



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Implementación de la recuperación activa inmediata, a las 12 y 24 horas post-esfuerzo en jugadores juveniles de futbol

Camilo Andrés Villamizar Sierra

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina

Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad física

Bogotá, Colombia

2017

Implementación de la recuperación activa inmediata, a las 12 y 24 horas post-esfuerzo en jugadores juveniles de futbol

Camilo Andrés Villamizar Sierra

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Fisioterapia del deporte y la Actividad Física

Director:
DR. MAURICIO SERRATO ROA

Co-Director:
DR. JULIAN FIGUEROA

Línea de Investigación:
Deporte y Salud

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina
Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad física
Bogotá, Colombia
2017

Dedicatoria

Primero que todo a Dios que me permitió estudiar, y me sostuvo de su mano para evitar que desistiera.

A mis padres, esposa, hermanos, hija y todas aquellas personas que han creído en mi esfuerzo.

Agradecimientos

Al Dr. Mauricio Serrato (Director del trabajo de grado), Dr. Julián Figueroa (codirector del trabajo de grado), Fisioterapeuta Erika Mabel Mancera (evaluadora del trabajo de grado), Dr. Paul Anthony Camacho (Jefe División de investigaciones de la Fundación Oftalmológica de Santander-FOSCAL), Dr. Daniel Cohen (investigador de la FOSCAL y de la Universidad de Santander-UNDES), Dra. Martha Hijuelos (Directora del programa de Fisioterapia de la UNDES), Dra. Claudia Lozano (Coordinadora académica del programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico de la UNDES), Dra. María Carolina Bueno (Coordinadora del Laboratorio Clínico de la UNDES), Lic. Alex Bautista (auxiliar de investigación), Lic. Diana Jaimes (auxiliar de investigación), Lic. Oscar Leiva (Preparador Físico del Club Deportivo Real Santander), Lic. Fernando Galvis (Director Técnico del Club Deportivo Real Santander), Fisioterapeuta Odair Bacca (auxiliar de investigación), Nidia Suarez (Administradora del Centro de Acondicionamiento PROGYM) y Claudia Arévalo (Gerente del Centro de Acondicionamiento PROGYM). Futbolistas categoría sub 20 del Club Deportivo Real Santander, estudiantes de la asignatura Proyecto I de la Universidad de Santander-UNDES, y Fisioterapeuta Juan Carlos Sánchez docente de la asignatura Proyecto I.

Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar los efectos de la recuperación activa post esfuerzo realizada en 3 momentos diferentes:: inmediatamente, 12 y 24 horas sobre los marcadores bioquímicos como la Creatin Kinasa en jugadores juveniles de futbol. Un Ensayo Controlado Aleatorizado con asignación a 3 grupos fue realizado: A. recuperación activa inmediata post esfuerzo, B. recuperación activa realizada a las 12 horas post esfuerzo. C. recuperación activa realizada 24 horas después del esfuerzo. Este estudio incluyo 27 sujetos pertenecientes a un equipo de futbol Colombiano de la segunda división. La velocidad, fuerza explosiva y Creatin Kinasa (CK) en sangre fueron evaluados antes y después de las intervenciones. El protocolo SAFT fue aplicado a los participantes para generar fatiga. La muestra de CK fue tomada una hora antes y una hora después de la aplicación del test de fatiga, y también a las 48 horas después de la toma inicial. Mejorías en el salto y la velocidad fueron observadas en los 3 grupos ($P < 0.05$) pero no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. En todos los participantes hubo un incremento significativo en la CK después de la aplicación del SAFT 90 (mediana 103.1-111.1). La CK medida después de 48 horas refleja una recuperación en todos los grupos, sin embargo el grupo C muestra un decline en los niveles de CK en comparación con la línea de base (-55.5 (-96.3 / -20.4)) lo cual es un hallazgo significativo. Otras investigaciones han mostrado que la CK no retorna rápidamente a la línea de base, pero nuestro estudio mostro que la recuperación activa favore al aclaramiento de este biomarcador.

Palabras clave: recuperación activa, post entrenamiento, futbolistas juveniles, creatin fosfoquinasa.

Abstract

The aim of this study was determine the effects of active recovery post effort made at three different times: immediately, at 12 and 24 hours on biochemical markers creatine kinase in youth soccer player's categories. A randomized controlled trial with allocation to three groups was performed: A. active recovery immediately after the effort; B. active recovery performed at 12 hours after the effort; C. active recovery made at 24 hours after the effort. This study included 27 subjects belonging to a Colombian soccer team of second division. The velocity, explosive force and Creatin Kinase (CK) in blood was tested before and after interventions. SAFT 90 protocol was applied to participants for generate fatigue. CK samples were taken one hour before the application of the fatigue test, one hour after the fatigue protocol and 48 of the initial CK sample. Improvements in jumping and speed recovery the 3 groups ($p < 0.05$), but no statistically significant differences between groups was observed after recuperation. In all participants there was a significant increment of CK when applied SAFT 90 in all the groups (median 103.1-111.1). The CK measurement after 48 hours reflects a recovery in all groups, however the group C, a decline below baseline levels of -55.5 (-96.3 / -20.4) which is a significant find. Other research has shown that CK does not return quickly to their baseline, but our study shows that active recovery favors the clearance of CK.

Keywords: Active recuperation, post-training, young soccer players, creatine phosphokinase.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XIII
Lista de tablas	XIV
Introducción	1
1. Generalidades del proyecto	5
1.1 Antecedentes	5
1.2 Planteamiento del problema	11
1.3 Justificación	12
1.4 Objetivos	13
1.4.1 Objetivo general	13
1.4.2 Objetivos específicos	13
1.5 Descripción de la operalización de las variables	15
1.6 Hipótesis de investigación	17
1.6.1 Pregunta de investigación	17
1.6.2 Componente PICOTR	17
1.6.3 Componente FINER	18
1.7 Hipótesis	19
1.7.1 Hipótesis Alternativa	19
1.7.2 Hipótesis Nula	19
2. Marco Teórico	21
2.1 Fatiga	22
2.1.1 Teoría de la acumulación de metabolitos	23
2.1.2 Teoría de la degradación de sustratos energéticos	24
2.1.3 Utilización de la glucosa para el movimiento corporal	24
2.1.4 Teoría de la micro lesión muscular	28
2.2 Estrategias de recuperación post esfuerzo	29
2.2.1 Nutricionales y de hidratación	29
2.2.2 Dormir	31
2.2.3 Inmersión en agua fría y contrastes	32
2.2.4 Crioterapia del cuerpo entero (Whole Body-Cryotherapy WBC)	33
2.2.5 Trajes de compresión	34
2.2.6 Electroestimulación	34
2.2.7 Masaje	35
2.2.8 Recuperación activa	35

2.3	Capacidades Físicas.....	37
2.3.1	Velocidad	37
2.3.2	Fuerza explosiva por medio del salto, Countermovement Jump (CMJ)	38
2.4	Plataforma optogait para la medición del CMJ	38
2.5	Biomarcador sanguíneo de la fatiga.....	39
2.5.1	Creatina Kinasa (CK) (pico de aparición y aclaramiento).....	39
2.6	Mapa conceptual.....	44
3.	Metodología.....	45
3.1	Tipo de estudio	45
3.2	Población	45
3.2.1	Criterios de inclusión.	45
3.3	Diseño Del Estudio	46
3.4	Descripción del protocolo de fatiga	48
3.5	Procedimientos De Evaluación	50
3.5.1	Evaluación de los marcadores bioquímicos.....	50
3.5.2	Test de Fuerza explosiva y Velocidad	51
3.5.3	Test para establecer la intensidad del ejercicio de recuperación activa (ejercicio aeróbico de baja intensidad) de manera individual en el deportista.	52
4.	Análisis estadístico de los datos	53
5.	Resultados	57
5.1	Resultados obtenidos	57
5.2	Análisis de los Resultados	62
6.	Discusión.....	67
7.	Conclusiones y recomendaciones	73
7.1	Conclusiones	73
7.2	Recomendaciones	74
8.	imitaciones	75
9.	Consideraciones éticas	79

Lista de figuras

	Pág.
Figura 2-1. Mapa Conceptual	44
Figura 5-1. Sprint Pre y Post intervención recuperación activa, 0, 12 y 24 horas.....	59
Figura 5-2. CMJ Pre y Post intervención recuperación activa, 0, 12 y 24 horas.....	59
Figura 5-3. Comportamiento de la CPK entre grupos	62

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1 Descripción de la operalización de las variables	15
Tabla 5-1. Datos Antropométricos.....	57
Tabla 5-2. Análisis de los datos de línea de base de los grupos	58
Tabla 5-3. Análisis de los datos entre grupos.....	58
Tabla 5-4. Análisis de los datos entre grupos.....	59
Tabla 5-5. Análisis de los datos de CPK	60
Tabla 5-6. Análisis de la CPK entre grupos (mediana y rangos intercuartílicos P25-P75)	61

Introducción

El deporte es un fenómeno universal que hace parte de la cultura y la vida de las personas¹. Se hace referencia a este como una actividad física, individual o colectiva, practicada de una forma competitiva².

El deporte competitivo implica ejercicios físicos más extenuantes, ejecución de movimientos con un mayor nivel de complejidad, que combinan factores intrínsecos y extrínsecos por medio del planteamiento de objetivos y métodos dirigidos hacia el proceso de rendir^{3 4 5}.

En la búsqueda del rendimiento deportivo, es fundamental el rol del entrenamiento físico, el cual tiene como objetivo generar una serie de respuestas fisiológicas en los diferentes sistemas del cuerpo. Estas respuestas se desencadenan debido a unas cargas previamente establecidas por medio de la intensidad y duración de un estímulo. Adicionalmente al entrenamiento deportivo, la actividad competitiva también genera cargas sobre estos sistemas corporales⁶.

En el caso del fútbol, este es un deporte que involucra muchas demandas físicas que incluyen sprints, cambios de velocidad y dirección, saltos, choques y acciones técnicas tales como driblar, pasar o disparar el balón. Estas actividades conllevan a que se genere

¹ DELANEY T, TIM MANDIGAN T, FARLAND M. The sociology of sport: as introduction. Newest. Firsts Edition. 2009

² ALCOBA A. Enciclopedia del deporte. Librerías Deportivas Esteban Sanz, S.L Primera Edición. 2001.

³ RODRÍGUEZ M. Deporte y cambio social en el umbral del siglo XXI. Librerías Deportivas Esteban Sanz, S.L. Primera edición. 2001.

⁴ DIETRICH MARTIN. Manual de metodología del entrenamiento deportivo. Editorial Paidotribo. Primera edición. 2001

⁵ WEINECK J. Entrenamiento total. Editorial Paidotribo. Primera edición. 2005

⁶ Ibíd.

en el deportista procesos de deshidratación, depleción de glucógeno, daño muscular y a su vez a la fatiga mental, enmarcados en un estado llamado fatiga⁷.

El glucógeno es una de las fuentes energéticas más importantes en el fútbol. Algunos investigadores han encontrado depleción de los almacenes de glucógeno casi en su totalidad al final de un partido de fútbol, conllevando a una disminución del rendimiento físico inmediatamente después del juego⁸. Este es un factor muy importante en la contribución de la fatiga muscular post ejercicio.

Teniendo en cuenta la demanda física generadas por el ciclo de entrenamiento y competencia, se debe tener en cuenta la óptima relación con adecuados procesos de recuperación post esfuerzo, que favorezca el proceso de supercompensación que tiene como objetivo facilitar el retorno del deportista a estados basales o línea de base, aumento de los potenciales energéticos, generación de cambios estructurales enmarcados por la síntesis proteica de los diferentes tejidos. Esto contribuye a que el deportista logre iguales o mejores respuestas neuromusculares comparadas con los estados pre ejercicio^{9 10 11}.

Si este proceso de recuperación no se realiza o no es permitido de una manera adecuada, se producirá un aumento del estado de fatiga o fatiga crónica, caracterizado por la reducción de la capacidad para generar trabajo muscular, y por lo tanto una disminución transitoria del control de las habilidades motoras, incidiendo de manera negativa en el rendimiento deportivo y a su vez se sumaría como un factor que incrementa el riesgo de lesión deportiva^{12 13 14}.

⁷ NEDELEC M, McCALL A, CARLING C, et al. Recovery in Soccer Part I – Post-Match Fatigue and Time Course of Recovery. *Sports Med.* 2012; 42 (12): 997-1015.

⁸ Costello JT, Baker PRA, Minett GM, Bieuzen F, Stewart IB, Bleakley C. Whole-body cryotherapy (extreme cold air exposure) 2015, Issue 9. Art.No.:CD010789. DOI: 10.1002/14651858.CD010789.pub2.

⁹ WEINECK J. OP. Cit.

¹⁰ FINSTERER J. Biomarkers of peripheral muscle fatigue during Exercise. *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2012; 13: 218-223.

¹¹ BROPHY-WILLIAMS N, ANDERS G, WALLMAN K. Effect of immediate and delayed cold water immersion after a high intensity exercise session on subsequent run performance. *Journal of Sports Science and Medicine.* 2011; 10: 665-670.

¹² FINSTERER J. Op. Cit.

¹³ NETO G, SANTOS H, SOUSA J, et al. Effects of High-Intensity Blood Flow Restriction Exercise on Muscle Fatigue. *Strength. Journal of Human Kinetics.* 2014; 41: 163-172.

¹⁴ Conceição A, J. Silva A, Barbosa T, et al. Neuromuscular Fatigue during 200 M Breaststroke. *Journal of Sports Science and Medicine.* 2014; 13: 200-210.

Dupont y col. (2010) encontraron que la tasa de lesión fue significativamente mayor cuando se jugaron 2 partidos de fútbol en una semana comparado con 1 (25.6 versus 4.1 lesiones por partido por 1000 horas de exposición)¹⁵.

Dupont y col. (2010) mencionan en su artículo que el tiempo de recuperación fisiológica adecuada posterior a un partido de fútbol se da entre las 72 a 96 horas, medidos por medio de biomarcadores sanguíneos como la Creatin Kinasa (CK) y Urea¹⁶. Esto indica que es necesario ofrecer tiempos adecuados de recuperación posterior al esfuerzo con el fin de favorecer el retorno de las respuestas fisiológicas a la línea basal y de esta manera mantener el rendimiento físico.

Un rápido y adecuado proceso de recuperación posterior al esfuerzo es importante para los atletas que participan en un programa de entrenamiento o que tienen un calendario de competición que requiere uno o más esfuerzos de alta intensidad dentro de un corto período de tiempo. Por lo tanto, es importante que haya un equilibrio adecuado entre el estrés competitivo y el proceso de recuperación post esfuerzo con el fin de maximizar las actuaciones deportivas posteriores¹⁷.

Con el fin de favorecer el proceso de recuperación, a la fecha se han propuesto numerosos métodos o estrategias tales como: nutricionales y de hidratación, estrategias de sueño (dormir), así como también métodos de recuperación pasiva que utilizan medios como la crioterapia (inmersión en agua fría), trajes de compresión, masaje y estimulación eléctrica, y métodos de recuperación activa como lo es la realización de ejercicio aeróbico de baja intensidad y estiramiento^{18,19}. Estos métodos tienen como objetivo la reposición de líquidos y sustancias electrolíticas, sustratos energéticos, aumento del flujo sanguíneo, remoción

¹⁵ DUPONT G, NEDELEC M, MCCALL A, et al. Effect of 2 Soccer Matches in a Week on Physical Performance and Injury Rate. *Am J Sports Med.* 2010; 1752-1758.

¹⁶ *Ibid.*

¹⁷ GOODALL S, HOWATSON G. The effects of multiple cold water immersions on indices of muscle damage. *Journal of Sports Science and Medicine.* 2008; 7: 235-241.

¹⁸ GHASEMI M, BAGHERI H, OLYAEI G, et al. Effects of cyclic static stretch on fatigue recovery of triceps surae in female basketball players. *Biology of Sport.* 2013; 30. 97-102.

¹⁹ Torres R, Pinhoa F, Duarte J, et al. Effect of single bout versus repeated bouts of stretching on muscle recovery following eccentric exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport.* 2013; 16: 583–588

de los metabolitos o sustancias de desecho, que favorezcan la rápida recuperación muscular²⁰.

La recuperación activa, es una de las estrategias implementadas en el deporte para el retorno a los estados fisiológicos pre ejercicio, sin embargo hay algunas hipótesis adversas con respecto a los efectos negativos, como lo es la posibilidad de aumentar la degradación del glucógeno muscular y por lo tanto retrasar la síntesis del mismo. Por ello es necesario investigar cuales serían los efectos generados con su aplicación realizada en diferentes momentos posterior al esfuerzo²¹.

La literatura científica con respecto a los procesos de recuperación post esfuerzo comparan el uso de diferentes estrategias o métodos de recuperación, pero no se menciona el uso de la misma estrategia realizada en tiempos diferentes posterior a la realización del esfuerzo.

Esto tiene gran importancia debido a que no es conocido si hay diferencias en la recuperación del deportista si se implementa una estrategia de recuperación activa post esfuerzo, en diferentes momentos (inmediatamente, 12 y 24 horas).

²⁰ GHASEMI M, BAGHERI H, OLYAEI G, et al. Op. Cit.

²¹ NEDELEC M, McCALL A, CARLING C, and et al. Recovery in Soccer. Part II—Recovery Strategies. Sports Med. 2012; 42:9-22.

1. Generalidades del proyecto

Para la búsqueda de información de este proyecto se utilizaron las siguientes bases de datos: EBSCO, OVID, PEDRO, PLOS ONE, PUBMED, REDALYCS, SCIELO, SCIENCE DIRECT, SPRINGER y WEB OF SCIENCE. Las palabras claves utilizadas fueron: active recovery, recovery post exercise, post workout recovery strategies, low intensity aerobic exercise, stretching, young soccer players and Creatin kinase.

1.1 Antecedentes

La fatiga es considerada como un complejo de alteraciones a nivel neuromuscular generada por causas tanto periféricas como centrales, que disminuyen la capacidad de trabajo muscular, afectando el rendimiento deportivo y a su vez incrementando el riesgo de lesión del deportista²².

Con el fin de evitar el estado de fatiga así como también sus efectos, se han implementado diferentes estrategias de recuperación post esfuerzo. Estas se han clasificado dentro de dos categorías: 1.) Recuperación activa (en donde se incluye el ejercicio aeróbico de baja intensidad y los estiramientos) y 2.) Recuperación pasiva²³.

Dentro de la recuperación activa se mencionan los ejercicios aeróbicos de baja intensidad como por ejemplo, trotar en banda o en tierra, ejercicios en bicicleta en agua o en tierra²⁴.

²² MARTIN P. The olympic textbook of medicine in sport. Wiley-blackwell. First Edition. 2008.

²³ REY E, LAGO-PÉÑAS C, CASÁIS L, et al. The Effect of Immediate Post-Training Active and Passive Recovery Interventions on Anaerobic Performance and Lower Limb Flexibility in Professional Soccer Players. Journal of Human Kinetics. 2012; 31:121-129.

²⁴ NEDELEC M, McCALL A, CARLING C, and et al. Op. Cit.

Sobre estas estrategias hay diferentes puntos de vista en cuanto a sus beneficios. Sin embargo la literatura así como la evidencia científica, mencionan que sus efectos benéficos, se atribuyen al incremento del flujo sanguíneo que conlleva a la oxigenación del tejido, disminución del microedema generado en tejido, prevención del estancamiento venoso, genera barrido de metabolitos o sustancias de desecho (ADP, radicales libres, dióxido de carbono o hidrogeniones) favoreciendo una rápida normalización del pH en el microambiente celular^{25 26}.

Otro de los efectos positivos está direccionado a la reducción de la tensión muscular disminuyendo la resistencia vascular periférica impuesta por este mecanismo. Sin embargo, se mencionan posibles hipótesis acerca de los efectos adversos de esta estrategia con respecto al aumento de la degradación y retraso de la síntesis del glucógeno muscular²⁷.

