

RELACIÓN ENTRE AGILIDAD ESPECÍFICA Y FUERZA REACTIVA EN EL
DEPORTE DEL BÉISBOL

Estudio de Investigación presentado al
Departamento de Estudios Graduados
Facultad de Educación
Universidad de Puerto Rico
Recinto de Rio Piedras
como requisito parcial para
obtener el grado de Maestro en Ciencias del Ejercicio

Por:

José Antonio Martínez Rodríguez, CSCS, ACSM-CPT

© Derechos Reservados, 2021

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en
Ciencias del Ejercicio con especialidad en Fisiología del Ejercicio

RELACIÓN ENTRE AGILIDAD ESPECÍFICA Y FUERZA REACTIVA EN EL
DEPORTE DEL BÉISBOL

José Antonio Martínez Rodríguez, CSCS, ACSM-CPT

(Maestría en Ciencias del Ejercicio con especialidad en Fisiología del Ejercicio,
Universidad de Puerto Rico, Recinto de Rio Piedras, 2021)
(Bachillerato en Administración de Empresas con concentración en Contabilidad
y una concentración menor en Comunicación Empresarial, Universidad de
Puerto Rico, Recinto de Rio Piedras, 2017)

Aprobada el 13 de mayo de 2021 por el Comité de Tesis:

Farah A. Ramírez Marrero, Ph.D., MSc, CSCS*D, FACSM
Directora de Tesis

Lucía R. Martínez Colón, Ph.D, OLY
Miembro del Comité

Julio E. Rodríguez Torres, Ph.D.
Miembro del Comité

DEDICATORIA

A mi madre Wanda Elizabeth Rodríguez Díaz, por tu paciencia y amor incondicional desde el día uno. Por ser el pilar de las aventuras que me trae la vida. Nunca me dejaste solo, nunca me has dejado solo y nunca me dejes solo. Gracias por ayudarme a convertirme en lo que soy y enseñarme a amar con el corazón. Te amo mamá, eres la mujer de mi vida.

A mi padre José Antonio Martínez Rodríguez, por enseñarme a no tener miedo y confiar en mis habilidades. Por ayudarme a construir la seguridad que tengo para ejecutar cada movimiento. Por enseñarme que la mejor gestión es la que se realiza. Gracias, papá.

A mi hermana Valerie Christine Martínez Rodríguez, por estar presente en cada idea que te presento. Tu amor, tu compañía, tu análisis, tus ocurrencias y tus oídos serán necesitados para siempre.

Por último, a mi novia Andrea Carolina Bruno Chardón por decir que sí a todas mis ocurrencias. Gracias por siempre creer y estar para mí en los momentos que más te necesito. “El amor de mi vida por siempre y para siempre”. La luz que necesito en la oscuridad.

Les dedico mi primera investigación con todo el cariño y el amor que se merecen. Gracias por agarrarme de la mano y nunca soltarme.

RECONOCIMIENTO

Primero que todo, quiero reconocer la participación voluntaria de los 26 sujetos. Sin ellos esta investigación no hubiera sido posible. Además, me reconozco a mí mismo por el arduo trabajo desde el día uno. Las horas de trabajo extensas y los cientos de informaciones leídas con el mismo deseo de tener el mejor proyecto base. También, reconozco la colaboración del Dr. Julio E. Rodríguez Torres y la Dra. Lucía R. Martínez Colón, gracias por contestar cada pregunta que tenía con el mismo ánimo. También, reconozco la ardua ayuda voluntaria en la recolección de datos de mis asistentes. En especial, quiero destacar a Víctor Motta, Jose Ayala, Andrea Bruno y Valerie Martínez por estar presente en cada momento que le pedía de su cooperación.

Tomo un espacio para reconocer a todos los estudiantes de la maestría de Ciencias del ejercicio con especialidad en Fisiología del ejercicio que siempre respondieron mis llamadas para conversar un poco sobre las situaciones del día a día durante la investigación. En adición, agradezco a la Lcda. Carmen Nevárez Alonzo por ayudarme en este proceso sin tener la obligación de hacerlo, te aprecio mucho.

Por último, y no menos importante, le agradezco a la Dra. Farah A. Ramírez Marrero por ser parte de este proyecto y darme las recomendaciones para que fuera de excelencia, por dedicarme cada segundo del tiempo que tenía, por su mentoría y por sus palabras. Soy el estudiante y seré el profesional que quiero ser gracias a estos años de trabajo mano a mano.

Resumen de la Tesis

RELACIÓN ENTRE AGILIDAD ESPECÍFICA Y FUERZA REACTIVA EN EL DEPORTE DEL BÉISBOL

José Antonio Martínez Rodríguez, CSCS, ACSM-CPT

Directora de la tesis: Fara A. Ramírez Marrero, Ph.D., CSCS*D

En este estudio se desarrolló una prueba de agilidad específica que cubre el componente curvilíneo en la ofensiva del béisbol, y se comparó con la prueba típica 5-10-5 de agilidad y con el índice de fuerza reactiva (IFR). Participaron 26 atletas de béisbol que completaron: la prueba de agilidad específica de 36 yardas; la prueba de agilidad 5-10-5 de 20 yardas, en su mayoría lineal; y un protocolo de saltos para determinar el IFR. Se observó una correlación directa y significativa ($r = 0.63$) entre la prueba de agilidad específica y la prueba 5-10-5 de agilidad, y ambas pruebas correlacionaron inversamente con el IFR ($r = -0.42$ y -0.38 , respectivamente), sugiriendo también capacidad para detectar cambios rápidos de dirección. El componente curvilíneo en la prueba de agilidad específica podría ser una mejor herramienta para evaluar la agilidad ofensiva en el béisbol, proporcionando información específica para entrenadores, reclutas y manejadores.

Tabla de Contenido

	Página
DEDICATORIA.....	ii
RECONOCIMIENTOS.....	iii
RESUMEN DE LA TESIS.....	iv
TABLA DE CONTENIDO.....	v
LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
Fuerza, Rapidez y Agilidad en el Béisbol.....	2
Evaluación de la Agilidad.....	7
Evaluación del Índice de Fuerza Reactiva.....	11
Prueba Específica de Agilidad Ofensiva en Jugadores de Béisbol.....	13
Problema de Investigación.....	17
Propósito.....	18
Objetivos de la Investigación.....	18
Preguntas de Investigación.....	18
Hipótesis Alternativa (Ha) e Hipótesis Nula (Ho).....	19
Relevancia del Estudio.....	20
Delimitaciones.....	20
Definiciones Operacionales.....	20
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA	23
Descripción General de Béisbol.....	23

Fuerza, Rapidez y Potencia.....	28
Fuerza y Fuerza Reactiva.....	28
Rapidez.....	34
Potencia.....	36
Agilidad Específica en el Béisbol.....	40
Nueva Prueba de Agilidad Específica para la Ofensiva en el Béisbol.....	50
Resumen.....	53
CAPÍTULO III: MÉTODOS.....	54
Participantes.....	54
Agilidad.....	56
Índice de Fuerza Reactiva.....	57
Variables Descriptivas y Perfil Deportivo.....	59
Visitas para la Recolección de Datos.....	61
Análisis de Datos.....	63
Análisis Secundario.....	65
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	67
Participantes.....	67
Correlación entre la Prueba 5-10-5 de Agilidad, Nueva Prueba de Agilidad Específica en el Béisbol y el Índice de Fuerza Reactiva.....	71
Análisis Secundarios de Datos.....	72
Considerando la Posición, Edad, Años de Experiencia y Lado Dominante de Bateo.....	72
Considerando las Variables Antropométricas.....	76

