

Desarrollo de la exactitud y fuerza del cabeceo en defensores y atacantes de la categoría sub 18 hombres

Development of heading accuracy and strength in U18 male defenders and attackers

Geovanny Hurtado, Cristian Valencia, Teodoro Contreras Calle, Gisselle Soto, Susana Andrade

Universidad de Cuenca (Ecuador)

Resumen. Objetivo: Evaluar el efecto de una intervención de entrenamiento técnico táctico enfocado a mejorar el cabeceo, por medio de un prototipo de paneles y sensores electrónicos propuesto para medir la precisión y fuerza del cabeceo, en futbolistas de la categoría sub-18. Metodología: Un diseño cuasi experimental se aplicó en futbolistas pertenecientes al "Gualaceo Sporting Club" de la ciudad de Gualaceo - Azuay, equipo de la categoría profesional del fútbol ecuatoriano. Los deportistas de 17 a 18 años recibieron una intervención de 12 semanas que consistió en un entrenamiento para mejorar la fuerza y exactitud del cabeceo. Al inicio y final del estudio se realizaron las mediciones de fuerza y exactitud por medio de un prototipo construido *ad hoc*. El prototipo incluyó sensores de fuerza, sistemas LED y estuvo conectado a un computador con programa ARDUINO para su control. Resultados: Los doce futbolistas (edad 17.2 ± 0.45 años, estatura 169.01 ± 3.69 cm, peso corporal 60.03 ± 6.1 kg, y 9.83 ± 2.44 años de experiencia deportiva) mostraron una mejora significativa de la fuerza (aumento de 203,31 N, valor $p < 0.001$, tamaño del efecto grande) y precisión del cabeceo (1,92 puntos, valor $p < 0.001$, tamaño del efecto grande). Conclusiones: Un entrenamiento de 12 semanas con ejercicios técnico-tácticos mejora la fuerza y exactitud del cabeceo en futbolistas, lo anterior medido por un prototipo de paneles y sensores electrónicos (con alta validez y sensibilidad). Es necesario continuar estudios similares sobre los métodos de entrenamiento del cabeceo que incluyan mediciones objetivas, con el fin de mejorar los métodos de entrenamiento específicos.

Palabras clave: fútbol, entrenamiento deportivo, deporte juvenil, diseño de equipo, gesto técnico.

Abstract. Objective: To evaluate the effect of a technical-tactical training intervention focused on improving heading, by means of a prototype of panels and electronic sensors proposed to measure the precision and strength of heading, in soccer players of the U-18 category of the "Gualaceo Sporting Club" group. Methodology: A quasi-experimental design was applied in soccer players belonging to the "Gualaceo Sporting Club" of the city of Gualaceo - Azuay, a team of the professional category of Ecuadorian soccer. The 17 to 18 year-old athletes received a 12-week intervention that included training to improve the strength and accuracy of heading. At the beginning and end of the study, strength and accuracy measurements were performed by means of a prototype built *ad hoc*. The prototype included force sensors, LED systems and was connected to a computer and the ARDUINO software tools were used to control it. Results: The twelve soccer players (age 17.25 ± 0.45 years, height 169.01 ± 3.69 cm, body weight 60.03 ± 6.1 kg, and 9.83 ± 2.44 years of sport experience) showed a significant improvement in strength (203.31 N increase, p -value < 0.001 , large effect size) and heading accuracy (1.92 point, p -value < 0.001 , large effect size). Conclusions: A 12-week training with technical-tactical exercises improves the strength and accuracy of heading in soccer players, the above measured by a prototype of panels and electronic sensors (with high validity and sensitivity). It is necessary to continue similar studies on heading training methods that include objective measurements, in order to complement the specific training methods.

Key words: soccer, sport training, youth sports, equipment design, technical gesture.

Fecha recepción: 04-07-23. Fecha de aceptación: 07-03-24

Susana Andrade

susana.andrade@ucuenca.edu.ec

Introducción

La técnica del cabeceo se define como el empleo de la cabeza (generalmente la frente) para la re-dirección y pase del balón mientras está en el aire. Involucra una serie de actos dinámicos de todo el cuerpo del jugador que deben coordinarse adecuadamente para que el cabeceo sea correcto; además, esta técnica se realiza simultáneamente con otras acciones como caminar, correr, saltar, etc. (Erkmen, 2009; Manga Gamero, 2016). En un estudio de Hernández Prieto & García (2013) se determinó que en un partido de fútbol regular, el balón se encuentra un 30% en el aire y por ende existen en promedio entre 15-20 cabeceos. Según Rivas Borbón & Sánchez Alvarado (2017), el cabeceo es una técnica que se emplea en las posiciones defensas y delanteros: para el caso de defensas, el cabeceo permite obstaculizar la trayectoria de balones aéreos dirigidos al arco; y para el caso de los delanteros el cabeceo es importante en jugadas de gol como tiros libres, tiros de esquina, ataque al arco, entre otros. Aunque el cabeceo en el fútbol resulta en ven-

taja técnica sobre el rival, un desconocimiento de la metodología para la enseñanza del gesto técnico por parte de entrenadores, inexistencia de supervisión en la enseñanza del cabeceo y errores fundamentales en la ejecución del cabeceo por desconocimiento de los futbolistas son las principales causas que puedan influir en que los deportistas eviten realizar cabeceos o los realicen inapropiadamente (Perlaza-Concha et al., 2015). Adicionalmente, existen múltiples estudios que han demostrado que el ejecutar erróneamente el cabeceo puede derivar en lesiones craneales o cerebrales (Peek, Elliott, & Gardner, 2020; Rodrigues et al., 2016; Wahlquist & Kaminski, 2020). Lo anterior motiva la necesidad de desarrollar entrenamientos enfocados en mejorar la ejecución de esta técnica. Lamentablemente, la investigación sobre entrenamiento y evaluación de precisión/fuerza del cabeceo es muy escasa y los estudios sobre el cabeceo se enfocan principalmente en evaluar la propiocepción (Almeida Rivera, 2021), la agudeza visual (Camacho Bello & Sequeira González, 2018) o la asociación entre fuerza de cuello con la ejecución del cabeceo (Peek, Elliott, & Orr,

