfers in the 2008 Billabong Junior Series in South Africa. KovsieScholar: University of the Free State, 2012.
- Ruggiero, L., Dewhurst, S., & Bampouras, T. M. (2016). Validity and Reliability of Two Field-Based Leg Stiffness Devices: Implications for Practical Use. *Journal of Applied Biomechanics*, 32(4), 415–419.
<https://doi.org/10.1123/jab.20150297>
- Secomb, J. L., Nimphius, S., Farley, O. R., Lundgren, L., Tran, T. T., & Sheppard, J. M. (2016). Lower-Body Muscle Structure and Jump Performance of Stronger and Weaker Surfing Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(5), 652–657. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0481>

- Secomb, J. L., Sheppard, J. M., & Dascombe, B. J. (2015). Time-motion analysis of a 2-hour surfing training session. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *10*(1), 17–22. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0002>
- Sheppard, J. M., McNamara, P., Osborne, M., Andrews, M., Oliveira Borges, T., Walshe, P., & Chapman, D. W. (2012). Association between anthropometry and upper-body strength qualities with sprint paddling performance in competitive wave surfers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *26*(12), 3345–3348. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31824b4d78>
- Tran, T. T., Lundgren, L., Secomb, J., Farley, O. R., Haff, G. G., Seitz, L. B., Newton, R. U., Nimphius, S. y Sheppard, J. M. (2015). Comparison of physical capacities between nonselected and selected elite male competitive surfers for the National Junior Team. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *10*(2), 178–182. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0222>
- WSL. (2015). *Rules and regulations (2015-2016)*. <http://www.worldsurfleague.com/pages/rules-and-regulations>

Capítulo 5

Sex differences in competitive surfers generic and specific strength capacity

Estudio 3

Sex differences in competitive surfers generic and specific strength capacity

Iosu Fernández-Gamboa, Javier Yanci, Cristina Granados, Bret Freemyer, Jesús

Cámara

Biology of Sport

2020;37(1):49-57

Capítulo 5. Estudio 3

Sex differences in competitive surfers generic and specific strength capacity

Iosu Fernández-Gamboa¹, Javier Yanci¹, Cristina Granados¹, Bret Freemyer², Jesús Cámara¹

¹*Department of Physical Education and Sport, Faculty of Education and Sport, University of the Basque Country, UPV/EHU, Vitoria-Gasteiz, Spain and* ²*Department of Kinesiology and Rehabilitation Science, University of Hawaii, Manoa, Honolulu, Hawaii.*

Abstract

Objectives: To compare the Pop-Up and counter movement jump (CMJ) and to analyze the relationships between those variables between sexes and different ages [under (U16), over (O16) 16 years] in male and female competitive surfers. **Method:** Eighty-three surfers were divided according to sex, male (n = 55) and female (n = 28) and to age, U16 (n = 47) and O16 (n = 36). Vertical jump and the Pop-Up movements were measured through vertical ground reaction force with a force plate. **Results:** CMJ demonstrate that O16 male group exhibited significantly greater force compared to females in the concentric phase of the jump (CMJ_{FMAX}) ($p < 0.01$, ES = 1.82, large). Female U16 and O16 groups presented increased unloading rates in the eccentric phase compared to male surfers (CMJ_{ULR}) ($p < 0.05$, ES = 0.73, moderate and $p < 0.05$, ES = 0.12, trivial, respectively). O16 male obtained significantly greater values than O16 female in the Push-Up phase (POP_{PUSH}) ($p < 0.05$, ES = 0.76, moderate). Moderate correlations were found between lower-body power capacity and the Pop-Up ($r = 0.32$; ± 0.16 CL, $p < 0.01$, 98.1/1.9/0, very likely, moderate). **Conclusions:** General and skill specific strengths are different in competitive male and female surfers, dependent upon

their age range. The moderate association between CMJ and Pop-Up suggests that the Pop-Up might be influenced by other factors such as coordination or upper-body strength. Therefore, competitive surfers should train also the upper body strength and overall coordination in order to improve the performance of the Pop-Up movement.

Keywords: Power, Sex, Athletic Performance, Muscle Strength

Introduction

Due to the variety of different ocean conditions in which competitions take place, the surfer has to evaluate waves and adapt his or her movements to them (Mendez-Villanueva & Bishop, 2005). The first movement performed during wave riding is the Pop-Up (Parsonage et al., 2017). It consists of a rapid transition from lying prone to a standing position on the surfboard, when the wave begins to carry the surfer forward. The execution of the Pop-Up should not jeopardize the stability of the board, given that excessive forces would compromise its buoyancy. Thus, an efficient Pop-Up technique allows surfers to have better wave positioning, extended wave riding times, and increased potential to perform more maneuvers (Eurich et al., 2010). The Pop-Up is broken down into three phases: push-up, leg movement and landing. Two previous investigations have examined vertical ground reaction forces of surfers during this sport specific movement (Eurich et al., 2010; Parsonage et al., 2017). Eurich et al. (Eurich et al., 2010) analyzed kinetic parameters exerted by the arms only during the push-off phase. Recently, Parsonage et al. (Parsonage et al., 2017) analyzed Pop-Up differences between male and female surfer's isometric and dynamic push-up strength and time length from chest lift off to front foot contact. However, previous studies have not analyzed the different phases of the Pop-Up in competitive surfers and how this may vary amongst sexes and ages. Although it is known that anthropometric characteristics (Mendez-Villanueva & Bishop, 2005) and physical conditioning (Secomb et al., 2013) are different between male and female surfers, it is unknown how performance in the specific phases of the Pop-Up may differ between sexes.

Another important feature of competitive surfing is the general lower-body strength (Fernandez-Gamboa, et al., 2016). Previous research observed that higher ranked surfers had superior performance in counter movement jumps (CMJ) than lower

ranked surfers (Fernandez-Gamboa et al., 2016) and elite competitive surfers who have competed in the Australian Nationals or World Junior Championships male junior surfers had higher vertical jump capacity (i.e., relative vertical jump peak force, vertical jump peak velocity, and vertical jump height) than non-elite surfers (Tran et al., 2015). Consequently, strength and power capacities appear to play a significant role in surfing performance (Tran et al., 2015). Nonetheless, these strength and power capacities have never been analyzed in any research making the distinction between competitive male and female surfers. In addition, considering that maneuvers are key elements to maximize scoring potential (World Surf League, 2019) and that the Pop-Up is the first movement that a surfer has to perform, it seems reasonable to look into the possible differences between male and female competitive surfers in CMJ vertical ground reaction forces and Pop-Up characteristics and if a higher jump capacity can be associated with a better performance in the Pop-Up.

Considering the importance of the vertical ground reaction forces in describing the different phases of the Pop-Up technique and the lack of scientific literature analyzing the vertical ground reaction force, the aims of this study are threefold: (a) to compare the parameters of the vertical ground reaction forces in the different Pop-Up phases (push-up, leg movement and landing), and in the different CMJ phases (push and landing), (b) to analyze the relationship between the parameters describing the Pop-Up phases and, (c) to represent the relationship of the vertical ground reaction forces of the Pop-Up and the CMJ in male and female competitive surfers.

Method

Participants

Eighty-three competitive male ($n = 55$) and female ($n = 28$) surfers participated in this study (18.13 ± 6.76 yr, 168.75 ± 8.86 cm, 60.58 ± 9.97 kg, 20.63 ± 2.03 kg·m²). Data were collected during a surfing open division competition at a national level, during the “Euskaltel Euskal Zirkuitua” championship, hosted by the Basque Country Surfing Association, as part of the open category three stops tour. The athletes were divided according to sex (male and female) and according to their surfing age division [under (U16) ($n = 47$) and over (O16) ($n = 36$) 16 years] (Table 1). Participants received a clear explanation of the study, including the risks and benefits of participation and completed informed consent documents. Moreover, underage participants written informed consent was required from their legal guardian or parent. The study and its procedures were approved by the institutional review board, met the ethical standards in Sport and Exercise Science Research (Harriss & Atkinson, 2013) and was performed in accordance with the Declaration of Helsinki (2013).

Table 1. Participants' description according to sex (male and female), and according to age (U16 and O16).

	All (n = 83)	U16 (n = 47)		O16 (n = 36)			
		Female (n = 28)	Male (n = 55)	Female (n = 15)	Male (n = 32)	Female (n = 13)	Male (n = 23)
Age (yr)	18.13 ± 6.75	15.75 ± 2.99	19.35 ± 7.77	13.47 ± 2.17	14.41 ± 1.07	18.38 ± 0.77	26.22 ± 7.86
Mass (kg)	60.57 ± 9.96	54.82 ± 7.00	63.51 ± 10.02	51.93 ± 8.57	58.69 ± 10.07	58.15 ± 1.46	70.22 ± 4.77
Stature (cm)	168.74 ± 8.85	161.79 ± 3.15	172.29 ± 8.73	160.20 ± 2.11	168.38 ± 8.98	163.62 ± 3.23	177.74 ± 4.51
BMI (kg·m ⁻²)	21.10 ± 1.93	20.90 ± 2.26	21.20 ± 1.76	20.17 ± 2.87	20.50 ± 1.68	21.74 ± 0.65	22.17 ± 1.38

U16 = under 16 years; O16 = over 16 years; BMI = body mass index.

Procedures

Anthropometric Characteristics: Participants stature (cm) was measured with a stadiometer (Holtain Ltd., Crymych, United Kingdom) fixed to the wall and recorded to the nearest 0.1 cm (Durnin & Womersley, 2007). Body mass (kg) was measured with an electronic scale to the nearest 0.1 kg (Fagor, BB-150, Mondragon, Spain). The body mass index (BMI) was calculated from stature and body mass.

Vertical Jump: Participants performed three counter movement jump (CMJs) interspersed with 45 s recovery periods (Krol & Mynarski, 2010). The best output of the three jumps was considered for statistical analysis. The CMJ had to be performed with their hands on their hips during the entire jumping activity (Komi & Bosco, 1978). The maximal flexion of the knees during this phase was required to be approximately 90° (Bosco et al., 1983). Any jump that did not meet the considered requirements was excluded from the calculations and it had to be repeated. The variables were obtained through a force plate (Kistler, Quattro Jump; Winterthur, Switzerland). Flight time (CMJ_{FT}) and maximal force (CMJ_{FMAX}) of the jump were obtained and the maximal peak force (CMJ_{F1}) during the landing phase was recorded. For the temporal data, the time to production of CMJ_{FMAX} (CMJ_{T1}) and the time to stabilization (CMJ_{TTS}) were calculated (Dufek & Bates, 1990; Flanagan et al., 2008; Ortega et al., 2010). CMJ_{TTS} was determined during the landing phase, beginning with the first contact of the feet with the ground and ending when the vertical ground reaction force (VGRF) reached and stayed within 5% of the subjects body weight (Decker et al., 2002). The peak loading rates of the landing phase were determined (CMJ_{LR}), as calculated by the ratio between the magnitude of CMJ_{F1} and the time elapsed from the initial contact of the feet with the ground at the landing phase to the production of these peaks (Decker et

al., 2002). Similarly, the unloading rate of the landing phase (CMJ_{ULR}) was determined, as calculated by the ratio between the time elapsed from CMJ_{T1} to the production and magnitude of the minimum peak produced after the initial contact of the feet with the ground at the landing phase before the CMJ_{TTS} (Decker et al., 2002). CMJ_{FMAX} and CMJ_{F1} were normalized according to the subjects' body weight (BW). CMJ_{LR} and CMJ_{ULR} were normalized according to the participants' body mass ($BW \cdot s^{-1}$).

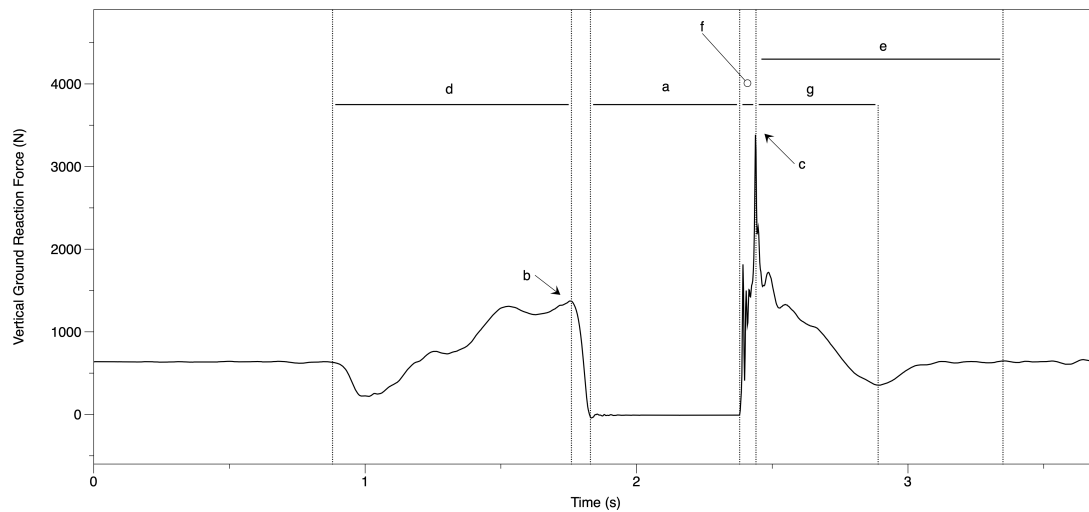


Figure 1. Vertical ground reaction force (VGRF) over time (in seconds) during a CMJ. Values presented are an example of one competitive surfer.

(a) CMJ_{FT} = Counter movement jump flight time; (b) CMJ_{FMAX} = Counter movement jump maximal force; (d) CMJ_{T1} = Counter movement jump time one; (f) CMJ_{LR} = Counter movement jump loading rate; (g) CMJ_{ULR} = Counter movement jump unloading rate; (c) CMJ_{F1} = Counter movement jump force one; (e) CMJ_{TTS} = Counter movement jump time to stabilization.

Pop-Up: A Pop-Up was performed over a force platform (Kistler, Quattro Jump; Winterthur, Switzerland) to measure the VGRF during the Pop-Up execution (Eurich et al., 2010). Surfers performed three trials interspersed with 45s recovery periods (10). The trial where the output of the graph representing the VGRF clearly showed the different phases of Pop-Up, was taken into account for future analysis. That is, the push up phase peak was represented and the leg movement phase showed a minimum peak.

Also when in the landing phase the maximum and minimum peaks were clearly differentiated from each other. Participants were prone on the floor with their chest and shoulders centered over the force platform. Both hands were placed on the force plate with thumbs in line with the armpits. They performed the Pop-Up movement by straightening their arms explosively and as quickly as possible to lift their body from the push-up position to the squat stance, with both feet under the hips (Eurich et al., 2010).



Figure 2. Experimental set up of the Pop-Up movement.