En algunas investigaciones se ha informado que los ejercicios de recuperación activa generan una rápida disminución de lactato en sangre, comparados con la recuperación pasiva. Con este método de recuperación se aumenta el flujo sanguíneo, facilitando el transporte de lactato al corazón y al músculo esquelético quienes son los principales sitios de captación y oxidación del lactato^{28 29}.

Dodd y col. (1984) encontraron que el uso de la recuperación activa en el período de recuperación o vuelta a la calma facilitó la eliminación del lactato de una manera más rápida comparada con un método de recuperación pasiva. La recuperación activa se realizó por medio de ejercicios aeróbicos de baja intensidad (35% VO₂ max) durante 40 minutos³⁰.

²⁵ REY E, LAGO-PEÑAS C, CASÁIS L, et al. Op. Cit.

²⁶ LOPEZ E, SMOLIGA J, ZAVORSKY G. The Effect of Passive Versus Active Recovery on Power Output Over Six Repeated Wingate Sprints. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2014; 85: 519–526.

²⁷ NEDELEC M, McCALL A, CARLING C, and et al. Op. Cit.

²⁸ VANDERTHOMMEN M, MAKROF S, DEMOULIN C. Comparison of active and electrostimulated recovery strategies after fatiguing exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2010; 9, 164-169.

²⁹ MUKAIMOTO T, SEMBA S, IOUE Y, OHNO M. Changes in transverse relaxation time of quadriceps femoris muscles after active recovery exercises with different intensities. *Journal of Sports Sciences*. 2014; 32: 766–775.

³⁰ NEDELEC M, McCALL A, CARLING C, and et al. Op. Cit.

En otros estudios han realizado comparación de dos métodos de recuperación activa, por medio de trotar en tierra (piso) y trotar inmersos en agua. En cada uno de los ejercicios las condiciones de la intensidad de recuperación fue establecida por medio de la frecuencia cardiaca previamente evaluada. Los resultados mostraron que hubo menor tiempo de recuperación en los sujetos que realizaron las recuperaciones activas inmersas en agua en comparación con los sujetos que realizaron este método en tierra³¹.

Suzuki y col. (2004) compararon las diferencias en la recuperación después de un partido de rugby usando métodos de recuperación con y sin ejercicio. Este estudio se realizó con 15 jugadores de Rugby de Japón. Los sujetos fueron aleatorizados en 2 grupos, con dos diferentes regímenes de recuperación. 7 sujetos realizaron actividades normales de la vida diaria sin ningún ejercicio, ellos hicieron parte del grupo de descanso sin ejercicio. 8 sujetos realizaron ejercicios de baja intensidad en agua durante el periodo de descanso, ellos hicieron parte del grupo de recuperación activa. Encontraron que las dos intervenciones recuperaron el daño muscular y la función de los neutrófilos, así como la fatiga mental. Sin embargo el grupo a quien se le asignó la recuperación activa presento mejores resultados sobre la percepción del estado de recuperación evaluada a través del perfil de modos de estado (POMS)³².

Gill y col. (2006) Examinaron la efectividad de 4 intervenciones sobre la tasa y magnitud de recuperación del daño muscular medido a través de la Creatin Kinasa (CK). Dentro de los métodos de recuperación propuestos se encuentran: la recuperación pasiva, recuperación activa, terapia de contrastes y prendas de compresión. La estrategia de recuperación activa logró una disminución de la CK en 88.2% en 84 horas posterior a la intervención. El traje de compresión disminuyó el 84.4% y la terapia de contraste el 85% después de 84 horas. La recuperación pasiva post partido solamente logró disminuir la CK en un 39% después de las 84 horas. El uso de la recuperación activa, los trajes de compresión y la terapia de contraste usadas en este estudio son más efectivas en la recuperación post esfuerzo que la recuperación pasiva³³.

³¹ DI MASI F, GOMES DE SOUZA R, DANTAS M, et al. Is blood lactate removal during water immersed cycling faster than during cycling on land?. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2007; 6: 188-192.

³² SUZUKI M, UMEDA T, NAKAJI S, et al. Effect of incorporating low intensity exercise into the recovery period after a rugby match. *Br J Sports Med*. 2004; 38: 436-440.

³³ TORRESA R, PINHOA F, DUARTEC J, et al. *Op. Cit.*

Mika y col. (2007) evaluaron la influencia de diferentes modos de relajación: estiramiento, recuperación activa y recuperación pasiva sobre la relajación muscular después de ejercicios dinámicos de la musculatura del cuádriceps. Estas intervenciones fueron realizadas en 10 hombres voluntarios, en edades entre 24 y 38 años, saludables y activos recreacionalmente. Los resultados de este estudio sugieren que el método de recuperación más apropiado y efectivo después de la fatiga muscular dinámica es el ejercicio activo realizado de manera leve, tal como el ciclismo con mínima resistencia³⁴.

Vanderthommen y col. (2010) compararon dos estrategias de recuperación. La electroestimulación contra la recuperación activa después de ejercicios de fatiga isométrica submáximos en 19 hombres voluntarios quienes tenían niveles bajos de actividad física. Ellos no encontraron resultados estadísticamente significativos con respecto a la contracción muscular voluntaria máxima. Uno de los resultados positivos en este estudio fue la disminución significativa en la sensación de dolor inmediatamente después del ejercicio tanto en el grupo de la recuperación activa como en el grupo de la electroestimulación³⁵.

Con respecto a la intensidad de ejercicio óptimo para recuperación activa, los estudios previos han indicado que este debe realizarse a intensidades que van entre el 29% y el 40% del consumo máximo de oxígeno. Koizumi y col. (2011) reportaron que la recuperación activa realizada a una intensidad moderada durante 20 minutos genera un mayor nivel de oxigenación muscular. Se concluyó que este método favorece que el flujo de sangre sea mayor y de esta manera aumente la oferta de oxígeno al músculo para que contribuya a la resíntesis de fosfocreatina³⁶.

Rey y col. (2012) ejecutaron un estudio cuyo objetivo fue determinar la efectividad de dos métodos de recuperación. El método activo (12 minutos de trote submáximo y 8 minutos de estiramiento estático) y el método pasivo (20 minutos sentados en una silla) realizados inmediatamente después de una sesión de entrenamiento anaeróbico. La evaluación de la

³⁴ MIKA A, MIKA P, FERNHALL B, et al. Comparison of recovery strategies on muscle performance after fatiguing exercise. *Am J Phys Med Rehabil.* 2007; 86: 474–481.

³⁵ VANDERTHOMMEN M, MAKROF S, DEMOULIN C. Op. Cit.

³⁶ MUKAIMOTO T, SEMBA S, IOUE Y, OHNO M. Op. Cit.

efectividad se realizó por medio del test de agilidad de Balsom, test de fuerza explosiva (CMJ) y el test de velocidad (sprint de 20 mt). Ellos encontraron que la recuperación activa genera diferencias significativas en el rendimiento del CMJ 24 horas después de una sesión de entrenamiento. No encontraron efectos positivos sobre el test de velocidad, así como tampoco sobre el test de agilidad de Balsom, comparados con el método de recuperación pasiva³⁷.

Mukaimoto y col. (2014) examinaron los cambios en el estado metabólico del músculo cuádriceps usando el tiempo de relajación transverso (T2), medido por imagen de resonancia magnética funcional, posterior a la realización de ejercicios de recuperación activa y pasiva a diferentes intensidades después de haberse realizado ejercicios de alta intensidad en extensión de rodilla. Los participantes en este estudio fueron 8 hombres saludables de edad similar, físicamente y mentalmente activos, quienes tuvieron experiencia de 6 meses en el entrenamiento de la resistencia aeróbica. En este estudio, encontraron que la realización de ejercicios de recuperación activa al 50% y 70% del umbral del lactato generan un rápido retorno a niveles de reposo comparado con la recuperación pasiva y la recuperación activa al 100% del umbral del lactato. Los resultados de este estudio sugieren que el ejercicio de recuperación activa con intensidades por debajo del umbral de lactato es más efectivo en la recuperación del estado metabólico del musculo cuádriceps después de ejercicios intensos, es más efectivo que los ejercicios de recuperación activa a alta intensidad o recuperación inactiva³⁸

Dentro de otras modalidades de recuperación activa se menciona al estiramiento, que es recomendado para prevenir el DOMS (Delayed Onset Muscle Soreness) y mejora el rango de movimiento por medio de la reducción de la tensión y dispersión del edema de la unidad miotendinosa³⁹.

Las razones que soporta el uso del estiramiento se encuentra en la búsqueda de la disminución del dolor muscular posterior al ejercicio, en donde la mayor manifestación

³⁷ REY E, LAGO-PEÑAS C, CASÁIS L, et al. Op. Cit.

³⁸ MUKAIMOTO T, SEMBA S, IOUE Y, OHNO M. Op. Cit.

³⁹ REY E, LAGO-PEÑAS C, CASÁIS L, et al. Op. Cit.

clínica está dada más allá de las 48 h post-ejercicio, por lo cual parece razonable la ejecución diaria de estiramientos de manera repetida⁴⁰.

Algunos estudios han mencionado la efectividad del estiramiento sobre el mejoramiento del rendimiento muscular al siguiente día de su implementación. Este tipo de estudio se ha realizado en jugadoras de baloncesto, en las cuales se ha provocado la fatiga del tríceps sural, con posterior aplicación de métodos de recuperación como el estiramiento estático⁴¹.

El estiramiento muscular pasivo es recomendado en el proceso de recuperación posterior al esfuerzo debido a los efectos sobre las propiedades mecánicas y neurales del tejido muscular. Estos efectos pueden obtenerse por medio de la implementación del estiramiento con tiempos en un rango entre 20 y 40 seg^{42 43}.

Además se ha encontrado que el uso del estiramiento realizado en varias repeticiones después del ejercicio tiene efectos positivos sobre la disminución de la rigidez y dolor muscular, al igual que sobre la actividad de la Creatin Kinasa plasmática^{44 45}.

La revisión de la literatura nos menciona la importancia de la recuperación activa (ejercicio aeróbico de baja intensidad y estiramiento estático) sobre la autopercepción de la recuperación por parte del deportista, disminución del dolor muscular post esfuerzo, control de los biomarcadores de la fatiga muscular (CK), así como también sobre el rendimiento físico evidenciado por medio de test de fuerza explosiva (CMJ). Sin embargo estos métodos se han implementado inmediatamente después de haber realizado un esfuerzo físico mas no en otros momentos, lo que abre la posibilidad de investigar cuales serían los efectos si este método se implementara a las 12 o 24 horas post esfuerzo.

⁴⁰ TORRESA R, PINHOA F, DUARTEC J, et al. Op. Cit.

⁴¹ NEDELEC M, MCCALL A, CARLING C, and et al. Op. Cit.

⁴² TORRESA R, PINHOA F, DUARTEC J, et al. Op. Cit.

⁴³ FORTIER J, LATTIER G, BABAULT N. Acute effects of short-duration isolated static stretching or combined with dynamic exercises on strength, jump and sprint performance. *Science & Sports*. 2013; 28: 111-117.

⁴⁴ TORRESA R, PINHOA F, DUARTEC J, et al. Op. Cit.

⁴⁵ KHAMWONG P, PIRUNSAN U, PAUNGMALI A. A prophylactic effect of proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretching on symptoms of muscle damage induced by eccentric exercise of the wrist extensors. *Neuro-Journal of Bodywork & Movement Therapies*. 2011: 15; 507-516.

1.2 Planteamiento del problema

El deporte competitivo es cada vez es más exigente en cuanto a la cantidad y calidad de los entrenamientos así como también de las competencias. En deportes como el futbol, que son un fenómeno mundial, el calendario de entrenamiento y de competición es cada vez más extenuantes. Por lo tanto los niveles de estrés físico y psicológico generado son altos, sumados a la disminución en los tiempos de descanso que conllevan al deportista a presentar niveles de fatiga⁴⁶.

Los niveles de fatiga deben ser evitados debido a que ésta influye de manera negativa en el rendimiento deportivo y además se convierte en uno de los factores de riesgo de lesión⁴⁷.

La recuperación activa es una de las estrategias propuestas para el retorno de la función muscular a los estados fisiológicos pre ejercicio, sin embargo hay algunas hipótesis adversas con respecto a los efectos negativos de esta, como lo es el aumento de la degradación del glucógeno muscular y por lo tanto el retraso de la síntesis del mismo. Otra de las hipótesis es con respecto al efecto psicológico que puede ejercer sobre el atleta el tener que ejercitarse inmediatamente después de una sesión de entrenamiento o de competencia⁴⁸.

Dentro de las realidades de varios clubes y escuelas de formación deportiva, está que no se realiza la recuperación post esfuerzo de manera inmediata sino después de 12 o 24 horas de la realización de la sesión de entrenamiento o competencia, y en muchos casos ni siquiera se realiza. Por lo tanto, el presente estudio busca dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son los efectos de implementar la recuperación activa post-esfuerzo en tres momentos diferentes (inmediata, 12 y 24 horas posterior al esfuerzo, sobre los marcadores bioquímicos (CPK) y variables relacionados con el rendimiento deportivo (fuerza explosiva y velocidad)?.

⁴⁶ DUPONT G, NEDELEC M, McCALL A, et al. Op. Cit.

⁴⁷ Ibid.

⁴⁸ NEDELEC M, McCALL A, CARLING C, and et al. Op. Cit.

1.3 Justificación

El exceso de entrenamiento y de actividades competitivas genera en el deportista procesos de sobreentrenamiento los cuales conllevan a un estado de fatiga, que tienen efectos directos sobre el rendimiento deportivo y de la misma manera se convierte en un factor de riesgo de lesión. Varias modalidades de recuperación se están utilizando actualmente con el fin de acelerar el retorno a los estados fisiológicos pre ejercicios buscando mantener un óptimo rendimiento de los deportistas⁴⁹.

De la misma manera los entrenadores y directores deportivos están buscando orientación para el diseño de técnicas de recuperación que mantengan el rendimiento deportivo durante el entrenamiento y las competencias subsiguientes. En consecuencia, los entrenadores a menudo dependen de métodos de ensayo y error o métodos utilizados por otros atletas o equipos exitosos^{50 51}.

Basados en lo anterior algunas investigaciones dirigidas a la recuperación deportiva post esfuerzo concluyen que se deben realizar más estudios que justifiquen la cantidad y la calidad de ejercicios propuestos en el periodo de recuperación, así como también los tiempos de ejecución de los mismos⁵².

Dentro de las estrategias de recuperación post esfuerzo que se han planteado y ejecutado en el ámbito deportivo se encuentra la recuperación activa (ejercicios aeróbicos de baja intensidad y estiramiento), que a través de la evidencia científica muestra efectos favorables sobre el rendimiento físico de los deportistas, evaluados por medio de pruebas de fuerza explosiva y velocidad (CMJ y sprint de 20 m), test de percepción de la recuperación (TQR), perfil de modos de estado (POMS), así como también a través de los marcadores bioquímicos del daño muscular (CK y Urea)^{53 54}.

⁴⁹ KELLMANN M, SCAND J. Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. *Med Sci Sports*. 2010; 20: 95–102.

⁵⁰ *Ibíd.*

⁵¹ BAHNERTA A, NORTONA K, LOCKC P. Association between post-game recovery protocols, physical and perceived recovery, and performance in elite Australian Football League players. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2013; 16: 151–156.

⁵² BROPHY-WILLIAMS N, ANDERS G, WALLMAN K. *Op. Cit.*

⁵³ MUKAIMOTO T, SEMBA S, IOUE Y, OHNO M. *Op. Cit.*

⁵⁴ TORRESA R, PINHOA F, DUARTEC J, et al. *Op. Cit.*

Los estudios en donde se ha implementado la recuperación activa han evaluado sus efectos cuando esta se realiza de manera inmediata, sin embargo no se ha evaluado la efectividad de esta estrategia implementada en diferentes momentos como por ejemplo a las 12 o 24 horas después del esfuerzo físico.

Conocer los efectos generados por la recuperación activa ejecutada en diferentes momentos posterior al ejercicio, nos orientaría en la elección idónea del tiempo en que se debe implementar esta estrategia y conseguir los efectos esperados.

Este proyecto es de gran interés para los clubes deportivos a nivel profesional, amateur y para las escuelas de formación deportiva, así como para los mismos deportistas, no solamente en el ámbito del fútbol, sino también en otros deportes que presenten niveles de entrenamiento y competencia permanentes.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- De la cuarta subdivisión en adelante, cada nueva división o ítem puede ser señalada con viñetas, conservando el mismo estilo de ésta, a lo largo de todo el documento.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar el grado de recuperación física de los grupos intervenidos por medio de la valoración de la fuerza explosiva y la velocidad posterior a la implementación de recuperación activa implementada en tres momentos diferentes.
- Comparar el nivel de recuperación física por medio de la fuerza explosiva y la velocidad entre los grupos intervenidos.
- Evaluar el comportamiento de la Creatin Kinasa (CK) posterior a la implementación de la recuperación activa realizada dentro de los tres grupos.
- Comparar el nivel de recuperación entre los grupos intervenidos por medio del comportamiento de la Creatin Kinasa (CK).

1.5 Descripción de la operalización de las variables

Tabla 1-1 Descripción de la operalización de las variables

Tipo de Variable	Variable	Definición Operacional	Descripción		
Independiente	Momento de aplicación de la recuperación activa inmediata, 12 y 24 horas posterior al esfuerzo	Ejercicio aeróbico de baja intensidad	Se realiza ejercicio aeróbico de baja intensidad (30% de la Frecuencia cardiaca de reserva, durante 12 minutos. Ejecutado en bicicleta estática.		
		Estiramiento estático	Se realiza auto estiramiento estático con duración de 30 segundos cada uno, 3 series por cada grupo muscular. 12 minutos en general.		
Tipo de Variable	Variable	Definición Operacional	Naturaleza	Escala de Medición	Unidades
Dependientes	Creatina Kinasa (CK)	Concentración de CK en plasma.	Cuantitativa	Continua	U/L
	Recuperación Físico	Fuerza explosiva (Counter Movement Jump)	Cuantitativa	Continua	cm
		Velocidad (Sprint de 20 m)	Cuantitativa	Continua	seg

Tipo de Variable	Variable	Definición Operacional	Naturaleza	Escala de medición	Unidades
Intervinientes	Edad	Tiempo de vida del individuo en el momento del ingreso al estudio.	Cuantitativa	Continua	Años
			Descripción		
	Período de sueño	Cantidad de tiempo que el individuo entra en estados de sueño	Se realizó una charla informativa entre el profesional a cargo del estudio y el médico del deporte con el fin de indicar como se realizará la alimentación, hidratación, período adecuado de sueño y actividad física o ejercicio físico que se deben evitar realizar durante el período correspondiente al estudio.		
	Alimentación	Alimentación del sujeto con respecto a macronutrientes y micronutrientes de acuerdo al peso			
	Hidratación	Cantidad de ingesta líquida que el individuo debe realizar de acuerdo al peso			
	Actividad física o ejercicio físico fuera de procesos de entrenamiento	Actividades que el sujeto realiza de manera cotidiana fuera del entrenamiento o práctica del deporte (fútbol)			

1.6 Hipótesis de investigación

1.6.1 Pregunta de investigación

¿Cuál es el efecto de la recuperación activa post esfuerzo implementada en momentos diferentes sobre los marcadores bioquímicos, velocidad y fuerza explosiva, en jugadores de fútbol de categorías juveniles?

1.6.2 Componente PICOTR

Población: futbolistas pertenecientes a la categoría sub 20 del Club Deportivo Real Santander de la Ciudad de Floridablanca, Santander (Colombia).

Intervención: se realizó la implementación de la estrategia de recuperación activa (ejercicio aeróbico de baja intensidad y estiramientos estáticos) en 3 momentos diferentes (inmediatamente después, 12 y 24 horas después del ejercicio). Esta estrategia de recuperación fue tomada del estudio realizado por Rey y Col, sin embargo se modificó la intensidad del ejercicio aeróbico y se aumentó el tiempo general de los estiramientos⁵⁵.

La estrategia de recuperación activa se divide en:

- 12 minutos de ejercicio aeróbico de baja intensidad (30% de la frecuencia cardíaca de entrenamiento).
- 12 minutos de auto-estiramientos estáticos, involucrando 3 repeticiones de 30 segundos de manera bilateral de los músculos isquiotibiales, cuádriceps, gastronemios y aductores.