2020). De acuerdo a Benito Santos et al., (2018) el rendimiento futbolístico es un proceso multifactorial y los cuerpos técnicos necesitan capturar, procesar y analizar datos, con el fin de medir el rendimiento de sus respectivos equipos y evaluar perspectivas, sobre todo a nivel de fútbol de élite. Hay varias variables clave de equipo e individuales sugeridas como indicadores clave de rendimiento para abordar el comportamiento táctico colectivo, y en el caso del cabeceo no existe uno que esté disponible en el mercado (Memmert et al., 2017). Si bien existe la necesidad de un método que permite evaluar el cabeceo, no existe herramienta tecnológica estructurada capaz de proporcionar una fácil comprensión de las destrezas de cabeceo (Gardasevic et al., 2019). Para suplir esta necesidad, se han diseñado prototipos, definidos como artefactos con una característica o varias características de un producto, servicio o sistema (Camburn et al., 2017). El desarrollo de prototipos en el fútbol tiene la característica de ser de fácil creación, alta exactitud y de bajo costo (Benito Santos et al., 2018). El problema con estos radica en que al momento de crearse se comercializan de manera privada, no son elaborados con fines investigativos y no se comprueba científicamente su funcionamiento (Setiawan, 2019). Por este motivo, el objetivo del presente estudio fue realizar una intervención de entrenamiento técnico táctico enfocado a mejorar el cabeceo, creando y empleando un prototipo de paneles y sensores electrónicos propuesto que permita evaluar la precisión y fuerza del cabeceo, en futbolistas de la categoría sub-18 del grupo “Gualaceo Sporting Club”.

Materiales y métodos

Diseño y contexto del estudio

Se aplicó un diseño de tipo cuasi experimental, en el cual existió un grupo de intervención y los participantes fueron elegidos de manera no aleatoria. El estudio se realizó en futbolistas pertenecientes al “Gualaceo Sporting Club” de la ciudad de Gualaceo, un equipo categoría A del fútbol ecuatoriano que ha permanecido cinco temporadas en primera división desde su ascenso en el año 2014. El club cuenta con equipos desde las categorías sub-6 hasta las categorías juveniles sub-18 que juegan en campeonatos nacionales como regionales.

Población y participantes

El grupo de estudio incluyó a la categoría sub 18 masculina del club, que cuenta con 30 deportistas, cuyas edades oscilan entre los 17 a 18 años, y participa en el campeonato nacional de la categoría. Todos los miembros de la categoría fueron invitados a participar y quienes cumplieron con los

siguientes criterios de inclusión fueron parte del estudio:

- Ocupar las posiciones de defensa o delantera en el juego
- Tener edades comprendidas entre 17-18 años
- Estar inscritos como jugadores en el campeonato nacional de la categoría
- Contar con el consentimiento y asentimiento informado
- No presentar lesiones que impidan realizar los entrenamientos propuestos

Al iniciar el estudio se realizaron mediciones antropométricas en un consultorio médico donde se recopiló los datos de edad, peso y talla. El peso y talla se valoraron en un ambiente que se observó las normas de privacidad, y los deportistas vestían ropa liviana y sin zapatos. La medición de talla se realizó en un tallímetro (SECA) y el peso con una balanza (SECA).

Consideraciones éticas

Los deportistas fueron informados sobre el protocolo a seguir en el estudio; para el caso de deportistas menores de edad, se realizó una charla adicional con sus respectivos representantes. Las charlas fueron realizadas por el investigador principal. Los participantes firmaron el consentimiento / asentimiento para acceder a ser parte del estudio con libertad de abandonar el estudio en cualquier momento sin ninguna penalización. El protocolo de estudio, los formatos de recopilación de información, así como los procedimientos fueron elaborados en línea con la Declaración de Helsinki, y también fueron revisados y aprobados por el Comité de Bioética en Investigación del Área de la Salud de la Universidad de Cuenca (UC-COBIAS-2019-0314).

Programa de intervención: entrenamiento del cabeceo

La intervención se trató de un entrenamiento enfocado hacia mejorar la fuerza y exactitud del cabeceo con un tiempo de duración de 12 semanas, y con tres sesiones semanales de 50 minutos cada una (lunes, miércoles y viernes). Al inicio y final del estudio se destinó 2 sesiones de una hora y 30 minutos para la realización de las mediciones pre- y post-intervención respectivamente (Tabla 1).

Cada sesión diaria de intervención constó de tres fases: i) inicial de calentamiento general con ejercicios de movilidad articular y estiramiento y un juego de calentamiento, esto consistió en el 15% del tiempo total de la sesión. ii) principal específica que consistía de ejercicios propuestos en la metodología técnico-táctica (Tabla 1) y iii) final / vuelta a la calma que consistía en ejercicios de estiramiento específico y relajación.

Tabla 1.

Descripción del programa de intervención para mejorar la fuerza y exactitud del cabeceo con una duración de 12 semanas.