The push-up phase begins when the surfer starts pushing the force plate with his hands until the VGRF returns to the surfers' bodyweight. During this phase, there is a VGRF peak that corresponds to the maximum force exerted against the force plate

(POP_{PUSH}). From the temporal data, the time to production of POP_{PUSH} (POP_{TTPU}) was obtained. After the VGRF peak the surfer kept lifting the body from a prone position moving upwards, until the VGRF drops to become equal to the participant body weight; the elapsed time to this point from the POP_{PUSH} was obtained as time one (POP_{T1}). During the leg movement phase, the VGRF drops below body weight while the surfer is moving upwards. The legs move forward from the back position of the board, the feet are placed on the surfboard and the minimal force is applied (POP_{LMF}). During this last phase, the elapsed time as the subject bodyweight is reached in the VGRF to POP_{LMF} was obtained as time two (POP_{T2}). Finally, the landing phase occurs when the VGRF increased from the first contact of one foot on the surfboard. The time elapsed from POP_{LMF} until the subject body weight is again reached again in the VGRF was calculated as time three (POP_{T3}). The VGRF shows a sharp landing peak (POP_{REACH}), here the elapsed time as the subject body weight is reached in the VGRF until POP_{REACH} is produced was obtained as time four (POP_{T4}); afterward the surfers relaxes the leg and hip muscles, thus allowing the knees and hips to flex (POP_{RMF}). When the ground reaction force reach and stay within 5% of the surfer body weight (Decker et al., 2002), considered as stabilization was also registered (POP_{TTS}). The loading rates of the peak of push-up phase and the landing phase where calculated (POP_{LR1} and POP_{LR2}, respectively) by the ratio between the magnitude of POP_{PUSH} and POP_{REACH} and the time elapsed from the given initial force of the push phase and landing phase respectively to the production of these peaks (Decker et al., 2002). The unloading rate of the push-up phase and the landing phase where calculated (POP_{ULR1} and POP_{ULR2} respectively), determined by the ratio between the time elapsed from POP_{PUSH} (Figure 2) and POP_{REACH} to the production and magnitude of the minimum peaks produced in the Push-Up phase POP_{LMF} (Figure 2) and the landing phase POP_{RMF} (Decker et al.,

2002). POP_{PUSH} , POP_{REACH} , POP_{LMF} and POP_{RMF} were normalized according to the subjects' body weight (BW) and also POP_{LR1} , POP_{LR2} , POP_{ULR1} and POP_{ULR2} were normalized according to the subjects' body weight ($BW \cdot s^1$).

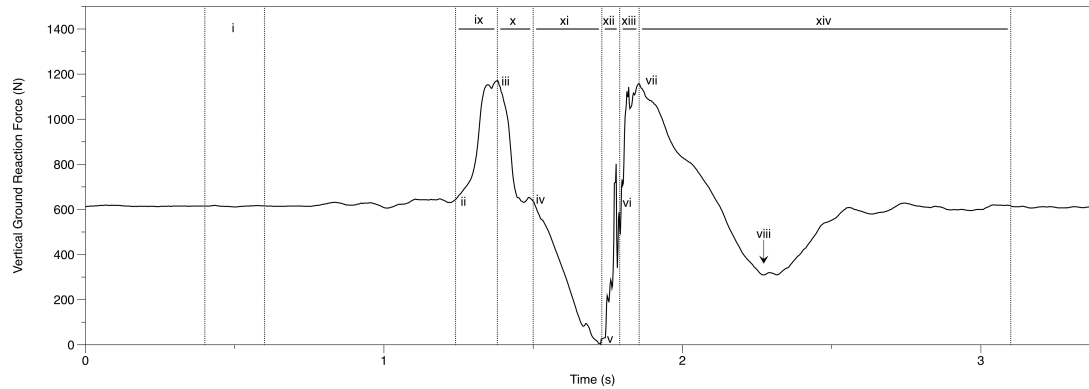


Figure 3. Vertical ground reaction force (VGRF) over time in seconds during a Pop-Up movement. Values presented are an example of one competitive surfer.

i = initial VGRF is equal to the subject bodyweight, ii = Push-Up phase start, iii = Pop-Up push (POP_{PUSH}), iv = Subject bodyweight in the VGRF is reached, v = Pop-Up leg movement minimal force (POP_{LMF}), vi = Subject bodyweight in the VGRF is reached, vii = Pop-Up landing phase leg landing peak (POP_{REACH}), viii = Pop-Up landing phase minimal force (POP_{RMF}), ix = Pop-Up time to stabilization (POP_{TTS}), x = Time to production of POP_{PUSH} (POP_{TTPU}), xi = Pop-Up time one (POP_{T1}), xii = Pop-Up time two (POP_{T2}), xiii = Pop-Up time three (POP_{T3}), xiv = Pop-Up time four (POP_{T4}).

Statistical analysis

The results are presented as means \pm standard deviation (SD). Variables were not normally distributed and did not satisfy the equality of variances according to Kolmogorov-Smirnov test and Levene tests, respectively. Therefore, the Mann-Whitney U was used to compare CMJ and Pop-Up data between female and male groups in all categories. Further, percentage differences were determined for each case.

Cohen's effect size (ES) was calculated to determine the differences for practical purposes, with the following criteria used to infer the magnitude of the difference: <0.2 (trivial), 0.2-0.5 (small), 0.5-0.8 (moderate), and >0.8 (large) (Cohen, 1988). Spearman product-moment correlation coefficient (r) with 90% confidence limits (CL) (Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin, 2009) were calculated to determine the relationships among the parameters obtained from the CMJ and Pop-Up tests. The magnitude of correlation between analyzed variables were assessed with the following thresholds: < 0.1, trivial; = 0.1–0.3, small; < 0.3–0.5, moderate; < 0.5–0.7, large; <0.7–0.9, very large; and <0.9–1.0, almost perfect (Hopkins et al., 2009). Data analyses were performed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS™ Inc, version 23.0 for Windows, Chicago, IL, USA). Statistical significance was set at $p < 0.05$.

Results

Regarding the CMJ assessment among all competitive surfers (Table 2), the lone significant finding was that the males spent more time in the air than the females in CMJ_{FT} ($p < 0.01$, ES = 2.17, large). During the Pop-up assessment, males pushed down with more kinetic force than the females during the POP_{PUSH} ($p < 0.01$, ES = 0.58, moderate) and spent more time unloading in POP_{ULR1} ($p < 0.01$, ES = 1.28, large). Conversely, the female group obtained significantly higher values in POP_{LMF} ($p < 0.05$, ES = 0.72, moderate) than the male group (Table 2).

Regarding the U16 groups (Table 3), the males again spent more time in the air, as seen in the CMJ_{FT} ($p < 0.01$, ES = 1.71, large). Kinetically during the Pop-up, males spent more time unloading forces during POP_{ULR1} ($p < 0.01$, ES = 0.54, moderate) than females. In contrast, the females obtained significantly higher values in CMJ_{FMAX} ($p < 0.01$, ES = 0.46, small) and spent more time unloading forces CMJ_{ULR} ($p < 0.05$, ES =

0.73, moderate) and in POP_{LMF} ($p < 0.05$, ES = 0.92, large) than the male group (Table 3).

Table 2. Counter movement jump (CMJ) and Pop-Up results among all competitive surfers and according to sex.

	All	Female	Male	Mean Dif. (%)	ES
CMJ					
CMJ _{FT} (s)	0.48 ± 0.05	0.44 ± 0.03	0.51 ± 0.04**	17.16	2.17
CMJ _{FMAX} (BW)	2.54 ± 1.35	2.72 ± 1.87	2.44 ± 1.00	-10.18	-0.15
CMJ _{T1} (s)	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.00	-28.50	-0.35
CMJ _{F1} (BW)	1.63 ± 0.67	1.51 ± 0.62	1.68 ± 0.68	10.90	0.26
CMJ _{LR} (BW·s ⁻¹)	0.21 ± 0.11	0.21 ± 0.09	0.22 ± 0.12	27.00	0.61
CMJ _{ULR} (BW·s ⁻¹)	0.31 ± 0.33	0.52 ± 0.57	0.23 ± 0.15	-45.39	-0.41
CMJ _{TTS} (s)	1.45 ± 0.88	1.64 ± 0.98	1.35 ± 0.81	-17.27	-0.29
Pop-Up					
POP _{PUSH} (BW)	1.39 ± 0.37	1.24 ± 0.38	1.47 ± 0.35**	18.22	0.58
POP _{REACH} (BW)	1.36 ± 0.30	1.37 ± 0.28	1.35 ± 0.31	-1.45	-0.07
POP _{TTPU} (s)	0.34 ± 0.15	0.34 ± 0.16	0.34 ± 0.14	1.55	0.03
POP _{TTS} (s)	0.66 ± 0.32	0.62 ± 0.35	0.68 ± 0.31	9.20	0.17
POP _{LMF} (BW)	0.24 ± 0.15	0.30 ± 0.15	0.19 ± 0.14**	-36.51	-0.72
POP _{RMF} (BW)	0.75 ± 0.22	0.76 ± 0.27	0.75 ± 0.19	-1.85	-0.05
POP _{LR1} (BW·s ⁻¹)	0.46 ± 0.21	0.40 ± 0.18	0.50 ± 0.21	23.51	0.51
POP _{ULR1} (BW·s ⁻¹)	0.19 ± 0.16	0.12 ± 0.09	0.24 ± 0.17**	98.76	1.28
POP _{LR2} (BW·s ⁻¹)	0.23 ± 0.33	0.23 ± 0.43	0.24 ± 0.26	6.43	0.03
POP _{ULR2} (BW·s ⁻¹)	0.36 ± 0.35	0.39 ± 0.50	0.34 ± 0.25	-13.49	-0.11

Mean Dif. = Mean differences; ES = effect size; CMJ_{FT} = Counter movement jump flight time; CMJ_{FMAX} = Counter movement jump maximal force; CMJ_{T1} = Counter movement jump time one; CMJ_{F1} = Counter movement jump force one; CMJ_{LR} = Counter movement jump loading rate; CMJ_{ULR} = Counter movement jump unloading rate; CMJ_{TTS} = Counter movement jump time to stabilization; POP_{PUSH} = Pop-Up push-up; POP_{REACH} = Pop-Up reach; POP_{TTPU} = Pop-Up time to production of push-up; POP_{TTS} = Pop-Up time to stabilization; POP_{LMF} = Pop-Up leg movement minimal force; POP_{RMF} = Pop-Up reach minimal force; POP_{LR1} = Pop-Up loading rate one; POP_{ULR1} = Pop-Up unloading rate one; POP_{LR2} = Pop-Up loading rate two; POP_{ULR2} = Pop-Up unloading rate two.

** $p < 0.01$ significant differences with female group.

Table 3. Counter movement jump (CMJ) and Pop-Up results among all under 16 years (U16) category competitive surfers and according to sex.

	U16 (All)	Female	Male	Mean Dif. (%)	ES
CMJ					
CMJ _{FT} (s)	0.49 ± 0.05	0.43 ± 0.03	0.49 ± 0.06**	13.79	1.71
CMJ _{FMAX} (BW)	2.57 ± 1.57	2.96 ± 1.40	2.31 ± 0.76**	-21.87	-0.46
CMJ _{T1} (s)	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	4.00	0.05
CMJ _{F1} (BW)	1.67 ± 0.62	1.49 ± 0.66	1.79 ± 0.68	20.51	0.46
CMJ _{LR} (BW·s ⁻¹)	0.28 ± 0.12	0.23 ± 0.07	0.21 ± 0.12	-9.15	-0.28
CMJ _{ULR} (BW·s ⁻¹)	0.41 ± 0.45	0.41 ± 0.34	0.16 ± 0.08*	-60.55	-0.73
CMJ _{TTS} (s)	1.51 ± 0.91	1.43 ± 1.08	1.46 ± 0.86	2.21	0.03
Pop-Up					
POP _{PUSH} (BW)	1.33 ± 0.29	1.34 ± 0.20	1.40 ± 0.33	5.06	0.33
POP _{REACH} (BW)	1.37 ± 0.33	1.46 ± 0.23	1.33 ± 0.28	-9.40	-0.59
POP _{TTPU} (s)	0.32 ± 0.15	0.30 ± 0.20	0.30 ± 0.20	2.59	0.04
POP _{TTS} (s)	0.66 ± 0.35	0.57 ± 0.40	0.61 ± 0.25	7.23	0.10
POP _{LMF} (BW)	0.29 ± 0.16	0.40 ± 0.19	0.22 ± 0.12*	-44.67	-0.92
POP _{RMF} (BW)	0.76 ± 0.25	0.80 ± 0.18	0.74 ± 0.24	-7.49	-0.33
POP _{LR1} (BW·s ⁻¹)	0.42 ± 0.20	0.40 ± 0.26	0.42 ± 0.18	4.73	0.07
POP _{ULR1} (BW·s ⁻¹)	0.18 ± 0.16	0.13 ± 0.10	0.19 ± 0.13**	42.15	0.54
POP _{LR2} (BW·s ⁻¹)	0.24 ± 0.39	0.09 ± 0.07	0.13 ± 0.20	33.23	0.44
POP _{ULR2} (BW·s ⁻¹)	0.38 ± 0.41	0.37 ± 0.37	0.31 ± 0.30	-16.76	-0.17

Mean Dif. = Mean differences; ES = effect size; CMJ_{FT} = Counter movement jump flight time; CMJ_{FMAX} = Counter movement jump maximal force; CMJ_{T1} = Counter movement jump time one; CMJ_{F1} = Counter movement jump force one; CMJ_{LR} = Counter movement jump loading rate; CMJ_{ULR} = Counter movement jump unloading rate; CMJ_{TTS} = Counter movement jump time to stabilization; POP_{PUSH} = Pop-Up push-up; POP_{REACH} = Pop-Up reach; POP_{TTPU} = Pop-Up time to production of push-up; POP_{TTS} = Pop-Up time to stabilization; POP_{LMF} = Pop-Up leg movement minimal force; POP_{RMF} = Pop-Up reach minimal force; POP_{LR1} = Pop-Up loading rate one; POP_{ULR1} = Pop-Up unloading rate one; POP_{LR2} = Pop-Up loading rate two; POP_{ULR2} = Pop-Up unloading rate two.

* $p < 0.05$. ** $p < 0.01$ significant differences with female group.

Regarding the O16 group (Table 4), the male surfers obtained significantly higher values in CMJ_{FT} ($p < 0.01$, ES = 3.54, large), CMJ_{FMAX} ($p < 0.01$, ES = 1.82, large), POP_{PUSH} ($p < 0.05$, ES = 0.76, moderate), POP_{RMF} ($p < 0.01$, ES = 0.33, small), POP_{LR1} ($p < 0.01$, ES = 1.22, large) and POP_{ULR1} ($p < 0.01$, ES = 2.29, large) than the female group. Conversely, females obtained significantly higher values in CMJ_{ULR} (p

< 0.05, ES = 0.12, trivial) and in POP_{LMF} ($p < 0.05$, ES = 0.33, small) than the male group (Table 4).

Table 4. Counter movement jump (CMJ) and Pop-Up variables among older 16 years (O16) competitive surfers according to sex.

	O16 (All)	Female	Male	Mean Dif. (%)	ES
CMJ					
CMJ _{FT} (s)	0.48 ± 0.05	0.43 ± 0.02	0.51 ± 0.03**	19.68	3.54
CMJ _{FMAX} (BW)	2.49 ± 1.02	2.13 ± 0.28	2.65 ± 1.00*	24.01	1.82
CMJ _{T1} (s)	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.01 ± 0.01	-37.31	-0.47
CMJ _{F1} (BW)	1.58 ± 0.72	1.47 ± 0.59	1.48 ± 0.74	0.54	0.01
CMJ _{LR} (BW·s ⁻¹)	0.18 ± 0.11	0.15 ± 0.10	0.17 ± 0.09	12.00	0.18
CMJ _{ULR} (BW·s ⁻¹)	0.26 ± 0.21	0.27 ± 0.36	0.23 ± 0.13*	-16.23	-0.12
CMJ _{TTS} (s)	1.37 ± 0.83	1.69 ± 0.99	1.40 ± 0.86	-17.33	-0.30
Pop-Up					
POP _{PUSH} (BW)	1.47 ± 0.45	1.21 ± 0.53	1.62 ± 0.22**	33.66	0.76
POP _{REACH} (BW)	1.35 ± 0.26	1.30 ± 0.30	1.45 ± 0.22	11.64	0.49
POP _{TTPU} (s)	0.37 ± 0.15	0.33 ± 0.13	0.38 ± 0.13	15.45	0.37
POP _{TTS} (s)	0.66 ± 0.29	0.68 ± 0.37	0.70 ± 0.28	3.37	0.06
POP _{LMF} (BW)	0.19 ± 0.13	0.24 ± 0.07	0.16 ± 0.16*	-31.00	-0.99
POP _{RMF} (BW)	0.74 ± 0.18	0.72 ± 0.20	0.79 ± 0.13*	9.19	0.33
POP _{LR1} (BW·s ⁻¹)	0.53 ± 0.21	0.38 ± 0.18	0.60 ± 0.20*	56.66	1.22
POP _{ULR1} (BW·s ⁻¹)	0.21 ± 0.16	0.09 ± 0.07	0.26 ± 0.12*	167.24	2.29
POP _{LR2} (BW·s ⁻¹)	0.23 ± 0.21	0.19 ± 0.14	0.31 ± 0.27	55.78	0.76
POP _{ULR2} (BW·s ⁻¹)	0.33 ± 0.26	0.28 ± 0.25	0.43 ± 0.39	50.24	0.57

Mean Dif. = Mean differences; ES = effect size; CMJ_{FT} = Counter movement jump flight time; CMJ_{FMAX} = Counter movement jump maximal force; CMJ_{T1} = Counter movement jump time one; CMJ_{F1} = Counter movement jump force one; CMJ_{LR} = Counter movement jump loading rate; CMJ_{ULR} = Counter movement jump unloading rate; CMJ_{TTS} = Counter movement jump time to stabilization; POP_{PUSH} = Pop-Up push-up; POP_{REACH} = Pop-Up reach; POP_{TTPU} = Pop-Up time to production of push-up; POP_{TTS} = Pop-Up time to stabilization; POP_{LMF} = Pop-Up leg movement minimal force; POP_{RMF} = Pop-Up reach minimal force; POP_{LR1} = Pop-Up loading rate one; POP_{ULR1} = Pop-Up unloading rate one; POP_{LR2} = Pop-Up loading rate two; POP_{ULR2} = Pop-Up unloading rate two.

