



Manuel Alberto Riveros Medina.  
Lic. Educ. Física., Fisioterapeuta.,  
Esp. Ejercicio Físico para la Salud.,  
Magister en Intervención Integral en el Deportista.  
Docente Investigador en el área de Biomecánica,  
Fisiología del Ejercicio y Fisioterapia en Deporte.  
Escuela Colombiana de Rehabilitación.  
[manuelalbertoriverosm@gmail.com](mailto:manuelalbertoriverosm@gmail.com)  
[www.facebook.com/manuelalberto.riveros](https://www.facebook.com/manuelalberto.riveros)  
[rivermedresearcher@hotmail.com](mailto:rivermedresearcher@hotmail.com)

Ferney Orlando Bello Clavijo.  
Profesional en Ciencias del deporte y la Educación Física.  
Entrenador Selección Prejuvenil  
y Juvenil de ciclismo de ruta de Cundinamarca  
Universidad de Cundinamarca.

Ana María Navarro  
Discapacidad Intelectual

*“El arco iris, el unicornio mágico y el príncipe”  
Vinilo sobre caja de moras empapelada*



La producción científica en torno a la biomecánica del ciclismo deportivo se ha enriquecido a partir de tres hechos fundamentales. En primer lugar, la relevancia que la bicicleta ha tenido y sigue teniendo como medio de prevención y rehabilitación. El segundo por la tradicional utilización del cicloergómetro para la valoración funcional del deportista y el tercero, debido a los intereses económicos y sociales que rodean al ciclismo de competición en todas sus modalidades.

Dicha producción revela dos vertientes de estudio. La primera que orienta el estudio desde la ingeniería mecánica, donde centra el análisis en las resistencias aerodinámicas mediante túneles de viento (Kyle, 1989; 1990), . La segunda desde la perspectiva médica, con aspectos relacionados con la dinámica muscular (Gregor, R.J.; Broker, J.P. & Ryan, M.S. 1991; Jorge & Hull, 1986). Esta última desde los estudios cinemáticos y cinéticos relacionados con la aplicación óptima de fuerzas sobre el pedal y las variables interactivas que inciden en su eficacia (McCormick, 1993; González & Hull, 1989).

El ciclismo de ruta es un deporte de fondo en el que se ponen a prueba diversas cualidades físicas, técnicas y psicológicas del deportista, lo cual implica que este se someta a entrenamientos exigentes acordes con las necesidades que demanda este deporte, es importante recordar que la cualidad física base de esta disciplina es la resistencia, entendida como la capacidad de resistir psíquica y físicamente a una carga durante largo tiempo produciéndose finalmente un cansancio, pérdida del rendimiento manifestado en la intensidad y duración de la misma (Zintl, 1991). De igual manera la fatiga o cansancio según McArdle, (2004) corresponde a la “incapacidad para mantener un nivel deseado de rendimiento”.

Otro componente importante en este deporte es el binomio hombre – máquina el cual también influye altamente en el rendimiento y en el logro de resultados de competición, Faria & Cavanagh, (1978) muestran la importancia de la interacción entre ciclista y bicicleta, permitiendo distinguir las tres fuerzas externas de resistencia al desplazamiento que se suceden habitualmente: las producidas por el aire, las de rozamiento en giro y las que ejerce la gravedad cuando el sistema se desplaza ascendiendo una pendiente y, como fuerza de resistencia interna al sistema, el rozamiento interactivo de los engranajes propios de la bicicleta, siendo estas solamente del 5% del total de las fuerzas de resistencia.

De igual manera, dentro de este sistema hombre máquina existen también fuerzas propulsivas, como las ejercidas sobre el sillín, manillar y, especialmente, sobre los pedales, cuyo origen reside en la contracción muscular y los momentos de fuerza que se ejercen sobre las articulaciones, tal y como lo plantean García-López, Rodríguez-Marroyo, Juneau, Peleteiro, Martínez & Villa (2008) y evidenciadas en los resultados de las pruebas aplicadas al deportista del estudio antes de los ajustes mecánicos sobre la biela y el pedal.