Etapas / duración	Descripción de la etapa	Tipo de ejercicio	Carga táctica	Carga Volumen (min)	Descripción del ejercicio	Día
Refuerzo / 3 semanas	En esta etapa el objetivo fue la aplicación de sesiones de entrenamiento con ejercicios técnicos básicos, enfocados en el refuerzo de la habilidad técnica adquirida por los futbolistas durante su formación deportiva. Se diseñaron ejercicios que incluyeron todas las partes de contacto de la cabeza, en diferentes posiciones, tanto con como sin carrera de arranque. Se puso especial énfasis en el cabeceo frontal, ya que, según Benedek (2006), es el más utilizado en la mayoría de situaciones en el fútbol. La parte frontal del cráneo, siendo la más dura, y su superficie plana, favorecen la precisión y la fuerza que se le da al balón en el golpeo de cabeza.	Ejercicio básico 1	Individual o parejas	3 series de 5 minutos (volumen total 18-20 minutos)	En estas sesiones de entrenamiento se utilizó el dominio de balón con la cabeza con diferentes tipos de balones, como globos, balones de playa o balones blandos. Se aplicó diversas variantes y juegos durante la práctica, lo que ayuda a mantener el interés y la motivación de los jugadores. Estos juegos y variantes pueden incluir objetivos específicos, como intentar hacer la mayor cantidad de cabeceos consecutivos o cabecear el balón hacia un objetivo determinado con la carga táctica determinada.	Lunes, miércoles y viernes
		Ejercicio básico 2	Individual, parejas y tríos	3 series de 5-7 minutos (volumen total 18-25 minutos)	En estas sesiones de entrenamiento se utilizó los malabares con balón tratando de mantener el balón en el aire durante el mayor tiempo posible. Este ejercicio puede ser realizado individualmente o en parejas. Se realizó diversas variantes y juegos como por ejemplo la utilización de estímulos visuales para mejorar la presión y control de balón.	Lunes, miércoles y viernes
Desarrollo / 3 semanas	El objetivo de esta etapa fue el desarrollo de habilidades y destrezas técnicas, tácticas, físicas y mentales para mejorar el rendimiento en la técnica del cabeceo. Para lograr este objetivo, se implementaron sesiones de entrenamiento con un enfoque en el uso de ejercicios técnicos. Se utilizó un método global de entrenamiento, el cual, según Torrelles & Frattarola Alcaraz, (2015), permite la utilización de todos los recursos deportivos y humanos disponibles, y todas las variables se presentan en una situación de juego real.	Ejercicio técnico global	Parejas y grupos de 3 jugadores	3 series de 6 minutos (volumen total 18-20 minutos)	En estas sesiones de entrenamiento se realizó con dos equipos compiten entre sí en un espacio reducido (,5x5 metros o 8x8 metros) tratando de marcar tantos goles como sea posible en la portería del equipo contrario o mediante el conteo de cabeceos. Este entrenamiento ayudara a mejorar la precisión del tiro y la fuerza para cruzar un balón. Las variantes van a depender del objetivo del día, ya sea de presión o de fuerza.	Lunes, jueves y viernes.
		Ejercicios técnico global	Grupos de 3-10 jugadores	3 series de 3-5 minutos (volumen total 12-15 minutos)	Se entrenó en parejas mediante competencias entre sí, consistió en que uno de los jugadores lanza el balón a su compañero quien trata de devolver el balón con golpeo de cabeza, mientras que la pareja contraria defiende tratando de impedir el gol solo con la cabeza. Las variantes fueron cambiando cuando se implementaron otros roles en la pareja y la utilización de otros materiales para el mismo objetivo.	Lunes, miércoles y viernes
Optimización / 4 semanas	En esta etapa el objetivo fue llevar la técnica de un estado encontrado en las etapas anteriores y de esta forma llevar a niveles superiores de eficacia, eficiencia y estabilidad del cabeceo. Se aplicó ejercicios en juegos reducidos similares al juego donde se potencio la parte de precisión y fuerza en el golpeo con la cabeza. Lo anterior en base a la metodología de López López et al., (2009) el cual da ejercicios en espacios reducidos con tres niveles de dificultad, atendiendo al número de jugadores: superioridad numérica, igualdad numérica, inferioridad numérica con finalidades ofensivas y defensivas de pase, control y remate.	Ejercicio táctico 1	4 vs 1 5 vs 1 4 vs 2 6 vs 2	3 a 4 series de 6 minutos (Volumen total 20-25 minutos)	Se entrenó en juegos de oposición con desventaja numérica, los atacantes se colocan en las esquinas de un cuadrado (10x10metros) mientras que un defensor se posiciona en su interior. A los atacantes solo se les permite hacer pases con la cabeza. Si el defensor recupera el balón, se convierte en atacante y el jugador que falló el último pase se convierte en defensor. Para agregar variabilidad al juego, se pueden intercambiar los roles de los jugadores de las esquinas con el jugador del medio. También se puede agregar la regla de que el balón no debe tocar el suelo y se pudo establecer competiciones entre los equipos.	Lunes, miércoles y viernes
		Ejercicio táctico: 2	2 vs 2 4 vs 4 6 vs 6	3 series de 2 a 4 minutos (Volumen total 10 – 15 minutos)	Durante las sesiones de entrenamiento, se implementó juegos reducidos de 2 contra 2 en un área de juego reducida, compuesta por dos arcos con sus respectivos arqueros. La consigna que se establecido fue que la única manera de anotar un gol fuera mediante el cabeceo de un pase efectuado por un jugador ubicado en los costados del campo, con o son oposición. Además, se realizó una variante en un grupo más amplio sin arqueros y con arcos pequeños. Los jugadores del área de juego debieron coordinar sus ataques y ser capaces de cambiar rápidamente entre la fase ofensiva y defensiva.	Lunes, miércoles y viernes.

Se incluyó la realización de competiciones para agregar un elemento de desafío y motivación para los jugadores.

Durante el periodo de intervención los futbolistas seguían llevando a cabo su entrenamiento de rutina (entrenamiento técnico - táctico pre-competitivo, Tabla 2) para afrontar el campeonato nacional de la categoría, en este periodo de estudio los futbolistas disputaron diez partidos del campeonato que se realizaron los días sábados.

Tabla 2.

Planificación semanal pre-competitivo (entrenamiento de rutina)

Día de la semana	Tipo de sesión	Enfoque
Lunes	Sesión de recuperación y descanso activo	Recuperación y estiramientos suaves
Martes	Sesión de técnica individual	Mejora la técnica individual, especialmente en posesión y control del balón
Miércoles	Sesión mixta	Combinación de aspectos del juego, incluyendo acondicionamiento físico, táctica y técnica individual
Jueves	Sesión de táctica y estrategia	Ajuste y mejora de la táctica y estrategia de juego del equipo
Viernes	Sesión previa al partido	Preparación mental y física para el partido del domingo
Sábado	Día del partido	Aplicación de todo lo aprendido y entrenado durante la semana para ganar el partido

Valoración pre y post intervención de las variables de respuesta: exactitud y fuerza del cabeceo

En la técnica del cabeceo en el fútbol, entre la serie de actos dinámicos que se coordinan para una ejecución correcta de este, las principales variables a evaluar son la exactitud y fuerza (Garret et al., 2005). En el presente estudio la medición de la exactitud y fuerza del cabeceo pre y post intervención se realizó mediante un dispositivo creado por investigadores con formación en ingeniería electrónica y computación, denominado como G7HEAD.