* $p < 0.05$. ** $p < 0.01$ significant differences with female group.

Examining the relationships between CMJ and the Pop-Up variables, significant correlations were found between CMJ_{FT} and POP_{LMF} ($r = 0.48$; ± 0.17 CL, $p < 0.01$, 99.9/0.1/0, most likely, moderate) and CMJ_{FT} and POP_{ULR1} ($r = 0.26$; ± 0.17 CL, $p =$

0.02, 92.6/7.4/0.1, likely, small). CMJ_{FMAX} was significantly correlated with POP_{PUSH} ($r = 0.32$; ± 0.16 CL, $p < 0.01$, 98.1/1.9/0, very likely, moderate), POP_{REACH} ($r = 0.29$; ± 0.17 CL, $p < 0.01$, 96.2/3.8/0, very likely, small) and POP_{RMF} ($r = 0.38$; ± 0.16 CL, $p < 0.01$, 99.6/0.4/0, most likely, moderate). Also, significant correlations were found in CMJ_{F1} with POP_{REACH} ($r = 0.30$; ± 0.17 CL, $p < 0.01$, 96.5/3.5/0, very likely, moderate) and with POP_{LR2} ($r = 0.23$; ± 0.18 CL, $p = 0.03$, 87.4/12.4/0.2, likely, small). Finally, significant relationships were found between CMJ_{ULR} and POP_{RMF} ($r = 0.23$; ± 0.17 CL, $p = 0.03$, 88.4/11.4/0.1, likely, small).

Examining the relationships between the Pop-Up variables yielded large correlations between POP_{TTPU} and POP_{LR1} ($r = 0.72$; ± 0.09 CL, $p < 0.01$, 0/0/0, most likely, very large) and POP_{TTPU} and POP_{ULR1} ($r = 0.59$; ± 0.12 CL, $p < 0.01$, 0/0/0, most likely, large) (Figure 3B). Additionally, significant relationships between POP_{LR2} with POP_{REACH} ($r = 0.52$; ± 0.14 CL, $p < 0.01$, 0/0/0, most likely, large) and POP_{LR2} and POP_{LMF} ($r = 0.52$; ± 0.16 CL, $p < 0.01$, 0/0/0, most likely, large) were observed. Lastly, significant correlations were found between POP_{LR1} and POP_{ULR1} ($r = 0.59$; ± 0.12 CL, $p < 0.01$, 0/0/0, most likely, large), and between POP_{ULR2} and POP_{TTS} ($r = 0.74$; ± 0.08 CL, $p < 0.01$, 0/0/0, most likely, very large).

Conclusions

The results of the present study showed that men had superior values in CMJ_{FT} (17.16% in all participants, 13.79% in U16, and 19.68% in O16) than women. These findings are similar to previous research, in which males have higher eccentric and concentric strength and power and greater peak power during the concentric phase of the CMJ compared to females (McMahon et al., 2017). Taking in account that surfing is practiced under the same environmental conditions and the sport-specific

requirements are the same for both sexes, female surfers displayed less strength in the lower body than men. Interestingly, one of the main findings of this study was the number of differences between sexes when separated by age groups. Men who were O16 had greater CMJ_{FT} (19.68%) and CMJ_{MAX} (24.01%) than women, but surprisingly we found that U16 female competitive surfers obtained superior values in the CMJ_{MAX} than the males (21.87%) when normalized by body mass. It has been reported that earlier maturity in female junior athletes afforded advantages in measures of strength/power than male athletes (Myburgh et al., 2016a; Myburgh et al., 2016b). In this case male U16 surfers are reported to be taller and heavier than female surfers, suggesting that female surfers' maturity may not play an important role as suggested in other studies (Myburgh et al., 2016a; Myburgh et al., 2016b), and seems to point to a greater maturation on the part of the male surfers, which on the contrary does not manifest itself in an increase of the CMJ_{MAX} . These differences are worthy of further investigation, yet should be interpreted with caution.

During the CMJ's landing phase, both U16 and O16 female athletes presented with decreased CMJ_{ULR} compared to their male counterparts (60.55% and 16.23%, respectively). These values in female surfers might suggest that they are likely to have better capabilities to attenuate the landing eccentric load, which could be a positive aspect to performance in surfing.

The Pop-Up is a specific and highly technical movement to perform for optimal wave riding (Eurich et al., 2010; Parsonage et al., 2017). The results of our study indicated that male athletes showed higher values than female athletes in POP_{PUSH} in the "All" category (18.22%) and in the O16 category (33.66%), as previously described by Eurich et al. (2010). However, no differences were observed in POP_{PUSH} between U16 male and female athletes. These differences are likely due to the greater upper

body strength of male surfers (Eurich et al., 2010), but are not yet differentiated in the U16 competitive surfers.

During the Pop-Up phase, surfers are required to move $\sim 75\%$ of their body weight in less than a second, and therefore high levels of upper-body force production within a time constraint are critical for success (Parsonage et al., 2017). In our study, loading rate during the push up phase was observed to be higher (56.66%) in O16 male surfers than in female surfers. This may allow for the male surfers to perform the Push-Up phase faster, in order to stand on the surfboard to gain a better wave position.

Male competitive surfers in all participants, O16, and U16 categories showed greater values (42.15 - 167.24%) than female surfers in the POP_{ULR1} . This higher POP_{ULR1} rate may be explained by their higher POP_{LR} , suggesting that in consequence they needed to rapidly attenuate the force by quickly unloading the force applied by the upper-body while transitioning between positions on the surfboard. Male surfers were shown to have lower values (9.19%) than female surfers in the POP_{RMF} . Such lower value in the POP_{RMF} allowed male surfers to maintain stability on the surfboard without losing its control. In the current study, female athletes showed greater values than male surfers in POP_{LMF} , in the all participants (36.51%), in the U16 category (44.67%) and in the O16 category (31.00%). As female surfers do not apply as much force as the males in the Push-Up phase, they do not have to attenuate that greater force, making the leg movement smoother and with a greater POP_{LMF} . Therefore, it may be important in the Pop-Up to measure not only the push phase, but also the landing phase, as both can be relevant in competitive surfing performance.

Another objective of the current research was to determine the correlations between the lower-body strength measures of the CMJ and the ability to perform a specific movement like the Pop-Up in an attempt to identify if the Pop-Up is influenced

by the muscle strength of the lower body. Some significant associations have been found between the CMJ and the Pop-Up in both, concentric and eccentric phases, but these associations are either small or moderate ($r = 0.30 - 0.48$). Although there seems to be some association between jumping (CMJ) and Pop-Up, the small or moderate correlations found, lead us to think that they are two independent abilities. Accordingly, the Pop-Up is an action that can be influenced by lower-body strength, upper-body strength, coordination, and other aspects (Eurich et al., 2010; Parsonage et al., 2017). Therefore, competitive surfers should not only train the lower-body strength, but also other skills that may influence the performance of the Pop-Up movement.

Previous studies have analyzed the Push-Up movement in the Pop-Up (Eurich et al., 2010; Parsonage et al., 2017), but the novelty of this article is the description of the discrete phases of the Pop-Up. Our results demonstrate that POP_{TTPU} had a significant correlation with POP_{LR1} (Figure 3A) and POP_{ULR1} (Figure 3B). Also, correlations were found between POP_{LR1} and POP_{ULR1} (Figure 3E). The relationship between POP_{TTPU} with POP_{LR1} and POP_{ULR1} indicates that an explosive push-up produced in a shorter time will generate higher loading and unloading rates. It stands to reason that the ability to have greater upper-body explosive power will enable surfers to launch themselves into a quicker Pop-Up. Additionally, significant relationships between POP_{LR2} with both POP_{REACH} (Figure 3C) and POP_{LMF} (Figure 3D) were observed. A higher peak in the POP_{LMF} will generate a more explosive POP_{LR2} , as legs muscles and joints will not have to attenuate high landing force peaks gaining more control of the surfboard in a smoother Pop-Up movement. In the same way, a high POP_{LR2} will generate a high impact peak in the POP_{REACH} . Therefore, lower peak values will benefit the surfer in the landing phase, generating lower POP_{REACH} peaks and higher POP_{LMF} , allowing the surfer to gain more control of the surfboard without

disturbing their buoyancy. Finally, significant relationships between POP_{ULR2} and POP_{TTS} were found. A higher POP_{ULR2} indicates that the athlete has to attenuate higher landing impact forces for a longer time, requiring more POP_{TTS} , in order to maintain control over the surfboard.

References

- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *50*(2), 273–282.
- Cohen, J. (1988). *The Concepts of Power Analysis. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-10517-X>
- Decker, M. J., Torry, M. R., Noonan, T. J., Riviere, A., & Sterett, W. I. (2002). Landing adaptations after ACL reconstruction. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *34*(9), 1408–1413. <http://doi.org/10.1249/01.MSS.0000027627.82650.1F>
- Dufek, J. S., & Bates, B. T. (1990). The evaluation and prediction of impact forces during landings. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *22*(3), 370–377.
- Durnin, J. V. G. A., & Womersley, J. (2007). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 Years. *British Journal of Nutrition*, *32*(01), 77–97. <http://doi.org/10.1079/BJN19740060>
- Eurich, A. D., Brown, L. E., Coburn, J. W., Noffal, G. J., Nguyen, D., Khamoui, A. V., & Uribe, B. P. (2010). Performance differences between sexes in the Pop-Up

phase of surfing. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2821–2825. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181f0a77f>

Fernandez-Gamboa, I., Yanci, J., Granados, C., & Camara, J. (2016). Comparison Of Anthropometry And Lower Limb Power Qualities According To Different Levels And Ranking Position Of Competitive Surfers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(8), 2231-2237 <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001565>

Flanagan, E. P., Ebben, W. P., & Jensen, R. L. (2008). Reliability of the reactive strength index and time to stabilization during depth jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1677–1682. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318182034b>

Harriss, D. J., & Atkinson, G. (2013). Ethical standards in sport and exercise science research: 2014 update. *International Journal of Sports Medicine*, 34(12), 1025–1028. <http://doi.org/10.1055/s-0033-1358756>

Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3–13. <http://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>

Komi, P. V., & Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and Science in Sports*, 10(4), 261–265.

Krol, H., & Mynarski, W. (2010). Effect of increased load on vertical jump mechanical characteristics in acrobats. *Acta of bioengineering and biomechanics*. 12(4),33-

- McMahon, J. J., Rej, S. J. E., & Comfort, P. (2017). Sex Differences in Countermovement Jump Phase Characteristics. *Sports*, 5(1), 8. <http://doi.org/10.3390/sports5010008>
- Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2005). Physiological aspects of surfboard riding performance. *Sports Medicine*, 35(1), 55–70. <http://doi.org/DOI:10.2165/00007256-200535010-00005>
- Myburgh, G. K., Cumming, S. P., Coelho E Silva, M., Cooke, K., & Malina, R. M. (2016a). Growth and maturity status of elite British junior tennis players. *Journal of Sports Sciences*, 34(20), 1957–1964. <http://doi.org/10.1080/02640414.2016.1149213>
- Myburgh, G. K., Cumming, S. P., Silva, M. C. E., Cooke, K., & Malina, R. M. (2016b). Maturity-Associated Variation in Functional Characteristics Of Elite Youth Tennis Players. *Pediatric Exercise Science*, 28(4), 542–552. <http://doi.org/10.1123/pes.2016-0035>
- Ortega, D. R., Rodriguez Bies, E. C., & Berral de la Rosa, F. J. (2010). Analysis of the vertical ground reaction forces and temporal factors in the landing phase of a countermovement jump. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(2), 282–287.
- Parsonage, J., Secomb, J. L., Sheppard, J. M., Ferrier, B. K., Dowse, R. A., & Nimphius, S. (2017). Upper-Body Strength Measures and Pop-Up Performance of Stronger and Weaker Surfers. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Epub ahead of print. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002377>
- Rice, P. E., Goodman, C. L., Capps, C. R., Triplett, N. T., Erickson, T. M., & McBride, J. M. (2017). Force- and power-time curve comparison during jumping between

strength-matched male and female basketball players. *European Journal of Sport Science*, 17(3), 286–293. <http://doi.org/10.1080/17461391.2016.1236840>

Secomb, J. L., Farley, O. R. L., Lundgren, L. E., Tran, T. T., Nimphius, S., & Sheppard, J. M. (2013). Comparison of the sprint paddling performance between competitive male and female surfers. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 21, 118–120.

Tran, T. T., Lundgren, L., Secomb, J., Farley, O. R. L., Haff, G. G., Seitz, L. B., et al. (2015). Comparison of Physical Capacities between Nonselected and Selected Elite Male Competitive Surfers for the National Junior Team. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(2), 178–182. <http://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0222>

World Surf League. (2019). *Rules and Regulations*. <http://www.worldsurfleague.com/pages/rules-and-regulations>

Capítulo 6

Competition load described by objective and subjective methods during a surfing championship

Estudio 2

Competition load described by objective and subjective methods during a surfing championship

Iosu Fernández-Gamboa, Javier Yanci, Cristina Granados, Bret Freemyer, Jesús

Cámara

Journal of Strength and Conditioning Research

2018, 32(5), 1329–1335

Capítulo 6. Estudio 2

Competition load described by objective and subjective methods during a surfing championship

Iosu Fernández-Gamboa¹, Javier Yanci², Cristina Granados², Bret Freemyer³, Jesús Cámara²

¹*Gipuzkoa Surfing Association High Performance Program, Donostia-San Sebastián, Spain;* ²*Department of Physical Education and Sport, Faculty of Education and Sport, University of the Basque Country, UPV/EHU, Vitoria-Gasteiz, Spain;* and ³*Department of Kinesiology and Rehabilitation Science, University of Hawaii, Manoa Honolulu, Hawaii.*

Abstract

The aims of this study were to describe the competition load of surfers during a single heat via objective and subjective methods and to analyze the relationship between objective and subjective methods with the judges' score. Ten competitive surfers were fitted with a global positioning system (GPS) during a competitive heat. The GPS was synchronized with a chronometer and a stationary video camera to identify the surfer's specific actions. After the end of each heat, participants were assessed for the rating of perceived respiratory and muscular exertion (RPE_{res}, RPE_{mus}) and also official scores from every participant were collected. A very large significant relationship between wave riding distance and respiratory perceived exertion heat load (RPE_{res} HL, $r = 0.79$; ± 0.26 CL $p < 0.01$, 99.5/0.4/0.1, very likely) was found. Active time was also very large and significantly related to both RPE_{res} HL ($r = 0.75$; ± 0.29 CL $p < 0.05$, 99.0/0.8/0.2, very likely) and muscular perceived exertion heat load (RPE_{mus} HL, $r = 0.83$; ± 0.22 CL, $p < 0.01$, 99.8/0.2/0.0, most likely). Very large significant correlation was obtained between the RPE_{res} and score ($r = 0.83$; \pm

0.22 CL, $p < 0.01$, 99.8/0.2/0.0, most likely). The subjective method seems to be a good instrument to assess the heat load of a surf competition. Wave characteristics seem to be an important factor in perceived exertion during competitive surfing.