Considerando los Segmentos en las Pruebas de Agilidad.....	77
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	80
Relación entre la Prueba 5-10-5 de Agilidad, la Nueva Prueba de Agilidad Específica en el Béisbol y el Índice de Fuerza Reactiva en el Béisbol.....	80
Análisis Secundario.....	84
Relación entre los Segmentos de la Prueba 5-10-5 de Agilidad, la Nueva Prueba de Agilidad Específica en el Béisbol y con Índice de Fuerza Reactiva.....	86
Relación entre las Variables Antropométricas con la Prueba 5-10-5 de Agilidad, la Nueva Prueba de Agilidad Específica en el Béisbol y con Índice de Fuerza Reactiva.....	87
Resumen y Conclusión	87
Fortalezas, Limitaciones y Recomendaciones para Futuros Estudios.....	88
Referencias.....	90
APÉNDICE	108
A. Promoción de Investigación.....	109
B. Formularios y Aprobaciones	
1. Hoja de Consentimiento Informado	110
2. Aprobación del Comité Institucional para la Protección de Seres Humanos en la Investigación (CIPSHI).....	114
3. Aprobación a la Modificación al Protocolo de Investigación...	115
4. Aprobación a la Segunda Modificación al Protocolo de Investigación.....	116

C. Hoja de Recolección de Datos.....	117
D. Aprobación al Protocolo de Control de Exposición COVID-19.....	118
E. Instrucciones de las Visitas 2 y/o 3.....	119
RESUMEN BIOGRÁFICO DEL AUTOR	121

Lista de Tablas

Tabla	Página
Tabla 1: Características Descriptivas y Antropométricas de los 26 Participantes.....	68
Tabla 2: Tabla de Frecuencia para Posición de Juego y Lado dominante de Bateo.....	69
Tabla 3: Características Descriptivas de los Participantes en la Prueba de Agilidad, Agilidad Específica y Fuerza Reactiva.....	70
Tabla 4: Correlación entre la Prueba 5-10-5 de Agilidad, Prueba de Agilidad Específica en el Béisbol y el Índice de Fuerza Reactiva.....	71
Tabla 5: Prueba de Transformación Z de Fisher para Correlaciones.....	72
Tabla 6: Prueba T independiente para el Índice de Fuerza Reactiva y Prueba 5-10-5 de Agilidad por Posición	73
Tabla 7: Prueba U de Mann-Whitney para la Prueba de Agilidad Específica en el Béisbol por Posición	73
Tabla 8: Prueba T independiente para el Índice de Fuerza Reactiva, Prueba 5-10-5 de Agilidad y Prueba de Agilidad Específica en el Béisbol con la Edad Biológica	74
Tabla 9: Índice de Fuerza Reactiva, Prueba 5-10-5 de Agilidad y Prueba de Agilidad Específica en el Béisbol según los años de Experiencia en el Béisbol.....	75
Tabla 10: Descripción de las Pruebas de Agilidad y Fuerza Reactiva por Lado Dominante de Bateo.....	75

Tabla 11: Correlación entre Variables Antropométricas y el Índice de Fuerza Reactiva, la Nueva Prueba de Agilidad Específica en el Béisbol y la Prueba 5-10-5 de Agilidad.....	77
Tabla 12: Correlación entre Segmentos en la Prueba 5-10-5 de Agilidad, la Nueva Prueba de Agilidad Específica en el Béisbol y el Índice de Fuerza Reactiva.....	79

Lista de Figuras

Figura	Página
Figura 1: Diagrama de la Prueba 5-10-5 de Agilidad.....	9
Figura 2: Diagrama de la Nueva Prueba de Agilidad Específica en Jugadores de Béisbol.....	16
Figura 3: Esquema de los Aspectos y Componentes que están Relacionados con la Agilidad Ofensiva en el Béisbol.....	52
Figura 4: Protocolo de Saltos de Rebote con una Acción Dominante de Tobillo en una Plataforma de Saltos para la Evaluación de Fuerza Reactiva en Beisbolistas.....	59

Capítulo I

Introducción

El béisbol es un deporte que requiere movimientos en dirección lineal, curvilínea, lateral y diagonal; en reacción a estímulos visuales que envuelven cambios rápidos de dirección y carrera explosiva (Carozza et al., 2010; Crotin, 2009; McEvoy & Newton, 1998; Miyaguchi et al., 2011; Rhea & Bunker, 2009; White et al., 2016). Estos movimientos demandan una buena aptitud física, particularmente en los componentes de fuerza, velocidad, potencia y agilidad (aceleración, desaceleración y redirección) (Aydin et al., 2015; Bailey et al., 2014; Coleman & Amonette, 2012; Coleman & Dupler, 2004; Crotin, 2009; Haag, 2020; McEvoy & Newton, 1998; Miyaguchi et al., 2011; Priest et al., 2011; Rhea & Bunker, 2009; Spaniol, 2009; Suchomel et al., 2015; Szymanski & Fredrick, 2001; White et al., 2016). Algunos ejemplos de los movimientos, particularmente en la ofensiva del béisbol son: 1) correr hacia la primera base luego del contacto entre el bate y la pelota, 2) correr entre bases y 3) correr de regreso a una base cambiando la dirección. En este capítulo se presenta información sobre las características de fuerza, velocidad, potencia y agilidad en la ofensiva del deporte de béisbol. También, se incluye en este capítulo, el problema de estudio, propósito, hipótesis y definiciones operacionales.

Los beisbolistas presentan diferentes características de acuerdo con la posición que desempeñan en el campo de juego. Estas posiciones son: receptor, bateador, lanzador, jugador de cuadro (primera, segunda y tercera base y campo corto) y jugador de bosque (izquierdo, central y derecho) (Carvajal-Veitía

et al., 2009; Coleman, 1982, 2007; Magrini et al., 2018; Spaniol, 2009). En un estudio de Coleman (1982), se determinaron características antropométricas y fisiológicas por posición en beisbolistas profesionales en los Estados Unidos. Los lanzadores fueron los más altos, pesados y con tipo de cuerpo endomorfo comparado con los jugadores de cuadro y bosques. La fortaleza de las extremidades inferiores y la aptitud cardiorrespiratoria fue similar en todos los jugadores. Sin embargo, la fortaleza de la parte superior fue mayor en los bosques y menor en lanzadores. Además, según Watkinson (1998), la potencia del jugador en primera base tiende a estar sobre el promedio, pero tiende a estar bajo el promedio en velocidad y fortaleza de brazo. Esto es diferente en jugadores de campo corto quienes tienden a estar por debajo del promedio en potencia, pero la velocidad y fortaleza de brazo tiende a estar por encima del promedio. Los jugadores en el jardín central se destacan defensivamente por la velocidad en recorrer el espacio que le corresponde dado su posición. Los receptores tienden a ser más grandes y lentos en el campo. La tarea específica en su posición requiere hacer sentadillas, recibir y lanzar la pelota hacia las bases. Ocasionalmente, éstos requieren levantarse explosivamente desde la posición de sentadilla y defender un toque o cubrir la primera base (Coleman & Amonette, 2015).