Descripción del Prototipo G7HEAD para medir la exactitud y fuerza del cabeceo

El prototipo constó de seis paneles de policarbonato con luces LED acoplados a una estructura de aluminio con tres recuadros a cada lado. Cada panel incluyó un sensor de fuerza (ARDUNIO) que transforma la fuerza mecánica en impulso eléctrico, adicional se colocó cinta LED en el contorno de los paneles.

El prototipo contó con antenas de transmisión con el fin de conectar inalámbricamente los sensores con el comando central (computador HP). La antena de transmisión y un banco de baterías recargables permiten el funcionamiento de LED y paneles así también posibilitaron mover el prototipo a diferentes partes del campo de fútbol, lo anterior ayudó a ejecutar los test de fuerza y exactitud en las condiciones más reales posibles de juego.

El equipo estaba regulado por un teclado, computador y se seleccionó el software ARDUINO que envía información a los paneles (sensores y leds) y captura los datos

desde los mismos para posteriormente analizarlos. El investigador utilizaba el teclado para programar el encendido del led del panel deseado y medir los datos del cabeceo (exactitud y fuerza). A continuación, a la señal de inicio del test un ayudante (entrenador asistente u otro futbolista) lanza el balón con dirección a la cabeza en forma pendular hacia el jugador evaluado para que este cabecee y logre golpear al panel que se encendió, si logro alcanzar el objetivo el software envía información sobre la fuerza y precisión que empleó el futbolista. Los datos recolectados se almacenaron en la memoria del equipo para su posterior análisis

Finalmente, con el fin de que los futbolistas se familiaricen con el prototipo de evaluación se destinó el primer día de las mediciones para realizar una prueba piloto con los deportistas. La confiabilidad y validez del prototipo se evaluó considerando que se utilizaron sensores digitales colocados en los paneles que permiten registrar la fuerza y exactitud con un 99% de confiabilidad. Adicional, se contó con expertos en entrenamiento deportivo que validaron el prototipo para la evaluación del cabeceo. Una vez comprobada la validez y confiabilidad del test se llevaron a cabo las sesiones de evaluación planificadas para la investigación.

Medición de la exactitud y fuerza del cabeceo

Antes de comenzar las mediciones, se solicitó a los jugadores evitar la realización de cualquier actividad intensa durante las sesiones previas a los test. Se les recomendó realizar una ingesta suficiente de hidratos de carbono y mantener niveles adecuados de hidratación. Los jugadores debían cumplir con las siguientes indicaciones para las dos pruebas, de exactitud y fuerza: a) realizar una carrera corta previa al cabeceo; b) realizar un salto previo al cabeceo; y c) no pasarse de la línea marcada

Exactitud. Para medir la exactitud en el cabeceo del fútbol, definida como la destreza de ejecutar el cabeceo con la habilidad de enviar al balón en la dirección deseada (Manga Gamero, 2016), se simuló una acción de juego real en la cual el prototipo se ubicó a 4 m de distancia del jugador que permanecía sobre una línea marcada en el piso. A continuación, los balones fueron lanzados hacia el jugador a la altura del prototipo electrónico, y el jugador realizaba el cabeceo correspondiente con la intención de dirigir el balón a una dirección especificada por el prototipo. Cada futbolista debió cabecear hacia uno de los 6 paneles que se iluminaban aleatoriamente en el prototipo y en caso de acertar al panel seleccionado se le daba una puntuación de 1. Cada futbolista tuvo 10 intentos y se valoró de la siguiente manera según el número de aciertos: 0 Malo, 1-3 Bueno, 4-7 Muy bueno y 8-10 Excelente.

Fuerza: Para medir la fuerza en el cabeceo del fútbol, que se define como la capacidad de producir una tensión óptima al momento del contacto con el balón y como resultado, empujarlo con la fuerza deseada (Manga Gamero, 2016), se

siguió el protocolo anterior de ubicar al panel, jugador y lanzar el balón. El futbolista debió cabecear hacia cualquiera de los seis paneles iluminados y el prototipo por medio de sus sensores arrojaba el dato de fuerza registrado en Newtons (N); cada futbolista realizó 5 cabeceos hacia los paneles y de estos valores se calculó un valor promedio de la fuerza aplicada por el deportista.

Las evaluaciones de exactitud y fuerza del cabeceo se realizaron previo a la intervención (medición pre) y luego de la intervención (medición post) para cada deportista con la finalidad de conocer el efecto del entrenamiento planteado. Estas pruebas se realizaron la primera semana y la última respectivamente. Es necesario indicar que las pruebas se realizaron a la misma hora, temperatura (18 - 25°C y sin lluvia) en el mismo campo de juego y el balón empleado cumplió con las especificaciones estándar del fútbol. Los tests fueron realizados por el investigador con ayuda del ingeniero electrónico, y con la presencia del director técnico del equipo y en algunos casos por los dirigentes del Club.

Análisis Estadístico

Las variables cuantitativas continuas fueron expresadas en términos de media $\pm$ desviación estándar y con un intervalo de confianza del 95%. Se usó una prueba Shapiro-Wilk para conocer la normalidad y una vez comprobada la normalidad, una prueba-t de datos pareados fue aplicada para determinar la existencia de cambios significativos en la fuerza y exactitud del cabeceo pre- y post-entrenamiento. Los resultados se evaluaron con un valor de significancia del 5% ($\alpha=0,05$) y con intervalo de confianza del 95%. El tamaño de efecto fue determinado con el estadístico *d* de Cohen que categoriza el efecto según la escala de valoraciones: <0.2 "trivial", <0.5 "pequeño", <0.8 "moderado", >0.8 "grande" (Cohen, 2013). El procesamiento y tabulación de información se realizó con el programa Excel y el análisis estadístico se efectuó a través de R Studio.