Keywords: global positioning system, score, rating of perceived exertion, heat load

Introduction

Surfing has developed a multi-million dollar worldwide business (“Member Directory - International Surfing Association,” 2013) and it will be included in the 2020 Olympic Games. The World Surf League (WSL) holds 185 international competitions per year around the globe with more than 1000 professional athletes inscribed (Farley et al., 2012; Lundgren et al., 2014; International Surfing Association, 2013; Mendez-Villanueva & Bishop, 2005; Mendez-Villanueva et al., 2006; Mendez-Villanueva et al., 2010; Farley et al., 2015; World Surf League, 2019) and surfing competitions are organized in more than 98 countries (Farley et al., 2012; Lundgren et al., 2014; International Surfing Association, 2013; Mendez-Villanueva et al., 2006; 2010; Mendez-Villanueva & Bishop, 2005; Farley et al., 2015; World Surf League, 2019). Previous research on surfing focused on the characteristics of surfing competition (Farley et al., 2012; Lundgren et al., 2014; Mendez-Villanueva et al., 2006; 2010; Mendez-Villanueva & Bishop, 2005; Farley et al., 2015). On the one hand, a previous study to assess the physiological demands during a surfing heat, in the top 30 ranked surfers from the New Zealand surf association, has shown a mean heart rate (HR_{mean}) of 139 ± 11 bpm (64% of their maximum HR [HR_{max}]) and a peak HR (HR_{peak}) of 190 ± 12 bpm (87% of their HR_{max}) (Farley et al., 2012). On the other hand, the physical demands (external load) have been carried out with global positioning system (GPS) units during both, training sessions and competitive heats (Mendez-Villanueva & Bishop, 2005; Secomb et al., 2015). Specifically, it has been reported that during a two hours surfing training session, participants covered a total distance of 6293.2 ± 1826.1 m (Range = 4491 - 9527 m) with a consistent decline in HR_{peak} and HR_{mean} (Mendez-Villanueva et al., 2010). Nevertheless, during a 20 minutes surfing

competitive heat the total distance covered was 1605 ± 313.5 m (Mendez-Villanueva & Bishop, 2005).

Even though objective methods have been used to quantify the physical and physiological demands during surfing (Mendez-Villanueva & Bishop, 2005; Secomb et al., 2015), a HR monitor transmitter belt fastened around the sternum and a wrist GPS unit during surfing have a major drawback: surfers complain about their comfort during paddling with those devices. Besides, considering that during a surfing heat, total paddling time represents approximately the 51-58% of a surfing heat (Farley et al., 2012; Mendez-Villanueva et al., 2006) and, secondly, that sprint paddling is a key action leading to wave riding (Sheppard et al., 2012), the use these devices could hamper the efficiency of the paddling action. The rating of perceived exertion (RPE), that was designed to be practical (Mendez-Villanueva et al., 2010) is a subjective method that combines the external and internal load into a single score, and does not require HR and GPS units. Besides, this score is also affected by ventilation rate, psychological states, and environmental conditions (Mendez-Villanueva et al., 2010), the latter having demonstrated its importance during surfing competitions (Farley et al., 2012; Meir et al., 1991; Mendez-Villanueva et al., 2010; Mendez-Villanueva & Bishop, 2005; Mendez-Villanueva et al., 2005; Secomb et al., 2015). The RPE has been shown to be a valid and efficient method of measuring training load (Meir et al., 1991), even in sports characterized for their multiple high intensity bouts (Impellizzeri et al., 2004), such as surfing. Therefore, considering the intensity profile of a surfing competition, where high intensity actions follow, repeatedly, lower intensity actions (Mendez-Villanueva et al., 2006; Mendez-Villanueva & Bishop, 2005) the RPE could be an inexpensive and easy to use method to assess the surfers external and internal load. Furthermore, due to the nature of surfing, where surfers are continuously subjected to

apneas of different duration, the assessment of differentiated RPE (dRPE), such as the respiratory RPE (RPE_{res}) and muscle leg RPE (RPE_{mus}), as used in other sports (Arcos et al., 2016; McLaren et al., 2016; Weston et al., 2015), could provide physical trainers and surfers themselves a deeper understanding of the characteristics of the training or competition load. Plus, this is the first study to tackle the association between dRPE and the objective methods.

Since the judges are responsible for scoring the performance of the surfers during wave riding, based on key elements such as the characteristics of the maneuvers (World Surf League, 2019), we hypothesized that the longer the wave riding distance and duration, the greater the chance of performing a combination of major maneuvers and, thus the better the score. Nevertheless, we are unaware of any study that assessed the relationship between the activity profile of surfers and the judges' score. Likewise, to understand the association between competitive quantification objective and subjective methods with score, as it may be relevant to acknowledge if the heat load could be an important factor for surfing performance.

The purposes of this study were threefold: 1) to describe the competition load of surfers during a surfing heat through objective (GPS) and subjective methods (dRPE), 2) to analyze the relationship between objective and subjective methods, and 3) to analyze the association of the objective and subjective methods with the judges' score.

Methods

Experimental Approach to the Problem

We use an observational design to examine the relationship between objective and subjective competitive surfing load. Data were collected during a surfing

competition at a national level open division competition. The study was conducted during the “Euskaltel Euskal Zirkuitua” championship in July 2015, hosted by the Basque Country Surfing Association, as part of the open category three stops tour. Participants wore a GPS on the wrist during the heat. Upon completing the heat, participants were assessed for the RPE_{res} and RPE_{mus}.

Participants

Ten surfers participated in this study (28.50 ± 11.09 yr, 177.10 ± 5.54 cm, 70.20 ± 5.49 kg, 22.37 ± 1.25 kg·m⁻²) and reported a minimum of 7 years of experience (16.40 ± 9.55 yr). They currently were engaged in two to four surfing training sessions per week (3.20 ± 0.28 day/week). Participants were free of injuries at the time of the study. All participants received a clear explanation of the study, including the risks and benefits of participation and completed informed consent documents. Participants were then familiarized with the use of the 0-10 scale RPE assessment. The study and its procedures was approved by the institutional review board (CEID 2015-130) at the University of the Basque Country (UPV/EHU) and met the ethical standards in Sport and Exercise Science Research (Harriss & Atkinson, 2013).

Procedures

Objective load: Objective loads were monitored with a GPS device (V800, Polar™, Kempele, Finland) attached to the wrist of the participants and outside the wetsuit. In every trial, the GPSs conditions were considered acceptable (wrist device connected to at least 8 satellites) and collected at a sample frequency of 2.4 Hz. The GPS was synchronized at least 5 minutes before each heat with a chronometer and a stationary video camera (Canon EOS 5D, Tokyo, Japan). The camera was set in the judges’ area so that it could capture the entire range of wave riding and to identify the

surfer's specific actions in each heat. The beginning of the heat was marked in the chronometer with a lap enabling the trimming of the video from the start to the end of the heat. Surfing activities during the heats were coded as time spent in wave riding (s), paddling time (s) and the stationary time (s). The GPS parameters included the total wave riding time (s) and paddling distance (m). Subsequently, wave riding time and paddling time parameters were determined via video recordings. The recordings were paused each time a change in the coded activity occurred, and the duration time for the activity was recorded. The active distance and active time were calculated as shown in *Formula 1* and *2*, respectively.

Formula 1: Active distance (m) = the overall wave riding distance (m) + the overall paddling distance (m)

Formula 2: Active time (s) = the overall wave riding time (s) + the overall paddling time (s). Besides, each wave riding distance, time, maximum and mean velocities were also obtained.

Perceived exertion (PE) subjective load: Ten minutes after the end of each heat, PE was obtained from each participant using the 0–10 point Foster scale (Foster, 1998; Foster et al., 1995). The surfers responded to 2 sequential questions 1) How intense was your session on your chest? and 2) How intense was your session on your legs? (Arcos et al., 2014). A 10-minute delay was chosen so that particularly difficult or easy segments near the end of heats would not influence the participant's cumulative heat rating (Foster, 1998). The participants had to differentiate between 2 types of RPE: local (leg, muscular), which assess strain in the working muscles (RPE_{mus}) and central (chest, respiratory), assessing strain on perceived tachycardia, tachypnea, and even dyspnea (RPE_{res}) (Arcos et al., 2014; Ekblom & Goldbarg, 1971; Pandolf et al., 1975). An exercise score, referred to as heat load (HL), was calculated by multiplying the

duration of the heat's active time (paddling time + wave-riding time - stationary time), by the RPEres or RPEmus, as previously described (Arcos et al., 2014; Foster et al., 1995; 2001). The corresponding HL were named RPEres HL or RPEmus HL, and measured in arbitrary units (AU).

Surfing official scores: The official scores for each participant were obtained from the competition's internet broadcasting service. All of the judges involved in the competition were assigned by the Basque Country Surfing Association and utilized the score criteria of the WSL. Therefore, judges analyzed the following elements: commitment and degree of difficulty, innovative and progressive maneuvers, combination of major maneuvers, variety of maneuvers, and speed, power, and flow⁸. The judging scale was: 0.0 – 1.9 Poor, 2.0 – 3.9 Fair, 4.0 – 5.9 Average, 6.0 – 7.9 Good and 8.0 – 10.0 Excellent (World Surf League, 2019).

Statistical analysis

The results are presented as means \pm standard deviation (SD). All variables were normal distributed and satisfied the equality of variances according to Kolmogorov-Smirnov test and Levene tests, respectively. Pearson product-moment correlation coefficient (r) with 90% confidence limits (CL) were calculated to determine the relationships among the parameters obtained from the objective and subjective methods, as well as judge's scores. The magnitude of correlation between analyzed variables were assessed with the following thresholds: < 0.1 , trivial; $= 0.1-0.3$, small; $< 0.3-0.5$, moderate; $< 0.5-0.7$, large; $< 0.7-0.9$, very large; and $< 0.9-1.0$, almost perfect (Hopkins et al., 2009). Data analyses were performed using the Statistical Package for Social Sciences (version 23.0 for Windows, SPSS™ Inc, Chicago, IL, USA). Statistical significance was set at $p < 0.05$.

Results

The descriptive characteristics of all surfers during individual heats are presented in Table 1. The perceived exertion and perceived HL according to the muscular and respiratory systems are also presented in the same table.

It was observed that a very large and significant correlation was found between wave riding distance and RPE_{res} HL ($r = 0.79$; ± 0.26 CL, $p < 0.01$, 99.5/0.4/0.1, very likely) (Figure 1). Also, a very large and positive correlation was found between active time and both RPE_{res} HL ($r = 0.75$; ± 0.29 CL, $p < 0.05$, 99.0/0.8/0.2, very likely) (Figure 2A) and RPE_{mus} HL ($r = 0.83$; ± 0.22 CL, $p < 0.01$, 99.8/0.2/0.0, most likely) (Figure 2B). Lastly, RPE_{mus} HL was significantly correlated to stationary time ($r = 0.79$; ± 0.26 CL, $p < 0.01$, 99.5/0.4/0.1, very likely). No other significant correlations were found between the remaining objective and subjective variables ($p > 0.05$).

Table 1. Objective and subjective methods heat load (HL) variables measured during one heat of a surfing competition.

	Mean	SD	Min.	Max.
Objective method HL				
Total distance (m)	447.51	126.31	243.90	609.70
Paddling distance (m)	353.66	149.28	111.40	550.10
WR distance (m)	93.85	84.26	12.90	278.90
WR duration (%)	3.13	2.35	0.95	8.24
Stationary time (%)	59.62	13.09	38.64	78.00
Active time (%)	40.17	13.37	20.20	61.32
WR Peak velocity ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	0.61	0.25	0.25	1.38
WR Mean velocity ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	0.50	0.26	0.16	1.31
Subjective method HL				
RPE _{res}	4.35	1.54	2.50	7.00
RPE _{mus}	3.25	0.79	3.00	5.50
RPE _{res} HL (AU)	36.60	21.90	20.00	90.00
RPE _{mus} HL (AU)	28.25	15.23	12.00	60.50

WR = wave riding, RPE_{res} = respiratory perceived exertion, RPE_{mus} = muscular perceived exertion, RPE_{res} HL = respiratory perceived exertion heat load, RPE_{mus} HL = muscular perceived exertion heat load, AU = arbitrary units.

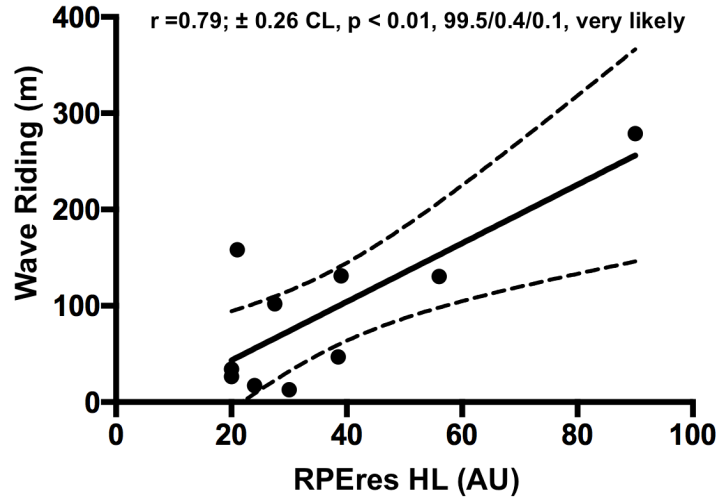


Figure 1 Correlation between wave riding distance (m) and respiratory perceived exertion heat load (RPEres HL), AU = arbitrary units.

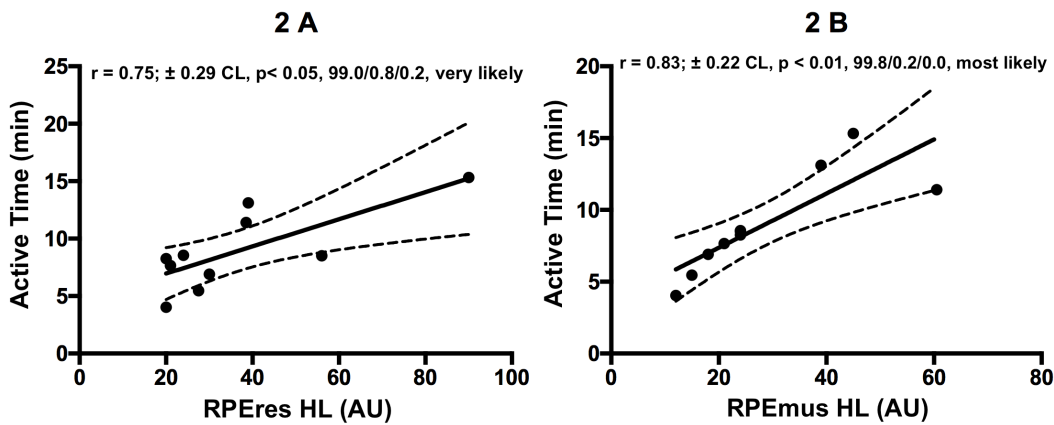


Figure 2 Correlation between active time (min) and respiratory perceived exertion heat load (RPEres HL) (2A) and muscular perceived exertion heat load (RPEmus HL) (2B), AU = arbitrary units.