Teniendo en cuenta las primeras fuerzas mencionadas, cuando el aire que se desliza alrededor del binomio hombre máquina es incapaz de seguir su contorno (fuerza de arrastre de forma) como sucede con el deportista analizado, parte del aire se frena cuando choca

con el cuerpo mal posicionado (cuerpo perpendicular al flujo por mayor sección transversal) generando un flujo de aire turbulento o en forma de torbellino detrás del ciclista produciendo de acuerdo con el teorema del momento cinético, una fuerza de arrastre opuesta al desplazamiento, lo cual hace que la velocidad del flujo sea mayor detrás del ciclista con relación a la parte frontal y, llevando a la generación de una fuerza de succión posterior que reduce la velocidad del ciclista evidenciando de esta manera teorema de Bernoulli y demostrando la importancia de la forma del contorno y el coeficiente de resistencia como factores que inciden sobre la fuerza de arrastre de forma.

Es así como desde este referente y el de los procesos de adaptación hombre máquina en el ciclismo, la biomecánica ha tomado parte importante brindando herramientas para solucionar dicha necesidad pues de lo contrario se aumentarían los casos de malestar, dificultad para conducir la bicicleta y pérdida en la fuerza del ciclista acelerando así el proceso de fatiga, el aumento de factores de riesgo de lesión traumática o por sobreuso, además de disminución del rendimiento por incomodidad al ejecutar el pedaleo (Noret y Bailly, 1991).

No es común encontrar en el ciclismo, deportistas que presenten displasia de cadera, situación que no es limitante para poder practicar dicha disciplina a nivel del deporte adaptado y en muchos casos también en el convencional, siendo este el caso particular del deportista analizado. Desafortunadamente al no tener ajustes ergonómicos que contribuyan a disminuir las cargas sobre los tejidos producto de su discapacidad, el deportista está afectando su salud y rendimiento producto de la displasia de cadera derecha y del acortamiento de 4 cm del miembro inferior del mismo lado, que no le permiten mantener la estabilidad del punto de apoyo sobre el sillín, llevándolo a realizar movimientos que afectan la técnica e incrementan la carga de trabajo.

Lo anterior condujo a la realización de esta investigación con la intención de contribuir a la salud y al rendimiento del deportista y a la vez de conducirlo a ser integrante del equipo de ciclismo adaptado de Cundinamarca que representaría el departamento en juegos paranacionales 2012 y buscar una casilla para el equipo paralímpico de Colombia en la misma disciplina deportiva, (siguiendo los pasos de Galvis y Chacón grandes exponentes del ciclismo adaptado de Colombia) inicialmente ajustando la ergonomía del binomio, tratando de adaptar la herramienta de práctica (la bicicleta), a las necesidades del deportista, de manera que mejore la eficiencia, seguridad y bienestar (Tortosa, 1999).

En el ciclismo, el rendimiento (equilibrio, potencia) es el resultado de la adecuada relación hombre - máquina (bicicleta), dicha adaptación tiene su base en la biomecánica, ciencia pluridisciplinar que ha brindado aportes importantes al ciclismo favoreciendo la ergonomía y el rendimiento. La ergonomía entendida como la perfecta relación hombre-máquina se encarga de desarrollar los ajustes necesarios para encontrar la adecuada relación de este binomio, teniendo por ejemplo en cuenta la posición óptima en la bicicleta para lograr la máxima potencia muscular, la eficacia aeróbica y la comodidad para minimizar la aparición de lesiones deportivas, para lo cual de acuerdo con Baker, (2002) existe la posición clásica.

Por lo tanto, cuando no existe una adecuada relación hombre-máquina el sujeto que realiza su entrenamiento se hace vulnerable a presentar de manera más fácil lesiones (Noret y Bailly, 1991), y a la vez a una disminución de su rendimiento evidenciado con un mayor gasto energético, mayor fatiga y menor eficiencia (Acosta, 2002) en su práctica deportiva, en el caso particular del deportista de la presente investigación, se muestra la necesidad de determinar cual ajuste mecánico favorece o contribuye a mejorar su ergonomía y el rendimiento de manera que lo conduzca a una mayor adaptación ergonómica y funcional ya que debido a su alteración músculo esquelética no puede mantener la posición para ejecutar el pedaleo, de esta forma la sumatoria de fuerzas está conduciendo a una pérdida de la eficiencia en el mismo, al realizar entrenamientos altamente aeróbicos genera dolores a nivel lumbar, afectando el rendimiento puesto que se concentra más en mantener la postura y pierde fluidez en el pedaleo (adaptación a la bicicleta), demostrando que no existe una adecuada ergonomía en el sujeto de estudio.