Resultados

En total doce futbolistas (media $\pm$ DS; edad 17.25 ± 0.45 años, estatura 169.01 ± 3.69 cm, peso corporal 60.03 ± 6.1 kg, y 9.83 ± 2.44 años de experiencia deportiva) de categoría sub-18 participaron en este estudio.

La evaluación mediante el prototipo G7 HEAD demostró que existió una mejoría significativa en la exactitud en el grupo; específicamente la comparación de las pruebas pre-intervención y post-intervención se hizo en base al puntaje sobre 10 intentos que cada participante tenía para acertar al cuadrante encendido. El prototipo G7HEAD indicó que la variación obtenida fue de 2.75 ± 1.14 pre-test a 4.67 ± 0.98 post-test puntos sobre 10. La categorización de los puntajes en un inicio fue principalmente "Bueno" con un porcentaje de 66,67% y el 33,33% restante de "Muy Bueno". Posterior al entrenamiento el 91,67% de los puntajes se categorizaban como "Muy Bueno" y el porcentaje de "Bueno" disminuyó al 8,7%. De acuerdo a los resultados de la prueba t, los cambios fueron significativos al obtener un

valor $p<0.001$. El valor $\Delta\%$ de este caso cuantificó una mejoría del 69,81% con respecto a la exactitud de los jugadores previo a la intervención. Para este caso se obtuvo un tamaño de efecto de 1.77 ($TE>0.8$), el cual también es categorizado como un efecto grande.

En cuanto a los análisis de fuerza (Tabla 3), la diferencia en promedio de pre- y post-test fue de un promedio de 1258.25 ± 125.24 N a un promedio de 1461.57 ± 151.18 N, evidenciado un aumento de 203,31 N de la fuerza empleada para el cabeceo (Tabla 3). Este aumento en las medias de la fuerza de cabeceo en todos los jugadores luego de la intervención resultó ser estadísticamente significativas (valor $p<0.001$). El valor $\Delta\%$ permitió cuantificar que existió una mejoría del 16,16% con respecto a la fuerza inicial de los jugadores. El tamaño de efecto (TE) permite conocer la magnitud de estos cambios significativos, los cuales se categorizaron desde pequeño ($TE<0.5$) hasta grande ($TE>0.8$), del cual la fuerza obtuvo el valor de 1.45 que se considera un efecto grande.

Tabla 3.

Cambios en la fuerza y exactitud del cabeceo tras 12 semanas de intervención.

	Variable	
	Fuerza (N)	Exactitud
Pre-Test $\pm$ SD	1258.25 ± 125.24	2.75 ± 1.14
Post-Test $\pm$ SD	1461.57 ± 151.18	4.67 ± 0.98
$\Delta\%$ [IC95%]	16.68 [15.85, 17.51]	69.81 [68.97, 70.64]
TE [IC95%]	1.45 [0.62, 2.28]	1.77 [1.07, 2.48]
Valoración	Grande	Grande
Valor p ^a	<0.001	<0.001

^a Valor p obtenido a partir de la prueba-t de datos pareados.

Nota: SD = desviación estándar; $\Delta\%$ = porcentaje de cambio entre pre y post intervención; IC= intervalos de confianza al 95%; TE= tamaño del efecto; N=Newtons

Discusión

El principal objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la aplicación de una metodología de entrenamiento con ejercicios técnico-tácticos para mejorar la exactitud y fuerza del cabeceo, evaluados a través de un prototipo de paneles y sensores electrónicos en un grupo de futbolistas de la categoría Sub 18 del Gualaceo Sporting Club. Los resultados demostraron que la intervención de 12 semanas enfocada a mejorar la técnica de cabeceo generó cambios significativos, logrando que los deportistas posean más exactitud y fuerza al momento de realizar el gesto. Este efecto es relevante, en especial al considerar que las mejoras en la capacidad de cabeceo permiten ganar ventaja sobre el balón ya que el deportista no tiene que esperar el bote del balón en el suelo, y puede anticiparse a su oponente. Esta anticipación representa una ventaja técnica en los deportistas, e.g. para el caso de los delanteros el anticiparse a un balón implica rematar hacia la portería lo más rápido posible, así también, la exactitud es necesaria para enviar al balón en la dirección correcta y la fuerza es elemental para poder cabecear desde distancias largas (Sánchez-Sánchez et al., 2014). En el caso de los defensas, la función del cabeceo es defender balones aéreos al obstaculizar la progresión hacia el arco o las vías que conducen hacia el mismo; para este caso la exactitud en el cabeceo se requiere para

desviar el balón hacia un compañero en lugar del oponente y la fuerza es necesaria para alejar al balón lo más posible del arco (González-Víllora, 2013).

En el presente estudio la exactitud mejoró en un 69,81% ($\Delta\%$) y la proporción de deportistas categorizados con “muy buena” exactitud subió de 33.33% previo a la intervención a un 91,67% después de la intervención. Mientras que la fuerza medida en Newtons mejoró en un 16% ($\Delta\%$) respecto al pre-test. Estas mejoras son relevantes en especial al considerar los planteado por Perlaza-Concha et al. (2015), quien afirma que los aspectos determinantes para un cabeceo exitoso es contactar el balón con la parte correcta de la frente para dar dirección y exactitud deseada, y también realizar el salto adecuadamente para ejercer el empuje o fuerza requerida. Lamentablemente, comparar estos resultados con otros estudios similares para contrastar la magnitud de los efectos fue complejo, esto debido a que son pocos los estudios enfocados en el cabeceo que se han realizado en grupos etarios similares (Cifuentes, 2020) y también la literatura actual reporta una gran variedad de métodos aplicados que miden principalmente la exactitud del cabeceo y no la fuerza. Por ejemplo, la mayoría de estudios contabilizan el número de balones que alcanza un área establecida o que entran a la portería, otros asignan una puntuación específica a las diferentes áreas del arco y suman las puntuaciones de 3 cabeceos al arco para su evaluación (Marshall et al., 2023; Setiawan, 2019; Souglis et al., 2023). Sin embargo, en todos existe una medición pre y post con las cuales se podría calcular un aproximado del $\Delta\%$ del efecto ((pre-test – post-test)/pre-test), en este sentido se observó que el $\Delta\%$ de mejora en la ejecución del cabeceo fluctúa entre 30 al 60% en los estudios en deportistas entre 17 a 26 años (Marshall et al., 2023; Setiawan, 2019; Souglis et al., 2023). Mientras que no se encontraron estudios que evaluaran los cambios en la fuerza del cabeceo en grupos etarios similares, por lo que no fue posible realizar comparaciones. Es decir, la intervención del presente estudio enfocada en la mejora de ejecución del cabeceo permitió un incremento cuantitativo de la ejecución técnica aparentemente superior a otros estudios. Sin embargo, con el fin de mejorar comparaciones futuras es urgente iniciativas que continuamente investiguen sobre las variables relevantes en la ejecución del cabeceo, así como sobre los métodos estándares y objetivos para su evaluación.