Comparación: se implementó la estrategia de recuperación activa post esfuerzo en 3 momentos diferentes (inmediatamente, a las 12 y 24 horas posterior al esfuerzo). Cada momento fue asignado a un grupo diferente compuesto cada uno de 9 deportistas. La comparación se realizó entre cada uno de los grupos.

⁵⁵ REY E, LAGO-PEÑAS C, CASÁIS L, et al. Op. Cit.

Outcome: se encontró que la recuperación activa realizada en 3 momentos diferentes favoreció los procesos de recuperación evaluada por medio de los marcadores bioquímicos y las capacidades físicas. Sin embargo no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos.

Tiempo: el desarrollo de este estudio tuvo un tiempo total de 8 semanas.

Recursos: \$2'080.000 (se aclara que hubo colaboración de diferentes personas e Instituciones quienes donaron espacios, materiales y tiempo sin ningún beneficio a cambio).

1.6.3 Componente FINER

Factible: es un estudio en el cual se tuvo acceso a la población, hubo interés académico por parte del cuerpo de técnico y de preparación física del club deportivo. Además fue un estudio de corta duración.

Interesante: el acceso a datos científicos que indiquen el momento adecuado para la implementación de las estrategias de recuperación contribuye al manejo preventivo del déficit del rendimiento físico y en la aparición de lesiones deportivas por sobrecarga.

Novedoso: los estudios que hacen referencia a la recuperación activa generan comparaciones entre grupos intervenidos en un mismo momento, pero no se mencionan estudios que evalúen los posibles efectos de la recuperación activa implementada en diferentes momentos posterior al esfuerzo (inmediatamente, 12 y 24 horas después) en grupos diferentes asignados a cada uno de estos momentos.

Ético: el estudio se desarrolló de acuerdo a la resolución 8430 de 1993 establecida por el Ministerio de Salud (República de Colombia, 1993) y a las normas de investigación establecidas en Helsinki. El estudio pertenece a la categoría de investigación con riesgo mínimo, artículo 11, debido a que los datos obtenidos provienen de procedimientos rutinarios. Posterior a una reunión se explicó el estudio (procedimientos, beneficios y riesgos). Los deportistas firmaron el consentimiento informado, de esta forma se garantizó el cumplimiento al artículo 26 de la resolución 8430 de 1993.

Relevante: los resultados obtenidos en el estudio favorecen la implementación de la recuperación activa como uno de las estrategias importantes para el proceso de formación y rendimiento del deportista. Este tipo de estudios favorece y respalda la importante labor del fisioterapeuta en el deporte tanto en la prevención de lesiones deportivas, así como también la investigación en ciencias del deporte.

1.7 Hipótesis

1.7.1 Hipótesis Alternativa

La implementación de la recuperación activa post esfuerzo realizada en momentos distintos (inmediatamente, a las 12 y 24 horas) tiene efectos diferentes sobre la recuperación del deportista evaluada por medio de los marcadores bioquímicos en sangre como la Creatina Kinasa (CK), sobre el rendimiento físico evaluado por medio de la fuerza explosiva y velocidad entre los 3 grupos de intervención a quienes se les asignó un momento de implementación de la recuperación activa posterior al esfuerzo.

1.7.2 Hipótesis Nula

La implementación de la recuperación activa post esfuerzo realizada en momentos distintos (inmediatamente, a las 12 y 24 horas) tienen los mismos efectos sobre la recuperación del deportista evaluada por medio de los marcadores bioquímicos en sangre como la Creatina Kinasa (CK), sobre el rendimiento físico evaluado por medio de la velocidad y fuerza explosiva, entre los 3 grupos de intervención a quienes se les asignó un momento de implementación de la recuperación activa posterior al esfuerzo.

2.Marco Teórico

El entrenamiento físico y deportivo se fundamenta en una serie de principios, que son las directrices fundamentales para la organización adecuada y progresiva del entrenamiento. Uno de los principios más importantes es el de relación óptima entre la carga y la recuperación⁵⁶.

Después de una carga se produce una disminución transitoria de la capacidad del rendimiento deportivo, seguida de un nuevo ascenso generado por el proceso de recuperación por encima de la línea de base o de partida. Esta situación de mayor capacidad de rendimiento es conocida como supercompensación. Esta palabra significa “regeneración en exceso”. En el deporte se ha generalizado este concepto asociado a las mejoras neuromusculares como por ejemplo la optimización de los procesos de regulación nerviosa en el entrenamiento de la velocidad⁵⁷.

La aplicación de nuevos estímulos físicos en la fase de recuperación conlleva a la producción de un efecto sumativo, retardando de esta manera la recuperación corporal, lo cual puede conllevar a un mayor agotamiento del potencial energético y de esta manera generar un proceso de sobreentrenamiento físico o estado de fatiga crónica⁵⁸.

En este capítulo abordaremos los principales conceptos que se manejan alrededor de este trabajo de grado.

⁵⁶ WEINECK J. Op. Cit.

⁵⁷ *Ibíd.*

⁵⁸ *Ibíd.*

2.1 Fatiga

La fatiga ha sido un tema de estudio desde hace algunos años, por lo tanto han surgido diferentes definiciones e hipótesis que dan respuesta a las causas del mismo y a los efectos que este genera sobre los diferentes sistemas corporales⁵⁹.

Definiciones como Asmussen (1979), quien refiere como una disminución transitoria de la capacidad de trabajo del musculoesquelético durante la actividad física⁶⁰.

Edwards (1981), consideró la fatiga como la incapacidad de mantener la potencia desarrollada, es decir la intensidad del esfuerzo durante un determinado tipo de ejercicio⁶¹.

Enoka y Stuart (1992) definieron la fatiga como una disminución sobre el rendimiento físico, que conlleva a generar un aumento del esfuerzo necesario para realizar un trabajo de forma voluntaria⁶².

Sin embargo hay que tener en cuenta que la fatiga se va instaurando de manera progresiva desde el inicio del esfuerzo⁶³.

La mayoría de los fisiólogos prefieren definir la fatiga como la disminución de la capacidad para generar fuerza máxima o potencia máxima⁶⁴. Por lo tanto la velocidad de contracción muscular es más vulnerable que la fuerza isométrica máxima⁶⁵.

⁵⁹ LÓPEZ CHICHARRO José. Fisiología del ejercicio. Editorial Panamericana. Tercera edición. 2006.

⁶⁰ *Ibíd.*

⁶¹ *Ibíd.*

⁶² *Ibíd.*

⁶³ *Ibíd.*

⁶⁴ *Ibíd.*

⁶⁵ *Ibíd.*

La fatiga puede generarse debido a alteraciones en cualquier eslabón del proceso generador del movimiento corporal, es decir en el sistema nervioso central (SNC), sistema nerviosos periférico (SNP) o en el sistema muscular⁶⁶.

Clásicamente se ha clasificado la fatiga en central y periférica. La fatiga central se refiere a la alteración de alguno o varios procesos que intervienen desde que se elabora la orden motora a nivel cortical hasta que el estímulo llega al sarcolema. La fatiga periférica hace referencia a las alteraciones en el funcionamiento del sarcolema o de cualquiera de los procesos que acontecen en el interior de las fibras musculares. Sin embargo, se debe enfatizar que en la fatiga se encuentra la combinación de los dos tipos de fatiga⁶⁷.

La fatiga puede generarse metabólicamente por dos grandes factores: degradación energética y acumulación de metabolitos. Adicionalmente se menciona otro factor de generación de fatiga como lo es la micro lesión muscular.

La degradación energética y la acumulación de metabolitos pueden ser influenciadas por vario factores, tales como: la intensidad y duración del esfuerzo, tipo de contracción muscular, cantidad de grupos musculares utilizados en la actividad y disponibilidad de sustratos energéticos⁶⁸.

2.1.1 Teoría de la acumulación de metabolitos

Los metabolitos son productos del proceso metabólico para la generación del movimiento por medio de la degradación del ATP (Adenosintrifosfato). Los metabolitos que se producen son: NH₃ (amoníaco), acumulación de lactato, hidrogeniones y fosfatos inorgánicos⁶⁹.

⁶⁶ Ibíd.

⁶⁷ Ibíd.

⁶⁸ Ibíd.

⁶⁹ Ibíd.

Estos metabolitos pueden favorecer el aumento del ambiente ácido a nivel intramuscular (disminuye el pH muscular), generando a su vez descenso de la capacidad buffer o tampón a nivel metabólico, reduciendo significativamente la capacidad de rendimiento físico⁷⁰.

El aumento de las concentraciones intracelulares de H⁺, puede ocasionar fatiga a través de múltiples mecanismos, tales como⁷¹:

- Reducción de la afinidad de las uniones del calcio por la troponina
- Reducción de la liberación del calcio del retículo sarcoplasmático
- Alteración de la actividad de los puentes cruzados
- Inhibición de la actividad de la miosina ATPasa
- Inhibición de los procesos generadores de ATP
- Disminución de la excitabilidad de la membrana celular

2.1.2 Teoría de la degradación de sustratos energéticos

La capacidad de rendimiento durante el ejercicio dinámico depende de la disponibilidad de sustratos energéticos. Las principales fuentes energéticas en este tipo de ejercicios son la glucosa plasmática, el glucógeno hepático, glucógeno muscular y los ácidos grasos⁷².

La degradación de la glucosa plasmática es proporcional a la duración e intensidad del esfuerzo. A medida que aumenta el tiempo o duración del ejercicio las necesidades energéticas incrementan, conllevando a la degradación de reservas como las presentes en el glucógeno hepático y muscular. La recuperación de estas reservas tiene un periodo de tiempo cercano a las 24 horas posterior al esfuerzo (referencia)⁷³.

2.1.3 Utilización de la glucosa para el movimiento corporal

En el músculo esquelético, el consumo de glucosa es favorecido predominantemente por dos transportadores, GLUT1 Y GLUT 4 sobre la membrana del plasma facilitando el

⁷⁰ Ibid.

⁷¹ Ibid.

⁷² Ibid.

⁷³ Ibid.

transporte de la glucosa basal dentro de la fibra muscular. Por contraste, la GLUT4 reside dentro de vesículas de almacenamiento intracelular bajo condiciones basales, siendo traslocada a la membrana del plasma por estimulación de la contracción muscular o de la insulina. El consumo de glucosa por el músculo esquelético es estimulado por el entrenamiento y la insulina⁷⁴.

Para la utilización de los sustratos energéticos por parte del metabolismo corporal, los enlaces químicos del ATP ceden la energía que allí se encuentra. Por lo tanto, el metabolismo celular debe realizar una serie de procesos con el fin de que la célula disponga de cantidades necesarias de ATP. Para dar continuidad con el proceso de movimiento corporal, la energía química es transformada en energía mecánica generada a su vez por cambios conformacionales de la estructura molecular de las proteínas contráctiles del músculo, mediado a su vez por la actividad del sistema nervioso y del sistema metabólico.⁷⁵

- Degradación del glucógeno durante el fútbol

El glucógeno es un polímero ramificado formado por uniones de glucosa principalmente mediante enlaces glucosídicos de tipo alfa1—4, almacenado principalmente en el hígado y en el músculo esquelético. MA. Se estima que la cantidad de glucógeno en el hígado es de 100 gramos en sujetos de talla y peso promedio. A nivel muscular es variable y depende de la cantidad de masa muscular de cada sujeto, sin embargo en términos generales se encuentra entre 350-400 gramos en total.⁷⁶ El glucógeno también ha sido identificado en otros tejidos como el cerebro, corazón, riñones, tejido adiposo y eritrocitos, pero su función no es tan conocida⁷⁷.

El almacenamiento del glucógeno se da por medio de un proceso llamado gluconeogénesis mediado por la enzima glucógeno sintetasa. La síntesis de la glucógeno requiere de una

⁷⁴ Glycogen metabolism in humans. María M. Adeva-Andany, Manuel González-Lucán, Cristóbal Donapetry-García, Carlos Fernández-Fernández, Eva Ameneiros-Rodríguez. BBA Clinical. 5 (2016):85-100.

⁷⁵ Fisiología del ejercicio. José López chicharro. 3 Edición.

⁷⁶ *Ibíd.*

⁷⁷ MARÍA M. ADEVA-ANDANY, MANUEL GONZÁLEZ-LUCÁN, CRISTÓBAL DONAPETRY-GARCÍA, ET AL. Glycogen metabolism in humans. BBA Clinical. 5 (2016):85-100.

serie de reacciones que incluyen la entrada de glucosa dentro de la célula através de transportadores, la fosforilación de la glucosa a glucosa 6-P, isomerización de la glucosa a glucosa 1-P y formación de Uridina-Glucosa-5-P el cual es el donador directo de glucosa para la síntesis de glucógeno.⁷⁸

El proceso por el cual se dispone de glucosa a partir de la ruptura de las moléculas de glucógeno se llama glucogenolisis, el cual tiene como finalidad mantener la glicemia en sangre. Este proceso es llevado por dos encimas, la glucógeno fosforilasa la cual libera glucosa 1-P de las cadenas lineales del glucógeno y por medio de la enzima glucógeno desramificante la cual rompe los puntos de ramificación. El sistema de la glucosa 6 fosfatasas cataliza la desfosforilación de glucosa a glucosa 6-P, un paso necesario para que la glucosa quede libre y salga de la célula⁷⁹.

El glucógeno es acumulado en el hígado durante los periodos postprandiales y en el músculo esquelético predominantemente después del ejercicio⁸⁰.

El glucógeno muscular es un sustrato muy importante para los jugadores de fútbol. La tasa de vaciamiento del glucógeno está relacionada con la intensidad del ejercicio⁸¹.

El glucógeno muscular es una fuente energética más importante que la hepática durante el ejercicio de intensidad moderada y alta. El glucógeno hepático parece ser más importante en el ejercicio aeróbico de baja intensidad, y su contribución aumenta con la duración⁸².

Aumento de la intensidad relativa del ejercicio del 50, 75,100% del consumo de oxigeno producen aumentos de la tasa de glucogénolisis muscular de 0.7, 1.4 y 3.4 mmol/Kg-1/min-1, de esta manera el contenido total de glucógeno de algunas células musculares pueden

⁷⁸ *Ibíd.*

⁷⁹ *Ibíd.*

⁸⁰ *Ibíd.*

⁸¹ Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico. Thomas Baechle, Roger Earle. Editorial panamericana. Segunda edición. 2007.

⁸² Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico. Thomas Baechle, Roger Earle. Editorial panamericana. Segunda edición. 2007.

vaciarse durante el ejercicio. El vaciamiento del glucógeno muscular es uno de los factores que contribuyen a la generación de fatiga⁸³.

Se han realizado varios estudios en los cuales el glucógeno ha sido medido. Algunas investigaciones han observado que los depósitos de glucógeno fueron casi depletados sobre el medio tiempo durante un partido de fútbol (< 45mmol/kg peso húmedo). De la misma manera han encontrado jugadores que han iniciado el juego con niveles normales de glucógeno muscular (<100 mmol/kg peso húmedo) y estos valores se mantuvieron altos en medio tiempo, pero al final del juego estuvieron debajo de 10 mmol/kg peso húmedo. Sin embargo, otros estudios han demostrado que al finalizar el partido los depósitos de glucógeno siguen altos. Estudios como los realizados por Krstrup y col, encontraron que las concentraciones de glucógeno muscular al final del juego fueron reducidas a 40-60 mmol/Kg de peso seco, indicando que todavía había glucógeno disponible. No obstante, el análisis histológico muestra que la mitad de las fibras musculares de ambos tipos fueron casi depletadas o depletadas. Esta reducción fue asociada con una disminución en el rendimiento del sprint inmediatamente después del juego⁸⁴.

Otros estudios han demostrado que después de un juego un número significativo de fibras son depletadas o parcialmente depletadas al final del juego, conllevando a su vez que acciones como correr a altas intensidades y actividades intermitentes son disminuidas hacia el final del juego⁸⁵.

La reposición del glucógeno muscular durante la recuperación está relacionada con la ingesta de hidratos de carbono post ejercicio. Parece que la reposición alcanza niveles óptimos cuando se ingieren de 0.7 a 3 gramos de hidratos de carbono por kilogramo de peso corporal cada 2 horas, después del ejercicio. De esta manera se puede alcanzar niveles de reposición de glucógeno de 5 a 6 mmol por gramo de masa muscular por hora durante las primeras 4-6 horas posteriores al ejercicio. Si se realiza la ingesta de manera adecuada puede reponerse completamente en 24 horas. A pesar de ello, si el ejercicio

⁸³ *Ibíd.*

⁸⁴ KRUSTRUP P. BANGSBO J, IAIA FEDON. Metabolic response and fatigue in soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2007; 2: 111-127.

⁸⁵ *Ibíd.*

realizado tiene acciones musculares excéntricas que generen daño muscular puede necesitarse más tiempo para reponerse el glucógeno muscular⁸⁶.

2.1.4 Teoría de la micro lesión muscular

Otra de las teorías que soportan la fatiga, es la generada por el DOMS o dolor muscular tardío, que aparece en regiones musculares sometidas a esfuerzos horas después de la finalización del ejercicio, alcanzando su máxima intensidad entre las 24 y 72 horas. Las acciones deportivas caracterizadas por contracciones excéntricas propias de las desaceleraciones del movimiento son las principalmente responsables de la micro lesión muscular y posterior tumefacción del mismo, así como también disminución del rango de movimiento y pérdida de la fuerza. Por lo tanto este tipo de lesiones o alteraciones en la integridad muscular pueden ser evaluadas por medio del aumento de las concentraciones en sangre de biomarcadores tales como la Creatin FosfoKinasa (CPK)⁸⁷.

Lieber y Friden (1999), realizaron procedimientos en donde tomaron biopsias musculares analizadas por medio de microscopia electrónica, encontrando cambios en las estructuras musculares tales como: ruptura del sarcolema, alteración de la disposición paralela de las miofibrillas, disrupción de las líneas o discos Z, desplazamiento de la banda A fuera de la zona central de la sarcomera, depósitos de fibronectina lo cual sugiere lesión de la membrana celular, edema y tumefacción de las fibras musculares. Estos hallazgos se hallan presentes al finalizar el ejercicio excéntrico, su magnitud se exagera entre las 24-48 horas después del ejercicio⁸⁸.

La microlesión muscular genera a su vez un proceso inflamatorio, evidenciado por medio de la migración de células inflamatorias al lugar de la lesión, activación de enzimas lisosomales de los fagocitos y plaquetas, liberación de radicales libres, se consideran como los responsables de aumentar la sensación dolorosa post ejercicio y repercutir en el descenso del rendimiento deportivo⁸⁹.

⁸⁶ Ibíd

⁸⁷ Ibíd.

⁸⁸ LIEBER R, FRIDEN J. mechanisms of muscle injury after eccentric contraction. Journal of science and medicine in sport. 1999; 2 (3): 253-265.

⁸⁹ LÓPEZ CHICHARRO José. Op. Cit.

- Efectos de la fatiga sobre la mecánica muscular

Estudios realizados tanto en humanos como en animales han mostrado que la fuerza, velocidad y potencia presentan decline con estados de fatiga, generado por los grados de cambios dependen sobre la composición de la fibra muscular⁹⁰.

Mencionamos el tipo de fibra debido a que los músculos que presentan fibras lentas oxidativas (fibras tipo I oxidativas) como el musculo soleo, son más resistentes a la fatiga que los músculos rápidos tales como el tibial anterior (fibras tipo II glucolíticas).⁹¹

2.2 Estrategias de recuperación post esfuerzo

Diferentes investigaciones con respecto a los métodos más efectivos para realizar la recuperación de los deportistas posterior al esfuerzo se han descrito en la literatura científica. Nedelec y col, describen las diferentes estrategias de recuperación más utilizadas por los equipos elite de fútbol. Los resultados publicados muestran que el 88% de los equipos utilizan la inmersión en agua fría y terapia de contraste, recuperación activa (81%), masaje (78%), estiramiento (50%), trajes de compresión (22%) y la estimulación eléctrica (13%)⁹².