Adicionalmente, teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, y que “el músculo esquelético produce fuerzas que actúan a través de un sistema óseo de palancas, siendo el músculo la mayor estructura de control de la postura y el movimiento” (Riveros, 2009), surge el siguiente cuestionamiento ¿Cual es el ajuste mecánico más eficiente para mejorar la ergonomía y el rendimiento en un ciclista con displasia de cadera y acortamiento de 4 cms en su miembro inferior izquierdo?

Por consiguiente, el centro de interés del presente proyecto fue establecer el ajuste mecánico más eficiente para mejorar la ergonomía y el rendimiento en un ciclista con displasia de cadera y acortamiento de 4 cms en su miembro inferior izquierdo, con lo cual se pretendió contribuir a dar solución a esta problemática y a la vez encontrar nuevas alternativas que favorezcan los procesos de adaptación biológica de los sistemas neuromuscular y óseo en deportistas en situación de discapacidad, que alimenten las áreas de salud y el rendimiento deportivo, donde aún se perciben vacíos en la aplicación de este conocimiento.

## MÉTODO

La ejecución del presente estudio estuvo enmarcada dentro de un diseño preexperimental de replicación intrasujeto, donde el individuo estudiado correspondió a un ciclista de 19 años de edad en situación de discapacidad (displasia de cadera y acortamiento de 4 cms del miembro inferior izquierdo) que practica dicho deporte a nivel competitivo con miras a juegos paranales, paramundiales, parapanamericanos y paralímpicos.

Los datos fueron registrados en planilla de Excel 2007, teniendo en cuenta las variables de análisis morfológicas, fisiológicas y biocinémicas, en torno a las primeras fueron medidas mediante un análisis angular en posición sedente sobre la bicicleta (vista posterior) a través del programa Kinovea versión 0.8.15 el cual corresponde a un software de análisis de vídeo dedicado al deporte y que también facilita el análisis ergonómico. En cuanto a las variables fisiológicas y biocinémicas, se obtuvieron los datos mediante el empleo del monitor de frecuencia cardíaca Polar RS800CX con sensor GPS el cual permite registrar frecuencias cardíacas, tiempos, y velocidades obtenidas en

los recorridos realizados por el deportista, adicionalmente los ángulos articulares de miembros inferiores también fueron analizados con el programa kinovea mencionado anteriormente.

Desde el referente procedimental se establecieron los ajustes mecánicos necesarios para mejorar la ergonomía del deportista, posteriormente se ubicó a éste sobre la bicicleta para iniciar el pedaleo sobre los rodillos y de esta manera poder hacer el análisis postural en posición sedente, para la medición inicial se le colocó a la bicicleta la biela acortada, seguida del taco en el zapato y por último los dos ajustes mecánicos simultáneos grabando todo el procedimiento con dos cámaras de video Casio Exilim EX - FH20 de alta velocidad ubicadas perpendicularmente al deportista (vista lateral y posterior) y accionadas simultáneamente, luego de tener los videos se procedió a su edición y análisis a través del programa Kinovea.

Para la medición de las variables fisiológicas y biocinémicas se siguió el mismo procedimiento en torno a los ajustes mecánicos y se procedió a realizar las mediciones en el velódromo para el kilómetro y en carretera para los 3km tomando los datos con los instrumentos mencionados anteriormente (pulsómetro y GPS) y registrándolos en la planilla elaborada para tal fin. A continuación se observaron y registraron los efectos de los ajustes mecánicos taco 1 cm, biela 15,5 cm y taco 1 cm más biela 15,5 cm sobre las variables morfológicas (postura sedente en bicicleta), fisiológicas (frecuencia cardíaca) y biocinémicas (tiempo 1 y 3 kms, velocidad promedio 1 y 3 kms y ángulos de rodilla). Finalmente, para el análisis de datos, los resultados registrados de cada una de las variables y cada uno de los ajustes, fueron comparados con los registros sin ningún ajuste mecánico.