Fuerza, Rapidéz y Agilidad en el Béisbol

La fuerza es el resultado de la activación neuromuscular que permite generar tensión estática o dinámica, mientras que la fortaleza es la capacidad músculo esquelética de generar una fuerza a una velocidad dada (Haff & Triplett,

2016). En un estudio por White, Dorian & Jones (2016), se examinó el efecto de realizar sentadillas laterales con o sin mancuernas previo a una prueba de potencia y agilidad en atletas de béisbol de nivel colegial. La prueba de agilidad consistió en colocarse en una base y esperar por un estímulo visual para ejercer esfuerzo máximo moviéndose hacia la derecha, pivoteando e inmediatamente haciendo una carrera lineal de 10 yardas. Los autores observaron mejor tiempo en la prueba de agilidad cuando se incluyó el uso de mancuernas (1.85 ± 0.09 s vs. 1.89 ± 0.10 s; $p = 0.03$), y concluyeron que ejecutar movimientos contra resistencia puede proveer un estímulo adecuado para mejorar la agilidad y, de este modo, mejorar la corrida entre bases en el béisbol. Además, se destaca que el movimiento de sentadillas integra el ciclo de alargamiento-acortamiento que ocurre entre la primera y la segunda fase del movimiento (flexión primero y luego extensión de las rodillas y cadera), facilitando la generación de fuerza y propulsión por parte de los músculos isquiotibiales.

El ciclo de alargamiento-acortamiento se desarrolla cuando las fibras musculares ejercen una acción excéntrica justo antes de una acción concéntrica (Cavanagh & Komi, 1979). La estimulación de estos receptores con la acción excéntrica provoca un acortamiento inmediato y con mayor fuerza en comparación a cuando se acortan sin un estiramiento previo (Cavagna et al., 1968). Este tipo de acción muscular es la más común en la extremidad inferior cuando se corre y se salta (van Ingen Schenau, Bobbert, & De Haan, 1997). La generación de fuerza durante el ciclo de alargamiento-acortamiento también se conoce como fuerza reactiva (Beattie et al., 2017; Young, 1995) y representa la

habilidad de una unidad músculo-tendinosa de cambiar rápidamente de una acción excéntrica a una concéntrica.

La mayoría de los deportes requieren un rápido ciclo de alargamiento-acortamiento, con un umbral menor de 0.25 segundos. Este umbral define lo que sería un rápido o un lento ciclo de alargamiento-acortamiento, por lo tanto, mayor o menor fuerza reactiva. La fuerza reactiva máxima está determinada por características morfológicas (ej.: tipo de fibra muscular) y características neurales (ej.: reclutamiento, sincronización, frecuencia en el estímulo y coordinación de unidades motoras) que facilitan una mayor aceleración, velocidad en el cambio de dirección y agilidad.

El rendimiento deportivo requiere tomar decisiones rápidas y acciones de alta velocidad para lograr cambios rápidos de dirección y responder a situaciones de juego específicas (Šimonek, Horička & Hianik, 2017). A pesar de que la rapidez y la velocidad son conceptos diferentes, típicamente se utilizan como si tuviesen el mismo significado (Chiu, 2008; Yildiz, 2016). La rapidez es la habilidad de mover el cuerpo para cubrir una distancia en el menor tiempo posible (Chiu, 2008; Horička et al., 2014; Yildiz, 2016) y la velocidad es rapidez en una dirección dada (Boss, 2016; Chiu, 2008; Horička et al., 2014; Ruddock & Winter, 2016; Yildiz, 2016). Se sugiere la separación de éstos conceptos cuando se determinan características del acondicionamiento físico y entrenamiento para el desarrollo de fuerza y potencia (DeWeese & Nimphius, 2016). Por tal razón, en este trabajo se utilizará rapidez como el concepto apropiado para el desarrollo de potencia y agilidad.

La relación entre fuerza y rapidez durante una carrera o un salto se observa cuando un atleta genera fuerza para superar el efecto de la gravedad y crear un cambio rápido en el movimiento. Este cambio de rapidez por unidad de tiempo se conoce como aceleración. Por ejemplo, una vez se genera la fuerza sobre la superficie, el cuerpo cambiará de dirección desocupando el espacio en que estaba y luego aplica fuerza contra el suelo nuevamente para desacelerar y luego para volver a acelerar hacia otra dirección (DeWeese & Nimphius, 2016). Este proceso de acelerar, desacelerar y cambiar de dirección es esencial en jugadores de béisbol cuando se encuentran corriendo entre bases (DeRenne, 1990). La aceleración del cuerpo en la parte ofensiva del béisbol comienza al momento de batear cuando hay contacto entre el bate y la pelota, y concluye cerca de las 16 yardas entre el plato y la primera base. La aceleración cambia desde la yarda 17 aproximadamente hasta la yarda 30 cuando alcanza la primera base (Crotin, 2009).

En atletas de béisbol profesionales de ligas mayores en Estados Unidos (MLB, por sus siglas en inglés), la rapidez se ha medido tradicionalmente utilizando el tiempo en la carrera de 60 yardas. Sin embargo, estudiosos del béisbol han cuestionado la especificidad y validez de dicha prueba como un indicador de la rapidez en situaciones de juego reales ya que las bases se encuentran a una distancia de 30 yardas (Coleman & Amonette, 2012; Crotin, 2009). Otras formas de analizar rapidez y agilidad se han introducido en el béisbol. Por ejemplo, Coleman & Amonette (2012) evaluaron el tiempo en correr desde el plato hasta la primera base en 302 jugadores de la MLB (35 receptores,

135 jugadores de cuadro y 129 jugadores de bosques: de éstos 122 bateaban del lado zurdo y 180 bateaban del lado derecho). En conjunto, evaluaron 1,896 corridas en 324 juegos por un periodo de cuatro años. El tiempo comenzó cuando el bate hacía contacto con la pelota y se tomaban dos tiempos: uno a las 15 yardas o mitad de camino hacia la primera base y otro cuando el pie hacía contacto con la primera base (30 yardas total). Los autores observaron mayor rapidez promedio desde el plato hasta la primera base en los bateadores zurdos comparados con los bateadores derechos (Mediana = 8.20 vs. 8.08 $m*s^{-2}$; $p = 0.02$ respectivamente). También, la aceleración en las primeras 15 yardas y en la distancia total (30 yardas) fue mayor en los bateadores zurdos que en los derechos (Mediana = 2.68 vs. 2.56 $m*s^{-2}$, $p = 0.003$; Mediana = 1.90 vs. 1.85 $m*s^{-2}$, $p < 0.05$, respectivamente). Además, la rapidez fue mayor para los bosques y los jugadores de cuadro en comparación con los receptores. Estos datos sugieren que el tiempo hacia la primera base está mayormente afectado por la aceleración desde el plato hasta la mitad de la distancia hacia la primera base y sugiere la necesidad de implementar estrategias para que los jugadores de béisbol puedan desarrollar rapidez máxima dentro de las primeras 15 yardas en dirección a la base para así maximizar la oportunidad de llegar en el menor tiempo posible.

Además de la rapidez en el corrido entre bases, la localización del centro de gravedad es otro aspecto que determina una mejor ejecución durante el corrido entre bases en el béisbol. Estos atletas corren con el centro de gravedad relativamente bajo, la parte superior del cuerpo algo inclinada hacia al frente,

aproximadamente a 45 grados (Young, James & Montgomery, 2002; Crotin, 2009), y una elevación menor de las rodillas en comparación con atletas en eventos de pista (Young, James & Montgomery, 2002). Esta posición facilita la aplicación de mayor fuerza contra el suelo con el pie del frente (Crocin, 2009), también conocida como fuerza de reacción contra el suelo (Dali, Justine, Ahmad & Othman, 2013). Con el centro de gravedad más bajo, estos jugadores pueden aplicar mayor fuerza lateral rápidamente en comparación con un jugador que corra con el centro de gravedad más alto. Un centro de gravedad más bajo también facilita cambios de dirección lateral (Crocin, 2009) con mayor producción de fuerza (Young, James & Montgomery, 2002). Iniciar movimientos con un centro de gravedad más alto requiere más tiempo para establecer la posición ideal para la aceleración y posiblemente requiera más tiempo para acelerar, cambiar de dirección y moverse ágil y efectivamente entre bases (Crocin, 2009). Una buena aceleración y agilidad envuelven el tiempo de reacción y la presencia de un estímulo que provoque iniciar un movimiento rápido en una dirección diferente (Sheppard & Young, 2006).