La nutrición, la hidratación y dormir son consideradas como unas de las estrategias más efectivas para la recuperación de los deportistas⁹³.

2.2.1 Nutricionales y de hidratación

La rehidratación, el consumo de carbohidratos y proteínas después de una partido son técnicas de recuperación efectivas para reemplazar el agua, los almacenes de sustratos energéticos y optimizar la reparación del daño muscular. Sin embargo es necesario que

⁹⁰ PETER A. FARRELL, MICHAEL J. JOYNER, VINCENT J. CAIOZZO. ACSM's Advanced Exercise Physiology. Secon Edition. Lippincontt Williams & Wilkins. 2012.

⁹¹ Ibíd.

⁹² Glycogen metabolism in humans. María M. Adeva-Andany, Manuel González-Lucán, Cristóbal Donapetry-García, Carlos Fernández-Fernández, Eva Ameneiros-Rodríguez. BBA Clinical. 5 (2016):85-100.

⁹³ Ibíd.

las guías de recuperación incluyan la cantidad, composición y tiempo de administración con el fin de maximizar su efectividad⁹⁴.

Después de haber finalizado un partido de fútbol el peso corporal puede ser afectado cuando se pierde aproximadamente el 2% del mismo en líquidos. A este estado se le llamaría deshidratación, el cual puede ser atenuado con el consumo de bebidas que contengan sodio (61 mmol/L) durante las siguientes 6 horas posterior al esfuerzo. Se debe suministrar la ingesta de líquidos en una cantidad que equivale al 150-200% de la pérdida de peso corporal⁹⁵.

Con la nutrición adecuada posterior al esfuerzo se tienen varios objetivos, dentro de los que se encuentra optimizar la resíntesis de los almacenes de glucógeno, por lo tanto es necesario el consumo de carbohidratos de alto índice glicémico al final del partido. La administración puede ser basada en un consumo de 1.2 g de carbohidrato/kg/hora inmediatamente después del partido y en intervalos de 15-60 min alrededor de las siguientes 5 horas⁹⁶.

Adicionalmente, algunos investigadores han encontrado que cuando una baja cantidad de carbohidratos son consumidos acompañados por el consumo de proteínas (0.4 g/kg/hora) puede incrementar la tasa de resíntesis de glucógeno post ejercicio, así como también estimular la secreción de insulina. La resíntesis de glucógeno puede variar dependiendo de varios factores, sin embargo investigadores como Gunnarson y col, han encontrado que este proceso puede llegar a completarse 48 horas después de un partido de fútbol⁹⁷.

Es importante recordar que el ejercicio estimula la síntesis de proteína muscular y la ruptura muscular, por lo tanto la ausencia en el consumo de proteína después del ejercicio puede generar efectos negativos en el balance proteico⁹⁸.

⁹⁴ *Ibíd.*

⁹⁵ *Ibíd.*

⁹⁶ *Ibíd.*

⁹⁷ *Ibíd.*

⁹⁸ Metabolic response and fatigue in soccer. Bangsbo J, Iaia Fedon, Krstrup P. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2007; 2: 111-127.

Otros de los efectos positivos del consumo de proteínas posterior al esfuerzo están asociados con la disminución de la sensación de fatiga, mejoramiento del rendimiento mental, disminución en la sensación de dolor muscular, disminución de la concentración de Creatin Kinasa (CK) y de las concentraciones de mioglobina.⁹⁹

2.2.2 Dormir

El sueño es una estrategia fundamental para la recuperación posterior al esfuerzo, basados en los efectos neurometabólicas que este tiene. Para lograr dichos efectos es necesario que durante el sueño se logren las ondas lentas del mismo. En esta fase se encuentran 4 estados diferentes (1, 2, 3 y 4) caracterizados por respiraciones lentas, disminución en la frecuencia cardíaca, disminución del flujo cerebral y aumento de la secreción de la hormona de crecimiento que permite la restauración fisiológica del cuerpo¹⁰⁰.

Algunos investigadores como Cohen y col, han encontrado que sujetos quienes duermen menos de 7 horas por noche pueden estar expuestos a presentar rinovirus tres veces más que aquellos sujetos quienes duermen 8 horas¹⁰¹.

La interrupción del sueño es uno de los factores que pueden generar disminución en el rendimiento físico observado principalmente en la ejecución de acciones de sprint. PF También se ha encontrado que aquellos sujetos quienes sufren alteración del sueño, sus respuestas inflamatorias están aumentadas comparado con aquellos quienes no han sufrido interrupción en su sueño¹⁰².

Periodos de sueño de corta duración han sido asociados con altos niveles de fatiga antes del entrenamiento. Por lo tanto se sugiere que la cantidad de sueño en un atleta elite debe ser incluida en el programa de entrenamiento¹⁰³.

⁹⁹ *Ibíd.*

¹⁰⁰ *Ibíd.*

¹⁰¹ *Ibíd.*

¹⁰² Metabolic response and fatigue in soccer. Bangsbo J, Iain Fedon, Krstrup P. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2007; 2: 111-127.

¹⁰³ The impact of training schedules on the sleep and fatigue of elite athletes. Sargent C, Lastella M, Halson S, et al. *Chronobiology International*, 2014; 31(10): 1160–1168.

La National Sleep Foundation recomienda que los adultos saludables deben tener entre 7-9 horas de sueño por noche. También menciona que dormir 8 horas por noche es requerido para prevenir los déficits neurocomportamentales que a su vez puedan incidir en el rendimiento¹⁰⁴.

2.2.3 Inmersión en agua fría y contrastes

Esta estrategia ha demostrado tener mejores efectos sobre la recuperación del deportista en comparación con el uso de técnicas como la inmersión en baños de contraste y a su vez con la recuperación pasiva¹⁰⁵.

El rango de temperatura del agua fría debe estar entre 9-10°C con una duración entre 10-20 minutos. Dentro de los efectos positivos de esta estrategia se han encontrado: la reducción del dolor muscular, disminución de las concentraciones de Creatin Kinasa y mioglobinas. Sobre el rendimiento físico se ha observado mejorías en el rendimiento aeróbico, fuerza máxima, sprint y salto de contramovimiento (CMJ)¹⁰⁶.

Los efectos fisiológicos de esta estrategia pueden asociarse a la temperatura del agua más que a la presión hidrostática. Los efectos pueden estar relacionados con la disminución del proceso inflamatorio relacionado con el daño muscular, disminución del edema, debido al redireccionamiento del flujo sanguíneo de la periferia al centro del cuerpo, aumento del retorno venoso y la eficiencia cardíaca generación. Los efectos analgésicos están relacionado con la disminución en la velocidad de conducción nerviosa. También a su vez generando también¹⁰⁷.

Sin embargo, unas de las limitaciones que puede presentar esta estrategia de recuperación -aunque científicamente no comprobada- es que la reducción del flujo sanguíneo altera la

¹⁰⁴ Ibid.

¹⁰⁵ Metabolic response and fatigue in soccer. Bangsbo J, laia Fedon, Krstrup P. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2007; 2: 111-127.

¹⁰⁶ Ibid.

¹⁰⁷ Metabolic response and fatigue in soccer. Bangsbo J, laia Fedon, Krstrup P. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2007; 2: 111-127.

disponibilidad de la glucosa en el músculo durante la recuperación conllevando la disminuir la tasa de síntesis de glucógeno post ejercicio¹⁰⁸

Bailey y col, realizaron un estudio con 20 hombres, quienes completaron 90 minutos de trote con intensidades intermitentes. Estos sujetos fueron aleatorizados en 2 grupos (intervención y control). El grupo intervención realizo 10 minutos de inmersión en agua fría a 10°C. Dentro de los resultados encontrados mencionan que esta estrategia no tiene efectos sobre los marcadores del daño muscular tal como la Creatin Kinasa pero si tiene efectos sobre la reducción del dolor muscular¹⁰⁹.

2.2.4 Crioterapia del cuerpo entero (Whole Body-Cryotherapy WBC)

Es una estrategia que involucra la exposición del cuerpo a aire frío extremo por debajo de los 100°C entre 2 a 4 minutos. Este método combina el nitrógeno líquido y el aire frío refrigerado. Para la realización de esta técnica los sujetos deben tener la menor cantidad de ropa posible, usar guantes, cobertores de las orejas hechos en lana, máscara para boca y nariz, zapatos y medias secos, para reducir el riesgo de lesión por enfriamiento. Actualmente este método es aplicado por medio del uso de un tanque o crio cabina¹¹⁰.

Los efectos fisiológicos se dan por medio de la reducción de la temperatura de la piel y del músculo, conllevando al estímulo de receptores cutáneos y excitando el sistema adrenérgico, causando constricción de las arteriolas y vénulas locales. Adicionalmente reduce el metabolismo muscular, disminución de la sensibilidad de los receptores cutáneos y de la velocidad de la conducción nerviosa generando disminución en la sensación del dolor muscular post esfuerzo. También se ha encontrado reducción del daño muscular por medio del incremento de las citoquinas anti inflamatorias¹¹¹.

¹⁰⁸ . Ibid

¹⁰⁹ Influence of cold-water immersion on índices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. Bailey D, Erith S, Griffin P, et al. Journal of Sports Sciences, September 2007; 25(11): 1163 – 1170.

¹¹⁰ Costello JT, Baker PRA, Minett GM, Bieuzen F, Stewart IB, Bleakley C. Whole-body cryotherapy (extreme cold air exposure)

for preventing and treating muscle soreness after exercise in adults. Cochrane Database of Systematic Reviews 2015, Issue 9. Art.No.:CD010789. DOI: 10.1002/14651858.CD010789.pub2.

¹¹¹ ibíd.

2.2.5 Trajes de compresión

Esta estrategia tiene como función aplicar presión sobre las extremidades inferiores en orden de incrementar el flujo sanguíneo femoral. Se busca incrementar la presión sobre el tobillo y disminuir cerca de la mitad del muslo, con el fin de mejorar el retorno venoso y reducir la resistencia de la estasis venosa en las extremidades inferiores¹¹².

Sin embargo esta técnica no ha demostrado tener efectos positivos sobre el rendimiento del sprint, fuerza pico, fuerza isocinética, agilidad y salto de contramovimiento¹¹³.

Otros investigadores han encontrado que los trajes de compresión generan remoción de los metabolitos 12 horas después de un partido de Rugby, aumentan el aclaramiento de la Creatin Kinasa en comparación con la recuperación pasiva.

Las compresiones recomendadas son aproximadamente 18 mmHg sobre los tobillos y 8 mmHg a nivel de la mitad de los muslos¹¹⁴.

2.2.6 Electroestimulación

Es otra estrategia de recuperación usada por algunos equipos de futbol. Consiste en la transmisión eléctrica de impulsos por medio de electrodos de superficie que genera estímulos hacia las motoneuronas de periféricas, provocando contracciones musculares. Muchas formas de estimulación eléctrica pueden ser realizadas de acuerdo a la frecuencia, la intensidad, la amplitud de la onda, características del pulso (duración y forma), ciclo de trabajo y electrodos¹¹⁵.

La estimulación nerviosa transcutánea y la estimulación eléctrica de baja frecuencia son usadas de manera más frecuente para el fin de recuperación post esfuerzo¹¹⁶.

¹¹² Ibid.

¹¹³ Ibid

¹¹⁴ Ibid

¹¹⁵ Ibíd.

¹¹⁶ Ibíd.

Varios estudios realizados en cuento a la revisión de los efectos de esta estrategia, han mostrado que no favorece la generación de fuerza y rendimiento físico. Sin embargo, otros estudios encontraron que la estimulación eléctrica favorece el aclaramiento de la Creatin Kinasa¹¹⁷.

2.2.7 Masaje

Corresponde a una manipulación mecánica de los tejidos corporales con presión rítmica y frote suave. Numerosas técnicas tales como el eflourage, pretissage, fricción, vibración y tapotement son usadas. Los objetivos que se buscan por medio de las diferentes técnicas anteriormente mencionadas son dirigidos principalmente a la relajación del tejido muscular. Los beneficios incluyen tanto funciones fisiológicas como psicológicas. Sin embargo la evidencia científica muestra que los beneficios son más a nivel psicológico más que fisiológico, debido a que no se encuentra incremento en el flujo sanguíneo y por lo tanto no favorece la remoción de metabolitos de desecho¹¹⁸.

2.2.8 Recuperación activa

Varios modelos de recuperación han sido sugeridos, en general se han clasificado dentro de 2 grupos: recuperación activa y recuperación pasiva. Dentro del grupo de recuperación activa se incluyen trotar a intensidades bajas o submáximas y los ejercicios de estiramiento⁷⁸.

También es conocida como “cooling down” o “warm down”, y es realizado inmediatamente después del esfuerzo. Esta estrategia involucra actividades en bicicleta, trotar y/o natación, realizadas a baja intensidad con una duración de entre 15-30 min. Esta estrategia es a menudo implementada con intensidades entre el 30-60% del consumo máximo de oxígeno¹¹⁹.

¹¹⁷ *Ibíd.*

¹¹⁸ Metabolic response and fatigue in soccer. Bangsbo J, Iaia Fedon, Krstrup P. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2007; 2: 111-127

¹¹⁹ *Ibíd.*

Teóricamente por medio de este método se busca generar un mayor flujo sanguíneo hacia los músculos, prevenir el estancamiento venoso, aumentar la remoción de lactato, remoción de productos de desecho, acelerar la normalización del pH, atenuar el dolor muscular y aumentar la recuperación del daño muscular posterior al ejercicio ¹²⁰.

Algunos estudios han reportado que realizar la recuperación activa de manera inmediata después de un ejercicio de alta intensidad perjudica de manera significativa la síntesis de glucógeno, especialmente en las fibras tipo I. De acuerdo con estos resultados, la implementación de esta técnica después de un partido de fútbol no genera beneficios. Sin embargo, se requiere promover estudios que justifiquen que tipo de ejercicios deben ser realizados en los días siguientes al partido¹²¹.

- Ejercicio aeróbico de baja intensidad

El ejercicio aeróbico de baja intensidad es aquel que se implementando intensidades de entrenamiento bajas. La teoría reporta que el ejercicio de correr de manera submáximos, incrementa el flujo sanguíneo, previene el estancamiento venoso después del ejercicio, facilita la recuperación de la perturbación metabólica, atenúa la inducción del dolor muscular e incrementa la recuperación del daño muscular¹²².

- Estiramientos

La palabra estiramiento está mejor utilizada para indicar el tipo de ejercicio físico con el que se alcanza la máxima o casi máxima amplitud del movimiento articular, sea activa o pasivamente, para uno o más movimientos articulares. Aun así, entendemos que es correcto emplear la expresión ejercicios de estiramiento como sinónimo de ejercicios de flexibilidad¹²³.

¹²⁰ Ibíd.

¹²¹ Ibíd.

¹²² Ibíd.

¹²³ GILL C. Flexitest: el método de evaluación de la flexibilidad. Editorial Paidotribo. 2005

- Estiramientos estáticos

El estiramiento es un componente importante en los programas de ejercicio, tiene como objetivo mejorar la calidad de vida y la salud. El estiramiento estático es uno de los métodos a menudo adoptados para mejorar el rango de movimiento temporalmente. Sin embargo, varios estudios han mostrado que el estiramiento pre ejercicio induce significativamente la reducción de la producción de fuerza.¹²⁴

Dos hipótesis han sido propuestas para explicar el déficit de fuerza causado por el inducido por el estiramiento. La primera hipótesis está asociada con un factor neural, causando una disminución en la activación muscular y en la sensibilidad refleja. La segunda hipótesis involucra un factor mecánico, promoviendo la disminución de la tensión de la unidad musculo-tendón, que puede afectar la relación longitud-tensión. Los efectos encontrados son la combinación de la dos hipótesis anteriormente descritas^{125 126}.

El estiramiento estático después del ejercicio es recomendado como una medida preventiva después del ejercicio para la aparición del dolor muscular de aparición tardía y el mejoramiento del rango de movimiento a través de la dispersión del edema y reducción de la tensión de la unidad musculo-tendón¹²⁷.

2.3 Capacidades Físicas

2.3.1 Velocidad

Según Zaciorskij, la velocidad es la cualidad física que permite realizar acciones motrices en un tiempo mínimo y en determinadas condiciones. Esta depende de unos factores elementales tales como: tiempo de la reacción motriz, velocidad del movimiento, frecuencia de los movimientos y amplitud de los movimientos¹²⁸.

¹²⁴ DIAS H, PAZ G, MAIA M, LEITE T, et al. Number of repetition after different rest intervals between static stretching and resistance training. *Rev Andal Med Deporte*. 2016; 1-5.

¹²⁵ *Ibíd.*

¹²⁶ AYALAA F, DE STE CROIX M, SAINZ DE BARANDAD P, SANTONJAE F. Acute effects of two different stretching techniques on isokinetic strength and power. *Rev Andal Med Deporte*. 2015; 8 (3):93–102.

¹²⁷ REY E, LAGO-PÉÑAS C, CASÁIS L, et al. *Op. Cit*

¹²⁸ MIRELLA R. Las nuevas metodologías del entrenamiento de la fuerza, la resistencia, la velocidad y la flexibilidad.

2.3.2 Fuerza explosiva por medio del salto, Countermovement Jump (CMJ)

Salto con contra movimiento, Counter Movement Jump (CMJ). Se inicia desde la posición vertical, a partir de la cual se hace una flexión hasta un ángulo de 90° e inmediatamente se realiza el salto sin soltar las manos de la cintura, cayendo con las piernas extendidas¹²⁹

En el contramovimiento se incrementa el tiempo disponible para la activación muscular, permitiendo que el músculo se active completamente antes de comenzar la extensión de la rodilla. La ventaja de realizar este tipo de saltos es que se puede observar el efecto de la potencia de la compliance muscular en serie con las fibras musculares, particularmente sobre la activación y particularmente sobre el tiempo disponible de la activación muscular¹³⁰. La disminución en la capacidad de activación muscular durante este test, pueden indicar un proceso de fatiga evidenciado por medio del rendimiento neuromuscular en el deportista¹³¹.

2.4 Plataforma optogait para la medición del CMJ

OPTOGAIT es un sistema innovador de análisis del movimiento y de evaluación funcional de un individuo en condiciones normales o patológicas. El sistema, dotado de sensores ópticos que funcionan a una frecuencia de 1000 Hz y con una precisión de 1 cm, detecta los parámetros espaciotemporales relativos a marcha, carrera y otros tipos de movimiento. La medición objetiva de estos datos, junto con una adquisición de vídeo integrada, permite monitorizar constantemente las condiciones del paciente, identificar las áreas problemáticas, evaluar las ineficiencias mecánicas desde una perspectiva cuantitativa y verificar rápidamente la existencia de asimetrías entre las extremidades inferiores. La plataforma software permite almacenar fácilmente todos los test realizados y consultarlos

¹²⁹ BOMPA T. Periodización del entrenamiento deportivo. Blackwell Scientific, London, UK. Primera Edición. 1999.

¹³⁰ BENNO M. NIGG, BRIAN R. Macintosh, Joachim Mester. Biomechanics and Biology of Movement. Human Kinetics Editors. Firts Edition. 2000.

¹³¹ De Hoyo M, Cohen D, Sañudo B, et al. Influence of football match time–motion parameters on recovery time course of muscle damage and jump ability. Journal of Sports Sciences, 2016.

rápidamente cada vez que sea necesario. Esto permite desarrollar un programa de recuperación personalizado y conforme a las necesidades del paciente. Además, es posible comparar de forma rápida e intuitiva los datos de test realizados en momentos diferentes, a fin de comprobar la validez y la eficiencia del método de trabajo realizado con el paciente¹³².