## RESULTADOS

Los resultados indicaron que con la biela de 15,5 cm más taco de 1cm. la variable morfológica presentó una diferencia de 4° (71.4%) con respecto a la alineación postural inicial (14°), (ver figura 1) desde la perspectiva fisiológica la frecuencia cardíaca presentó en cuanto a la máxima frecuencia cardíaca alcanzada (185 pm y 186 pm) tanto en 1 como en 3 kilómetros respectivamente y el promedio de la misma mejoró con este mismo ajuste, la variable biocinémica mostró en los tiempos de 1 km 1,19” (94.4%) con respecto a 1.26” sin aditamentos, para los 3 km 4,48” (88.71%) vs 5,05” sin aditamentos, mientras que las velocidades para 1 km 45.5kms/h (115%) con respecto a la primera velocidad 39.4 kms/h y en 3 kms 37.5 kms/h (118%) con respecto a la inicial que fue de 31.7 kms/h.

Para los ángulos en extensión de la rodilla derecha presentó un rango de 140° e izquierda de 148°, en cuanto a la flexión el rango de la rodilla derecha 74° e izquierda 83°. (Ver Figuras. 2, 3 y 4).

## DISCUSIÓN

Con este estudio se comprueba cómo utilizando el ajuste mecánico biela 15,5cm y taco 1cm se puede obtener mejoras significativas en la ergonomía (postura), y en el rendimiento (variables fisiológicas y biocinémicas) corroborando la afirmación de (Noret y Bailly 1991) la cual establece que la posición sobre la bicicleta representa no solo un perfil estético, sino el trabajo físico; puesto que permite

obtener un valor de  $VO_2$  máximo elevado, pues favorece la transmisión de la potencia muscular a la máquina y disminuyendo el gasto energético del deportista.

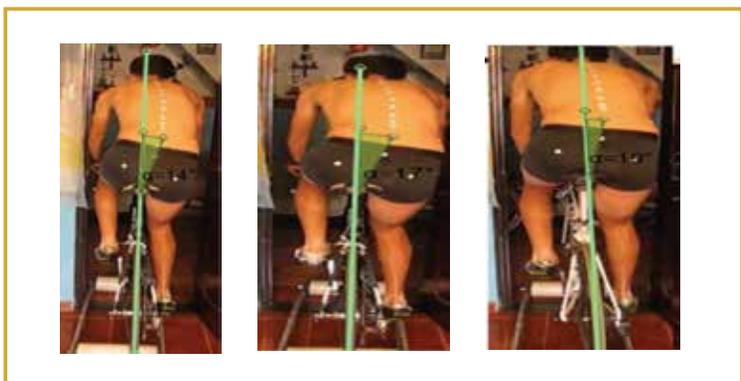


Figura. 1. Resultados Índice lordótico con los tres ajustes mecánicos, de izquierda a derecha biela 175 cms (14°), taco 1 cm (17°) y biela 15,5 cms y taco 1 cm (10°).

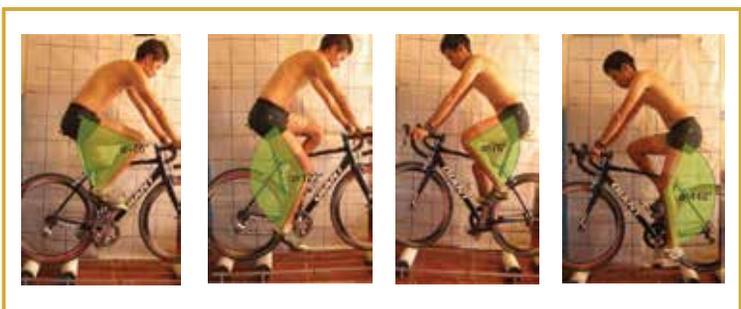


Figura. 2. Resultados ajuste mecánico No 1 biela longitud 175 cms

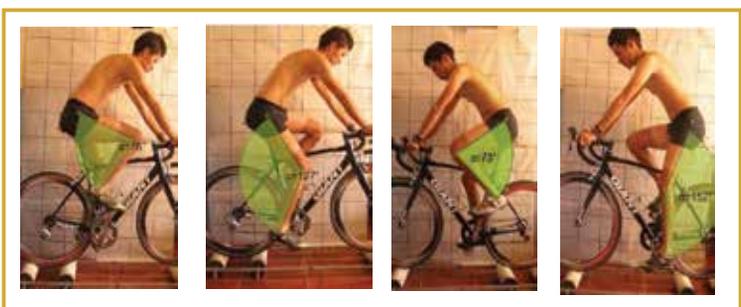


Figura. 3. Resultados ajuste mecánico No 2 taco 1 cm.