Moderate and significant correlations were found between judge's the score and total wave riding distance ($r = 0.37$; ± 0.50 CL, $p < 0.01$, 77.7/12.5/9.8, likely) and large correlations were found between judge's score and wave riding duration ($r = 0.68$; ± 0.34 CL, $p < 0.001$, 97.6/1.8/0.6, very likely). No other objective variables (i.e. total

distance, paddling distance, stationary, active time, wave riding peak velocity, wave riding mean velocity) were significantly correlated with judge's scores. Conversely, very large and significant correlations were found between the RPEres and judge's scores ($r = 0.83; \pm 0.22$ CL, $p < 0.01$, 99.8/0.2/0.0, most likely) (Figure 3). Neither the RPEres HL or the muscular perceived exertion (i.e. RPEmus and RPEmus HL) significantly correlated with judges' scores.

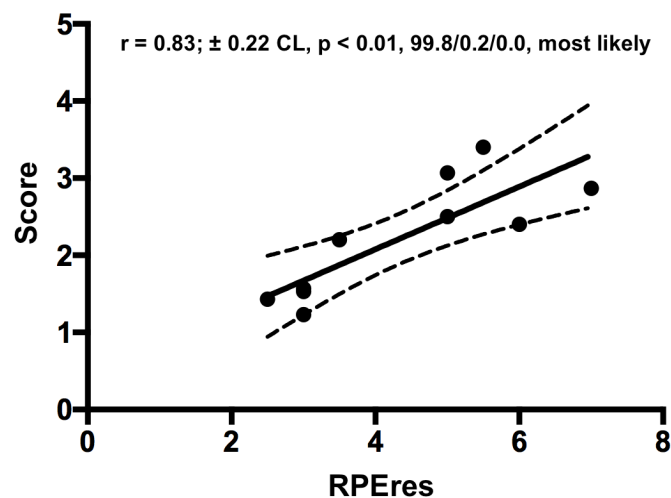


Figure 3 Correlations between judge's scores and respiratory perceived exertion (RPEres).

Discussion

The purpose of this study was to describe the physical demands of a surfing heat during a competitive event, as determined by both objective and subjective methods. We analyzed the association among these variables and determined how these measures correlated with the judges' scores. To our knowledge, this is the first study to assess dRPE (i.e. respiratory and muscular) workload in a surfing competition, and it is also the first to analyze the association between the objective and subjective methods to quantify the physical demands in surfing. This is important because it provides coaches

and athletes a practical and inexpensive tool to quantify the physical activity during a surfing. The main finding of this study was that significant correlations exist between wave riding distance and respiratory workload and between active time spent surfing and to both respiratory (RPE_{res} HL) and muscular exertions (RPE_{mus} HL). Previously, the relationship between the maneuvers and the judge's scores in competitive surfing has been studied (Lundgren et al., 2014), however this is the first study to examine the association between quantified workloads in a surfing competition with the judges' score. Our results demonstrated judge's score were correlated with the total wave riding distance, wave riding duration, and RPE_{res}.

Surfing performance has been characterized in previous studies by analyzing the paddling distance, wave riding distance, wave riding duration, stationary time and active time (Farley et al., 2012; Mendez-Villanueva et al., 2010; Secomb et al., 2015). However, one of the novelties of this study is that we analyzed the peak and mean wave riding velocities. These parameters are relevant to performance and are essential to understanding the intensity output while surfing. The results of our study demonstrated that the average wave riding peak velocity during a 20 minute heat in a national surfing contest was $0.61 \pm 0.25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ and the wave riding mean velocity was $0.50 \pm 0.26 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Surfers in our study covered a total distance of $447.51 \pm 126.31 \text{ m}$ in a heat, which was a noticeably lower distance than the $1605 \pm 313.5 \text{ m}$ reported by Farley et al. (Farley et al., 2012) during a competitive heat of the same duration. Since the ocean is not a static environment, the different surfing conditions might explain the differences between studies. Additionally, surfers in our study were active 40.1% of the time (i.e. paddling and wave riding), 59.9% of the time stationary (sitting or lying on their boards), and 3% riding on waves. The surfers in Farley's study spent 62% of the

heat time as active and a 8% of that time riding waves (Farley et al., 2012). The reason for higher percentage of active time is due to paddling between the sets of waves, waiting or resting for waves, then having to paddle to reposition in the take-off area (Farley et al., 2012). A previous study analyzing the time motion analysis of professional surfers during a competitive heat revealed that their active time was 58.6%, while stationary time was the 41.4% (Mendez-Villanueva et al., 2006). The wave riding time was similar to the results found in our study (3.8% vs. 3.1% of the total time), even though professional surfers spent 18.5% more of their heat time paddling, and consequently, less time as stationary as in our study.

Farley et al. (2012) additionally reported a paddled distance of 947.4 ± 185.6 m and a wave riding distance of $128.4 \pm 25.x$ m for a 20 minutes heat. In our study, the distance paddled and the wave riding distance were 74% and 27% less, respectively. There are also considerable differences regarding the wave riding duration amongst studies; whilst in our study the total wave riding duration during a 20 minutes heat was 0.24 s, Mendez-Villanueva et al. (2006) reported 57 s and Farley et al. (2012) 1.6 minutes. Since competitive level may influence the surfers' activity pattern (Mendez-Villanueva et al., 2006), the differences amongst studies in the time motion analysis might be partially due to the differences in the expertise of the participants. Nevertheless, differences in the surf conditions (Farley et al., 2012) (i.e. swell size, wave length and wave frequency among many others) and beach breaks typology, have been reported to influence the activity performed by surfers (Farley et al., 2012; Meir et al., 1991; Mendez-Villanueva et al., 2005; 2010; Mendez-Villanueva & Bishop, 2005; Secomb et al., 2015). The physical demands during surfing are dependent upon many factors. These partially include wave and equipment selection (Farley et al., 2012; Mendez-Villanueva et al., 2006; Mendez-Villanueva & Bishop, 2005), intrinsic

motivation of the participants (Farley et al., 2012; Meir et al., 1991; Mendez-Villanueva et al., 2006), and the season of the year (i.e. pre-season, competition season, off-season). Though the results of objective methods to measure the surfing performance have been previously reported (Farley et al., 2012; Fernandez-Gamboa, et al., 2016; Fernández-López et al., 2013; Mendez-Villanueva et al., 2005; Mendez-Villanueva & Bishop, 2005; Secomb et al., 2015; Sheppard et al., 2012; World Surf League, 2019), an understanding of the surfers' physical demands, as quantified by subjective methods in this study, may confer a deeper understanding of the mechanisms underpinning surfers' physical demands. To the best of our knowledge, no previous research has reported the dRPE of surfers after a competitive heat. In the present study, the RPE_{res} and RPE_{mus} of competitive surfers were 4.35 ± 1.54 and 3.25 ± 0.79 , respectively, after a 20 minute heat. The RPE_{res} HL was 36.60 ± 21.90 , and RPE_{mus} HL was 28.25 ± 15.23 .

Aerobic conditioning seems to be an important component of fitness for surf athletes, as is directly linked to the physical capacity to catch as many waves as possible during a heat and could be the difference between winning and losing (Farley et al., 2012). It has been observed that during a 20 minutes surfing heat, surfers performed at an intensity ranging from 55% to 90% of their HR_{max}, suggesting that not only the aerobic system is solicited, but also it is intercalated with bouts of high-intensity exercise (Farley et al., 2012). In our study, the relatively low RPE_{res} and RPE_{res} HL highlight the physiological demands imposed on each surfer. These are beholden to activity durations that are subject to the surf conditions, beach break typology, and surfer's tactical decisions (Farley et al., 2012; Meir et al., 1991; Mendez-Villanueva et al., 2005; Mendez-Villanueva et al., 2010; Mendez-Villanueva & Bishop, 2005; Secomb et al., 2015). In addition to the aerobic demands, the intermittent nature of

surfing activity requires different types of muscular work (i.e. upper- vs. lower-body, isometric vs. dynamic contractions) (Mendez-Villanueva & Bishop, 2005). Surfers are required to have highly developed upper-body and lower body strength and power (Fernandez-Gamboa et al., 2016; Sheppard et al., 2012). Upper-body strength related to paddling performance, where as with any start to a movement, the surfer must overcome a higher resistance initially to accelerate themselves on the surfboard to top speed (Sheppard et al., 2012), also maximal power force production for greater propulsion in water and, anaerobic endurance to withstand long durations of constant paddling (Farley et al., 2012). Lower body strength and power, related to perform maneuvers and wave riding (Fernandez-Gamboa et al., 2016). However, in our study, RPEmus and RPEmus HL values were relatively low. The short duration of the time spent in wave riding and the long paddling time back to the break may have had a low impact on respiratory and muscular exertion. Nevertheless, we need to point out that the subjective parameters, as well as the objective parameters, are highly influenced by the surf conditions and other factors such as, strategic decisions, equipment (Farley et al., 2012; Mendez-Villanueva et al., 2006; Mendez-Villanueva & Bishop, 2005), level of motivation of the surfers (Farley et al., 2012; Meir et al., 1991; Mendez-Villanueva et al., 2006), judging criteria or season of the year, and therefore, different results would be expected in a same duration competitive heat but with different surfing conditions. We do consider therefore, that surfing conditions should be reported in any surfing study performed, in order to carefully compare the results. Since the present study is the first one to quantify dRPE in surf, further research is needed in order to obtain more accurate conclusions regarding surfing workloads in a variety of weather conditions.

One of the more used objective methods for quantifying load during training or competition sessions is HR monitoring (Arcos et al., 2014). However, this method in

real time surfing competition is limited due to technical problems as the HR monitors does not perform well in water conditions or under the athlete wetsuit, the expertise knowledge involved and the time consuming process of collecting the data from surfers in every session (Arcos et al., 2014), and the uncomfortable feeling of wearing the device while paddling. In this regard, the assessment of the physiological RPEs HL could result in a better understanding of the required competition load needed to optimize the sport session process (Arcos et al., 2014), especially for surfers or coaches that do not have the equipment to measure the HL variables through objective methods. However, although in other sports the validity of the subjective methods has been verified to quantify the competition load (Arcos et al., 2016; Weston et al., 2015), to the date we did not find any study that has analyzed the association between objective and subjective methods in surf. In the present study, a large and significant relationship between wave riding distance and RPEs HL was found ($r=0.79; \pm 0.26$ CL) (Figure 1). On the other hand, the active time was also very/most likely largely related to both RPEs HL ($r = 0.75; \pm 0.29$ CL) (Figure 2A) and RPEmus HL ($r = 0.83; \pm 0.22$ CL) (Figure 2B). The subjective method seems to be a good instrument, due to the positive relationships with objective method, to assess the heat load of a surf competition.

In competitive surfing, the athletes are judged on their ability to perform radical maneuvers in the most critical section whilst riding the wave (Lundgren et al., 2014). Previous research has provided descriptive data of the maneuvers executed and scores received (Lundgren et al., 2014), but to the date no research has been undertaken to explain the relation between wave riding performance and the received judges score. It seems crucial to gain some insights in the relation between the physical demands of a surfing heat and the obtained scores. Our results demonstrated judges scores were significantly and moderately correlated to the total wave riding distance ($r = 0.37; \pm$

0.50 CL, $p < 0.01$), large and significant relationship with wave riding duration ($r = 0.68$; ± 0.34 CL, $p < 0.001$), and a very large significant correlation with RPE_{res} ($r = 0.83$; ± 0.22 CL, $p < 0.01$, 99.8/0.2/0.0, most likely) (Figure 3). Judges analyze different elements when scoring waves, some of these elements are directly related to the wave characteristic, as speed, power, flow and commitment of the surfer (World Surf League, 2019). A longer wave will provide surfer more time and distance to perform more variety of innovative and progressive maneuvers, allowing a combination of major maneuvers, with a direct impact in the received score, as part of the judging criteria. Therefore, wave selections is an important factor in competitive surfing and should be note by the coaches, indicating that these must combine the information of the choice of maneuver, technique, power of execution (Lundgren et al., 2014) and wave selection in their feedback to the athlete.

Practical applications

The low cost and easy administration of the dRPE makes them readily accessible to surfers and coaches. Implementation of the dRPE in training routines allows surfers and coaches to quantify workloads during training sessions or competitions heats that are comparable to data derived from more expensive GPS devices. This may provide insight and knowledge in respect to modifying the conditioning and training regimes of the athletes. This is the first study to address the use of the dRPE for quantifying the surfers' workload; future researchers may use the findings of the current study to collect similar data in official competitions and heats. Future research should include different cohorts of competition spots and locations to describe the variability of the surfers' workload between various competitions or surfing locations.

References

- Arcos, A., Mendez-Villanueva, A., Yanci, J., & Martínez-Santos, R. (2016). Respiratory and Muscular Perceived Exertion During Official Games in Professional Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *11*(3), 301–304. <http://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0270>
- Arcos, A. L., Yanci, J., Mendiguchia, J., & Gorostiaga, E. M. (2014). Rating of muscular and respiratory perceived exertion in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *28*(11), 3280–3288. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000540>
- Ekblom, B., & Goldbarg, A. N. (1971). The influence of physical training and other factors on the subjective rating of perceived exertion. *Acta Physiologica Scandinavica*, *83*(3), 399–406. <http://doi.org/10.1111/j.17481716.1971.tb05093.x>
- Farley, O. R. L., Harris, N. K., & Kilding, A. E. (2012). Physiological Demands of Competitive Surfing. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *26*(7), 1887–1896. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182392c4b>
- Fernandez-Gamboa, I., Yanci, J., Granados, C., & Camara, J. (2016). Comparison Of Anthropometry And Lower Limb Power Qualities According To Different Levels And Ranking Position Of Competitive Surfers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(8), 2231-2237. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001565>
- Fernández-López, J. R., Camara, J., Maldonado, S., & Rosique-Gracia, J. (2013). The effect of morphological and functional variables on ranking position of

- professional junior Basque surfers. *European Journal of Sport Science*, 13(5), 461–467. <http://doi.org/10.1080/17461391.2012.749948>
- Foster, C. (1998). Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(7), 1164–1168. [http://doi.org/DOI: 10.1097/00005768-199807000-00023](http://doi.org/DOI:10.1097/00005768-199807000-00023)
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., et al. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109–115. <http://doi.org/DOI:10.1519/00124278-200102000-00019>
- Foster, C., Hector, L. L., Welsh, R., Schragger, M., Green, M. A., & Snyder, A. C. (1995). Effects of specific versus cross-training on running performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 70(4), 367–372. [http://doi.org/DOI: 10.1007/BF00865035](http://doi.org/DOI:10.1007/BF00865035)
- Harriss, D. J., & Atkinson, G. (2013). Ethical standards in sport and exercise science research: 2014 update. *International Journal of Sports Medicine*, 34(12), 1025–1028. <http://doi.org/10.1055/s-0033-1358756>
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3–13. <http://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(6), 1042–1047. <http://doi.org/DOI:10.1249/01.MSS.0000128199.23901.2F>

- Lundgren, L., Newton, R. U., Tran, T. T., Dunn, M., Nimphius, S., & Sheppard, J. (2014). Analysis of Manoeuvres and Scoring in Competitive Surfing. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 9(4), 663–670. <http://doi.org/10.1260/1747-9541.9.4.663>
- McLaren, S. J., Smith, A., Spears, I. R., & Weston, M. (2016). A detailed quantification of differential ratings of perceived exertion during team-sport training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(3), 290-295. <http://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.06.011>
- Meir, R. A., Lowdon, B., & Davie, A. J. (1991). Heart rates and estimated energy expenditure during recreational surfing. *Australian journal of science and medicine in sport*, 23, 70–74. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2006.12.018>
- International Surfing Association. (2013). *Member Directory - International Surfing Association*. <http://www.isasurf.org/membership/memberdirectory/#prettyPhoto>
- Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2005). Physiological aspects of surfboard riding performance. *Sports Medicine*, 35(1), 55–70. <http://doi.org/DOI:10.2165/00007256-200535010-00005>
- Mendez-Villanueva, A., Bishop, D., & Hamer, P. (2006). Activity profile of world-class professional surfers during competition: a case study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 477–482. <http://doi.org/10.1519/16574.1>
- Mendez-Villanueva, A., Mujika, I., & Bishop, D. (2010). Variability of competitive performance assessment of elite surfboard riders. *Journal of Strength and*

Conditioning Research, 24(1), 135–139.