OptoGait es un sistema de obtención óptica de datos formado por una barra transmisora y una receptora, en adelante denominadas TX y RX. Cada barra contiene 96 ledes infrarrojos con frecuencia de 890 nm que se comunican con otros tantos ledes de la barra opuesta. Una vez colocado en el suelo o en el tapiz, el sistema detecta las interrupciones de comunicación entre las barras –causadas por el movimiento del paciente y calcula su duración y posición. Durante la ejecución de una carrera, una marcha o una serie de saltos, esto permite medir con una precisión de 1/1000 de segundo los **tiempos de contacto y de vuelo** y, con una resolución espacial de 1,041 cm, la **posición de los leds interceptados**. A partir de estos datos básicos, mediante el software especialmente diseñado, es posible obtener en tiempo real una serie de parámetros fundamentales para analizar el movimiento.¹³³

A través de estas dos medidas de tiempo y espacio, el software calcula mediante fórmulas y algoritmos datos como (tiempo de vuelo, tiempo de contacto, altura) importantes en nuestro estudio.¹³⁴

2.5 Biomarcador sanguíneo de la fatiga

2.5.1 Creatina Kinasa (CK) (pico de aparición y aclaramiento)

Es una proteína globular dimérica que consta de dos subunidades, con una masa molecular de 43kDa. Tampona las concentraciones de adenosina trifosfato celular (ATP) y adenosina difosfato (ADP) mediante la catalización del intercambio reversible de enlaces

¹³² OPTOGAIT. Manual de uso. [en línea] [Citado el 10 de Junio de 2016] Disponible en: <http://www.optogait.com/OptoGaitPortal/Media/Manuals/Manual-ES.PDF>

¹³³ *Ibíd.*

¹³⁴ *Ibíd.*

fosfato de alta energía entre la fosfocreatina y el ADP producido durante la contracción muscular. Tiene como función catalizar la transferencia reversible de un grupo fosforilo de MgATP a la creatina (Cr) produciendo fosfocreatina (PCr) y MgATP¹³⁵.

Existen al menos cinco isoformas de CK: tres isoenzimas en el citoplasma (CK-MM, CK-MB, CK-BB) y dos isoenzimas (no sarcoméricas y sarcoméricas) en mitocondria. Estas son las proteínas octaméricas, conocido como macro CK debido a su gran tamaño molecular, producido por la polimerización de Isoenzimas CK-MM y CK-BB con inmunoglobulina G (IgG) en el tipo I, y con CK mitocondrial en el Tipo II. La presencia de isoenzimas macro CK tiene un valor pronóstico. Muchos estudios informaron la presencia de la macro-CK Tipo I en pacientes que desarrollaron enfermedad cardiovascular o autoinmune. Mientras que la macro-CK Tipo II se encuentra en pacientes que tienen proliferación. A su vez las isoenzimas CK proporcionan información específica sobre el tejido lesionado debido a su distribución tisular. La CK-MM se encuentra en varios dominios de la miofibrila, donde el consumo de ATP es alto y es un marcador de músculo lesionado. La CK-MB aumenta en el infarto agudo de miocardio y la CKBB aumenta en el daño cerebral¹³⁶.

MM-CK está específicamente unido a la estructura miofibrilar en la línea M, situada en la sarcomera. Una sarcomera está bordeada en cada extremo por una línea y estrecha conocida como la línea Z. Cada línea Z se divide una banda I más ligera, que se comparte entre los sarcomeras adyacentes. En el centro de la sarcomera se encuentra la banda A bisecada por una zona H menos densa. En el medio de la zona H se encuentra una banda estrecha de mayor densidad que es conocida como línea M ¹³⁷.

Este sitio representa el 5-10% del CK-MM total: hay dos pares de residuos de lisina altamente conservados, que son necesarios y suficientes para mediar la unión específica de isoenzima de CK en la estructura de línea M y que probablemente dependen del estado energético del músculo como también de las propiedades de unión que cambian según el pH. La región de la línea M parece ser la única estructura miofibrilar que conecta filamentos

¹³⁵ CRISTIAN VIAL. Creatine Kinase. Nova Editorial. First edition. 2006.

¹³⁶ BRANCACCIO P, MAFFULLI N, MD, Buonauro R, et al. Serum Enzyme Monitoring in Sports Medicine. Clin Sports Med 27 (2008) 1–18.

¹³⁷ PAOLA RANCACCIO, NICOLA MAFFULLI, AND FRANCESCO MARIO LIMONGELLI. Creatine kinase monitoring in sport medicine. British Medical Bulletin 2007; 81-82: 209–230.

gruesos (miosina) directamente entre sí, proporcionando estabilidad física entre filamentos gruesos durante la contracción¹³⁸.

Además, la presencia de CK- MM sugiere que la línea M tiene un rol estructural y enzimático para regenerar ATP en sitios de consumo de alta energía, proporcionando miosina con suficiente ATP para trabajar aún bajo condiciones estresantes bajo condiciones extenuantes¹³⁹.

Las concentraciones de CK en sangre han sido usadas como marcadores del estrés impuesto sobre el musculo esquelético durante el ejercicio y también para realizar el monitoreo de las cargas del entrenamiento. A mayor intensidad y duración del ejercicio, es mayor la cantidad de micro traumas que conllevan al aumento de la secreción de esta enzima dentro del medio extracelular. A su vez, se han relacionado estos micro traumas a diferentes modalidades deportivas donde se realizan movimientos que generan contracciones excéntricas. Por lo tanto, los altos niveles séricos de CK dependen del daño sarcomérico que surge de un ejercicio extenuante o de una patología muscular¹⁴⁰.

Las concentraciones de CK posterior al ejercicio en atletas, se encuentran en un rango de 300 a 500 U/L y presenta elevaciones de sus valores entre 1 y 4 días, por lo tanto se convierte en un indicador del estado de entrenamiento y recuperación del sujeto. Es importante mencionar que las concentraciones de esta enzima también dependen de las características individuales del atleta ¹⁴¹.

Después del ejercicio prolongado, la actividad de la CK sérica total es marcadamente elevada a las 24 horas cuando los sujetos descansan y permanece elevada por 48 horas cuando el sujeto entrena en la primera semana post ejercicio¹⁴².

¹³⁸ *Ibid.*

¹³⁹ *Ibid.*

¹⁴⁰ *Ibid.*

¹⁴¹ *Ibid.*

¹⁴² Creatine kinase monitoring in sport medicine. Paola B Rancaccio, Nicola Maffulli, and Francesco Mario Limongelli. *British Medical Bulletin* 2007; 81-82: 209–230.

El pico de liberación de la CK seguida del ejercicio excéntrico ha sido también evidenciado a las 96 horas después del ejercicio y un ejercicio adicional produce solamente pequeñas liberaciones, probablemente por el acelerado aclaramiento enzimático. Más actividad intensa, tales como entrenamiento dos veces diariamente, lidera un incremento significativo durante el cuarto día de entrenamiento. Los niveles de CK disminuyen entre el cuarto y décimo día probablemente una adaptación al entrenamiento¹⁴³.

Después del daño muscular, la CK es liberada al espacio intersticial, donde es tomada por el sistema linfático, siendo desde allí lentamente retornado a la circulación por vía del ducto torácico.

El tiempo cursado por la actividad de la CK en la sangre depende del tipo de ejercicio usado para inducir el daño muscular, el cual esta demarcado principalmente por los ejercicios de contracción excéntrica.

Otras investigaciones han mostrado que la actividad pico de la CK se da aproximadamente después de 12-24 horas post ejercicio y puede continuar incrementándose durante 4 a 5 días. La actividad pico de a CK después de ejercicio excéntrico ha mostrado alcanzar más de 2500 U/L. Las variables que pueden incidir en las concentraciones séricas de esta proteína y de su aclaramiento son: la edad, género, raza, masa muscular, nivel de actividad o entrenamiento, tipo de ejercicio, intensidad y duración del mismo.

Los niveles picos de CK sérica con respecto a la línea de base ocurren después de 8 horas del entrenamiento de la fuerza, principalmente con el ejercicio excéntrico, los cuales son asociados con lesión muscular, con un pronunciado incremento entre 2-7 días después del ejercicio¹⁴⁴.

¹⁴³ Ibid.

¹⁴⁴ Creatine kinase monitoring in sport medicine. Paola B Rancaccio, Nicola Maffulli, and Francesco Mario Limongelli. British Medical Bulletin 2007; 81-82: 209–230.

La CK es aclarada por el sistema retículo-endotelial y la mioglobina es aclarada por el riñón. Es importante mencionar que existen diferencias en la tasa de aclaramiento pueden ser tomadas para la comparación entre estas proteínas y su relación al daño muscular¹⁴⁵.

¹⁴⁵ Ibid.

3. Metodología

3.1 Tipo de estudio

Ensayo Controlado aleatorizado con asignación a tres grupos:

- Grupo 1: recuperación activa realizada de manera inmediatamente al esfuerzo
- Grupo 2: recuperación activa realizada a las 12 horas posteriores al esfuerzo
- Grupo 3: recuperación activa realizada a las 24 horas posteriores al esfuerzo

3.2 Población

Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia. La muestra que hace parte de este estudio es la población a la cual se tuvo acceso. Este estudio incluyó 27 sujetos pertenecientes a la categoría sub 20 de la Corporación Deportiva Real Santander.

3.2.1 Criterios de inclusión.

Se plantean los siguientes criterios para garantizar la homogeneidad de los grupos y el control de las variables:

- Firma del consentimiento informado
- Pertenecer a la categoría de fútbol sub 20, edades comprendidas entre los 17 y 21 años.
- Tener experiencia deportiva mínima de 1 año dentro del ámbito futbolístico
- Ser calificados como sanos y sin contraindicaciones para la realización del protocolo de fatiga, avalados por el médico del deporte.
- No presentar alteraciones psiquiátricas en donde se consuman medicamentos antidepresivos.

- No haber presentado procesos quirúrgicos en el último mes
- No haber ingerido alcohol en la última semana previa al estudio, ni tener deseos de consumirlo durante la duración del estudio.
- No usar medicamentos como corticoides, antivirales o betabloqueadores.
- No haber utilizado medicamentos administrados por vía intramuscular en los últimos 8 días.
- No presentar lesiones musculares (desgarros o contusiones) que se encuentren en proceso de reparación.
- Los sujetos deben ser calificados como normo peso (adecuado peso para la talla) y el porcentaje graso no superior al 22%.

3.3 Diseño Del Estudio

El estudio consistió en 4 fases.

Fase I (convocatoria y Selección de la población)

1. Se realizó la convocatoria de los participantes (deportistas pertenecientes a la categoría sub 20 del Club Deportivo Real Santander), por medio del contacto directo con el director técnico, preparador físico y con los mismos deportistas. Se invitó a participar de una reunión de presentación del trabajo de grado.
2. Posteriormente se realizó una reunión, donde se les explicó el proyecto para el cual se les estaba pidiendo la participación. No se mencionó cuáles serían los posibles resultados del mismo. En este mismo momento se explicó los test fuerza explosiva (CMJ) y velocidad (Sprint 20 metros), para que los deportistas se fueran relacionado con los patrones de movimiento de cada una de estas evaluaciones. También se les mencionó cuales eran las estrategias de hidratación y nutrición que se llevarían a cabo el día de implementación del test de fatiga (SAFT 90).

Se aplicó una encuesta para verificar los criterios de inclusión al proyecto (ver anexo).

Adicionalmente se les explicó que debían comprometerse a dormir el tiempo adecuado (8 horas diarias), así como también a no realizar ningún ejercicio o actividad física diferente

después de haber realizado el protocolo de fatiga y el protocolo de intervención, hasta la segunda evaluación de las capacidades físicas y la tercera muestra de CPK.

Los 27 participantes convocados aceptaron participar en el proyecto, por lo tanto firmaron el consentimiento informado (ver anexo D).

3. Se realizó la aleatorización de los participantes a los grupos de intervención por medio de ocultamiento: sobres sellados, los cuales fueron depositados en una bolsa y un auxiliar de investigación se dirigió a cada participante para que tomara uno de estos.

Fase II (*Evaluación inicial, explicación de formatos y orientaciones*)

Para esta fase se les sugirió a los participantes de manera previa la asistencia en ropa deportiva, llevar zapatos tenis y los botines de futbol, así como también la asistencia en los horarios establecidos.

- Se llevó a cabo el exámen por parte del médico del deporte. Este exámen consistió en indagar sobre antecedentes personales, familiares, farmacológicos y de lesiones deportivas. Además se evaluó signos vitales, talla, peso, IMC, porcentaje de masa muscular, porcentaje de masa grasa (por medio de bioimpedanciometría).
- Posteriormente se realizó un calentamiento físico de 15 minutos en total, que consistió en 5 minutos de movilización articular, 5 minutos de estiramientos dinámicos y 5 minutos de trote a intensidad moderada con cambios de dirección. Adicionalmente se realizaron algunos saltos y sprints cortos con el fin de estimular el sistema neuromuscular y preparar al deportista para el mejor desempeño en la ejecución de los test físicos.
- Se continuó con la ejecución del test de fuerza explosiva (CMJ) utilizando la herramienta Optogait). Posteriormente se realizó el test de velocidad (Sprint Test 20 metros).
- Posteriormente se llevó a cabo el test de potencia anaeróbica describirlo en bicicleta (test de 5 minutos), para medir la FCM.

Fase III (ejecución del estudio)

- Se citaron los deportistas para la realización la toma de muestra sanguínea con fines de realizar el análisis de CPK (que se realizó a las 6:50 am).
- Continuamos con la implementación del protocolo de fatiga (SAFT 90).

3.4 Descripción del protocolo de fatiga

El protocolo que se implementó fue el SAFT 90 (Soccer specific Aerobic Field Test)^{146 147} El SAFT90 se basa en las demandas fisiológicas de acuerdo a las actividades físicas generadas en el futbol. Los datos analizados (tiempo y movimientos) para la creación de este test fueron obtenidos de la observación del Campeonato de Fútbol Inglés durante la temporada 2007.

Los jugadores se encuentran en un espacio, cuya trayectoria de desplazamiento es de 20 m. Las actividades a realizar son intermitentes: permanecer en posición de pie (0 km/h), caminar (5,5 k/m.), trotar (10,7 km/h), correr (15 km/h) o carreras de velocidad (Máximo esfuerzo).

Descripción del test:

Duración del test: 90 minutos. El protocolo SAFT90 se divide en dos periodos de 45 períodos minutos con un período de descanso pasivo de 15 minutos (en el medio tiempo).

1. Se inició con la ejecución de 15 minutos de calentamiento específico estandarizado que consiste en 12 ejercicios diferentes de fútbol.
2. Posteriormente se realizó un descanso de 12 minutos antes de iniciar el SAFT 90.

¹⁴⁶ SMALL K, MCNAUGHTONA L, GREIG M, et al. The effects of multidirectional soccer-specific fatigue on markers of hamstring injury risk. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2010; 13:120–125.

¹⁴⁷ MARSHALL P, LOVELL R, JEPPESEN G, et al. Hamstring Muscle Fatigue and Central Motor Output during a Simulated Soccer Match. *PLOS ONE*. 2014; 9; 1-11.

3. Los jugadores cubrieron un total de 11,1 kilómetros, el 18,5% de esta distancia (2.04 km) se realizó a alta velocidad (15 km/h aproximadamente) con 1269 cambios en la velocidad (cada 4,3 segundos), 888 cambios de dirección (180 grados) y 444 maniobras de recorte durante los 90 minutos.

El tipo de actividad de movimiento y la intensidad fue controlado por parte del preparador físico del Club Deportivo Real Santander. No se realizaron acciones de contacto tales como patear o chocar.

4. Se les suministró la hidratación y nutrición.

Posteriormente se realizaron las siguientes actividades:

5. Se realizó Segunda evaluación de CPK: esta muestra fue tomado 1 hora después de haber realizado el protocolo de fatiga.
6. Para la realización del protocolo de recuperación, se contrató una auxiliar de investigación (licenciada en cultura física y deporte).
7. Se realizó el protocolo de recuperación al grupo perteneciente a la intervención de la recuperación activa realizada de manera inmediata al esfuerzo.
8. Se citó al grupo perteneciente a la recuperación activa implementada a las 12 horas posterior al esfuerzo para implementar el protocolo.
9. Se citó al grupo perteneciente a la recuperación activa implementada a las 24 horas posterior al esfuerzo para implementar el protocolo.
10. Se realizó la toma de muestra sanguínea (48 horas después de la primera toma de muestra sanguínea (44 posterior a la segunda toma de muestra sanguínea)).
11. Test final de fuerza explosiva y velocidad (CMJ, SPRINT TEST 20 M).

Fase III (análisis y elaboración del informe final)

- Se realizó el análisis estadísticos de los datos
- Se realizó la elaboración del informe final

Fase IV (sustentación)

- Sustentación del informe final (será asignada posterior al aval del subcomité asesor de la maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física).

3.5 Procedimientos De Evaluación

Evaluación de la condición inicial de los deportistas.

Esta se realizó por parte de un profesional en medicina del deporte, quien fue el encargado de evaluar la condición inicial y autorizar que el deportista continuara en el estudio.

3.5.1 Evaluación de los marcadores bioquímicos

- Creatin Kinasa (CK)¹⁴⁸

La determinación de Creatina Kinasa (CK) o también llamada Creatin Fosfoquinasa (CPK), se realizó por la prueba de laboratorio para establecer la CK, a través del reactivo Creatine Kinase del Laboratorio Linear. Dicho reactivo está compuesto por 2 reactivos (R1 y R2).

¹⁴⁹

R1: (tampón/Glucosa/NAC), tampón Imidazol 100mmol/L pH 6,7. Glucosa 20 mmol/L. NAC 20 mmol/L. Acetato de magnesio 10 mmol/. NADP 2,5 mmol/L, HK ≥ KU/L, EDTA 2 mmol/L.

¹⁴⁸ CREATINE KINASE. [en línea] [Citado el 12 de Junio de 2016] Disponible en: <http://www.linear.es/ficheros/archivos/1120010C.pdf>

¹⁴⁹ *Ibíd.*

R2: sustrato/Coenzima, CP 30 mmol/L. AMP 5 mmol/L. ADP 2 mmol/L. Di (adenosina-5') pentafosfato 10 μ mol/L, 6P-DH \geq 1,5 KU/L. ¹⁵⁰

3.5.2 Test de Fuerza explosiva y Velocidad

- Test de fuerza explosiva (CMJ-Counter Movement Jump en Optogait) ^{151 152 153 154 155}.

Salto con contra movimiento, Counter Movement Jump (CMJ) Se inicia desde la posición vertical, a partir de la cual se hace una flexión hasta un ángulo de 90° e inmediatamente se realiza el salto sin soltar las manos de la cintura, cayendo con las piernas extendidas¹⁵⁶. Para la realización de este test se utilizó una plataforma de fotoceldas salto y el software para su medición llamada OPTGAIT de la empresa MICROGATE. Se realizaron 2 intentos de salto, tomándose la mejor marca para los resultados.

- Test de Velocidad (Sprint de 20 metros)¹⁵⁷.

Se estableció un trayecto de 20 metros. El deportista realizó un sprint a máxima velocidad desde el punto de partida hasta el final de los 20 metros. El tiempo de esta prueba fue cronometrado, con el cronómetro marca Casio H-13.

Se ubicaron tres personas quienes fueron las encargadas de la medición. Una persona fue ubicada al inicio del trayecto y las otras 2 al final del mismo. La persona del inicio del trayecto fue quien dio la orden de partida por medio de un silbato, para que el deportista iniciara la prueba y de la misma manera la segunda persona encargada de la medición iniciara la medición del tiempo de manera cronometrada. La tercera persona fue la encargada de apuntar el tiempo reportado.

¹⁵⁰ *Ibíd.*

¹⁵¹ Optogait.n Op. Cit.

¹⁵² Small K, McNaughton L, Greig M, et al. Op. Cit.

¹⁵³ Marshall P, Lovell R, Jeppesen G, et al. Op. Cit.

¹⁵⁴ Creatine Kinase. Op. Cit.

¹⁵⁵ BOSCO C. La fuerza Muscular Aspectos metodológicos. Editorial INDE. Primera edición.2000.

¹⁵⁶ MIRELLA Ricardo Op. Cit.

¹⁵⁷ LÓPEZ M. Aplicación de la prueba de velocidad 10x5 metros, sprint de 20 metros y tapping test con los brazos. Resultados y análisis estadístico en Educación Secundaria. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.2004; 4:1-17.

3.5.3 Test para establecer la intensidad del ejercicio de recuperación activa (ejercicio aeróbico de baja intensidad) de manera individual en el deportista.