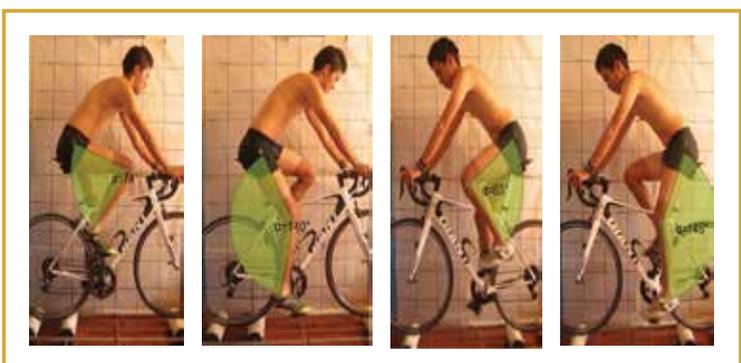


Figura. 4. Resultados ajuste mecánico No 3 biela longitud 15,5 cms y taco 1 cm.

Situación que también es reforzada por los planteamientos hechos por (Faria & Cavanagh, 1978) donde muestran la importancia de la interacción entre ciclista y bicicleta cuando distingue las tres fuerzas externas de resistencia al desplazamiento que se suceden habitualmente. Al igual que los hechos García-López et al (2008) establecen que dentro de este sistema hombre máquina existen también fuerzas propulsivas, como las ejercidas sobre el sillín, manillar y, especialmente, sobre los pedales, cuyo origen reside en la contracción muscular y los momentos de fuerza que se ejercen sobre las articulaciones, fuerzas evidenciadas en los resultados de las pruebas aplicadas al deportista del estudio antes de los ajustes mecánicos sobre la biela y el pedal. Es así como en este caso se observan cambios positivos para el deportista tanto en la postura como en el rendimiento, valores demostrados en la tabla de resultados (tabla 1) alcanzados después de una adaptación de 6 meses a dichos ajustes mecánicos.

Adicionalmente, desde la variable morfológica con los ajustes mecánicos realizados biela 15,5cm y taco 1cm el sujeto de estudio muestra menor desplazamiento hacia el lado derecho a nivel de la columna vertebral en su postura sedente sobre la bicicleta mejorando la adaptación hombre – máquina, favoreciendo de esta manera la acción sobre las fuerzas aerodinámicas y por consiguiente favoreciendo la economía en el movimiento y una evolución en su consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) y comportamiento cardiaco, al reconocer que las fuerzas aerodinámicas son el mayor oponente al desplazamiento en el ciclismo.

Desde este mismo referente de la relación hombre máquina y de las leyes de la aerodinámica (Faria & Cavanagh, 1978; Gregor, Broker & Ryan, 1991; Kyle, 1990., Hue, Galy, Hertogh, Casties, Prefaut. 2001) también muestran como cuando el ciclista o cualquier componente de la bicicleta se desplaza a través del aire se produce necesariamente un rozamiento del aire con dicha superficie, generando una fuerza que reduce la velocidad del ciclista (fuerza de arrastre viscoso o superficial), por consiguiente al no poder adoptar una adecuada posición el deportista sobre la máquina producto de su discapacidad, aumenta el rozamiento de deslizamiento del aire a través de la superficie (coeficiente de rozamiento) teniendo como consecuencia una elevación de la fuerza de arrastre viscoso con el consiguiente aumento del trabajo físico y mecánico afectando el rendimiento y las variables establecidas para este estudio.

Situación evidenciada en este estudio cuando el aire que se desliza alrededor del binomio hombre máquina es incapaz de seguir su contorno (fuerza de arrastre de forma) y parte del aire se frena cuando choca con el cuerpo mal posicionado (cuerpo perpendicular al flujo por mayor sección transversal) generando un flujo de aire turbulento o en forma de torbellino detrás del ciclista produciendo de acuerdo con el teorema del momento cinético, una fuerza de arrastre opuesta al desplazamiento, lo cual hace que la velocidad del flujo sea mayor detrás del ciclista con relación a la parte frontal y, llevando a la generación de una fuerza de succión posterior que reduce la velocidad del ciclista.