Respecto al programa de intervención, el fundamento del entrenamiento se basó en relacionar los dos métodos analíticos (técnico) y global (táctico) ya que ha probado ser más útil en desarrollar todos los fundamentos técnicos de la ejecución a la vez que se entrena la parte neuromuscular que está implicada en la reacción y ejecución inmediata (Sánchez Sánchez et al., 2012). Los resultados del presente estudio están en línea con otros estudios que mejoran la capacidad de cabeceo en base a entrenamientos con ejercicios técnico-tácticos (Gardasevic et al., 2019; Ray Castro et al., 2017; Setiawan, 2019). Sin embargo, los entrenamientos de los estudios mencionados discrepan en que su enfoque no fue netamente el cabeceo, no analizan variables que influyen en

el cabeceo, no establecen cuál fue el esquema de entrenamiento empleado ni el método de evaluación del cabeceo, limitando la posibilidad de comparar estudios. Las cualidades estudiadas del cabeceo en esta investigación son parte de realizar una técnica adecuada por el futbolista ante juego aéreo a la vez que se generan cambios en reacción. El componente de técnica es necesario para que el futbolista sepa cómo llevar a cabo adecuadamente la técnica; el componente neuromuscular es enfocado a combinar la fuerza y a la velocidad para generar adaptaciones neuromusculares que permita entrenar la capacidad de reacción del deportista (Martínez-Pérez & Vaquero-Cristóbal, 2021). Dentro del entrenamiento planificado, se consideró a lo largo de la intervención que el entrenamiento de cabeceo debe ser progresivo y guiado con la finalidad de evitar lesiones. De acuerdo a las recomendaciones de Smethurst (2014), el entrenamiento debe enfocarse en un inicio a emplear balones que no hagan daño al deportista, como fueron las pelotas de playa, que son balones grandes y livianos que fueron usados en la intervención planteada. Esto sirve para que el jugador aprenda a realizar la técnica y no se lastime al aprender a emplear un balón de fútbol normal. Posteriormente, cuando el entrenador observe que los jugadores tienen más destreza, se comienza a integrar el uso del balón de fútbol estándar. Esto ha generado controversia en la investigación de fútbol, dado que otros estudios enfocados al cabeceo no consideran el entrenamiento progresivo y esto puede lesionar a los deportistas (Gardasevic et al., 2019; Setiawan, 2019). Una última consideración que se tuvo en el presente estudio fue la edad de los jugadores; es recomendable que los entrenamientos enfocados al cabeceo sean realizados posterior a los 10 años de edad (O’Kane, 2016). El cabeceo en el fútbol es una técnica polémica que ha estado asociado a lesiones en la masa cerebral y en procesos cognitivos y al instruir a niños esta técnica, se pueden generar daños en el desarrollo (Kim & Connaughton, 2021). Los entrenamientos de cabeceo suelen recomendarse cuando los jugadores de fútbol hayan alcanzado un nivel de madurez fisiológica; por este motivo la población que se empleó fueron jugadores de 17 a 18 años de edad. Opinión contraria mantienen otros estudios en donde se sostiene que a menores edades se mejora el gesto técnico (Atiq et al., 2017; Perlaza-Concha et al., 2015; Ray Castro et al., 2017). No obstante, al tener un grupo con más madurez y desarrollo, es más fácil instruir la técnica, existe mayor disciplina, comprensión de consecuencias de una mala ejecución y no existe riesgo de interrumpir algún proceso de desarrollo. Existe evidencia de que un cabeceo que sea ejecutado con previo entrenamiento progresivo y adecuado, no generará daños ni peligro para el deportista (Rodrigues et al., 2016; Smethurst, 2014) y para el grupo de estudio, esto fue tomado en cuenta constantemente.

Con respecto a los métodos de evaluación en los entrenamientos de cabeceo, no existe un estándar que permita conocer los diferentes parámetros que influyen en la efectividad de la técnica. En los estudios previos mencionados

que evaluaron la mejora de cabeceo, se usan métodos que se basan en que el jugador logra cabecear el balón dentro del arco (Gardasevic et al., 2019; Ray Castro et al., 2017; Setiawan, 2019). Dentro de pruebas que se acercan a una evaluación del cabeceo, está la batería F-MARC en donde el cabeceo se evalúa similarmente a los métodos de evaluación planteados en los estudios mencionados. La evaluación está dividida en dos partes: en la primera se evalúa si el jugador puede hacer gol de cabeceo; la segunda parte asigna puntos según el segmento del arco (Erkmen, 2009). El problema es que el F-MARC es una batería que evalúa las habilidades globales del futbolista, más no tiene un enfoque sobre el cabeceo. De acuerdo a Padrón-Cabo et al. (2019), no existe una evaluación estándar que sirva para evaluar esta destreza, la cual se considera importante y de alta relevancia para el fútbol, además que las consideraciones son netamente cualitativas. El prototipo planteado en este estudio sirve como una metodología que permite obtener datos mucho más precisos sobre la técnica del cabeceo y de manera cuantitativa, permitiendo obtener resultados más objetivos y así conocer el efecto de un entrenamiento