Evaluación de la Agilidad

La agilidad se define como la habilidad de cambiar la dirección de un movimiento de manera rápida y precisa (Serpell et al., 2010; Sheppard & Young, 2006; Young, Dawson, et al., 2015). La precisión en el cambio de dirección depende de la toma de decisiones rápidas y efectivas, rapidez en el cambio de dirección y técnica específica. Existe cierto consenso en las ciencias del deporte en cuanto a los factores que influyen el componente de agilidad (Sheppard &

Young, 2006; Young et al., 2002; Young, Dawson, et al., 2015). Estos factores son: cognitivo, físico y técnico. En la parte ofensiva del béisbol son la: 1) toma de decisiones rápidas y efectivas (cognitivo), 2) rapidez en el cambio de dirección (físico) y 3) la técnica de movimiento (técnico).

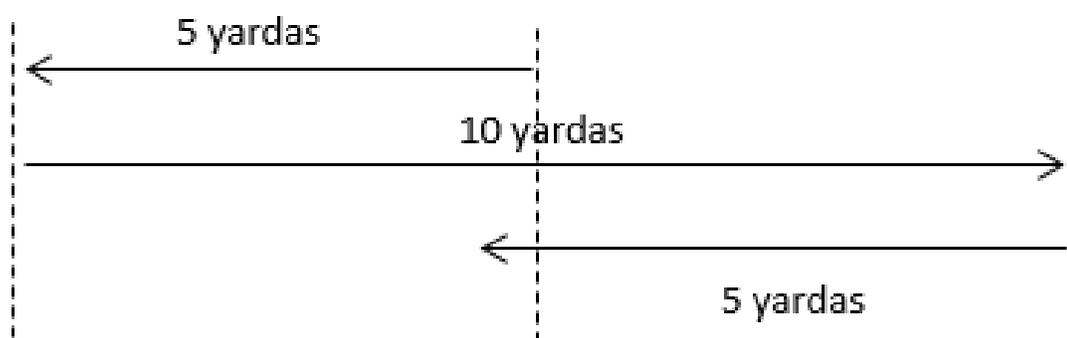
En la literatura revisada no se halló una prueba de agilidad que integre los factores ofensivos específicos en el béisbol. Sin embargo, en un estudio realizado por Hoffman, Vázquez, Pichardo & Tenenbaum (2009) en el que reclutaron 343 jugadores profesionales del MLB, se evaluó la potencia en la extremidad inferior con el salto vertical, rapidez con la prueba de carrera lineal de 10 yardas y agilidad con la prueba 5-10-5. Los autores observaron una relación directa entre la potencia en la extremidad inferior y el número de cuadrangulares, total de bases corridas y porcentaje de efectividad del bateo. También, observaron una relación inversa entre la prueba 5-10-5 de agilidad y las bases robadas. Finalmente, tanto la potencia promedio con el salto vertical, el tiempo en la carrera lineal de 10 yardas, y la prueba 5-10-5 de agilidad fueron predictores significativos del total de bases corridas.

La prueba 5-10-5 de agilidad es la más parecida a situaciones ofensivas en el béisbol, y se ha utilizado en diferentes estudios para evaluar la agilidad en otras situaciones de juego en el béisbol (Hoffman et al., 2009; Mangine et al., 2013). La prueba 5-10-5 de agilidad consiste en recorrer 20 yardas con dos cambios de dirección a 180 grados. Para la prueba se colocan dos líneas a 10 yardas de distancia y una en el medio. Cada jugador comienza en la línea del medio e inicia un movimiento hacia la izquierda hasta llegar a la línea del

extremo izquierdo y gira hacia el lado derecho para llegar a la línea del extremo derecho y, finalmente, gira e inicia una aceleración hasta pasar la línea de inicio (Figura 1). Aunque esta prueba de agilidad es la única en simular una situación en la corrida entre bases en el béisbol, no incluye el movimiento curvilíneo cuando el jugador sigue la carrera hacia la segunda base.

Figura 1

Diagrama de la Prueba 5-10-5 de Agilidad. Modificado de: Jones, P., & Nimphius, S. (2019). Change of direction and agility. In P. Comfort, P. A. Jones, & J. McMahon (Eds.), *Performance and Assessment in Strength and Conditioning* (pp. 140–165). Routledge.



La corrida de bases siempre inicia hacia el lado derecho en el momento de correr desde el plato hacia la primera base. Sin embargo, la prueba 5-10-5 de agilidad comienza hacia el lado izquierdo. Además, otra limitación de esta prueba es que tiene una distancia máxima seguida de 10 yardas en carrera lineal con dos cambios de dirección de 180°. Esta distancia influye en el tiempo total de la prueba cuando se realiza una carrera lineal en comparación a una carrera con cambios de dirección (Nimphius et al., 2013). La medida del tiempo total de la prueba 5-10-5 de agilidad puede estar ocultando la habilidad en el cambio de dirección o en la carrera lineal. Por ejemplo, el jugador puede tener

un rendimiento pobre haciendo los cambios de dirección, pero recupera el tiempo que perdió en la fase lineal de la carrera (Nimphius et al., 2017). Otro punto es que, a pesar de que la prueba 5-10-5 es un predictor de bases corridas en el béisbol (Hoffman et al., 2009), el patrón de movimiento en los cambios de dirección durante la prueba no son específicos a los cambios de dirección en el deporte (Nimphius et al., 2013, 2016; Vescovi & McGuigan, 2008).

El movimiento ofensivo en el béisbol comienza con una carrera lineal con aumento en aceleración por las primeras 15 yardas en dirección a la base para maximizar la oportunidad de llegar en el menor tiempo posible a las 30 yardas donde se encuentra la base (Coleman & Amonette, 2012). Luego ocurre un movimiento curvilíneo hacia la izquierda para dirigirse hacia la próxima base. Al evaluar la agilidad específica en la corrida entre bases es recomendable evaluar el tiempo entre cada segmento de la corrida entre bases para evitar que la corrida lineal sea el mayor determinante del tiempo total. Por esta razón, en vez de enfatizar el tiempo del rendimiento de toda la prueba, el tiempo en el cambio de dirección puede proveer información valiosa para poder analizar el progreso de los jugadores (Nimphius et al., 2017).

Ya que la agilidad puede variar con diferentes movimientos, aún no existe consenso entre profesionales de las ciencias del deporte, fisiología del ejercicio, psicología del deporte, biomecánica y entrenamiento de fuerza y acondicionamiento; sobre la definición de la agilidad específica que se espera en diferentes deportes (Sheppard & Young, 2006; Young et al., 2002; Young, Dawson, et al., 2015). Existe una necesidad de definir el concepto agilidad y las

pruebas para medir agilidad con aspectos específicos que se apliquen a cada deporte individual. La agilidad específica puede reconocerse como un subcomponente de la agilidad general que está determinado por aspectos cognitivos, físicos y técnicos intrínsecos en un deporte en particular.