Desde otro punto de vista, se mejora la ergonomía del deportista y al tener en cuenta la propuesta de Noret y Bailly (1991) en torno a los tres apoyos dos fijos sillín y manillar y otro móvil los pedales que posee el ciclista y el análisis de fuerzas propulsivas que deben ser con-

sideradas como interactivas dentro del sistema ciclista – bicicleta, se puede a partir de este estudio enriquecer los planteamientos hechos por Soden y Adeyefa (1979); Hull y Davis, (1981); Cavanagh y Sander-son, (1986); LaFortune, (1986); Martin, Lamb, Brown. (2002); Santa-lla, Manzano, Pérez, Lucía. (2002). quienes muestran la importancia que adquieren las fuerzas ejercidas sobre el pedal para la eficacia en el desplazamiento y su relación directa con las fuerzas aplicadas sobre el manillar (fuerzas compensatorias de las fuerzas sobre el pedal) en diferentes tipos de recorrido (plano, ascenso y descenso). De igual manera, teniendo en cuenta estos mismos autores y sus estudios en torno a las relaciones existentes entre las cargas aplicadas sobre el manillar y el sillín, con respecto a la cadencia de pedaleo, concluyen que existe una relación directa entre la fuerza horizontal desarrollada sobre el sillín y la cadencia de pedaleo, aunque se debe considerar que estas fuerzas son poco significativas, comparadas a la ejercidas contra el pedal.

Situación que es pertinente analizar en el caso del deportista en mención, pues al tener una inadecuada posición sobre la bicicleta su apoyo sobre el sillín, manillar y pedales se ve entorpecida afectando dicha relación afectando de esta manera las fuerzas propulsivas conduciendo a una pobre eficiencia mecánica y a un mayor gasto energético como se ha planteado a los largo de este estudio evidenciado en los resultados de las variables medidas (anatómicas, fisiológicas y biocinemáticas) antes y después de los ajustes realizados en la biela y el taco.

De igual manera, otros estudios refuerzan la importancia de la mejora en la ergonomía del deportista frente a su bicicleta, Kautz y Hull (1993); Zameziati, Mornieux, Rouffet, Belli. (2006) evidencian la relación existente entre la aplicación de la fuerza sobre el pedal la cual tiene su origen en la actividad muscular de los miembros inferiores generando un movimiento circular alrededor de la biela relacionado íntimamente con la acción de la gravedad y las fuerzas inerciales, del mismo modo González y Hull (1989) analizaron cinco factores relevantes y dependientes con la aplicación de fuerzas sobre el pedal concluyendo que el factor más importante era la cadencia de pedaleo, seguido de la longitud de biela, el ángulo del tubo del sillín, altura del sillín y, por último, la posición del pie sobre el pedal, factores íntimamente ligados a las variables de este estudio de caso.

Desde otro referente, a pesar de las mejoras ergonómicas alcanzadas los resultados obtenidos a nivel biocinemático no coinciden totalmente con los análisis estadísticos de los ángulos de miembros inferiores en flexión y extensión de 60° a 71° para la flexión de la rodilla y 140° a 150° para la extensión propuesto por Delore (1998), siendo el ajuste que más se acercó al rango de normalidad fue biela 15,5cm y taco 1cm, el deportista con dicho ajuste solo cumple en extensión con ángulos de 140° con miembro derecho y 148° con izquierdo, en flexión no cumplió con el rango ideal presentando 74° miembro derecho y 83° en izquierdo, se infiere que puede ser resultado del deslizamiento que se realiza en el punto del sillín al pedalear por la asimetría muscular.

Situación reforzada por Baker (2002) quien establece que el cuerpo se adapta parcialmente a las diferencias de la longitud de las piernas, en general las diferencias femorales, requieren de un 25% de su corrección de las lesiones, hipótesis utilizada para obtener la medida

del taco 1cm en el miembro inferior izquierdo en esta investigación, esta mejora debe ser de acuerdo a este análisis, complementada con una mejora del imbalance muscular y asimetría corporal presentada por el deportista a nivel del tren inferior, producto de varios años de no corrección de su alteración músculo esquelética y que aun genera deslizamiento en el punto del sillín y perjudicando su postura.