<http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a61a3a>

Mendez-Villanueva, A., Perez-Landaluce, J., Bishop, D., Fernandez-García, B., Ortolano, R., Leibar, X., & Terrados, N. (2005). Upper body aerobic fitness comparison between two groups of competitive surfboard riders. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8(1), 43–51.

[http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S1440-2440\(05\)80023-4](http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S1440-2440(05)80023-4)

Pandolf, K. B., Burse, R. L., & Goldman, R. F. (1975). Differentiated ratings of perceived exertion during physical conditioning of older individuals using leg-weight loading. *Perceptual and Motor Skills*, 40(2), 563–574.

<http://doi.org/10.2466/pms.1975.40.2.563>

Farley, Oliver R. L.; Raymond, Ellen; Secomb, Josh L.; Ferrier, Brendon; Lundgren, Lina; Tran, Tai T.; Abbiss, Chris; and Sheppard, Jeremy M. (2015) "Scoring Analysis of the Men's 2013 World Championship Tour of Surfing," *International Journal of Aquatic Research and Education*, 9(1).

<http://doi.org/10.25035/ijare.09.01.05>

Secomb, J. L., Sheppard, J. M., & Dascombe, B. J. (2015). Time–Motion Analysis of a 2-Hour Surfing Training Session. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(1), 17–22. <http://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0002>

Sheppard, J. M., McNamara, P., Osborne, M., Andrews, M., Oliveira Borges, T., Walshe, P., & Chapman, D. W. (2012). Association between anthropometry and upper-body strength qualities with sprint paddling performance in competitive wave surfers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12), 3345–3348. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31824b4d78>

Weston, M., Siegler, J., Bahnert, A., McBrien, J., & Lovell, R. (2015). The application of differential ratings of perceived exertion to Australian Football League matches. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(6), 704–708.
<http://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.001>

World Surf League. (2019). *Rules and Regulations*.
<http://www.worldsurfleague.com/pages/rules-and-regulations>

Capítulo 7

Conclusiones

Capítulo 7. Conclusiones

Las conclusiones de la presente tesis doctoral son las siguientes:

Los resultados de esta tesis proporcionan datos novedosos que demuestran la relación entre la posición de clasificación de competición y la potencia de las extremidades inferiores medida mediante la capacidad de salto vertical. En el presente estudio no se han encontrado diferencias entre los surfistas competitivos nacionales e internacionales en las características antropométricas, salto vertical y potencia pico de las extremidades inferiores. Por el contrario, se observaron diferencias en los pliegues cutáneos de las extremidades inferiores, en el salto vertical (SJ, CMJ, CMJ, CMJ_{15s}) y en la potencia de salida de las extremidades inferiores (MPP_R y MPP_L) teniendo en cuenta las posiciones de clasificación, es decir, RANK₁₋₅₀ vs. RANK₅₁₋₁₀₀. El hecho de que algunos surfistas estén compitiendo en eventos de nivel internacional y otros sólo en eventos de nivel nacional, parece no ser determinante para que los surfistas clasificados como internacionales tengan mayor fuerza de las extremidades inferiores. Sin embargo, las características antropométricas y la fuerza de las extremidades inferiores de los surfistas parecen ser relevantes en la clasificación en competición. Esto podría explicarse debido a que los surfistas con más potencia y mayor fuerza en las extremidades inferiores son capaces de rendir mejor en la tabla de surf, obteniendo mejores resultados competitivos, mejorando así la posición del surfista en la clasificación de competición. Por lo tanto, el nivel de fuerza de las extremidades inferiores del surfista parece ser un buen discriminador para evaluar la posición en la clasificación. Estos hechos revelan la importancia de la fuerza muscular de las extremidades inferiores, y por lo tanto la importancia del entrenamiento físico del surfista. Por lo tanto, surfistas con mayor fuerza podrían obtener mejores resultados competitivos (sin restar importancia a los aspectos técnicos del surf), y esos resultados

se reflejarán en una mejor posición en la clasificación de competición. Basándonos en los puntos anteriores, se sugiere la importancia del entrenamiento físico y los beneficios de la fuerza potencia y el acondicionamiento físico para el rendimiento en el surf.

La fuerza general y específica en los surfistas varía en función del sexo y del rango de edad. La asociación moderada entre el CMJ y el Pop-Up sugiere que el Pop-Up podría estar influenciado, además de por la capacidad de salto vertical, por otros factores como la coordinación o la fuerza de las extremidades superiores del cuerpo. Uno de los principales hallazgos de esta tesis fueron las diferencias encontradas entre sexos cuando se analizaban por grupos de edad. Los hombres del grupo O16 mostraron mayor CMJ_{FT} (19.68%) y CMJ_{FMAX} (24.01%) que las mujeres O16. Sin embargo, las surfistas U16 obtuvieron valores superiores en el CMJ_{FMAX} normalizada por la masa corporal que los surfistas U16 (21.87%). Durante la fase de aterrizaje del CMJ, tanto las surfistas U16 como las O16 presentaron menores valores en la CMJ_{ULR} en comparación con los surfistas masculinos (60,55% y 16,23%, respectivamente). Estos valores en las surfistas femeninas podrían sugerir que es probable que tengan mejores capacidades para atenuar la carga excéntrica de aterrizaje, lo cual podría ser un aspecto positivo para el desempeño del surf. Los resultados de esta tesis indicaron que los surfistas mostraron valores más altos que las surfistas en POP_{PUSH} en conjunto de participantes (18,22%) y en el grupo de O16 (33,66%). Sin embargo, no se observaron diferencias en POP_{PUSH} entre los surfistas masculinos y femeninos U16 años. Estas diferencias se deben probablemente a la mayor fuerza en las extremidades superiores del cuerpo de los surfistas masculinos, capacidad que posiblemente no está excesivamente desarrollada en los surfistas U16. Por otro lado, se observó que la ratio de carga durante la fase de empuje fue más alto (56,66%) en los surfistas O16 que en las surfistas de sexo femenino. Esto puede permitir que los surfistas masculinos realicen

la fase de Push-Up más rápido, con el fin de obtener una mejor posición en la ola. Asimismo, las surfistas mostraron mayores valores que los surfistas en el POP_{LMF} , en el conjunto de participantes (36,51%), en la categoría U16 (44,67%) y en la categoría O16 (31,00%). Debido a que las mujeres surfistas parecen no aplicar tanta fuerza como los hombres en la fase de empuje del Pop-Up, hacen que el movimiento de las piernas sea más suave con un mayor POP_{LMF} . Por lo tanto, puede ser importante en el Pop-Up medir no sólo la fase de empuje, sino también la fase de aterrizaje, ya que ambas pueden ser relevantes en el rendimiento del surf competitivo. Aunque se han obtenido algunas asociaciones entre el CMJ y el Pop-Up, las pequeñas o moderadas correlaciones encontradas nos llevan a pensar que son dos habilidades independientes. Por consiguiente, el Pop-Up es una acción que puede estar influenciada no solo por la fuerza de las extremidades inferiores del cuerpo, sino también por la fuerza de las extremidades superiores del cuerpo, la coordinación u otros aspectos. Por lo tanto, los surfistas competitivos no sólo deben entrenar la fuerza de las extremidades inferiores del cuerpo, sino también otras habilidades que puedan influir en el rendimiento del movimiento Pop-Up.

Finalmente, otro de los hallazgos de esta tesis doctoral fueron las correlaciones significativas encontradas entre la distancia recorrida surfeada y la carga de trabajo respiratorio, así como el tiempo activo que los surfistas pasan surfeando y el RPE_{res} HL y RPE_{mus} HL. Aunque en estudios anteriores se ha estudiado la relación entre las maniobras realizadas por los surfistas y las puntuaciones obtenidas por los jueces, este es el primer estudio que examina la asociación entre las cargas cuantificadas de una competición de surf con la puntuación de los jueces. Los resultados obtenidos en la presente tesis doctoral mostraron que la puntuación de los jueces se correlacionó con la distancia total de la ola, la duración de la ola y el RPE_{res}. También se encontró una

relación significativa entre la distancia de deslizamiento sobre la ola y el RPEres HL. Por otro lado, también se encontraron relaciones entre el tiempo activo con el RPEres HL así como con el RPEmus HL. Atendiendo a los resultados obtenidos, el método subjetivo de RPE parece ser un buen instrumento para evaluar la carga de trabajo en una manga de una competición de surf, debido a las relaciones obtenidas con los métodos objetivos. Los jueces analizan diferentes elementos a la hora de puntuar olas, algunos de estos elementos están directamente relacionados con la característica de la ola, como la velocidad, potencia y compromiso del surfista. Una ola más larga proporcionará al surfista más tiempo y distancia para realizar una mayor variedad de maniobras innovadoras y progresivas, permitiendo una combinación de maniobras importantes, con un impacto directo en la puntuación recibida, como parte de los criterios de evaluación. Por lo tanto, la selección de olas es un factor importante en el surf competitivo y debe ser tenido en cuenta por los entrenadores, lo cual nos indica que éstos deben combinar la información de la elección de maniobra, técnica, potencia de ejecución y selección de olas en su retroalimentación al atleta.

Capítulo 8

Aplicaciones prácticas

Capítulo 8. Aplicaciones prácticas

En el siguiente apartado se muestran las aplicaciones prácticas derivadas de la presente tesis doctoral.

Los resultados obtenidos indican que los diferentes niveles de las competiciones en las que participan los surfistas no parecen ser un buen discriminador de la fuerza muscular de los surfistas. Por otro lado, la posición en la clasificación de competición refleja claramente diferencias en la capacidad de generar fuerza con las extremidades inferiores de los surfistas, y puede ser un indicador preciso de su desempeño físico. Además, teniendo en cuenta que los resultados obtenidos en el presente estudio exponen que los surfistas con una masa grasa más baja y una mayor capacidad de salto vertical tienen mejores resultados competitivos, los entrenadores de surf deberían considerar incluir ejercicios de fuerza de las extremidades inferiores en su programa de entrenamiento físico, así como controlar la relación de masa grasa del surfista con el fin de que sea un elemento facilitador para lograr mejores resultados competitivos.

Los resultados de este estudio proporcionan datos comparativos para la maniobra CMJ y Pop-Up entre surfistas masculinos y femeninos de diferentes categorías de edad. Atendiendo a los resultados obtenidos, los entrenadores y preparadores físicos deberían considerar incluir el entrenamiento de fuerza especialmente excéntrica de las extremidades inferiores del cuerpo en el programa de entrenamiento de surfistas masculinos y el entrenamiento de fuerza concéntrica de las extremidades inferiores del cuerpo en el programa de entrenamiento de surfistas de competición femeninas. Podría ser interesante analizar si el entrenamiento de fuerza/potencia de las extremidades superiores del cuerpo en surfistas femeninas podría mejorar su rendimiento en la fase de empuje del Pop-Up. De manera similar, podría ser

interesante analizar si los ejercicios de fuerza/potencia corporal y los ejercicios de coordinación podrían ser beneficiosos en los surfistas de competición para mejorar la maniobra de Pop-Up.

El bajo costo y la fácil administración del dRPE hace que sea fácilmente accesible para los surfistas y entrenadores. Debido a la asociación entre los métodos objetivos y subjetivos para cuantificar la carga, la implementación del dRPE en las rutinas de entrenamiento permitirá a los surfistas y entrenadores cuantificar las cargas de trabajo durante las sesiones de entrenamiento o las series de competiciones. Esto puede proporcionar información y conocimientos con respecto a la modificación de los regímenes de acondicionamiento y entrenamiento de los surfistas. Este es el primer estudio que aborda el uso del dRPE para cuantificar la carga de trabajo de los surfistas.

Capítulo 9

Limitaciones

Capítulo 9. Limitaciones

La presente tesis doctoral no está extensa de limitaciones. La principal limitación en los estudios realizados reside en la propia naturaleza del surf. Esta modalidad se practica en un medio altamente cambiante. Las condiciones del mar y de las olas limitan seriamente las posibles comparaciones incluso dentro de la misma competición en una misma localización, debido a la alta variabilidad del mar. Estas condiciones cambian sustancialmente dependiendo del lugar donde se surfee, teniendo cada localización unas características propias. Es de vital importancia conocer los diferentes factores que pueden afectar al rendimiento en el surf, por lo tanto y en aras de una comparación metodológica más correcta, hubiera sido interesante realizar las mismas mediciones en diferentes condiciones ambientales y en diferentes localizaciones. Debido al auge de las piscinas de olas y la accesibilidad de estas, podría haber resultado interesante realizar las mediciones de los diferentes parámetros en condiciones estandarizadas como las que puede proporcionar una piscina de olas.

Por otro lado, el hecho de que todos los surfistas participantes en los análisis fueran de la misma nacionalidad es otra limitación de la presente tesis, dado que los surfistas que fueron calificados como competidores internacionales pertenecían al mismo país. Hubiera sido interesante contar con participantes en la categoría de surfistas internacionales con deportistas de diferentes países.

Otra de las limitaciones de la presente tesis tiene relación con el tamaño muestral. Los diferentes estudios realizados han contado con tamaños muestrales reducidos. Por lo tanto, sería interesante realizar estudios contando con tamaños muestrales más grandes.

Una de las grandes limitaciones de los estudios realizados ha sido focalizar el análisis de las capacidades físicas de los surfistas en la fuerza de las extremidades inferiores, mediante la capacidad de salto o en el movimiento de Pop-Up. Podría ser interesante analizar las diferencias de clasificación en competición en función del sexo y edad o categoría dependiendo de otras capacidades como podrían ser, fuerza de los miembros superiores del cuerpo, fuerza del tronco o las capacidades cardiovasculares. Así mismo se podría analizar las cargas de competición de las mangas, analizando el estado de la condición física antes y después de las mangas de competición.

Capítulo 10

Futuras líneas de investigación

Capítulo 10. Futuras líneas de investigación

En este apartado se proponen varias futuras líneas de investigación en relación con las limitaciones encontradas en la presente tesis.

Una de las posibles futuras líneas de investigación que tendría un impacto directo sobre la práctica y entrenamiento de los surfistas profesionales, sería la cuantificación de la condición física antes y después de una manga de competición. Permitiendo conocer dependiendo de la condición física que se analice, la fuerza de las extremidades superiores o capacidad cardiovascular, la carga que una manga de competición tiene sobre estas capacidades. Este conocimiento podría condicionar el entrenamiento de dichas capacidades adaptándose a las necesidades reales de la competición de surf. Gracias a las nuevas tecnologías que permiten generar olas artificiales prácticamente idénticas, en otra línea de investigación, se podría eliminar la condición ambiental comparando únicamente y de manera objetiva las diferentes capacidades de los surfistas de competición de diferente sexo, edades, categorías, nacionalidades o antropometría. Esto permitiría analizar las diferencias entre estos. En esa dirección la cuantificación y clasificación de las respuestas físicas de los surfistas de competición en diferentes condiciones ambientales, puede ser otra posible línea de investigación. Esto podría generar una catalogación de las diferentes exigencias físicas de competición teniendo en cuenta las características del lugar donde se realiza la competición, dando pie a que los profesionales del surf tanto como entrenadores como preparadores físicos planifiquen los entrenamientos teniendo en cuenta los factores de competición a los que los surfistas se verán expuestos, modificando los entrenamientos para hacer frente a dichas cargas físicas.