Evaluación del Índice de Fuerza Reactiva

Como indicador de la habilidad reactiva, el índice de fuerza reactiva se ha utilizado en la evaluación de componentes que facilitan la agilidad (Young, 1995; Bailey et al., 2014; Beattie et al., 2017; Boman, 2018; Ebben & Petushek, 2010; Nagahara et al., 2014; Young & Murray, 2016). Esta propiedad se evalúa mediante saltos en donde se calcula el desplazamiento vertical y se divide entre el tiempo en contacto con el suelo (Beattie et al., 2017; Flanagan & Comyns, 2008; Young, 1995). Generalmente, los saltos se evalúan utilizando una serie de cajas con diferentes alturas (por ejemplo: 12, 16, 20 y 24 pulgadas) para determinar la fuerza reactiva en diferentes cargas durante el ciclo de alargamiento-acortamiento (Beattie et al., 2017; Comyns et al., 2019; Ebben & Petushek, 2010; Flanagan et al., 2008; Flanagan & Comyns, 2008; Young, 1995; Young et al., 2002). También se puede evaluar el índice de fuerza reactiva con un salto contra movimiento (Bailey et al., 2014) y se conoce como el índice de fuerza reactiva modificado. Ambas son medidas confiables y validas (Suchomel, Sole, Bailey, Grazer & Beckham, 2015) para determinar la potencia muscular de las piernas (Beckham et al., 2019). Sin embargo, la fuerza reactiva se considera una prueba más específica para predecir rendimiento deportivo cuando se integran cambios de dirección mientras se inicia una corrida en comparación con

el salto vertical ya que incluye la acción combinada de amortización y propulsión (Louder et al., 2017; Young et al., 2002). Además, en la parte ofensiva en deportes como el béisbol, no se realizan saltos en caída, sino que se aplica fuerza contra el suelo para iniciar una aceleración y propulsión mayormente en carreras.

Existen otras pruebas que permiten evaluar el índice de fuerza reactiva en atletas que compiten en deportes donde se requiere acciones altamente reactivas con fases cortas de contacto con el suelo (Beattie et al., 2017; Flanagan, 2007). Una de estas pruebas incluye saltos de rebote con una acción dominante de tobillo. En esta se evalúan de forma simple y controlada los dos modelos teóricos que ocurren durante el ciclo de alargamiento-acortamiento: el modelo neurofisiológico que describe la acción de husos musculares y el modelo mecánico que describe la propiedad elástica de tendones (Comyns et al., 2019; Wilk et al., 1993). La combinación de estos modelos explica la generación de un rápido ciclo de alargamiento-acortamiento (Comyns et al., 2019).

Comyns et al. (2019) evaluaron la confiabilidad del índice de fuerza reactiva derivado de una prueba de cinco saltos de rebote y otra prueba de 10 saltos de rebote en 20 atletas varones en el deporte de "hurling" y en 15 atletas féminas de fútbol. Luego de un periodo de calentamiento, los participantes realizaron dos repeticiones máximas de cinco saltos de rebote en una primera visita. Una semana después, en una segunda visita, realizaron dos repeticiones máximas de 10 saltos de rebote. Con un coeficiente de correlación intraclase mayor de 0.80 y un coeficiente de variación menor de 10%, los autores

concluyeron que ambas pruebas son confiables para determinar el índice de fuerza reactiva.

El índice de fuerza reactiva utilizando el salto de rebote aparenta ser una alternativa rápida y simple, en donde se minimiza el tiempo en contacto con el suelo y se logra un salto más alto utilizando una acción dominante del tobillo (Flanagan, 2007). Este tipo de salto expresa la demanda de las capacidades de fuerza-potencia en una aceleración (Nagahara et al., 2014), por lo que puede ser una mejor alternativa para la evaluación del índice de fuerza reactiva en atletas que requieren un rendimiento altamente reactivo.

Prueba Específica de Agilidad Ofensiva en Jugadores de Béisbol

Para validar y controlar objetivamente el desarrollo de destrezas específicas en un deporte, se requiere el desarrollo de pruebas específicas que simulen las demandas particulares en diferentes deportes (Kutlu et al., 2017). La fuerza, rapidez, potencia, agilidad, masa muscular son factores que proporcionan información importante sobre el posible rendimiento de cada atleta (Hoffman et al., 2009; McEvoy & Newton, 1998; Priest et al., 2011). La capacidad individual de acelerar, desacelerar y cambiar de dirección rápidamente puede significar el éxito o el fracaso deportivo (Priest et al., 2011). Esta capacidad de moverse y cambiar de dirección rápidamente o de moverse estratégicamente, se puede identificar con pruebas de agilidad.

Una prueba de agilidad específica en deportes como el béisbol requiere que se identifique la situación de juego (defensiva u ofensiva) y el movimiento específico que se realiza. En el béisbol es importante considerar movimientos de

aceleración hacia afuera de la caja del bateador después del contacto del bate con la pelota, el desarrollo rápido de pasos cruzados junto con un paso en caída para el robo de bases, correr entre bases o atrapar y lanzar la pelota por el terreno de juego. Por lo tanto, pruebas específicas de agilidad en el deporte de béisbol pueden ayudar en la identificación de nuevos talentos, selección de jugadores, y en la planificación de protocolos de entrenamiento. El desarrollo efectivo de protocolos de entrenamiento y su cuantificación son determinantes en la capacidad de desarrollar aceleración, rapidez máxima, agilidad y patrones de fatiga en el deporte (Priest et al., 2011).

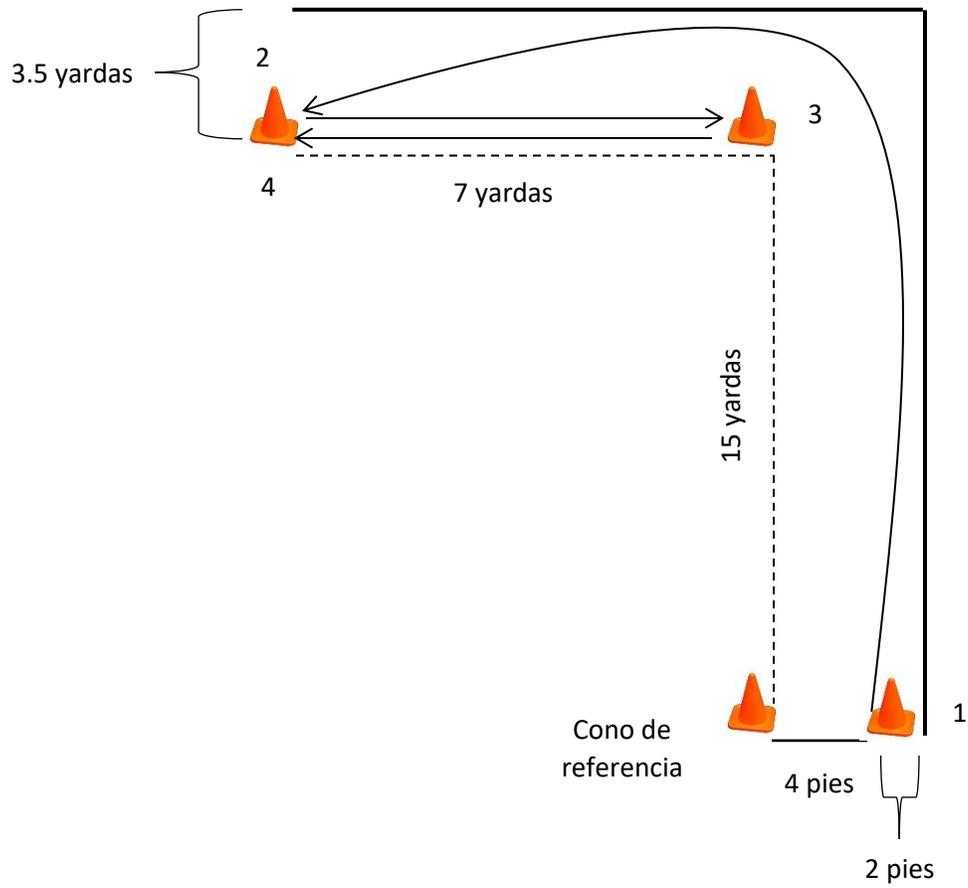
En la literatura existe documentación de ejercicios específicos para el entrenamiento ofensivo en el béisbol (Magrini et al., 2018). Sin embargo, no se ha identificado una prueba de agilidad que integre y evalúe los movimientos específicos en la parte ofensiva del béisbol. Por lo tanto, uno de los objetivos de este estudio fue crear una prueba de agilidad específica para la parte ofensiva del béisbol. En la Figura 2 se explica la prueba específica de agilidad ofensiva para jugadores de béisbol que se creó para este estudio. En esta prueba se coloca el primer cono a cuatro pies de distancia del cono de referencia. El cono de referencia marca una línea paralela a la línea recta entre el plato y la primera base. El atleta no puede abrirse más de dos pies de distancia de esa línea recta. Si sobrepasa esta distancia, el intento es inválido. La prueba comienza en cono uno de frente al cono de referencia. En la señal de salida, se ejecuta un movimiento lateral utilizando el paso cruzado en dirección primero lineal y luego curvilínea hacia el cono dos tocándolo con la mano. El atleta debe realizar el