- Test de esfuerzo máximo o de potencia aeróbica en bicicleta¹⁵⁸.

Los deportistas fueron evaluados en grupos en 3 grupos (9 deportistas por grupo). Para determinar la frecuencia cardiaca se utilizó el test el MHR test, el cual consistió en realizar un calentamiento de 10 minutos en bicicleta Indoor. Posteriormente se les pidió aumento de la intensidad o esfuerzo de manera progresiva por 2 minutos, siguiendo con un esfuerzo máximo mantenido durante 30 segundos, y en este momento se realizó el registro de la frecuencia cardíaca máxima por medio del monitor de frecuencia cardiaca Polar FT1.

Por medio de este test se determinó la frecuencia cardíaca máxima de cada sujeto, para de esta manera poder establecer la intensidad de recuperación activa individual. Posteriormente se utilizó el método de la frecuencia cardiaca de reserva (FC Max-FC Reposo= FC Reserva). A la frecuencia cardiaca de reserva se le halló el 30% y posteriormente se sumó la frecuencia cardíaca de reposo, para poder obtener la frecuencia cardíaca de entrenamiento. Esta intensidad se determinó para la ejercicio aeróbico de baja intensidad, en bicicleta (recuperación Activa).¹⁵⁹

¹⁵⁸ HEYWARD. Evaluación de la aptitud física y prescripción del ejercicio. Editorial Panamericana. Quinta edición. 2008.

¹⁵⁹ ACSM's. Guidelines for Exercises Testing and Prescription. Lippincontt Williams & Wilkins. Ninth Edition. 2013.

4. Análisis estadístico de los datos

Para el análisis estadísticos de los datos se utilizó el Data Analysis and Statistical Software (Stata 1.2). Por medio de este software se analizaron las variables mencionadas en este trabajo.

De manera inicial se utilizó el test de Shapiro-Wilk para establecer la normalidad de los datos. Los datos normales fueron la edad, peso, talla, IMC, porcentaje grasa, porcentaje de masa muscular, velocidad (Sprint 20 metros) y fuerza explosiva (CMJ). A estos datos se le halló la media y la desviación estándar.

Los datos que no fueron normales como fue la CPK, se le halló la mediana y los rangos intercuartílicos.

Para hallar diferencias de las variables velocidad (Sprint 20 metros) y fuerza explosiva (CMJ) pre y post test, dentro de cada uno de los grupos, se utilizó el test t-student. De la misma manera se utilizó este test para el análisis de la CPK (comparación entre la CPK pre y post 1, y CPK pre y post 2).

Para el análisis de diferencias entre grupos se realizó el análisis de la varianza por medio del test de ANOVA de un factor o de una vía para las variables sprint y fuerza explosiva. Para el análisis de la CPK entre los grupos se utilizó el test de Kruskal-Wallis.¹⁶⁰

¹⁶⁰ CASTAÑEDA M, CABRERA A, Navarro Yadira. Procesamiento de datos y análisis estadístico utilizando SPSS: un libro practico para investigadores y administradores educativos. Editora Universitária da PUCRS. Primera Edición. 2010.

5.Resultados

5.1 Resultados obtenidos

27 sujetos deportistas pertenecientes al Club Deportivo Real Santander participaron en el estudio. En la tabla 2, se muestra la media y desviación estándar de las variables antropométricas: edad, peso, talla, IMC, porcentaje de grasa y porcentaje de masa muscular.

Tabla 5-1. Datos Antropométricos

(n = 27)	MEDIA	SD
EDAD	18.5	± 1.05
TALLA	1.76	± .06
PESO	69.4	± 5.55
IMC	22.2	± 1.48
%GRASA	15.3	± 3.24
%M. MUS.	43.4	± 1.90

En la tabla 3, se muestra la media y desviación estándar de las variables antropométricas dentro de cada grupo. No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre cada uno de los grupos ($p < 0.05$), indicando la homogeneidad de cada uno de ellos.

Tabla 5-2. Análisis de los datos de línea de base de los grupos

VARIABLES	GRUPO 1 (n = 9)		GRUPO 2 (n = 9)		GRUPO 3 (n = 9)		VARIANZA ENTRE GRUPOS
	MEDIA -SD		MEDIA-SD		MEDIA-SD		P<0.05
EDAD		18.8 ±1.2		18.3 ±1.1		18.3 ±1.0	0.4497
TALLA		1.72 ±0.5		1.78 ±0.6		1.77 ±0.7	0.1239
PESO		68.1 ±3.7		70 ±6.6		70.3 ±6.3	0.7104
IMC		22.8 ±1.1		21.1 ±1.6		22 ±1.6	0.3293
%GRASA		15.7 ±3.1		15.3 ±3.2		14.8 ±4	0.8466
%M.MUSC		43.5 ±1.7		43 ±1.3		43.4 ±1.9	0.7551

En la tabla 4, se muestra la media y desviación estándar de las variables de las capacidades físicas: velocidad (Sprint 20 metros) y fuerza explosiva (CMJ). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas (P<0.05) entre cada uno de los grupos para las de las capacidades físicas pre y post test, indicando la homogeneidad de los datos.

Tabla 5-3. Análisis de los datos entre grupos

VARIABLES	GRUPO 1 (n = 9)		GRUPO 2 (n = 9)		GRUPO 3 (n = 9)		VARIANZA ENTRE GRUPOS
	MEDIA -SD		MEDIA-SD		MEDIA-SD		P<0.05
SPRINT PRE		3.34±0.15		3.24±0.2		3.28±0.12	0.2984
SPRINT POST		3.04±0.18		3.03±0.16		2.98±0.13	0.7554
CMJ PRE		35.9±4.73		37.1±4.22		34.9±3.97	0.5605
CMJ POST		39.8±5.7		41.2±4.22		37.5±3.42	0.2335

En esta misma tabla 5, se muestran los resultados para la evaluación de las diferencias dentro de los grupos con respecto al pre y post test de la velocidad (Sprint 20 metros) y fuerza explosiva (CMJ), encontrándose diferencias estadísticamente significativas (p<0.05). Para este análisis se utilizó el test t-student.

Tabla 5-4. Análisis de los datos entre grupos

VARIABLES	GRUPO 1 (n=9)				GRUPO 2 (n=9)				GRUPO 3 (n=9)			
	PRE	POST	DELTA	VALOR P	PRE	POST	DELTA	VALOR P	PRE	POST	DELTA	VALOR P
SPRINT	3.34±0.15	3.04±0.18	0.31±0.14	<0.001	3.24±0.2	3.03±0.16	0.21±0.17	<0.007	3.28±0.12	2.98±0.13	0.3±0.19	<0.002
CMJ	35.9±4.73	39.8±5.7	(-3.94±2.5)	<0.002	37.1±4.22	41.2±4.22	(-4.17±2.55)	<0.001	34.9±3.97	37.5±3.42	(-2.58±2.92)	<0.029

Este resultado indica que el protocolo de recuperación activa logró que los deportistas tuvieran una adecuada recuperación post esfuerzo medida a través del mejoramiento de los tiempos de la velocidad y de la respuesta de la fuerza explosiva (CMJ), medida por medio del CMJ. Se reportan los resultados en la figura 1 y 2.

Figura 5-1. Sprint Pre y Post intervención recuperación activa, 0, 12 y 24 horas

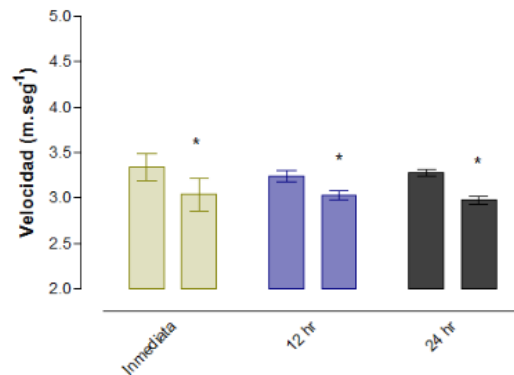
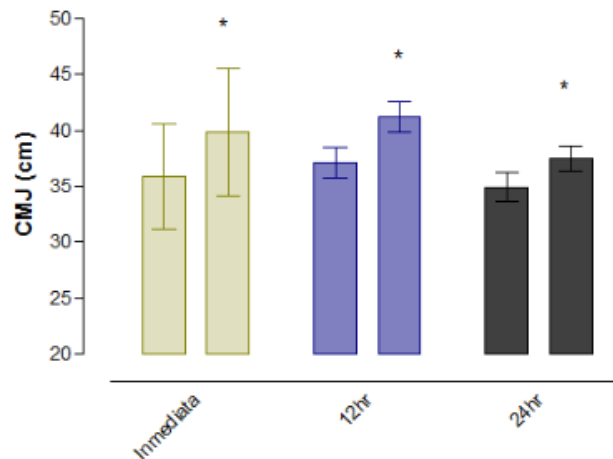


Figura 5-2. CMJ Pre y Post intervención recuperación activa, 0, 12 y 24 horas



La evaluación de las diferencias entre cada uno de los grupos con respecto al pre y post test de la velocidad (Sprint 20 metros) y fuerza explosiva (CMJ), realizado por medio de ANOVA de un factor, no muestra resultados estadísticamente significativos ($p < 0.05$). Encontramos como resultados para el sprint entre grupos ($p = 0.121$) y para el CMJ entre grupos ($p = 0.198$).

Este resultado nos muestra que a pesar que los 3 grupos mejoraron en la recuperación post esfuerzo en las capacidades físicas, no hay un grupo que muestre una mejor recuperación al ser comparados entre ellos.

En cuanto a la variable CPK se reporta el resultado medido en los 27 sujetos. Se presenta la mediana y los rangos intercuartílicos de esta variable (CPK pre, post 1 y post 2), debido a que el comportamiento de estos datos no fueron normales, tabla 6.

Tabla 5-5. Análisis de los datos de CPK

(n=27)	P50	P25-75
CPK PRE	249.2	[198.3-400.1]
CPK POST I	350.2	[260.7-519.1]
CPK POST II	252.7	[177.9-457.9]

A la evaluación dentro de los grupos no se encontraron diferencias estadísticamente significativas de esta variable ($P < 0.05$), los resultados se muestran en la tabla 7. A la evaluación de la CPK pretest, postest 1 (1 hora post esfuerzo) y postest 2 (44 horas post esfuerzo) entre los grupos se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre el pretest y postest 1, que se realizó por medio del test T-student. Se encontró que la CPK aumentó significativamente 1 hora después de la ejecución del test de fatiga (SAFT 90), ratificando que el test de fatiga generó disrupción muscular. Con respecto a pretest y postest 2, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para el grupo 1 y 2, indicando que la CPK retorna a la línea de base, lo que muestra que la recuperación activa contribuye con la recuperación muscular post esfuerzo. Sin embargo, para el grupo 3 se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.028$), indicando que en este grupo la CPK disminuyó mucho más con respecto a la primera medición o línea de base. Lo que indica que este grupo tuvo una

mejor recuperación de los niveles de CPK respecto a la línea base (tabla 7). En el análisis entre grupos realizados por medio del test de Kruskal-Wallis, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p=0.795$), lo que indica que los 3 grupos generan efectos similares en el retorno o aclaramiento de la CPK a estados pre fatiga.

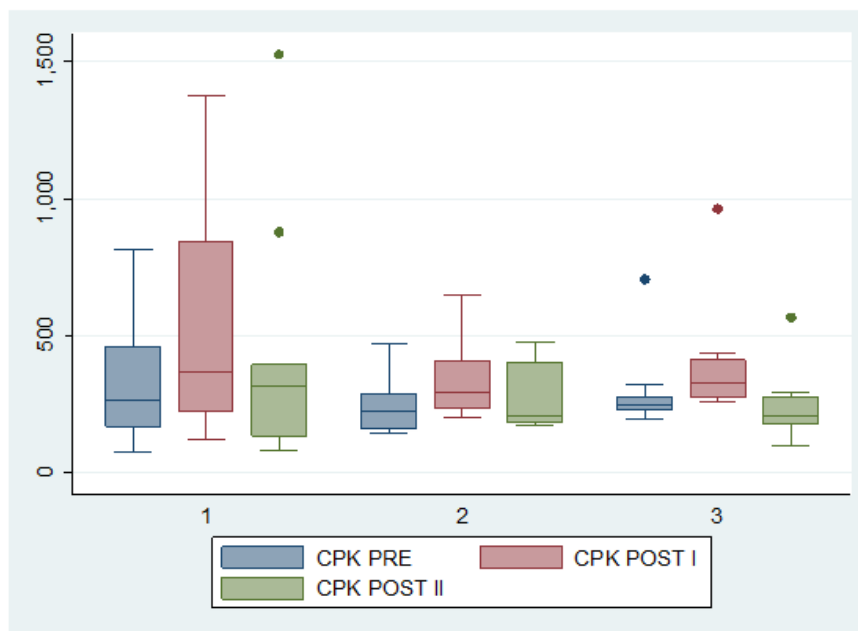
Tabla 5-6. Análisis de la CPK entre grupos (mediana y rangos intercuartílicos P25-P75)

GRUPO	PRE	POST 1	DELTA 1	POST 2	DELTA 2	VALOR P 1	VALOR P 2	VARIANZA ENTRE GRUPOS
INMEDIATO (n=9)	266.3 [1.66-459]	366.1 [222.1-844.3]	111.1 [55.5-238]	317.3 [132.6-395.5]	4 [-283-51]	<0.008	<0.594	0.6690
12 HORAS (n=9)	242.4 [166.6-319.6]	306 [262.9-428.4]	86.1 [60.6-120.8]	226.7 [190.4-457.9]	18.1 [-41.4-57.2]	<0.008	<0.953	0.7370
24 HORAS (n=9)	249.3 [266.7-276.5]	329.8 [272.9-411.4]	103.1 [64.60-129.2]	205.1 [177.9-275.4]	-55 [-96.3-(-20.4)]	<0.008	<0.028	0.3987

En la tabla se presenta la CPK pre, y los resultados de la CPK post 1 y Post 2. Los deltas, son la comparación que se realizan entre la CPK post 1 y post 2 comparado con la CPK pre.

En la figura 3, se presenta el análisis de los resultados. Sin embargo, para su análisis gráfico, se extrajo el dato de uno de los deportistas del grupo 2 (grupo de intervención 12 horas post esfuerzo), debido a que este generaba mayor dispersión de los datos, teniendo en cuenta que los valores pre, post I y post II de la CPK fueron muy elevados (CPK pre (2426,4), Post I (2878,6) y post II (1043,8) con respecto a la mediana de los otros deportistas. Es posible que este deportista presente un proceso de fatiga crónico, sumado a otros factores como la raza (afro-descendiente) capaces de generar movimientos con mayor potencia, lo cual puede contribuir a generar mayor disrupción muscular en comparación con otras razas, además de la cantidad de masa muscular para su peso corporal, lo cual se observa en sus resultados (edad 19 años, talla 1.88 metros, 45% de masa muscular y 10% de masa grasa).

Figura 5-3. Comportamiento de la CPK entre grupos



Grupos de recuperación activa: Grupo I (inmediata) Grupo 2 (12 horas) y Grupo 3 (24 horas).

5.2 Análisis de los Resultados

Los resultados obtenidos muestran que la recuperación activa realizada en los 3 grupos posterior al ejercicio físico contribuye de manera efectiva en el retorno de los deportistas a la línea de base, con respecto a las capacidades físicas y marcadores bioquímicos evaluados, y -aún más- a lograr un mejor rendimiento en las cualidades física.

Los futbolistas de la categoría sub 20 del Club Deportivo Real Santander realizan 90 minutos diarios de entrenamiento, el cual consta de instrucción táctica y de trabajo físico, además de la competencia semanal (2 juegos por semana). Los deportistas tienen un día de descanso. En la semana ellos realizan actividades de recuperación, sin embargo las intensidades y duración de los entrenamientos no permiten que cada uno logre un adecuado proceso de recuperación. Posiblemente los sujetos -al momento de la investigación realizada- se encontraban en un estado de fatiga, ratificando esta condición al observar el comportamiento de la CPK de línea de base. Así, una de las posibles

respuestas a las condiciones halladas en la línea de base es que se encontró mejorías en la velocidad y la fuerza explosiva posterior al protocolo de recuperación.

Al realizar el análisis estadístico de los resultados entre los grupos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para las variables de velocidad (Sprint 20 metros) y fuerza explosiva (CMJ), lo que nos demuestra que recuperar de manera activa a los deportistas dentro de las primeras 24 horas siguientes al ejercicio contribuye al retorno de estos al estado físico de línea de base. Es importante mencionar que a cada uno de los grupos se les sugirió no realizar ninguna actividad física o deportiva hasta que se realizara la evaluación final de CPK y de las capacidades físicas. Lo anterior puede indicar que es necesario permitirle al sistema musculoesquelético y metabólico generar un descanso completo que permita la disminución de la tensión muscular, remoción de los metabolitos de desecho muscular, aclaramiento de la CPK y otros biomarcadores de fatiga, resíntesis de glucógeno, para de esta manera promover el adecuado proceso de supercompensación¹⁶¹.

Con la evaluación de los resultados del biomarcador Creatina fosfoquinasa (CPK) se encontró que la recuperación activa contribuye al aclaramiento o disminución de esta enzima en sangre en los 3 grupos de intervención, logrando que la CPK se acercara a los valores de la línea de base. Sin embargo, se encontró que los deportistas asignados al grupo 3 (recuperación activa a las 24 horas post ejercicio) lograron mejores resultados debido a que la actividad de la CPK en sangre disminuyó por debajo de los niveles de la línea base en -55.5 U/L (rangos intercuartílicos 25-75 (-96.3 / -20.4)). Es posible que los resultados encontrados en este estudio se deban a que las fibras musculares no se estimularon (no se estresaron) de manera inmediata o durante las primeras 12 horas post ejercicio permitiendo que la fibra muscular experimentara un proceso de reparación, lo cual facilitó el aclaramiento de la actividad de la CPK en los deportistas que se intervinieron a las 24 horas post ejercicio. Asimismo, la realización de la recuperación activa - principalmente por parte de la ejecución del ejercicio aeróbico de baja intensidad- permitió la remoción de sustancias de desecho y aclaramiento de la actividad de la CPK, por medio del efecto del aumento y redistribución del flujo sanguíneo.

¹⁶¹ KENTTÄ G, HASSMÉN P. Overtraining and Recovery A Conceptual Model. Sports Med. 1998; 26: 1-16.

La presencia de proteínas musculares y enzimas en sangre son comúnmente reportadas como un indicador de daño muscular. La respuesta de la creatina kinasa (CK) ante el ejercicio ha recibido la atención adecuada en la investigación, así como al ejercicio estresante que genera daño sobre las células musculares resultando en un incremento en sangre de la actividad de la CPK. Se cree que la CPK viaja del tejido muscular dañado dentro del fluido intersticial antes de entrar en la circulación a través de los vasos linfáticos.¹⁶²

Investigaciones indican que el daño muscular causado por ejercicios excéntricos de alta intensidad han sido asociados con disminución de la función muscular y del rendimiento durante el ejercicio, reportándose una correlación significativa entre el torque generado por la contracción muscular voluntaria máxima y los niveles de CPK. La recuperación activa por medio del ejercicio aeróbico de baja intensidad incrementa el flujo y la redistribución del flujo sanguíneo, aumentando la tasa de aclaramiento de la CPK del músculo y de esta manera facilitando el proceso de recuperación de los tejidos.¹⁶³

El estiramiento antes y después de la competencia ha sido usado tradicionalmente para prevenir lesiones, reducir dolor muscular y mejorar el rendimiento deportivo. Se ha propuesto que el estiramiento disminuye la tensión sobre la unidad músculo-tendón, afectando el comportamiento visco elástico de esta unidad y la rigidez muscular por lo cual puede reducir los niveles de daño muscular inducido por el ejercicio excéntrico¹⁶⁴. Basados en los soportes científicos anteriormente mencionados encontramos que la recuperación activa propuesta en nuestro estudio favoreció la recuperación del sistema musculoesquelético y metabólico de los deportistas, permitiéndonos observar mejorías en el rendimiento físico de los mismos.