Entre las posibles limitaciones de este estudio está en primer lugar la duración de la intervención, ya que la cantidad de aprendizaje y mejoramiento de la técnica en algunos de los futbolistas debería ser un factor a considerar. Es conocido que entre estudiantes existe divergencia de capacidades y tiempos de aprendizaje, sobre todo en temas de tiempo (Nelson et al., 2016). El presente estudio se llevó a cabo la intervención fue de 30 sesiones en un período de 3 meses, por lo que estudios en un periodo más largo permitiría conocer el efecto de más sesiones. A pesar de esto, el entrenamiento planteado se llevó a cabo un mayor número de sesiones comparado a otras investigaciones (Gardasevic et al., 2019; Ray Castro et al., 2017; Setiawan, 2019). Una segunda limitación a tomar en cuenta constituye el tamaño de la muestra: al ser bajo el número de jugadores en el grupo de estudio no es posible generalizar los resultados. Se recomienda para próximos estudios aumentar el tamaño muestral y de ser posible crear un grupo control que permita contrastar los resultados. La tercera limitación es que no se realizaron los test de evaluaciones de todas las posiciones y estos datos habrían permitido tener una visión del nivel técnico de cada jugador en el campo de juego, permitiendo conocer cómo las destrezas de cabeceo varían según la necesidad que tienen los jugadores en el partido. Finalmente, es plausible que otras variables como la capacidad de reacción y de anticipación mejoraron producto de la intervención, pero al no ser consideradas como variables de respuesta en la formulación de estudio estas no fueron evaluadas. Finalmente, las potenciales líneas de investigación que se han observado a partir de este estudio es continuar con la formulación de planes de entrenamiento específicos para ejecutar el cabeceo asegurando progresiones adecuadas y así evitando lesiones, y también de acuerdo a la edad de los deportistas. Otra línea interesante de investigación es el desarrollo de métodos objetivos para la evaluación y entrena-

miento de los gestos técnicos en el fútbol, la literatura científica sobre esta temática es casi nula. En esta misma línea los métodos objetivos deben permitir la medición de distintas variables, por ejemplo, en el caso del presente prototipo posiblemente la capacidad de reacción y de anticipación podrían haber sido consideradas e instalar sistemas de cámaras y/o sensores para su evaluación.

Conclusiones

Los resultados demostraron que un entrenamiento de 12 semanas con ejercicios técnico-tácticos mejora la fuerza y exactitud del cabeceo en futbolistas de la categoría Sub 18. Esta evidencia es un insumo para potenciar las intervenciones efectivas en el fútbol con la finalidad de mejorar el rendimiento deportivo en adolescentes. El prototipo de paneles y sensores electrónicos aparentemente es un instrumento apropiado para la medición de la técnica del cabeceo. Se recomienda continuar su uso y desarrollo dado que tiene el potencial de permitir evaluaciones objetivas y comparaciones objetivas entre estudios. Es necesario reportar más estudios sobre los métodos de entrenamiento del cabeceo que incluyan grupos de comparación, así como muestras más grandes, lo cual servirá para mejorar los métodos de entrenamiento específicos.

Agradecimientos

Agradecemos a los Directivos, personal técnico y deportistas del “Gualaceo Sporting Club” de la ciudad de Gualaceo, por su apertura para implementar esta investigación.

Referencias

- Almeida Rivera, D. A. (2021). La propiocepción en el mejoramiento del salto en el cabeceo del equipo Cumbayá Fútbol Club [Maestria, Universidad de las Fuerzas armadas]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/27461/1/T-ESPE-018138.pdf>
- Atiq, A., Tangkudung, J., & Mulyana, M. (2017). Development Of Basic Techniques Procurement Model A Bol Soccer Athletes Based Play For Beginners Ages 8-12 Years. *Jipes-Journal Of Indonesian Physical Education And Sport*, 3(2), 110-121. <https://doi.org/10.21009/JIPES.032.09>
- Benedek, E. (2006). Fútbol infantil. Editorial Paidotribo.
- Benito Santos, A., Theron, R., Losada, A., Sampaio, J. E., & Lago-Peñas, C. (2018). Data-driven visual performance analysis in soccer: An exploratory prototype. *Frontiers in Psychology*, 9, 2416. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02416>
- Camacho Bello, S. N., & Sequeira González, J. (2018). Efectos que tiene la práctica del cabeceo en la agudeza visual y en la memoria a corto plazo de un jugador de fútbol. Osteopatía como medio para mejorar la aptitud