movimiento curvilíneo una distancia no mayor a 3.5 yardas. Si sobrepasa esta distancia, el intento será inválido. Inmediatamente luego de tocar el cono dos, se cambia de dirección y se corre hacia el cono tres que debe tocarlo para cambiar de dirección nuevamente y dirigirse al cono cuatro sobrepasándolo sin detenerse. Si alguno de los conos se cae o si el atleta se cae durante el intento, éste será inválido. El atleta debe completar la prueba realizando un esfuerzo máximo en el menor tiempo posible, simulando la demanda metabólica y neuromuscular que requiere la etapa ofensiva en el béisbol.

En esta nueva prueba de agilidad específica para la etapa ofensiva en el deporte de béisbol, se integra el movimiento curvilíneo que permite aplicar la colocación y ajustes de los pies y el cuerpo para la corrida entre bases, además de los cambios de dirección a 180° que requieren acelerar, desacelerar y acelerar nuevamente. Esto simula los movimientos para evadir ser sacado de carrera con un toque del jugador defensivo durante la corrida entre bases.

Figura 2

Diagrama de la Nueva Prueba de Agilidad Especifica en la Ofensiva del Béisbol.



Problema de Investigación

El deporte del béisbol envuelve aceleración y desaceleración en carreras lineales y cambios de dirección que activan el ciclo de alargamiento y acortamiento. Este ciclo ocurre naturalmente en actividades deportivas utilizando la energía elástica y activando los receptores músculo tendinosos (husos musculares) para mejorar el trabajo mecánico durante la acción concéntrica (Hody et al., 2019; Wilk et al., 1993). El cambio en rapidez o la aceleración mientras se corre entre bases, lateral o lineal, o se rota para cambiar de dirección mientras se hace una jugada o se roba una base requiere una acción rápida del ciclo de alargamiento-acortamiento en los músculos de la cadera y extensores del tobillo que resulta de gran importancia en el rendimiento de atletas en el deporte del béisbol (Young et al., 2015). Esto explica la importancia de medir la agilidad específica en conjunto con la agilidad para simular la demanda que requiere el deporte (Sheppard & Young, 2006).

En la literatura revisada no se encontró evidencia de alguna prueba de fuerza reactiva que utilice el índice de fuerza reactiva e integre el tiempo en contacto con el suelo y de agilidad que incluya la mayoría de los movimientos ofensivos que se realizan en el deporte del béisbol. Las pruebas típicas de agilidad son generales (ej., prueba 5-10-5 de agilidad) por lo que no proveen información específica sobre agilidad y fuerza reactiva en el deporte del béisbol.

Propósito

El propósito de este estudio fue desarrollar y evaluar una prueba específica para el componente de agilidad ofensiva en el béisbol y determinar la relación entre esta, la prueba 5-10-5 de agilidad y el índice de fuerza reactiva.

Objetivo de la Investigación

1. Comparar el tiempo en la nueva prueba de agilidad específica con el tiempo en la prueba 5-10-5 de agilidad en jugadores de béisbol.
2. Describir la relación entre la nueva prueba de agilidad específica (de nueva creación) y el índice de fuerza reactiva.
3. Describir la relación entre la prueba 5-10-5 de agilidad y el índice de fuerza reactiva.
4. Evaluar la relación entre la nueva prueba de agilidad específica y el índice de fuerza reactiva en comparación con la relación entre la prueba 5-10-5 de agilidad y el índice de fuerza reactiva

Preguntas de Investigación

1. ¿Cuál es la relación entre la nueva prueba de agilidad específica y la prueba 5-10-5 de agilidad?
2. ¿Cuál es la relación entre la nueva prueba de agilidad específica y el índice de fuerza reactiva?
3. ¿Cuál es la relación entre la prueba 5-10-5 de agilidad y el índice de fuerza reactiva?

4. ¿Habrá diferencia en la relación entre la nueva prueba de agilidad específica y el índice de fuerza reactiva en comparación con la relación entre la prueba 5-10-5 de agilidad y el índice de fuerza reactiva?

Hipótesis alterna (Ha) e Hipótesis nula (Ho)

Ha 1: Habrá una correlación directa entre la medida de agilidad con la nueva prueba específica y la prueba 5-10-5 en jugadores de béisbol.

Ho 1: No habrá correlación entre la medida de agilidad con la nueva prueba específica y la prueba 5-10-5 en jugadores de béisbol.

Ha 2: Habrá una correlación indirecta entre el tiempo con la nueva prueba de agilidad específica y el índice de fuerza reactiva en jugadores de béisbol.

Ho 2: No habrá correlación entre la agilidad con la nueva prueba específica y el índice de fuerza reactiva en jugadores de béisbol.

Ha 3: Habrá una correlación indirecta entre el tiempo en prueba 5-10-5 de agilidad y el índice de fuerza reactiva en jugadores de béisbol.

Ho 3: No habrá correlación entre la prueba 5-10-5 de agilidad y el índice de fuerza reactiva en jugadores de béisbol.

Ha 4: La correlación entre agilidad con la nueva prueba específica y el índice de fuerza reactiva será mayor comparado con la correlación entre la agilidad con la prueba 5-10-5 y el índice de fuerza reactiva.

Ho 4: No habrá diferencia en la correlación entre la agilidad con la nueva prueba específica y el índice de fuerza reactiva y la correlación entre la agilidad con la prueba 5-10-5 de agilidad y el índice de fuerza reactiva.

Relevancia del Estudio

La creación de una prueba de agilidad específica para el aspecto ofensivo en el deporte de béisbol ayudará a construir programas de evaluación y entrenamiento más específicos que ayuden a maximizar el rendimiento ofensivo en este deporte. Este es el primer estudio en evaluar la relación entre agilidad y fuerza reactiva en atletas de béisbol.

Delimitaciones

El estudio se delimitó a jugadores con experiencia en el deporte de béisbol entre las edades de 18 a 23 años. Éste es el rango de edad donde los jugadores tienen mayor oportunidad de ser evaluados por entrenadores, manejadores y reclutas de ligas profesionales como la MLB. Además, es en esta edad donde los atletas con mayor potencial están activamente jugando en ligas universitarias.

Definiciones Operacionales

Agilidad

Habilidad de cambiar la dirección de un movimiento de manera rápida y precisa en respuesta a un estímulo (Serpell et al., 2010; Sheppard & Young, 2006; Young, Dawson, et al., 2015).