El ejercicio físico induce el daño muscular, frecuentemente ocurre después de un ejercicio físico exhaustivo, particularmente si el ejercicio involucra contracciones musculares

¹⁶² GILL N, BEAVEN C, COOK C. Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. *Br J Sports Med.* 2006; 40(3):260-3.

¹⁶³ *Ibíd.*

¹⁶⁴ OZMEN T, GUNES G, DOGAN H, and et al. The effect to kinesiotaping versus stretching techniques on muscle soreness, and flexibility during recovery from nordic hamstring exercise. *Journal of Bodywork & Movement Therapies.* 2016. 12. 1-7.

excéntricas. Además, si clínicamente es expresada por un set de marcadores indirectos del daño muscular tales como el dolor muscular, disminución en la contracción muscular voluntaria máxima e incremento de la rigidez muscular con rango de movimiento reducido. Se ha reportado también que la rigidez muscular pasiva incrementa inmediatamente después del daño muscular inducido por el ejercicio y permanece elevado por los siguientes 4 a 5 días.¹⁶⁵

El ejercicio excéntrico puede dañar las células musculares en términos de disrupción de las estructuras y componentes del cito esqueleto, pérdida de desmina que es una de las proteínas de tipo III de los filamentos intermedios del cito esqueleto intracelular en particular de células musculares, el daño estructural del sarcolema o de la membrana del retículo sarcoplasmático, debido a altas tensiones mecánicas, favoreciendo la pérdida de calcio de la homeostasis de los iones de calcio con relación a la tensión-longitud en el músculo relajado¹⁶⁶.

Sin embargo, alteraciones en la actividad electromiográficas encontradas después del daño muscular inducido por el ejercicio, sugiere que el incremento en la rigidez muscular puede también ser relacionado con alteraciones en la sensibilidad del reflejo muscular. Alteraciones en la sensibilidad de los husos musculares puede generar interferencia en las salidas sensoriales (fibras aferentes Ia y II), incrementando en número de unidades motoras reclutadas en reposo y resultando en un incremento de la rigidez muscular.¹⁶⁷

Para la recuperación muscular se sugiere el estiramiento pasivo, debido a que este puede inducir alteraciones en las propiedades mecánicas y neurales en el sistema neuromuscular, favoreciendo una rápida recuperación del daño muscular. Sin embargo la influencia del estiramiento después del daño muscular ha sido insuficientemente estudiada.¹⁶⁸

¹⁶⁵ TORRES R, PINHO F, DUARTE J, and et al. Effect of single bout versus repeated bouts of stretching on muscle recovery following eccentric exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2013; 16: 583–588.

¹⁶⁶ *Ibíd.*

¹⁶⁷ *Ibíd.*

¹⁶⁸ *Ibíd.*

DeVries y col en 1966, encontró que el estiramiento muscular reduce el espasmo después un ejercicio intenso. McGlynn y col en 1978, encontró reducción del espasmo muscular, basado en la disminución de la actividad electromiografía seguido del estiramiento¹⁶⁹.

Tomando en cuenta que el desarrollo muscular esta clínicamente manifestado más allá de las 48 horas post ejercicio, sería razonable pensar que una única intervención realizada inmediatamente después del ejercicio debería ser insuficiente para generar efectos benéficos sobre el desarrollo del daño muscular y debe ser más lógico asumir que estiramientos repetidos, realizados diariamente durante el curso del daño muscular, pueden tener efectos benéficos acumulativos sobre los marcadores.¹⁷⁰

Los deportistas presentan un nivel de fatiga de acuerdo con lo planteado por Ulrich y Mester, para el análisis de la CPK en deportistas, indicando que los niveles se encuentran en calificados como altos cuando se encuentran en mujeres $>80 \text{ U/l}^{-1}$, y en hombres $>150 \text{ U/l}^{-1}$.¹⁷¹

¹⁶⁹ *Ibíd.*

¹⁷⁰ *Ibíd.*

¹⁷¹ HARTMANN U, MESTER J. Training and overtraining markers in selected sport events. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32 (1): 209-215.

6. Discusión

El objetivo de este estudio fue evaluar la implementación de la recuperación activa de manera inmediata, 12 y 24 horas posteriores al esfuerzo.

La recuperación activa es un método usado para retornar al deportista a los niveles pre fatiga o líneas de base, posterior al esfuerzo. Este método está compuesto por ejercicio aeróbico de baja intensidad y autoestiramientos.

La implementación de este método de recuperación en 3 momentos diferentes logro mejorar el rendimiento deportivo evaluado por medio de las capacidades físicas (velocidad y fuerza explosiva), así como también lograr mejorías en el aclaramiento de la actividad de la CPK. Esto puede asociarse a la capacidad que tiene este tipo de métodos en la disminución de la tensión muscular, aumento del flujo sanguíneo que favorezca la remoción de metabolitos y de otras sustancias presentes tanto en el músculo como en la sangre, tales como los hidrogeniones quienes generan acidosis muscular, así como también de biomarcadores de la fatiga como lo es la creatina kinasa. El aumento del flujo sanguíneo genera aumento del aporte de oxígeno y nutrientes a los tejidos fatigados, facilitando la reposición de los depósitos energéticos tales como el glucógeno y la reparación del tejido.

La evidencia científica nos muestra resultados obtenidos en diferentes estudios que apoyan y otros que difieren de lo observado en nuestro estudio.

Andersson y col, en su estudio realizaron el monitoreo de parámetros neuromusculares y biomecánicos después de 2 juegos consecutivos en mujeres futbolistas. Encontraron aumento de las concentraciones de CK de manera inmediata, a las 21 y 45 horas después

del juego en comparación a la línea de base. Además observaron que la CK retorno a los valores de la línea de base 69 horas después del juego. También encontraron disminuciones significativas en los test de velocidad y salto (CMJ), así como también los picos en las torques de flexión y extensión de rodilla. Concluyen que no encontraron diferencias entre los patrones de recuperación sobre los parámetros neuromusculares y biomecánicos¹⁷². Estos resultados difieren de lo encontrado en nuestro estudio debido a que nosotros si observamos mejorías en las capacidades físicas y marcadores bioquímicos a las 48 horas después de haber generado el protocolo de fatiga y haber sometido a los deportistas a la recuperación activa post esfuerzo.

Ispiridiset y col, evaluaron los marcadores de la demanda física durante el juego de fútbol en 24 jugadores. 10 de estos jugadores fueron ubicados en el grupo control. Se monitorearon en test físicos y biomecánicos 6 días después del juego. La concentración de CK incremento gradualmente, alcanzado un pico entre 48 y 72 horas después del juego. De la misma manera encontraron relación entre los marcadores del microtrauma muscular como es la CK con el dolor, la reducción del salto y de la velocidad, lo que indica que las demandas durante un juego de fútbol necesitan largos periodos de recuperación.¹⁷³

Los resultados muestran que durante el periodo de recuperación post partido hubo un incremento sustancial de la CK, de la misma manera generando deficiencias en los parámetros de rendimiento neuromuscular. En este estudio la altura del salto (CMJ) muestra decline a las 24 horas, y alguna recuperación a las 48 horas, sin embargo este sigue estando bajo en comparación con la línea base¹⁷⁴. En otro estudio realizado por De Hoyo y col., en 15 jugadores de fútbol en donde analizaron el tiempo de recuperación de la CK y salto (CMJ) después de un partido, mostro que ninguna de estas variables retorno a su estado inicial o línea de base 48 horas después (CK (pre: 290.4 +- 145.81, post 48: 357.84 +-176.20) y CMJ (pre: 36.31 +- 3.83, post 48: 34.11 +- 4.05). En nuestro estudio reportamos resultados contrarios a lo encontrados por De Hoyo y col, debido a que tanto

¹⁷² ANDERSSON H, RAASTAD T, NILSSON J, PAULSEN G, et al. Neuromuscular Fatigue and Recovery in Elite Female Soccer: Effects of Active Recovery. *Med Sci Sports Exerc* 2008; 40 (2):372-380.

¹⁷³ ISPIRLIDIS I, FATOUROS IG, JAMURTAS AZ, et al. Time-course of Changes in Inflammatory and Performance Responses Following a Soccer Game. *Clin J Sport Med* 2008; 18 (5):423-31.

¹⁷⁴ DE HOYO M, COHEN D, SAÑUDO B, et al. Op. Cit.

el salto (CMJ) como la velocidad (Sprint 20 metros) nos mostraron un mejoramiento en los 3 grupos de intervención post esfuerzo.

Barbosa y col, realizaron una investigación con 17 jugadores de fútbol profesional con promedio de edad de 22.2 años, 179 cm, porcentaje grasa de 9.5. El objetivo de este estudio fue evaluar la cinética de la CK sérica. La CK se tomó antes de iniciar un juego de futbol y en 4 momentos después del juego de futbol (post 1 (12-20 horas), post 2 (36-48 horas), post 3 (60-65 horas) y post 4 (90-110 horas)). Encontrándose que la CK fue alta en todos los momentos comparados con la línea de base. (35) Este estudio nos muestra un comportamiento de la enzima CK hacia un aumento de su actividad en sangre hasta de 65 horas post ejercicio, influenciada a su vez por el entrenamiento continuo. En comparación con nuestro estudio, observamos resultados diferentes en el comportamiento de éste debido a que encontramos que por medio de la recuperación activa se promovió el aclaramiento de este biomarcador a las 48 horas siguientes al esfuerzo.

Gill y col, encontraron que posterior a la realización de ejercicios excéntricos de alta intensidad se genera un aumento de la actividad de la CK. Encontrando disminución de la función muscular y del rendimiento físico durante el ejercicio. Por lo tanto observo una correlación significativa entre el bajo rendimiento evaluado por medio del torque de la contracción muscular voluntaria máxima con el aumento de los niveles de CK. ¹⁷⁵

Por lo tanto podemos determinar que la CK no solo es un biomarcador de fatiga que indica el nivel del daño muscular, sino que la presencia de este se encuentra relacionado con déficit en el rendimiento físico, y por lo tanto es importante generar el rápido aclaramiento de su actividad, además es necesario promover la reparación muscular posterior al esfuerzo logrando disminuir la tasa de ruptura muscular.

Los niveles de CK séricos pueden elevarse por daño del tejido muscular como consecuencia de un entrenamiento intenso y prolongado. Puede obedecer a dos causas, metabólicas y mecánicas. Las causas metabólicas conllevan a cansar las fibras musculares, exhibiendo una disminución en la resistencia de la membrana incrementando

¹⁷⁵ Gill N, Beaven C, Cook C. Op. Cit.

los iones de calcio internos libres, los cuales promueven la activación de los canales de potasio. Otro mecanismo puede ser el daño local del tejido con degeneración de los discos Z.¹⁷⁶

Gill y col, 2006, implementaron un protocolo de recuperación activa, utilizando el cicloergómetro entre 80-100 revoluciones por minuto, durante 7 minutos, en 23 jugadores de rugby de alto rendimiento. Encontrando en los resultados que el 88,2% de recuperación se dio a las 84 horas post esfuerzo, por medio de la remoción de la CK. Dentro de los resultados, encontraron disminución de la expresión de este biomarcador. Lo que puede indicar que la recuperación activa contribuye a la reparación de las fibras musculares posterior a un esfuerzo máximo. Adicionalmente mencionan que la recuperación activa, incrementa el flujo sanguíneo, induciendo cambios en la distribución del flujo sanguíneo, y que a su vez esta respuesta puede aumentar la tasa de aclaramiento de la CK del músculo y ser responsable en el resultado de la recuperación.¹⁷⁷ Es relevante manifestar que el tiempo en que se disminuyó la expresión de la CK fue mucho mayor que el encontrado en nuestro estudio.

Dawson y col, mencionan que implementar recuperación de manera inmediata, utilizando técnicas como el estiramiento y shakedown o sacudidas de los miembros inferiores por un tiempo de 12 minutos favorece en la percepción de menores niveles de dolor en la musculatura de los miembros inferiores, a su vez favorece mejorías en el rendimiento físico observado por medio del salto y la velocidad, 24 y 48 horas posterior al esfuerzo¹⁷⁸

En nuestro estudio no se tuvo en cuenta un grupo control, basados en lo encontrado por Rey y col, donde se compararon los efectos de realizar recuperación activa (ejercicio aeróbico y autoestiramiento) versus la recuperación pasiva. Encontrando que la recuperación pasiva no generó mejorías en el rendimiento físico evaluado.¹⁷⁹

¹⁷⁶ BRANCACCIO P, MAFFULLI N, MD, BUONAURO R, et al. Op. Cit.

¹⁷⁷ GILL N, BEAVEN C, COOK C. Op. Cit.

¹⁷⁸ DAWSON B, GOW S, MODRA S, et al. Effects of immediate post-game recovery procedures on muscle soreness, power and flexibility levels over the next 48 hours. JSci Med Sport. 2005; 8: 2:210-221.

¹⁷⁹ REY E, LAGO-PEÑAS C, CASÁIS L, et al. Op. Cit.

Es importante mencionar que a los sujetos participantes en este trabajo de investigación se les sugirió no realizar ninguna práctica deportiva o realización de ejercicio físico por un periodo de 48 horas aproximadamente, posterior al test de fatiga. Por lo tanto este factor puede influenciar de manera positiva los resultados, mostrando la necesidad de realizar una reestructuración de la metodología del entrenamiento deportivo con fines de rendimiento y prevención de lesiones. Esta idea es apoyada por lo concluido con Barbosa y col, quienes mencionan que se debe planificar periodos de recuperación e indicar cuando aplicar nuevas cargas de entrenamiento, asistiendo en la prevención del sobreentrenamiento y favoreciendo el mantenimiento de la capacidad física durante la competencia.¹⁸⁰

¹⁸⁰ BARBOSA D, FIGUEIREDO R. Op. Cit.

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

El método de recuperación activa compuesto por ejercicio aeróbico de baja intensidad (30% de la frecuencia cardíaca de reserva) y estiramiento estático demostró ser efectivo en el retorno del deportista a su estado de línea de base, tanto en sus capacidades físicas como en los marcadores bioquímicos.

Es importante mencionar que en este estudio encontramos que la recuperación activa no solo retornó al deportista a las capacidades de línea de base, sino que logró que ellos mejoraran sus capacidades iniciales. Con respecto a la CPK encontramos que esta logró valores cercanos a la línea de base para el grupo de intervención inmediata y a las 12 horas post ejercicio, sin embargo el grupo de intervención a las 24 horas logró valores por debajo de la línea de base. Podemos generar una hipótesis en torno a este hallazgo y es que evitar el trabajo muscular y metabólico durante las primeras 12 horas posteriores al ejercicio favorece la reparación de la fibra muscular, así como también un mayor aclaramiento de la actividad de la CPK en sangre.

Podemos determinar que realizar ejercicio aeróbico de baja intensidad y estiramiento como el que se plantearon en este estudio, contribuye a que se genere un aumento de flujo sanguíneo capaz de realizar un barrido de las sustancias de desecho, contribuyendo en la disminución del medio ácido dentro del músculo y por lo tanto facilita la excitabilidad del sistema neuromuscular y de esta manera la contracción muscular. De la misma manera, el aumento de flujo sanguíneo favorece la disponibilidad de oxígeno y nutrientes (micronutrientes y macronutrientes) que contribuyen en la reparación muscular y en la reposición de los depósitos energéticos, permitiendo que el sistema muscular tenga la capacidad de actuar de manera efectiva ante las demandas del movimiento.

Es importante implementar adecuados métodos o estrategias de recuperación post ejercicio, así como también permitir períodos de recuperación post ejercicio adecuados que favorezcan a los diferentes sistemas corporales retornar a estados pre ejercicios o líneas de base, evitando la acumulación constante de estados de fatiga que no favorezcan la expresión máxima de las capacidades físicas de los deportistas, y de esta manera evitar que sea afectado el rendimiento deportivo y a su vez que este estado se convierta en un factor de riesgo de lesión deportiva.

Las conclusiones deben contemplar las perspectivas de la investigación, las cuales son sugerencias, proyecciones o alternativas que se presentan para modificar, cambiar o incidir sobre una situación específica o una problemática encontrada. Pueden presentarse como un texto con características argumentativas, resultado de una reflexión acerca del trabajo de investigación.

7.2 Recomendaciones

Se recomienda ejecutar el estudio en una mayor población para observar cambios estadísticamente significativos en el análisis de los datos entre grupos.

Adicionalmente se recomienda implementar el uso de otros métodos de valoración de la fatiga más innovadores como la electromiografía en este tipo de estudio.

Es necesario realizar este estudio nuevamente con asignación a grupos en los que solamente se establezcan métodos de recuperación que se enfoquen solamente en el estiramiento, ejercicio aeróbico de baja intensidad y un método combinado (ejercicio aeróbico de baja intensidad y estiramientos) con el fin de observar el comportamiento de cada uno de estos métodos en la recuperación del deportista.

Se recomienda continuar investigando acerca de los métodos o estrategias de recuperación fáciles y económicas de implementar, para de esta manera favorecer a aquellos clubes deportivos y/o escuelas de formación que no cuentan con apoyo económico.

8.imitaciones

Dentro de las limitaciones encontradas fue el tamaño de la muestra, debido a que fue la única población con las características descritas en el criterio de inclusión a la que tuvimos acceso. El aumento del tamaño de la muestra podría generar la apreciación de resultados estadísticamente significativos entre cada uno de los grupos.

Es importante mencionar que es difícil acceder a un equipo de fútbol que se encuentra en temporada competitiva.

9. Consideraciones éticas

El trabajo de grado que se desea realizar lleva por nombre *“Implementación de la recuperación activa inmediata, a las 12 y 24 horas post-esfuerzo, en jugadores juveniles de fútbol”*, metodológicamente fundamentado en un tipo estudio llamado Ensayo Aleatorizado Controlado. La población en la que se llevará a cabo son futbolistas pertenecientes a la categoría sub 20 de la Corporación Deportiva Real Santander de la Ciudad de Floridablanca, Santander (Colombia).

La intervención que se realizará está dirigida a la implementación de la estrategia de recuperación activa (ejercicio aeróbico de baja intensidad y estiramientos estáticos) en 3 momentos diferentes (inmediatamente después, 12 y 24 horas después del ejercicio). Cada momento será asignado a un grupo diferente entre los que se realizará la comparación de los resultados.

Durante el desarrollo del mismo, se realizarán una serie de evaluaciones, dentro de las que se encuentran algunas no invasivas como el examen médico, ejecución de test de fuerza explosiva y velocidad (CMJ, SPRINT TEST 20 M), ejecución del protocolo de fatiga llamado SAFT 90 (Soccer specific Aerobic Field Test). De igual manera se realizarán otras evaluaciones como la toma de orina para el análisis bioquímico de la Urea y de manera invasiva la extracción de sangre por parte del personal idóneo, con el fin de realizarse la evaluación de la CPK (Creatin fosfo Kinasa).

El estudio se desarrollará de acuerdo a la resolución 8430 de 1993 establecida por el Ministerio de Salud (República de Colombia, 1993) por la cual se generan las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.

Teniendo en cuenta el artículo 11 de esta resolución, este estudio pertenece a la categoría de investigación con riesgo mínimo debido a que los datos obtenidos provienen de procedimientos comunes o rutinarios.

De acuerdo con el artículo 6, la investigación se ajusta a los principios científicos y éticos que la justifican, así como también se fundamenta en la experimentación previa realizada en otros hechos científicos.

La investigación contará con la participación de profesionales con conocimiento y experiencia para cuidar la integridad del ser humano, utilizando de igual manera los materiales necesarios que garanticen el bienestar del sujeto participante en la investigación.

En respuesta al diseño experimental que se propone en esta investigación se usarán métodos aleatorios de selección, con el fin de obtener una asignación imparcial de los participantes en cada grupo, evitando a su vez cualquier riesgo o daño a los sujetos de investigación.