Capítulo 11

Referencias

Capítulo 11. Referencias

- Arcos, A. L., Yanci, J., Mendiguchia, J., y Gorostiaga, E. M. (2014). Rating of muscular and respiratory perceived exertion in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(11), 3280–3288. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000540>
- Askarian, B., Jung, K., y Chong, J.W. (2019). Monitoring of Heart Rate from Photoplethysmographic Signals Using a Samsung Galaxy Note8 in Underwater Environments. *Sensors*, 6(13) 2846. <http://doi.org/10.3390/s19132846>.
- Barlow, M. J., Rowe, J., Ruffle, O., Davidson, M., y O'hara, J. (2016). Anthropometric and Performance Perspectives of Female Competitive Surfing. *Human movement*, 17(3), 154. <https://doi.org/10.1515/humo-2016-0023>
- Brooks, G., Fahey, T., White, T., y Baldwin, K. (1984). *Exercise physiology: human bioenergetics and its applications*. Mayfield Publishing Company 2000.
- Coyne, J. O. C., Tran, T. T., Secomb, J. L., Lundgren, L. E., Farley, O. R. L., Newton, R. U., y Sheppard, J. M. (2017). Maximal Strength Training Improves Surfboard Sprint and Endurance Paddling Performance in Competitive and Recreational Surfers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(1), 244–253. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001483>
- Doering, A. (2018). From he'e nalu to Olympic sport: A century of surfing evolution. En J. Higham y T. Hinch (Eds.), *Sport Tourism Development* (3.^a ed. pag. 200-203). Channel View Publications. <https://doi.org/10.1080/14775085.2012.734062>

- Eurich, A. D., Brown, L. E., Coburn, J. W., Noffal, G. J., Nguyen, D., Khamoui, A. V., y Uribe, B. P. (2010). Performance differences between sexes in the Pop-Up phase of surfing. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2821–2825. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181f0a77f>
- Everline, C. (2007). Shortboard Performance Surfing: A Qualitative Assessment of Maneuvers and a Sample Periodized Strength and Conditioning Program In and Out of the Water. *Strength & Conditioning Journal*, 29(3), 32. [https://doi.org/10.1519/1533-4295\(2007\)29\[32:SPSAQA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4295(2007)29[32:SPSAQA]2.0.CO;2)
- Farley, O. R. L., Harris, N. K., y Kilding, A. E. (2012). Physiological Demands of Competitive Surfing. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(7), 1887–1896. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182392c4b>
- Farley, O. R. L., Secomb, J. L., Raymond, E. R., Lundgren, L. E., Ferrier, B. K., Abbiss, C. R., y Sheppard, J. M. (2018). Workloads of Competitive Surfing. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(10), 2939–2948. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002659>
- Farley, O., Raymond, E., y Secomb, J. L. (2015). Scoring Analysis of the Men’s 2013 World Championship Tour of Surfing. *International Journal of Aquatic Research and Education*, 9(1), 38–48. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1123/ijare.2014-0072>
- Fernández-López, J. R., Camara, J., Maldonado, S., y Rosique-Gracia, J. (2013). The effect of morphological and functional variables on ranking position of professional junior Basque surfers. *European Journal of Sport Science*, 13(5), 461–467. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.749948>

- Ferrier, B., Sheppard, J., Farley, O. R. L., Secomb, J. L., Parsonage, J., Newton, R. U., y Nimphius, S. (2018). Scoring analysis of the men's 2014, 2015 and 2016 world championship tour of surfing: the importance of aerial manoeuvres in competitive surfing. *Journal of Sports Sciences*, 36(19), 2189–2195. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1443747>
- Finney, B., y Houston, J. (1996). *Surfing: A history of the ancient Hawaiian sport*. Pomegranate.
- Forsyth, J. R., de la Harpe, R., Riddiford-Harland, D. L., Whitting, J. W., y Steele, J. R. (2017). Analysis of Scoring of Maneuvers Performed in Elite Men's Professional Surfing Competitions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(9), 1243–1248. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0561>
- Furness, J., Schram, B., Cottman-Fields, T., Solia, B., y Secomb, J. (2018). Profiling Shoulder Strength in Competitive Surfers. *Sports (Basel, Switzerland)*, 6(2), 52. <https://doi.org/10.3390/sports6020052>
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A., y Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(6), 1042–1047. <https://doi.org/DOI:10.1249/01.MSS.0000128199.23901.2F>
- Ingersoll, K. A. (2016). *Waves of knowing*. Duke University Press.
- International Surfing Association. (2018). *About ISA*. <http://www.isasurf.org/isa-info/isa>
- Kahanamoku, D., y Brennan, J. (1968). *Duke Kahanamoku's world of surfing*. Grosset & Dunlap.

- Loveless, D. J., y Minahan, C. (2010a). Peak aerobic power and paddling efficiency in recreational and competitive junior male surfers. *European Journal of Sport Science*, 10(6), 407–415. <https://doi.org/10.1080/17461391003770483>
- Loveless, D. J., y Minahan, C. (2010b). Two reliable protocols for assessing maximal-paddling performance in surfboard riders. *Journal of Sports Sciences*, 28(7), 797–803. <https://doi.org/10.1080/02640411003770220>
- Lowdon, B. J., Bedi, J. F., y Horvath, S. M. (1989). Specificity of Aerobic Fitness Testing of Surfers. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 21, 7–10.
- Lowdon, B. J., y Pateman, N. A. (1980). Physiological Parameters of International Surfers. *Australian Journal of Sports Medicine*, 12, 30–33.
- Lundgren, L., Newton, R. U., Tran, T. T., Dunn, M., Nimphius, S., y Sheppard, J. (2014). Analysis of Manoeuvres and Scoring in Competitive Surfing. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 9(4), 663–670. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.9.4.663>
- McLaren, S. J., Smith, A., Spears, I. R., y Weston, M. (2016). A detailed quantification of differential ratings of perceived exertion during team-sport training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(3), 290-295.
- Meir, R. A., Lowdon, B. J., y Davie, A. J. (1991). Heart rates and estimated energy expenditure during recreational surfing. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 23, 70–74.
- Mendez-Villanueva, A., y Bishop, D. (2005). Physiological aspects of surfboard riding performance. *Sports Medicine*, 35(1), 55–70. <https://doi.org/DOI:10.2165/00007256-200535010-00005>

- Mendez-Villanueva, A., Bishop, D., y Hamer, P. (2006). Activity profile of world-class professional surfers during competition: a case study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 477–482. <https://doi.org/10.1519/16574.1>
- Mendez-Villanueva, A., Mujika, I., y Bishop, D. (2010). Variability of competitive performance assessment of elite surfboard riders. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 135–139. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a61a3a>
- Moore, M. S. (2011). Sweetness and blood: How surfing spread from Hawaii and California to the rest of the world, with some unexpected results. Rodale.
- Pandolf, K. B., Burse, R. L., y Goldman, R. F. (1975). Differentiated ratings of perceived exertion during physical conditioning of older individuals using leg-weight loading. *Perceptual and Motor Skills*, 40(2), 563–574. <https://doi.org/10.2466/pms.1975.40.2.563>
- Parsonage, J. R., Secomb, J. L., Tran, T. T., Farley, O. R. L., Nimphius, S., Lundgren, L., y Sheppard, J. M. (2017a). Gender Differences in Physical Performance Characteristics of Elite Surfers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(9), 2417–2422. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001428>
- Parsonage, J., Secomb, J. L., Sheppard, J. M., Ferrier, B. K., Dowse, R. A., y Nimphius, S. (2017b). Upper-Body Strength Measures and Pop-Up Performance of Stronger and Weaker Surfers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Ahead of print. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002377>
- Patterson, D. (2002). Physiological and physical fitness profiles of elite South African surfers. *Surfing Medicine*, 21, 3–5.

- Secomb, J. L., Farley, O. R. L., Lundgren, L. E., Tran, T. T., Nimphius, S., & Sheppard, J. M. (2013). Comparison of the sprint paddling performance between competitive male and female surfers. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, *21*, 118–120.
- Secomb, J. L., Nimphius, S., Farley, O. R., Lundgren, L., Tran, T. T., y Sheppard, J. M. (2016). Lower-Body Muscle Structure and Jump Performance of Stronger and Weaker Surfing Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *11*(5), 652–657. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0481>
- Secomb, J. L., Sheppard, J. M., y Dascombe, B. J. (2015). Time-Motion Analysis of a 2-Hour Surfing Training Session. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *10*(1), 17–22. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0002>
- Sheppard, J. M., Nimphius, S., Haff, G.G, Tran, T.T., Spiteri, T., Brooks, H., Slater, G., y Newton, R. U. (2013). Development of a Comprehensive Performance-Testing Protocol for Competitive Surfers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *8*(5), 490–495.
- Sheppard, J. M., McNamara, P., Osborne, M., Andrews, M., Oliveira Borges, T., Walshe, P., y Chapman, D. W. (2012). Association between anthropometry and upper-body strength qualities with sprint paddling performance in competitive wave surfers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *26*(12), 3345–3348. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31824b4d78>
- Sinclair, W. H., Kerr, R. M., Spinks, W. L., y Leicht, A. S. (2009). Blood lactate, heart rate and rating of perceived exertion responses of elite surf lifesavers to high-performance competition. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *12*(1), 101–106. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.10.008>

- Stranger, M. (2010). Surface and substructure: beneath surfing's commodified surface. *Sport in Society*, 13(7–8), 1117–1134. <https://doi.org/10.1080/17430431003780054>
- Tran, T. T., Lundgren, L., Secomb, J., Farley, O.R., Haff, G. G., Newton, R. U., Nimphius, S., y Sheppard, J. M. (2015a). Development and Evaluation of a Drop-and-Stick Method to Assess Landing Skills in Various Levels of Competitive Surfers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(3), 396–400. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0375>
- Tran, T. T., Lundgren, L., Secomb, J., Farley, O. R., Haff, G. G., Seitz, L. B., Newton, R. U., Nimphius, S., y Sheppard, J. M. (2015b). Comparison of Physical Capacities between Nonselected and Selected Elite Male Competitive Surfers for the National Junior Team. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(2), 178–182. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0222>
- Walker, I. (2011). *Waves of resistance: Surfing and history in twentieth-century Hawaii*. University of Hawai'i Press.
- Wang, R., Blackburn, G., Desai, M., Phelan, D., Gillinov, L., Houghtaling, P., y Gillinov, M. (2017). Accuracy of Wrist-Worn Heart Rate Monitors. *JAMA Cardiology*, 2(1), 104–106. <http://doi.org/10.1001/jamacardio.2016.3340>
- Warshaw, M. (2010). *The history of surfing*. Chronicle Books.
- Weston, M., Siegler, J., Bahnert, A., McBrien, J., y Lovell, R. (2015). The application of differential ratings of perceived exertion to Australian Football League matches. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(6), 704–708. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.001>

World Surf League. (2019). *Rules and Regulations*.

<http://www.worldsurfleague.com/pages/rules-and-regulations>

Capítulo 12

Anexos

Capítulo 12. Anexos

12.1. Portadas de los estudios publicados

COMPARISON OF ANTHROPOMETRY AND LOWER LIMB POWER QUALITIES ACCORDING TO DIFFERENT LEVELS AND RANKING POSITION OF COMPETITIVE SURFERS

IOSU FERNANDEZ-GAMBOA,¹ JAVIER YANCI,² CRISTINA GRANADOS,² AND JESUS CAMARA²

¹High Performance Program Department, Gipuzkoa Surfing Association, Donostia-San Sebastián, Spain; and ²Department of Physical Education and Sport, Faculty of Education and Sport, University of the Basque Country, UPV/EHU, Vitoria-Gasteiz, Spain

ABSTRACT

Fernandez-Gamboa, I, Yanci, J, Granados, C, and Camara, J. Comparison of anthropometry and lower limb power qualities according to different levels and ranking position of competitive surfers. *J Strength Cond Res* 31(8): 2231–2237, 2017—The aim of this study was to compare competitive surfers' lower limb power output depending on their competitive level, and to evaluate the association between competition rankings. Twenty competitive surfers were divided according to the competitive level as follows: international (INT) or national (NAT), and competitive ranking (RANK_{1–50} or RANK_{51–100}). Vertical jump and maximal peak power of the lower limbs were measured. No differences were found between INT and NAT surfers in the anthropometric variables, in the vertical jump, or in lower extremity power; although the NAT group had higher levels on the elasticity index, squat jumps (SJs), and counter movement jumps (CMJs) compared with the INT group. The RANK_{1–50} group had a lower biceps skinfold ($p < 0.01$), lower skinfolds in the legs (Front thigh: $p \leq 0.05$; medial calf: $p < 0.01$), lower sum of skinfolds ($p \leq 0.05$), higher SJ ($p < 0.01$), CMJ ($p < 0.01$), and 15 seconds vertical CMJ ($p \leq 0.05$); also, maximal peak power of the right leg (MPP_R) and left leg (MPP_L) were higher in the RANK_{1–50} group. Moderate to large significant correlations were obtained between the surfers' ranking position and some skinfolds, the sum of skinfolds, and vertical jump. Results demonstrate that surfers' physical performance seems to be an accurate indicator of ranking positioning, also revealing that vertical jump capacity and anthropometric variables play an important role in their competitive performance, which may be important when considering their power training.

KEY WORDS vertical jump, strength assessment, lower extremity, water sports, leg asymmetry, skinfold

Address correspondence to Iosu Fernandez-Gamboa, iosugamboa@gmail.com.

31(8)/2231–2237

Journal of Strength and Conditioning Research
 © 2016 National Strength and Conditioning Association

INTRODUCTION

Surfing is performed in a dynamic environment (10) with challenging situations (21), which compel surfers to adapt to variable oceanic conditions while maintaining a high level of performance (9). Surfing competitions last from 20 to 40 minutes depending on the format of the competition, and surfers' activity is characterized by repeated bouts where balance and force development are required (20). During competition, the surfer's score is determined by commitment, the degree of difficulty of the wave being ridden and the characteristics of the maneuvers, such as speed and power (29). In this sense, the physical conditioning of the lower limbs, along with the surfers' anthropometric characteristics, has been shown to play an important role in surfer discrimination (12,23,26).

Specific anthropometric characteristics have been related to the competitive level of junior (12,27) and senior surfers (26). Previous research has observed that the inverse association between the height of the center of gravity above the base of support and stability (14) may mean that shorter surfers have an advantage in surfing performance (21). This could explain why competitive surfers tend to be shorter than the average age-matched sporting population (19,21). Furthermore, because of the maturation process senior surfers have been shown to be taller, heavier, and have a greater composite lean mass ratio (LMR) (body mass/ \sum 7-site skinfold thickness) than young surfers (26). Therefore, considering that increased levels of body fat are inversely related to surfing performance (3) and the association between LMR and maturation (26), a study of anthropometric characteristics according to the competitive level should help to better understand the influence of these parameters on surfing performance.

Furthermore, strength and power abilities seem to play a role in surfing performance (27). Surfers competing in the World Championship Tour (WCT) performed higher 1 repetition maximum (1RM) than surfers competing in the World Qualifying Series (WQS) (26). Similarly, Tran et al. (27), observed higher vertical jump capacity (i.e., relative vertical jump peak force, vertical jump peak velocity, and vertical jump height) in selected Australian elite competitive male junior surfers in comparison with nonselected surfers.