Agilidad específica

Subcomponente de la agilidad que está determinado por aspectos cognitivos, físicos y técnicos intrínsecos en un deporte (Nimphius et al., 2013, 2016, 2017; Sheppard & Young, 2006; Young et al., 2002; Young, Dawson, et al., 2015).

Ciclo de alargamiento-acortamiento

Fenómeno de acoplamiento excéntrico-concéntrico en donde, luego de alargarse de manera rápida, el área músculo tendinosa tiene la capacidad de llevar a cabo un acortamiento reactivo con mayor fuerza (Haff & Triplett, 2016).

Fortaleza

Capacidad del sistema músculo esquelético de generar una fuerza a una velocidad dada (Haff & Triplett, 2016)

Fuerza

Resultado de la activación neuromuscular que permite generar tensión estática o dinámica (Haff & Triplett, 2016).

Fuerza reactiva

Habilidad de una unidad músculo-tendinosa de cambiar rápidamente de una acción excéntrica a una concéntrica. (Beattie et al., 2017; Young, 1995).

Índice de fuerza reactiva

Indicador de habilidad reactiva (Young, 1995) músculo-tendinosa. Su evaluación envuelve saltos verticales y agilidad (Young & Murray, 2016).

Potencia

Capacidad de generar una fuerza a la mayor velocidad posible (Haff & Triplett, 2016).

Rapidez

Habilidad de mover el cuerpo para cubrir una distancia en el menor tiempo posible (Chiu, 2008; Horička et al., 2014; Yildiz, 2016)

Rapidez en el cambio de dirección

Descripción general de cualquier prueba con el propósito de examinar la habilidad en el cambio de dirección “pre-planificado” que, en muchas ocasiones, tiene un gran componente de línea recta (Nimphius, 2018).

Velocidad

Rapidez en una dirección dada (Boss, 2016; Chiu, 2008; Horička et al., 2014; Ruddock & Winter, 2016; Yildiz, 2016).

Capítulo II

Revisión de Literatura

El deporte del béisbol requiere mayormente movimientos rápidos, potentes (Szymanski & Fredrick, 2001) y de gran agilidad (Crotin, 2009) debido a su naturaleza de intensidad intermitente en la que se combinan movimientos cortos de esfuerzo máximo y periodos de baja intensidad (Paul et al., 2016). Cuando se corre entre bases, la agilidad es esencial y envuelve demandas físicas de fuerza rápida, procesos cognitivos en la toma de decisiones sobre detenerse o continuar y habilidades técnicas biomecánicas y de destreza motora en el cambio de direcciones (Sheppard & Young, 2006) en reacción al movimiento de la pelota (Young, James & Montgomery, 2002). Es por esto que el aspecto cognitivo, físico y técnico de la agilidad son importantes en el deporte de béisbol (Magrini et al., 2018; Young et al., 2002). En este capítulo se presenta una breve descripción del deporte del béisbol, las posiciones de juego y detalles de la literatura publicada sobre la importancia de la fuerza, rapidez, potencia y agilidad en este deporte.

Descripción General del Béisbol

El deporte de béisbol se lleva a cabo entre dos equipos que intercambian dos situaciones de juego: la parte ofensiva y la parte defensiva (Bickel, 2004). En la parte defensiva, cada equipo coloca nueve jugadores dentro del parque y, en la parte ofensiva, el equipo contrario coloca un jugador a la vez en la caja de bateo. Según las reglas oficiales de la liga profesional de béisbol en los Estados Unidos los objetivos en la parte ofensiva son: 1) que el bateador se convierta en

corredor y logre avanzar entre las bases y 2) anotar una carrera cuando el bateador logra correr y tocar las cuatro bases legalmente sin que el equipo defensivo lo impida (Lepperd, 2019). El objetivo en la parte defensiva es prevenir que el equipo ofensivo cumpla con el objetivo de anotar carreras. Los equipos se intercambian la posición ofensiva y defensiva en una entrada que culmina cuando el equipo defensivo logra poner fuera a tres bateadores. El equipo que acumule más carreras al completarse la novena entrada será el ganador.

Los jugadores en el equipo defensivo se dividen en cuatro posiciones generales: 1) receptor, 2) lanzador, 3) jugador de cuadro y 4) jardinero. Los receptores tienen que permanecer en una posición de sentadilla por un largo periodo de tiempo preparados para reaccionar rápidamente. Estos jugadores reciben el lanzamiento de la pelota por parte del lanzador y lanzan la pelota a los jugadores de cuadro para evitar la corrida entre bases. Los lanzadores, además de enviar la pelota hacia el receptor de manera que el bateador intente golpear la pelota e iniciar el movimiento hacia las bases, también son responsables de prevenir robos de base lanzando la pelota hacia los jugadores defensivos que están en las bases o hacer movimientos engañosos para retener al corredor en su base (Loughin & Barga, 2008, Martin, 2016). Las posiciones de los jugadores de cuadro son: campo corto, primera base, segunda base y tercera base. Los jugadores defensivos en las bases cubren el área cercana a ésta y el jugador en el campo corto cubre defensivamente el área entre segunda y tercera base. Además, ayuda al jugador de segunda base cuando el equipo contrario intenta robar la segunda base. Las posiciones de los bosques son: izquierdo,

central y derecho. Los bosques atrapan la pelota en la parte posterior del parque y la lanzan a larga distancia para alcanzar las bases y detener las corridas entre bases (Carvajal-Veitía et al., 2009; Coleman, 1982, 2007; Magrini et al., 2018).

Estas diferentes posiciones de juego demandan características fisiológicas diferentes. Rivera-Otero & Rivera-Brown (1991) evaluaron las características antropométricas y algunos componentes de la aptitud física relacionados con la salud en 19 jugadores puertorriqueños de béisbol ganadores de una medalla de bronce en las Olimpiadas de 1988. Se evaluó el somatotipo, porcentaje de grasa, flexibilidad de los músculos isquiotibiales y espalda baja y el consumo máximo de oxígeno. Los autores reportaron que los jugadores tenían un somatotipo endomorfo-mesomorfo, un porcentaje de grasa de 14.5, una flexibilidad de los músculos isquiotibiales y espalda baja de 28.9 cm y un consumo máximo de oxígeno de $47.0 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Según las normas establecidas para el porcentaje de grasa, estos jugadores se encontraron en la categoría “bueno”, para la flexibilidad de los músculos isquiotibiales y espalda baja se encontraron en la categoría “razonable”, y para el consumo de oxígeno máximo se encontraron en una categoría también “razonable” (ACSM, 2016). Aunque estos datos descriptivos pueden utilizarse para el desarrollo y modificación de programas de entrenamiento y como evaluación clínica entre jugadores de béisbol aficionados y profesionales, no se incluyó el aspecto de fortaleza muscular ni se identificaron diferencias por posición de juego.

En otro estudio por Carda & Looney (1994) se evaluaron las características físicas (peso, estatura, composición corporal y somatotipo) en

jugadores de béisbol de la NCAA división II para determinar si existe diferencia por posición defensiva. Los autores reportaron que los lanzadores fueron más altos que los jugadores de cuadro y bosques y menos mesomorfos que los bosques. Los jugadores de primera base fueron más altos que los jugadores de segunda y tercera base. Los jugadores del campo corto fueron más altos que los jugadores de segunda base. Los jugadores de primera base y los receptores fueron más pesados que los jugadores de segunda base y los jugadores de segunda base tuvieron menos masa magra que el resto de los jugadores de cuadro. Los autores concluyeron que determinar las características físicas, la composición corporal y el tipo de cuerpo puede proveer información específica para que los entrenadores puedan decidir cuál posición puede ocupar un jugador de béisbol.