De la misma manera que se mencionan en el artículo 6, 15 y 16 dirigidos a la realización del consentimiento informado, por el cual se presentará la información correspondiente a la investigación al sujeto participante en el mismo (justificación, objetivos, procedimientos que se van a utilizar, posibles molestias tras la realización de los test, los beneficios que aportara la investigación al deporte, nombre y contacto del investigador principal-institución investigadora). Adicionalmente se aclararán cualquier pregunta que los participantes en el estudio puedan tener. Los participantes también contarán con la seguridad que no se identificará al sujeto y que se mantendrá la confidencialidad de la información relacionada con su privacidad.

Es importante aclarar que este estudio tiene en cuenta el artículo 13, el cual se informará a los participantes, y habla del derecho a que se le suministre atención médica en caso de sufrir algún lesión física en caso de que esta estuviese relacionado directamente con la investigación. Adicionalmente se les hará mención con respecto a la indemnización que legalmente le corresponda en caso de lesiones permanentes.

SEMANA ACTIVIDAD	20 SEP	22 SEP	26 SEP	27 SEP	28 SEP	29 SEP	30 SEP	7 DE OCTUBRE AL 9 DE NOV				11 NOV	12 NOV	DIC
recuperación activa al grupo de intervención a las 12 horas posterior al esfuerzo.														
Se implementó el protocolo de recuperación activa al grupo de intervención a las 24 horas posterior al esfuerzo.														
Toma final de muestra sanguínea														
Test final de fuerza explosiva y velocidad (CMJ, SPRINT TEST 20 M)														
FASE III (análisis y elaboración del informe final)														
Análisis estadísticos														
Elaboración y presentación del informe final														
FASE IV (entrega del trabajo final)														
Entrega de trabajo final al subcomité asesor de la Maestría en														

Anexo B. Presupuesto

Rubro	Cantidad (Horas/unidades)	Valor	Total
Personal			
Investigador Principal	1000	20.000	20'000.000
Director de Tesis	60	65.000	3'900.000
Auxiliar de Investigación	100	20.000	2'000.000
Médico del deporte	25	80.000	2'000.000
Estadístico	30	120.000	3'600.000
Subtotal	-	-	31'600.000
Equipos			
Computador	1	1'000.000	1'000.000
Alquiler Plataforma OPTOGAIT	2	500.000	1'000.000
Alquiler de bicicletas de Spinning	10	1'200.000	1'200.000
Alquiler de monitores de frecuencia cardíaca	10	500.000	500.000
Alquiler cancha de fútbol	1	200.000	200.000
Subtotal			3'900.000
Materiales Consumibles			
Toma de muestras sanguíneas	81	35.000	2'835.000

Hidratación	60	2000	120.000
Alimentación	60	4000	240.000
Subtotal	-	-	3'195.000
Materiales			
Material bibliográfico	-	300.000	300.000
Formatos de registro (consentimiento informado, evaluación inicial, otros)	-	50.000	50.000
Material para realizar el test (materiales, documentos de registro, otros)	-	50.000	50.000
Imprevistos	-	100.000	100.000
Transporte	-	300.000	300.000
Auxilio de transporte a los deportistas	-	480.000	480.000
Subtotal	-	-	1'280.000
Total			39'975.000

Anexo C. Criterios de inclusión y evaluación médico-física



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Nombre:

Edad:

Fecha:

A continuación se le dará a conocer los requisitos o criterios para que usted pueda hacer parte de este estudio. Debe usted contestar si o no de acuerdo con las preguntas que se le presentaran a continuación.

Criterios de inclusión:

- Nació usted entre el año 1995 y 1996?-----
- Tiene experiencia en la práctica de fútbol por más de 1 año?-----
- Le gusta consumir alcohol de manera constante?-----
- Si contesto si a las anteriores preguntas, conteste sí o no, usted puede suspender el consumo alcohol durante el estudio?-----
- Ha presentado usted alguna lesión muscular en el último mes?-----
- Le han administrado algún medicamento vía intramuscular (inyecciones)?-----
- Ha presentado alguna alteración psiquiátrica que le genere consumo de medicamentos para su tratamiento?-----

- Ha presentado procesos quirúrgicos en el último mes?-----
- Usa algún tipo de medicamento?-----
- Cual medicamento?-----

Examen médico-física

Este espacio es para ser diligenciado por parte del médico encargado del examen físico.
Diligenciar sí o no.

- El sujeto presenta un peso adecuado para su talla, y su porcentaje de grasa no es superior al 22%?-----

- De acuerdo a su examen médico, el sujeto es apto para el estudio?-----

Firma del participante

Firma del medico

Anexo D. Implementación de la recuperación activa inmediata, a las 12 y 24 horas post-esfuerzo, en jugadores juveniles de futbol”



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Fecha:

Yo-----, identificado con C.C----- de-----, deseo participar libremente y sin ninguna remuneración económica en la investigación que dirige el estudiante Camilo Andrés Villamizar Sierra con el fin de apoyar el proyecto de grado para su formación académica en la Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física de la Universidad Nacional de Colombia.

Determinar los efectos de la recuperación activa post esfuerzo realizada en tres momentos diferentes: inmediata, a las 12 y 24 horas, sobre marcadores bioquímicos, percepción de la recuperación, velocidad y fuerza explosiva, en jugadores de futbol de categorías juveniles, es importante, debido a que puede orientar cual sería el momento adecuado para la implementación de la misma, y de está permitir que el deportista logre estar en óptimas condiciones para prevenir lesiones musculo esqueléticas y tener un rendimiento deportivo adecuado.

Usted fue seleccionado para participar en este estudio porque pertenece a la Institución deportiva que fue incluida en el estudio de manera aleatoria y cumple los criterios para ingresar al estudio.

Si usted acepta la participación tendría que estar dispuesto a:

1. Autorizo que me sean realizados exámenes médicos, toma de muestra sanguínea y de orina en los momentos que sean establecidos por el estudio.
2. Realización de test físicos.
3. Participación en protocolos de fatiga muscular y protocolos de recuperación física,
4. Seguir de manera correcta las orientaciones que se impartan para el adecuado proceder del estudio.

Cualquier pregunta con respecto a este estudio la puede dirigir al Ft., Camilo Andrés Villamizar Sierra, quien es el estudiante de la Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física, investigador principal del proyecto (Teléfono; 3165000 Ext: 15170, Secretaria de la Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física-Universidad Nacional de Colombia, cel. 3006866864 y al correo electrónico: cavillamizars@unal.edu.co) y al comité de ética de la Universidad Nacional de Colombia.

“Contacto comité de Ética: para preguntas o aclaraciones acerca de los aspectos éticos de ésta investigación pueden comunicarse con el Comité de Ética (**FACULTAD DE MEDICINA**,

Teléfono: (57-1) 316 5251 o conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 15167 y al correo electrónico: eticasalud_fmboq@unal.edu.co”.

Al firmar este documento, usted a:

❖ Ha leído y entiende la información que se le ha proporcionado	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
❖ Está de acuerdo en participación como un sujeto de investigación en este estudio	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
❖ Ha tenido la oportunidad de resolver sus inquietudes en relación con el desarrollo de este estudio y sus implicaciones	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
❖ Entiende que su participación es voluntaria y que es libre de retirarse en cualquier momento del estudio	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
❖ Reconoce que se le ha garantizado la confidencialidad, justicia, equidad y autonomía en la participación y el manejo de toda la información que aquí se recolecte	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
❖ Acepta las actividades que se plantean y se realizarán en el estudio	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
❖ Acepta que su participación no tendrá remuneración económica	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
❖ Acepta ser contactado para estudios futuros	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No

Una vez leído este consentimiento informado, manifiesto que he comprendido el objetivo y los procedimientos que sé realizarán _____, que las preguntas han sido resueltas satisfactoriamente y acepto voluntariamente participar en el estudio.

Nombre: _____ Firma: _____
 Cedula no: _____ de: _____
 Ciudad: _____ Fecha: _____
 Dirección: _____ Teléfono: _____

1. Anexo B. EVALUACIÓN FÍSICA INICIAL

2. EVALUACIÓN FÍSICA INICIAL

Anexo E. Evaluación Física Inicial



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Nombre:

Edad:

Fecha:

FC: ----- FR: ----- PA: -----

Peso: -----Talla: -----IMC: -----

Porcentaje Masa Muscular: ----- Porcentaje de Masa Grasa: -----

Antecedentes Médicos (Personales): -----

Antecedentes Médicos (Familiares):-----

Firma del medico

Bibliografía

ACSM's. Guidelines for Exercises Testing and Prescription. Lippincott Williams & Wilkins. Ninth Edition. 2013.

ALCOBA A. Enciclopedia del deporte. Librerías Deportivas Esteban Sanz, S.L Primera Edición. 2001.

ANDERSSON H, RAASTAD T, NILSSON J, PAULSEN G, et al. Neuromuscular Fatigue and Recovery in Elite Female Soccer: Effects of Active. Recovery. Med Sci Sports Exerc 2008; 40 (2):372-380.

ADEVA-ANDANY M, GONZÁLEZ-LUCÁN M, DONAPETRY-GARCÍA D, ET AL. Glycogen metabolism in humans. BBA Clinical. 5 (2016):85-100.

AYALAA F, DE STE CROIX M, SAINZ DE BARANDAD P, SANTONJAE F. Acute effects of two different stretching techniques on isokinetic strength and power. Rev Andal Med Deporte. 2015; 8 (3):93–102.

BAHNERTA A, NORTONA K, LOCKC P. Association between post-game recovery protocols, physical and perceived recovery, and performance in elite Australian Football League players. Journal of Science and Medicine in Sport. 2013; 16: 151–156.

BARBOSA D, FIGUEIREDO R, ANUNCIAÇÃO DE MELO M, SILAMI-GARCIA E. Creatine kinase kinetics in professional soccer players during a competitive season. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum. 2011, 13(3):189-194.

BANGSBO J, IAIA FEDON, KRUSTRUP P. Metabolic response and fatigue in soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2007; 2: 111-127.

BAILEY D, ERITH S, GRIFFIN P, ET AL. Influence of cold-water immersion on índices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. *Journal of Sports Sciences*, September 2007; 25(11): 1163 – 1170.

BENNO M. NIGG, BRIAN R. Macintosh, Joachim Mester. *Biomechanics and Biology of Movement*. Human Kinetics Editors. Firts Edition. 2000.

BOMPA T. *Periodización del entrenamiento deportivo*. Blackwell Scientific, London, UK. Primera Edición. 1999.

BOSCO C. *La fuerza Muscular Aspectos metodológicos*. Editorial INDE. Primera edición.2000.

BRANCACCIO P, MAFFULLI N, MD, Buonauro R, et al. Serum Enzyme Monitoring in Sports Medicine. *Clin Sports Med* 27 (2008) 1–18.

BROPHY-WILLIAMS N, ANDERS G, WALLMAN K. Effect of immediate and delayed cold water immersion after a high intensity exercise session on subsequent run performance. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2011; 10: 665-670.

CASTAÑEDA M, CABRERA A, Navarro Yadira. *Procesamiento de datos y análisis estadístico utilizando SPSS: un libro practico para investigadores y administradores educativos*. Editora Universitária da PUCRS. Primera Edición. 2010.

CONCEIÇÃO A, J. SILVA A, BARBOSA T, et al. Neuromuscular Fatigue during 200 M Breaststroke. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2014; 13: 200-210.

COSTELLO J, BAKER PRA, MINETT GM, et al. Whole-body cryotherapy (extreme cold air exposure) for preventing and treating muscle soreness after exercise in adults. *Cochrane*

Database of Systematic Reviews 2015, Issue 9. Art. No: CD010789. DOI: 10.1002/14651858.CD010789.pub2.

CREATINE KINASE. [en línea] [Citado el 12 de Junio de 2016] Disponible en: <http://www.linear.es/ficheros/archivos/1120010C.pdf>

CRISTIAN VIAL. Creatine Kinase. Nova Editorial. First edition. 2006.

DAWSON B, GOW S, MODRA S, et al. Effects of immediate post-game recovery procedures on muscle soreness, power and flexibility levels over the next 48 hours. *JSci Med Sport*. 2005; 8: 2:210-221.

DE HOYO M, COHEN D, SAÑUDO B, et al. Influence of football match time–motion parameters on recovery time course of muscle damage and jump ability. *Journal of Sports Sciences*, 2016.

DELANEY T, TIM MANDIGAN T, FARLAND M. The sociology of sport: as introduction. Newest. Fisrts Edition. 2009

DI MASI F, GOMES DE SOUZA R, DANTAS M, et al. Is blood lactate removal during water immersed cycling faster than during cycling on land?. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2007; 6: 188-192.

DIAS H, PAZ G, MAIA M, LEITE T, et al. Number of repetition after different rest intervals between static stretching and resistance training. *Rev Andal Med Deporte*. 2016; 1-5.

DIETRICH MARTIN. Manual de metodología del entrenamiento deportivo. Editorial Paidotribo. Primera edición. 2001

DUPONT G, NEDELEC M, MCCALL A, et al. Effect of 2 Soccer Matches in a Week on Physical Performance and Injury Rate. *Am J Sports Med*. 2010: 1752-1758.

FINSTERER J. Biomarkers of peripheral muscle fatigue during Exercise. BMC Musculoskeletal Disorders. 2012; 13: 218-223.

FORTIER J, LATTIER G, BABOULT N. Acute effects of short-duration isolated static stretching or combined with dynamic exercises on strength, jump and sprint performance. Science & Sports. 2013; 28: 111-117.

FOWLER P, DUFFIELD R and VAILE J. Effects of simulated domestic and international air travel on sleep, performance, and recovery for team sports. Scand J Med Sci Sports 2015; 25: 441–451.

GHASEMI M, BAGHERI H, OLYAEI G, et al. Effects of cyclic static stretch on fatigue recovery of triceps surae in female basketball players. Biology of Sport. 2013; 30. 97-102.

GILL C. Flexitest: el método de evaluación de la flexibilidad. Editorial Paidotribo. 2005

GILL N, BEAVEN C, COOK C. Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. Br J Sports Med. 2006; 40(3):260-3.

GOODALL S, HOWATSON G. The effects of multiple cold water immersions on indices of muscle damage. Journal of Sports Science and Medicine. 2008; 7: 235-241.

HARTMANN U, MESTER J. Training and overtraining markers in selected sport events. Med Sci Sports Exerc. 2000; 32 (1): 209-215.

HEYWARD. Evaluación de la aptitud física y prescripción del ejercicio. Editorial Panamericana. Quinta edición. 2008.

ISPIRLIDIS I, FATOUROS IG, JAMURTAS AZ, et al. Time-course of Changes in Inflammatory and Performance Responses Following a Soccer Game. Clin J Sport Med 2008; 18 (5):423-31.

KELLMANN M, SCAND J. Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. *Med Sci Sports*. 2010; 20: 95–102.

KENTTÄ G, HASSMÉN P. Overtraining and Recovery A Conceptual Model. *Sports Med*. 1998; 26: 1-16.

KHAMWONG P, PIRUNSAN U, PAUNGMALI A. A prophylactic effect of proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretching on symptoms of muscle damage induced by eccentric exercise of the wrist extensors. *Neuro-Journal of Bodywork & Movement Therapies*. 2011; 15; 507-516.

LIEBER R, FRIDEN J. mechanisms of muscle injury after eccentric contraction. *Journal of science and medicine in sport*. 1999; 2 (3): 253-265.

LÓPEZ CHICHARRO José. *Fisiología del ejercicio*. Editorial Panamericana. Tercera edición. 2006.

LOPEZ E, SMOLIGA J, ZAVORSKY G. The Effect of Passive Versus Active Recovery on Power Output Over Six Repeated Wingate Sprints. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2014; 85: 519–526.

LÓPEZ M. Aplicación de la prueba de velocidad 10x5 metros, sprint de 20 metros y tapping test con los brazos. Resultados y análisis estadístico en Educación Secundaria. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 2004; 4:1-17.

MARSHALL P, LOVELL R, JEPPESEN G, et al. Hamstring Muscle Fatigue and Central Motor Output during a Simulated Soccer Match. *PLOS ONE*. 2014; 9; 1-11.

MARTIN P. *The olympic textbook of medicine in sport*. Wiley-blackwell. First Edition. 2008.

MATHIEU NEDELEC, ALAN MCCALL, CHRIS CARLING Y COL. Recovery in Soccer: Part II-Recovery Strategies. *Sports Med*. 2012. 1-14.

MIKA A, MIKA P, FERNHALL B, et al. Comparison of recovery strategies on muscle performance after fatiguing exercise. *Am J Phys Med Rehabil.* 2007; 86: 474–481.

MIRELLA Ricardo. Las nuevas metodologías del entrenamiento de la fuerza, la resistencia, la velocidad y la flexibilidad.

MUKAIMOTO T, SEMBA S, IOUE Y, OHNO M. Changes in transverse relaxation time of quadriceps femoris muscles after active recovery exercises with different intensities. *Journal of Sports Sciences.* 2014; 32: 766–775.

NEDELEC M, McCALL A, CARLING C, et al. Recovery in Soccer Part I – Post-Match Fatigue and Time Course of Recovery. *Sports Med.* 2012; 42 (12): 997-1015.

NEDELEC M, McCALL A, CARLING C, and et al. Recovery in Soccer. Part II—Recovery Strategies. *Sports Med.* 2012; 42:9-22.

NETO G, SANTOS H, SOUSA J, et al. Effects of High-Intensity Blood Flow Restriction Exercise on Muscle Fatigue. Strength. *Journal of Human Kinetics.* 2014; 41: 163-172.

OPTOGAIT. Manual de uso. [en línea] [Citado el 10 de Junio de 2016] Disponible en: <http://www.optogait.com/OptoGaitPortal/Media/Manuals/Manual-ES.PDF>

OZMEN T, GUNES G, DOGAN H, and et al. The effect to kinesiotaping versus stretching techniques on muscle soreness, and flexibility during recovery from nordic hamstring exercise. *Journal of Bodywork & Movement Therapies.* 2016. 12. 1-7.

PAOLA B. RANCACCIO, NICOLA MAFFULLI, AND FRANCESCO MARIO LIMONGELLI. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin* 2007; 81-82: 209–230.

PETER A. FARRELL, MICHAEL J. JOYNER, VINCENT J. CAIOZZO. *ACSM's Advanced Exercise Physiology.* Second Edition. Lippincott Williams & Wilkins. 2012.

PETER M. TIIDUS. Skeletal muscle damage and repair. Human Kinetics Editor. First edition. 2008.

REY E, LAGO-PEÑAS C, CASÁIS L, et al. The Effect of Immediate Post-Training Active and Passive Recovery Interventions on Anaerobic Performance and Lower Limb Flexibility in Professional Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*. 2012; 31:121-129.

RODRÍGUEZ M. Deporte y cambio social en el umbral del siglo XXI. Librerías Deportivas Esteban Sanz, S.L. Primera edición. 2001.

SARGENT C, LASTELLA M, HALSON S, ET AL. The impact of training schedules on the sleep and fatigue of elite athletes. *Chronobiology International*, 2014; 31(10): 1160–1168.

SMALL K, MCNAUGHTON L, GREIG M, et al. The effects of multidirectional soccer-specific fatigue on markers of hamstring injury risk. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2010; 13:120–125.

SUZUKI M, UMEDA T, NAKAJI S, et al. Effect of incorporating low intensity exercise into the recovery period after a rugby match. *Br J Sports Med*. 2004; 38: 436–440.

THOMAS BAECHLE, ROGER EARLE. Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico. Editorial panamericana. Segunda edición. 2007.

THOMAS REILLY, BARRY DRUST AND NEIL CLARKE. Muscle Fatigue during Football Match-Play. *Sports Med* 2008; 38 (5): 357-367.

TIME TRIAL TRAINING Maximum Heart Rate Test. [en línea] disponible en: <http://www.timetrialtraining.co.uk/S6MaxHeartRateTests.htm> 32.

TORRES R, PINHO F, DUARTE J, and et al. Effect of single bout versus repeated bouts of stretching on muscle recovery following eccentric exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2013; 16: 583–588.

VANDERTHOMMEN M, MAKROF S, DEMOULIN C. Comparison of active and electrostimulated recovery strategies after fatiguing exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2010; 9, 164-169.

WEINECK J. Entrenamiento total. Editorial Paidotribo. Primera edición. 2005