VOLUME 31 | NUMBER 8 | AUGUST 2017 | 2231

Sex differences in competitive surfers' generic and specific strength capacity

AUTHORS: Iosu Fernandez-Gamboa¹, Javier Yanci¹, Cristina Granados¹, Bret Freemyer², Jesus Camara¹

¹ Department of Physical Education and Sport, Faculty of Education and Sport, University of the Basque Country, UPV/EHU, Vitoria-Gasteiz, Spain

² Department of Kinesiology and Rehabilitation Science, University of Hawaii, Manoa, Honolulu, Hawaii

ABSTRACT: To compare the pop-up and counter movement jump (CMJ) and to analyse the relationships among the variables between sexes and different ages [under (U16), over (O16) 16 years] in male and female competitive surfers. Eighty-three surfers were divided according to sex, male (n = 55) and female (n = 28), and to age, U16 (n = 47) and O16 (n = 36). Vertical jump and pop-up movements were measured through the vertical ground reaction force with a force plate. CMJ demonstrated that the O16 male group exhibited significantly greater force compared to females in the concentric phase of the jump (CMJ_{EMAX}) ($p < 0.01$, ES = 1.82, large). Female U16 and O16 groups presented increased unloading rates in the eccentric phase compared to male surfers (CMJ_{UR}) ($p < 0.05$, ES = 0.73, moderate and $p < 0.05$, ES = 0.12, trivial, respectively). O16 males obtained significantly greater values than O16 females in the push-up phase (POP_{POSH}) ($p < 0.05$, ES = 0.76, moderate). Moderate correlations were found between lower-body power capacity and the pop-up ($r = 0.32$; ± 0.16 CL, $p < 0.01$, 98.1/1.9/0, very likely, moderate). General and skill-specific strengths are different in competitive male and female surfers, dependent upon their age range. The moderate association between CMJ and pop-up suggests that the pop-up might be influenced by other factors such as coordination or upper-body strength. Therefore, competitive surfers should also train the upper body strength and overall coordination in order to improve the performance of the pop-up movement.

CITATION: Fernandez-Gamboa I, Yanci J, Granados C et al. Sex differences in competitive surfers' generic and specific strength capacity. *Biol Sport*. 2020;37(1):49–57.

Received: 2019-06-02; Reviewed: 2019-09-16; Re-submitted: 2019-10-15; Accepted: 2019-11-29; Published: 2020-01-30.

Corresponding author:
Iosu Fernandez de Gamboa
 Department of Physical
 Education and Sport, Faculty
 of Education and Sport,
 University of the Basque Country,
 UPV/EHU
 Portal de Lasarte 71, 01007
 Vitoria – Gasteiz, Spain
 Phone: (+34) 654930050
 Email: iosugamboa@gmail.com

Key words:
 Power
 Sex
 Athletic performance
 Muscle strength

INTRODUCTION

Due to the variety of different ocean conditions in which competitions take place, the surfer has to evaluate waves and adapt his or her movements to them [1]. The first movement performed during wave riding is the pop-up [2]. It consists of a rapid transition from lying prone to a standing position on the surfboard, when the wave begins to carry the surfer forward. The execution of the pop-up should not jeopardize the stability of the board, given that excessive forces would compromise its buoyancy. Thus, an efficient pop-up technique allows surfers to have better wave positioning, extended wave riding times, and increased potential to perform more manoeuvres [3]. The pop-up is broken down into three phases: push-up, leg movement and landing. Two previous investigations have examined vertical ground reaction forces of surfers during this sport-specific movement [2,3]. Eurich et al. [3] analysed kinetic parameters exerted by the arms only during the push-off phase. Recently, Parsonage et al. [2] analysed pop-up differences between male and female surfers' isometric and dynamic push-up strength and length of time from chest lift off to front foot contact. However, previous studies have not analysed

the different phases of the pop-up in competitive surfers and how this may vary between sexes and with age. Although it is known that anthropometric characteristics [1] and physical conditioning [4] are different between male and female surfers, it is unknown how performance in the specific phases of the pop-up may differ between sexes.

Another important feature of competitive surfing is the general lower-body strength [5]. Previous research observed that higher ranked surfers had superior performance in counter movement jumps (CMJ) than lower ranked surfers [5], and elite competitive surfers who had competed in the Australian Nationals or World Junior Championships male junior surfers had higher vertical jump capacity (i.e., relative vertical jump peak force, vertical jump peak velocity, and vertical jump height) than non-elite surfers [6]. Consequently, strength and power capacities appear to play a significant role in surfing performance [6]. Nonetheless, these strength and power capacities have never been analysed in any research making a distinction between competitive male and female surfers. In addition,

COMPETITION LOAD DESCRIBED BY OBJECTIVE AND SUBJECTIVE METHODS DURING A SURFING CHAMPIONSHIP

IOSU FERNÁNDEZ-GAMBOA,¹ JAVIER YANCI,² CRISTINA GRANADOS,²
BRET FREEMYER,³ AND JESÚS CÁMARA²

¹High Performance Program Department, Gipuzkoa Surfing Association High Performance Program, Donostia-San Sebastián, Spain; ²Department of Physical Education and Sport, Faculty of Education and Sport, University of the Basque Country, UPV/EHU, Vitoria-Gasteiz, Spain; and ³Department of Kinesiology and Rehabilitation Science, University of Hawaii, Manoa Honolulu, Hawaii

ABSTRACT

Fernández-Gamboa, I, Yanci, J, Granados, C, Freemyer, B, and Cámara, J. Competition load described by objective and subjective methods during a surfing championship. *J Strength Cond Res* 32(5): 1329–1335, 2018—The aims of this study were to describe the competition load of surfers during a single heat through objective and subjective methods and to analyze the relationship between objective and subjective methods with the judges' score. Ten competitive surfers were fitted with a global positioning system (GPS) during a competitive heat. The GPS was synchronized with a chronometer and a stationary video camera to identify the surfer's specific actions. After the end of each heat, participants were assessed for the rating of perceived respiratory and muscular exertion (RPE_{res}, RPE_{mus}), and also, official scores from every participant were collected. A very large significant relationship between wave-riding distance and respiratory perceived exertion heat load (RPE_{res} HL, $r = 0.79$; ± 0.26 confidence limit [CL], $p < 0.01$, 99.5/0.4/0.1, very likely) was found. Active time was also very large and significantly related to both RPE_{res} HL ($r = 0.75$; ± 0.29 CL, $p < 0.05$, 99.0/0.8/0.2, very likely) and muscular perceived exertion heat load (RPE_{mus} HL, $r = 0.83$; ± 0.22 CL, $p < 0.01$, 99.8/0.2/0.0, most likely). Very large significant correlation was obtained between the RPE_{res} and score ($r = 0.83$; ± 0.22 CL, $p < 0.01$, 99.8/0.2/0.0, most likely). The subjective method seems to be a good instrument to assess the HL of a surf competition. Wave characteristics seem to be an important factor in perceived exertion during competitive surfing.

KEY WORDS global positioning system, score, rating of perceived exertion, heat load

INTRODUCTION

Surfing has developed a multimillion-dollar worldwide business (13), and it will be included in the 2020 Olympic Games. The World Surf League (WSL) holds 185 international competitions per year around the globe with more than 1,000 professional athletes inscribed (3,4,13,15,18–20,26), and surfing competitions are organized in more than 98 countries (3,4,13,15,18–20,26). Previous research on surfing focused on the characteristics of surfing competition (3,4,15,18–20). On the one hand, a previous study to assess the physiological demands during a surfing heat, in the top 30 ranked surfers from the New Zealand surf association, has shown a mean heart rate (HR_{mean}) of 139 ± 11 b·min⁻¹ (64% of their maximum HR [HR_{max}]) and a peak HR (HR_{peak}) of 190 ± 12 b·min⁻¹ (87% of their HR_{max}) (3). On the other hand, the physical demands (external load) have been carried out with global positioning system (GPS) units during both, training sessions and competitive heats (18,23). Specifically, it has been reported that during a 2-hour surfing training session, participants covered a total distance of $6,293.2 \pm 1826.1$ m (range = 4,491–9,527 m) with a consistent decline in HR_{peak} and HR_{mean} (20). Nevertheless, during a 20-minute surfing competitive heat, the total distance covered was $1,605 \pm 313.5$ m (18).

Although objective methods have been used to quantify the physical and physiological demands during surfing (18,23), an HR monitor transmitter belt fastened around the sternum and a wrist GPS unit during surfing have a major drawback: surfers complain about their comfort during paddling with those devices. Besides, considering that during a surfing heat, total paddling time represents approximately the 51–58% of a surfing heat (3,19) and, secondly, that sprint paddling is a key action leading to wave riding (24); the use of these devices could hamper the efficiency of the paddling

Address correspondence to Iosu Fernández-Gamboa, iosugamboa@gmail.com.

32(5)/1329–1335

Journal of Strength and Conditioning Research
© 2017 National Strength and Conditioning Association

VOLUME 32 | NUMBER 5 | MAY 2018 | 1329

Copyright © National Strength and Conditioning Association. Unauthorized reproduction of this article is prohibited.

12.2. Índice de calidad de las revistas

Artículo	Revista	ISSN	País	Web	Categoría	Métrica IF	IF	Cuartil
1 (2017)	JSCR	1064-8011	Estados Unidos	https://journals.lww.com/nsca-jscr/pages/default.aspx	Ciencias del deporte	JCR	2.325	2
2 (2018)	JSCR	1064-8011	Estados Unidos	https://journals.lww.com/nsca-jscr/pages/default.aspx	Ciencias del deporte	JCR	3.017	1
3 (2020)	Biology of Sport	0860-021X	Polonia	https://www.termedia.pl/Journal/Biology_of_Sport-78	Ciencias del deporte	JCR	2.202	2

JSCR = Journal of Strength and Conditioning Research; ISSN = International Standard Serial Number; IF = Journal impact factor.

12.3. Nivel de cumplimiento de la normativa vigente para las tesis elaboradas mediante compendio de artículos

En cumplimiento con la comisión académica que regula el programa de tesis doctoral en Actividad Física y Deportiva, y la legislación actual (BOE 19 de Julio 2019), la UPV/EHU sobre la elaboración de tesis a través de un compendio de artículos establece que:

- a) Podrán optar por la presentación de la tesis en esta modalidad aquellos doctorandos/as que tengan publicados o aceptados para su publicación al menos tres contribuciones realizadas durante el periodo de permanencia en el programa de doctorado.
- b) Las contribuciones deberán ser artículos en revistas científicas que aparezcan en la última relación publicada por el Journal Citation Report o SCOPUS.
- c) Al menos una de ellas deberá estar en el primer o segundo cuartil de su categoría.

12.3 Comité de Ética

Informe favorable del comité de ética.



NAZIOARTEKO BIKAINASUN CAMPUSA CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

IKERKETA SAILEKO ERREKTOREORDETZA VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

GIZAKIEKIN ETA HAUEN LAGIN ETA DATUERIN EGINDAKO IKERKETETARAKO UPV/EHUKO ETIKA BATZORDEAREN TXOSTENA

M^a Jesús Marcos Muñoz andreak, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitateko (UPV/EHU) GIEBeko idazkari gisa,

HAU ZIURTATZEN DU:

Gizakiek in egindako Ikerketarako Etika Batzorde honek (GIEB) 2014ko otsailaren 17ko EHAAn ezarritako baldintzak betetzen ditu, eta ikertzaile honen proposamena aztertu du: Iosu Fernández de Gamboa Rueda, M10_2015_239_FERNÁNDEZ DE GAMBOA RUEDA ikerketa proiektu hau egiteko: "Análisis del rendimiento físico, cuantificación de la carga y de la fatiga en surfistas".

Rontuan hartu dira honako alderdi hauek:

- Ikerketa behar bezala justifikatuta dago helburu eta xedeei dagokienez; osasunari eta jakintzari onura ekarriko diete, eta, beraz, subjektuentzat aurreikus daitezkeen arrisku eta eragozpenak justifikatuta daude espero diren emaitzak lortzeko.
- Ikerketak hipotesi argi bat proposatzen du, onartutako printzipio eta metodo zientifikoetan oinarritua, datu fidagarri eta baliagarriak ekarriko dituzten teknika estatistiko egokiak barne hartuta.
- Ikertzaile taldearen gaitasuna eta erabilgarri dituzten baliabideak aproposak dira proiektua gauzatzeko.
- Subjektuak biltzeko aurreikusitako plana egokia da.
- Informatzeko eta baimena lortzeko prozedurak baldintza etikoak betetzen ditu, eta barne hartzen ditu informazio orri eta baimen informatu ereduak.
- Datu pertsonalak babesten dira, eta Datu Babeserako Euskal Agentzian (AVPD) alta egin zaio ikerketa fitzategiari.
- Ikerketa egiteko beharrezkoak diren indarrek akordio, hitzarmen eta arauak jaso dira.

GIEBak, osasunari zein Lan Prozedura Arautuari dagokienez, UPV/EHUren 2014ko otsailaren 17ko Erabakia eta Jardunbide Egokiaren Arauak betetzen ditu.

GIEBak, 2015ko azaroaren 23an bileran, ALDEKO TXOSTENA egin zuen (70/2015 aktan jasoa), ondorengo ikertzaile hauek ikerketa proiektu hori egin dezaten:

- Iosu Fernández de Gamboa
- Javier Yanci I
- Cristina Granados
- Jesús Cámara
- Oihane Alberich

Hau sinatzen dut, Leioan, 2015ko abenduaren 3an

INFORME DEL COMITÉ DE ÉTICA PARA LAS INVESTIGACIONES CON SERES HUMANOS, SUS MUESTRAS Y SUS DATOS (CEISH) DE LA UPV/EHU

M^a Jesús Marcos Muñoz como Secretaria del CEISH de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

CERTIFICA

Que este Comité de Ética para la Investigación con Seres Humanos (CEISH), que reúne los requisitos establecidos en el BOPV de 17 de febrero de 2014, ha evaluado la propuesta del investigador: D. Iosu Fernández de Gamboa Rueda, M10_2015_239_FERNÁNDEZ DE GAMBOA RUEDA, para la realización del proyecto de investigación: "Análisis del rendimiento físico, cuantificación de la carga y de la fatiga en surfistas"

Considerando que,

- La investigación presenta una justificación adecuada en cuanto a sus objetivos y fines, que proporcionarán un beneficio para la salud y el conocimiento; y por tanto, los riesgos y molestias previsibles para los sujetos están justificados para los resultados esperables.
- La investigación propone una hipótesis clara, basada en principios y métodos científicos aceptados, incluyendo técnicas estadísticas adecuadas, que producirán datos fiables y válidos.
- La capacidad del equipo investigador y los recursos disponibles son los adecuados para realizar el proyecto.
- El plan de reclutamiento de los sujetos previsto es el adecuado.
- El procedimiento de información y obtención del consentimiento cumple con los requisitos éticos, incluyendo los modelos de hoja de información y consentimiento informado.
- Se protegen los datos personales, y se ha dado de alta el fichero de investigación en la AVPD (Agencia Vasca de Protección de Datos).
- Se recogen los acuerdos, convenios y requisitos normativos vigentes necesarios para llevar a cabo la investigación.

El CEISH, tanto en su composición, como en su Procedimiento Normalizado de Trabajo, cumple con el Acuerdo de la UPV/EHU de 17 de febrero de 2014 y con las Normas de Buenas Prácticas.

Ha emitido INFORME FAVORABLE en la sesión del CEISH celebrada el 23 de noviembre de 2015 (recogido en su acta 70/2015), a que dicho proyecto de investigación sea realizado, por los siguientes investigadores:

- Iosu Fernández de Gamboa
- Javier Yanci I
- Cristina Granados
- Jesús Cámara
- Oihane Alberich

Lo que firmo en Leioa, a 3 de diciembre de 2015

M^a Jesús Marcos Muñoz
GIEBeko idazkaria/Secretaria del CEISH

* UPV/EHUren ikerketa etiraka kontrazten afitan etikako organoak arautzeko ararotgia

* Reglamento por el que se regulan los órganos de ética en la investigación y la práctica docente de la UPV/EHU