- física y reducir desbalances funcionales espinales en golfistas, 48-55.
- Camburn, B., Viswanathan, V., Linsey, J., Anderson, D., Jensen, D., Crawford, R., Otto, K., & Wood, K. (2017). Design prototyping methods: State of the art in strategies, techniques, and guidelines. *Design Science*, 3, e13. <https://doi.org/10.1017/dsj.2017.10>
- Cifuentes, A. (2020). Revisión Literaria de la Técnica del Cabeceo en el Fútbol: Caracterización Preliminar en la Categoría Sub 15 del Club Talentos F.C. De Madrid Cundinamarca. Universidad de Cundinamarca.
- Cohen, J. (2013). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2da ed.). Academic Press.
- Erkmen, N. (2009). Evaluating the Heading in Professional Soccer Players by Playing Positions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1723. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b42633>
- Gardasevic, J., Bjelica, D., & University of Montenegro, Faculty for Sports and Physical Education, Niksic, Montenegro. (2019). Shooting Ball Accuracy with U16 Soccer Players after Preparation Period. *Sport Mont*, 17(1), 29-32. <https://doi.org/10.26773/smj.190205>
- Garret, W. E., Kirkendall, D. T., & Contiguglia, S. R. (2005). *Medicina del fútbol*. Editorial Paidotribo.
- González-Víllora, S. (2013). González-Víllora, S. (2013). Estudio de las etapas de formación del joven deportista desde el desarrollo de la capacidad táctica. Aplicación al fútbol. En F. J., Castejón, F. J. Giménez, F. J., Jiménez y V. López (Coord.), *Investigaciones en formación deportiva* (Cap.XVIII, pp. 417-442). Wanceulen: Sevilla.
- Hernández Prieto, Y. H., & García, J. M. (2013). Efectos de un entrenamiento específico de potencia aplicado a futbolistas juveniles para la mejora de la velocidad con cambio de dirección. *European Journal of Human Movement*, 31, 17-36.
- Kim, S., & Connaughton, D. P. (2021). Soccer, concussions, and safety: Perceptions of parents of youth soccer participants. *Journal of Safety Research*, 77, 255-262. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2021.03.008>
- López López, J., Bernal Ruiz, J. A., Wanceulen Moreno, A., & Wanceulen Moreno, J. F. (2009). 100 Juegos para el Entrenamiento Integrado del Juego de cabeza en el fútbol. Wanceulen.
- Manga Gamero, F. A. (2016). Principios técnicos del fútbol. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/4875>
- Marshall, B., Uiga, L., Parr, J. V. V., & Wood, G. (2023). A preliminary investigation into the efficacy of training soccer heading in immersive virtual reality. *Virtual Reality*, 27(3), 2397-2404. <https://doi.org/10.1007/s10055-023-00807-x>
- Martínez-Pérez, P., & Vaquero-Cristóbal, R. (2021). Revisión sistemática del entrenamiento de fuerza en futbolistas pre-adolescentes y adolescentes (Systematic review of strength training in preadolescent and adolescent football players). *Retos*, 41, 272-284. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i41.82487>
- Memmert, D., Lemmink, K. A. P. M., & Sampaio, J. (2017). Current Approaches to Tactical Performance Analyses in Soccer Using Position Data. *Sports Medicine*, 47(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0562-5>
- Nelson, L., Groom, R., & Potrac, P. (2016). *Learning in Sports Coaching: Theory and Application*. Routledge.
- O'Kane, J. W. (2016). Is Heading in Youth Soccer Dangerous Play? *The Physician and Sportsmedicine*, 44(2), 190-194. <https://doi.org/10.1080/00913847.2016.1149423>
- Padrón-Cabo, A., Rey, E., Pérez-Ferreirós, A., & Kalén, A. (2019). Test-Retest Reliability of Skill Tests in the F-MARC Battery for Youth Soccer Players. *Perceptual and Motor Skills*, 126(5), 1006-1023. <https://doi.org/10.1177/0031512519866038>
- Peek, K., Elliott, J. M., & Gardner, A. (2020). Purposeful Heading in Youth Soccer: Time to Use Our Heads. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 50(8), 415-417. <https://doi.org/10.2519/jospt.2020.0608>
- Peek, K., Elliott, J. M., & Orr, R. (2020). Higher neck strength is associated with lower head acceleration during purposeful heading in soccer: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23(5), 453-462. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.11.004>
- Perlaza-Concha, F. A., Gutiérrez-Cruz, M., & Hidalgo-Barreto, T. (2015). El entrenamiento del remate o cabeceo al arco en el fútbol en las categorías formativas. *Revista científica especializada en Ciencias de la Cultura Física y del Deporte*, 12(25), 54-67.
- Ray Castro, L., Dopico Pérez, H., Figueredo Peña, A., Ayala Campoverde, E., & Delgado, A. (2017). Ejercicios para la técnica del cabeceo frontal de jugadoras de fútbol femenino de base. *Lecturas: educación física y deportes*, 22, 1-11.
- Rivas Borbón, O. M., & Sánchez Alvarado, E. (2017). *Táctica del fútbol: Teoría y entrenamiento: Una postura inspirada en Hannah Arendt y Emmanuel Levinas*. Editorial Universidad del Rosario.
- Rodrigues, A. C., Lasmar, R. P., & Caramelli, P. (2016). Effects of Soccer Heading on Brain Structure and Function. *Frontiers in Neurology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fneur.2016.00038>
- Sánchez Sánchez, J., Molinero González, O., & Yagüe Cabezón, J. M. (2012). Incidencia de dos metodologías de entrenamiento-aprendizaje sobre la técnica individual de futbolistas de 6 a 10 años de edad. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 22, 29-32.
- Sánchez-Sánchez, J., Yagüe, J. M., Fernández, R. C., & Peticisco, C. (2014). Efectos de un entrenamiento con juegos reducidos sobre la técnica y la condición física de jóvenes futbolistas. [Effects of small-sided games training on technique and physical condition of young footballers]. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. doi:10.5232/ricyde, 10(37), Article 37.

- <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2014.03704>
 Setiawan, R. R. (2019). A Circuit-Based Football Heading Exercise Model in Football School Ages 14-17 Years. *ACTIVE: Journal of Physical Education, Sport, Health and Recreation*, 8(3), Article 3. <https://doi.org/10.15294/active.v8i3.32321>
 Smethurst, D. (2014). Soccer Technique for Winning. Reedswain Inc.
 Souglis, A. G., Travlos, A. K., & Andronikos, G. (2023). The effect of proprioceptive training on technical soccer skills in female soccer. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 18(3), 748-760. <https://doi.org/10.1177/17479541221097857>
 Torrelles, À. S., & Frattarola Alcaraz, C. (2015). Las áreas del entrenamiento: La técnica y la táctica. MC SPORT.
 Wahlquist, V. E., & Kaminski, T. W. (2020). Purposeful heading in youth soccer: A review. *Sports Medicine, ePub(ePub)*, ePub. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01376-8>

Datos de los autores:

Geovanny Hurtado	geovannyhurtado7@gmail.com	Autor/a
Cristian Valencia	cristianvalencia686@gmail.com	Autor/a
Teodoro Contreras Calle	teodoro.contrerasc@ucuenca.edu.ec	Autor/a
Gisselle Soto	giss.marcela@gmail.com	Autor/a
Susana Andrade	susana.andrade@ucuenca.edu.ec	Autor/a