Las mejoras que se presentaron se atribuyen al acortamiento en el diámetro de la biela 2 cm, la cual disminuyó la circunferencia del pedaleo y mejoró su ergonomía, comprobando de esta manera la tesis de Baker (2002), quien plantea que la posición óptima es diferente para maximizar la potencia muscular, la eficacia aeróbica y la comodidad para minimizar una lesión de los ciclistas los cuales deben asumir una posición clásica sin tener en cuenta variaciones individuales y variantes anatómicas.

## CONCLUSIONES

El efecto del ajuste mecánico taco 1 cm, reportó cambios negativos en cuanto a la ergonomía y el rendimiento en el deportista, mientras que el efecto del ajuste mecánico biela 15,5 cm y taco 1 cm, reportó cambios positivos en cuanto la ergonomía y el rendimiento en el deportista, llevándolo a obtener la medalla de bronce en los juegos paranacionales 2012. (figura 5).



*Figura 5. Resultado juegos paranacionales 2012 medalla de bronce, para estos juegos se utilizó el ajuste mecánico de la investigación demostrando en competencia mayor eficiencia y mejora en la ergonomía y el rendimiento del ciclista con displasia de cadera y acortamiento de 4 cms en su miembro inferior izquierdo.*

Al comparar el efecto de los ajustes mecánicos con relación a la medición inicial se encontró que el mejor ajuste corresponde a la combinación del taco 1 cm y biela 15,5 cm para mejorar la ergonomía y el rendimiento, con porcentajes de mejora en la variable morfológica alineación postural sobre la bicicleta de 71.4%; variables biocinemáticas mejoras en los tiempos en 1 km y 3 kms en un 94.4% y 88.71%; y en cuanto a velocidades alcanzadas obtuvo mejoras en 1 km y 3 kms del 115% y 118% respectivamente.

Para los ángulos en extensión de miembro inferior derecho presentó un rango ideal de (140°) e izquierdo de (148°), en cuanto a la flexión no cumplió con el rango ideal miembro derecho (74°) e izquierdo (83°).

Desde la perspectiva fisiológica la frecuencia cardiaca presentó mejora en cuanto a la máxima frecuencia cardiaca alcanzada (185 pm y 186 pm) tanto en 1 como en 3 kilómetros respectivamente y el promedio de la misma también mejoro con este mismo ajuste.

Es importante continuar llevando el proceso de entrenamiento del deportista basado en aportes científicos dados no solo por la metodología del entrenamiento, sino también con las ciencias aplicadas donde la biomecánica juega un papel fundamental.

TABLA DE RESULTADOS									
AJUSTE VARIABLE	NORMAL BIELA 17,5cm			TACO 1cm			BIELA 15.5cm TACO 1cm		
MORFOLÓGICA									
POSTURA SEDENTE									
	IZQUIERDA		DERECHA	IZQUIERDA		DERECHA	IZQUIERDA		DERECHA
FRONTAL	0°		14°	0°		17°	0°		10°
FRONTAL FISIOLÓGICAS									
FRECUENCIA CARDIACA	FCI	FCF	X	FCI	FCF	X	FCI	FCF	X
1 KM	75	181		78	178		80	185	
3 KM	78	183		80	176		80	186	
CINEMÁTICO									
TIEMPO TEST DE VELOCIDAD (1km PISTA)	1.22"			1.28"			1.19"		
TIEMPO TEST DE RESISTENCIA (3KM RUTA)	5.03"			5.07"			4.48"		
VELOCIDAD (X) TEST DE 1km	43.9			40.9			45.5		
VELOCIDAD (X) TEST DE 3km	35.6			35.1			37.5		
ÁNGULOS RODILLA	FLEX		EXT	FLEX		EXT	FLEX		EXT
DERECHA	75°		122°	75°		127°	74°		140°
IZQUIERDA	76°		146°	78°		152°	83°		148°

Tabla 1. Resultados de los efectos de los ajustes mecánicos sobre las variables morfológicas, fisiológicas y biocinémáticas.

# Referencia:

Las referencias a otras obras son una parte  
muy importante en la literatura científica;  
ya que estas permiten conocer más sobre los autores y  
mantener vivas sus voces dentro del texto.

- Acosta, G. G. (2002). *La ergonomía desde la visión sistematica*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Baker, A. (2002). Medicina del ciclismo. Barcelona: editorial paidotrobo.
- Bolourchi, F. & Hull, M.L. (1985). Measurement of rider induced loads during simulated bicycling. *International Journal Sport Biomechanics*, 1. (308-329).
- Cavanagh, P.R. & Sanderson, D.J. (1986). I be biomechanics of cycling studies of the pedalling mechanics of elite pursuit riders. Ed: Science of cycling. Champaign Il. *Human Kinetics*. (27-30)
- Delore, M. (1998). *Preparación y entrenamiento del ciclista*. Barcelona: hispano europea.
- Faria, I.E. & Cavanagh, P.R. (1978). *The Physiology and Biomechanics of Cycling*. New York: John Wiley and Sons.
- García-López J, Rodríguez-Marroyo JA, Juneau CE, Peleteiro J, Martínez AC, Villa JG. (2008). Reference values and improvement of aerodynamic drag in professional cyclists. *J Sports Sci*, 26 (3): 277-286.
- García-López, S. Díez-Leal, J.A. Rodríguez-Marroyo, J. Larrazabal, I.G. de Garceano, J.G., Villa. (2009). eficiencia mecánica de pedaleo en ciclistas de diferente nivel competitivo. *Biomecánica*, 17 (2), pp. 9-20.
- González, H. & Hull, M.L. (1989). Multivariable optimization of cycling biomechanics. *Journal of biomechanics*, 22, 11, 1151-1161.
- Gregor, R.J.; Broker, J.P. & Ryan, M.S. (1991). The biomechanics of cycling. *Exercise and sport sciences reviews*, 19. (127-169).
- Hue O, Galy O, Hertogh C, Casties JF, Prefaut Ch. (2001). Enhancing cycling performance using an eccentric chainring. *Med Sci Sports Exerc*, 33: 1006-1010.
- Hull, M.L. & Davis, R.R. (1981). Measurement of pedal loading in bicycling. Instrumentation. *Journal of biomechanics*, 14. (843-855).
- Jorge, M. & Hull, M.L. (1986). Anakysis of EMG measurements during bicycle pedalling. *Journal of biomechanics*, 19, 9, 683-694.
- Kautz, S.A. & Hull, M.L. (1993). A theoretical basis for interpreting the force applied to the pedal in cycling. *Journal of biomechanics*, 26, 2 (155-165).
- Kyle, C.R. (1989). The aerodynamics of handlebars and helmets. *Cycling Science*, 1, 22-25.
- Kyle, C.R. (1990). Wind tunnel tests of bicycle wheels and helmets. *Cycling Science*, 2, 27-30.
- LaFortune, M.A. (1986). Cycling from a biomechanical perspective. *Sport Sciences Medicine*, 2. (8-10).
- Martin JC, Lamb SM, Brown AT. (2002). Pedal trajectory alters maximal single-leg cycling power. *Med Sci Sports Exerc*, 34: 1332-1336.
- McArdle, W. D. (2004). *Fundamentos de fisiología del ejercicio*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana pag. 320.
- McCormick, M. (1993). Seeking perfection with the force pedal. *Velo-news*, 8, 62 65.
- Noret, A. y Bailly L. (1991). *El ciclismo*. París Francia: hispano europea.
- Riveros, M. A. (2009). *Biomecánica aplicada a la actividad física y el deporte*. Bogotá.
- Santalla A, Manzano JM, Pérez M, Lucía A. (2002). A new pedaling design: the Rotor-effects of cycling performance. *Med Sci Sports Exerc*, 34: 1854-1858.
- Soden, P.D. & Adeyefa, B.A. (1979). Forces applied to a bicycle during normal cycling. *Journal of Biomechanics*, 12. (527-541).
- Tortosa L.G.C. (1999) *Ergonomía y discapacidad*. Instituto de biomecánica de valencia: Valencia. paidotribo.
- Zameziati K, Mornieux G, Rouffet D, Belli A. (2006). Relationship between the increase of effectiveness indexes and the increase of muscular efficiency with cycling power. *Eur J Appl Physiol*, 96(3): 274-281
- Zintl, F. (1991). *Entrenamiento de la resistencia*. Barcelona: Martínez Roca.