Por otro lado, en la parte ofensiva, un corredor de bases debe maximizar la oportunidad de llegar a tiempo a las bases para poder acumular una carrera. Un corredor de base debe detectar con precisión la trayectoria de la pelota lanzada o bateada, estar atento a otro compañero de equipo que también se encuentre corriendo entre bases y conocer dónde y cómo los jugadores defensivos se posicionan (Magrini et al., 2018). Un bateador debe llegar a primera base entre 4.0 a 4.4 segundos después de golpear la pelota con el bate, debe correr de primera a segunda base en 3.6 segundos o menos para intentar un robo de segunda base y debe poder correr de primera a tercera base en 7.4 segundos (Szymanski & Fredrick, 2001). Los jugadores que batean del lado izquierdo (zurdo) recorren las primeras 15 yardas hacia la primera base entre

1.97 y 3.00 segundos y las últimas 15 yardas entre 1.44 y 2.31 segundos. El tiempo desde la caja de bateo hasta la primera base (30 yardas) debe poder recorrerlo entre 3.81 y 5.20 segundos. Los jugadores que batean del lado derecho recorren las primeras 15 yardas hacia la primera base entre 2.27 y 3.10 segundos y las últimas 15 yardas entre 1.47 y 2.23 segundos. El tiempo entre la caja de bateo hasta la primera base (30 yardas) lo deben completar entre 3.96 y 5.33 segundos (Coleman & Amonette, 2012). Además, estos jugadores tienen un tiempo promedio de 5.03 segundos en la corrida desde la caja de bateo hacia la primera base (Coleman & Dupler, 2004), un tiempo promedio de 8.56 segundos hacia la segunda base y un tiempo promedio de 16.94 segundos hacia la caja de bateo (Miyaguchi et al., 2011).

Para lograr completar estas distancias en poco tiempo, los jugadores en la ofensiva en el béisbol utilizan principalmente el sistema de producción de energía anaeróbica de adenosina trifosfatada - creatina fosfatada (ATP-PC, por sus siglas en inglés) (Haff & Triplett, 2016; Kenney et al., 2012; Mougios, 2020), sin embargo, otros sistemas energéticos como el glucolítico y el oxidativo pueden aportar energía a la misma vez en diversas situaciones de juego (Baker et al., 2010). En los movimientos de alta intensidad y corta duración en la ofensiva del béisbol se involucran la fuerza, rapidez, potencia y cambios de dirección con aceleración, desaceleración y re-aceleración. Se ha estimado que estos movimientos requieren aproximadamente, un aporte de 80% del sistema ATP-PC, 15% del sistema de glucolítico por vía anaeróbica y 5% del sistema

oxidativo (Fox & Matthews, 1976, según citado por Szymanski & Fredrick, 2001; Haff & Triplett, 2016; Kenney et al., 2012; Mougios, 2020).

Fuerza, Rapidez y Potencia

Fuerza y Fuerza Reactiva

La fuerza es el resultado de la activación neuromuscular que permite generar tensión estática o dinámica (Haff & Triplett, 2016, p. 523). Esta tensión se logra por la activación controlada de unidades motoras. La unidad motora se compone de varias neuronas motoras conectadas al músculo esquelético. Las neuronas motoras reciben un impulso eléctrico que se genera principalmente en el sistema nervioso central y lo transmiten hacia el músculo esquelético teniendo como resultado la producción de fuerza (Heckman & Enoka, 2012; Senn et al., 1997). El determinante principal de la fuerza que puede generar un músculo esquelético es el área transversal del músculo (D. Jones & Rutherford, 1987) que resulta de la suma de las unidades motoras reclutadas específicamente para activar un gran número de fibras musculares para una tarea (Heckman & Enoka, 2012).

Existe una cadena de eventos en el sistema neuromuscular que preceden la contracción voluntaria del músculo y determinan cuándo y a qué grado la fibra muscular será activada para producir una fuerza (Taylor et al., 2016). Las neuronas motoras en la parte anterior de las espinas vertebrales conectadas a un músculo esquelético de una extremidad varían en el diámetro del cuerpo celular, el axón, el área de la superficie de las dendritas; y tienen diferentes propiedades electrofisiológicas (por ejemplo: resistencia del impulso,

hiperpolarización y umbral de activación) en la activación de la fibra muscular (Heckman & Enoka, 2012). El músculo esquelético puede estar conectado a varias unidades motoras de diferentes tamaños (Senn et al., 1997). Una unidad motora pequeña puede conectar menos de 10 fibras musculares y una unidad motora grande puede conectar más de 100 fibras musculares (Haff & Triplett, 2016, pp. 89-90). Estas últimas son las principales en movimientos en los que se requiere una gran generación de fuerza y potencia.

El entrenamiento contra resistencia es necesario para aumentar la generación de fuerza tanto para la defensiva como para la ofensiva en el béisbol. El aumento en la fuerza es el resultado de una carga de trabajo neuromuscular mayor en un entrenamiento (D. Jones & Rutherford, 1987). Algunas adaptaciones en el sistema nervioso que facilitan el desarrollo de fuerza, rapidez y potencia incluyen el aumento en el reclutamiento de fibras musculares, la sincronización de una o varias unidades motoras, la frecuencia en el estímulo y actividad de la corteza motora a nivel del sistema nervioso central (Haff & Triplett, 2016), cambios neurales en el cordón espinal particularmente en el tracto corticoespinal descendente (Aagaard et al., 2002) y el reclutamiento de fibras tipo II principalmente (Pensini et al., 2002). El tracto corticoespinal es esencial para los movimientos voluntarios de los músculos (Kamiyama et al., 2015). Por otro lado, algunas adaptaciones músculo esqueléticas incluyen aumentos en el área transversal musculoesquelética, la densidad citoplasmática, el volumen de la miofibrilla y la cadena pesada de miosina. Estas adaptaciones son el resultado de una mayor demanda

neuromuscular a consecuencia de la activación de unidades motoras para producir un mayor nivel de fuerza y potencia (Haff & Triplett, 2016).

Jenkins et al. (2017) evaluaron las adaptaciones neuromusculares seguido de un entrenamiento contra resistencia en los músculos extensores de las piernas a 30 y 80% de una repetición máxima (1RM) en 26 hombres que se dividieron aleatoriamente en dos grupos: el grupo con una carga elevada al 80% del 1RM y el grupo con una carga baja al 30% del 1RM. El entrenamiento se llevó a cabo tres veces a la semana por seis semanas y las evaluaciones se realizaron antes de comenzar el entrenamiento, a la tercera y a la sexta semana. Las evaluaciones consistieron en una medida de grosor muscular con ultrasonido, fortaleza muscular (1RM) y fortaleza en una contracción isométrica máxima voluntaria (MVIC, por sus siglas en inglés). Durante MVIC se evaluó el porcentaje de activación muscular voluntaria. Los autores reportaron que hubo aumento similar en el tamaño del músculo en ambos grupos. No obstante, el 1RM y la fortaleza de MVIC aumentó más en el grupo de entrenamiento a 80% del 1RM en comparación con el grupo de entrenamiento a 30% del 1RM. El porcentaje de activación muscular durante el MVIC fue mayor en el grupo de entrenamiento a 80% del 1RM en comparación con el grupo de entrenamiento a 30% del 1RM en la sexta semana de evaluación. Por lo tanto, el entrenamiento contra resistencia con mayor intensidad resulta tener mayores adaptaciones neuromusculares que explican el aumento en la generación de fuerza del músculo independientemente de una hipertrofia.

En otro estudio por Jones & Rutherford (1987) se evaluaron 12 adultos saludables (11 hombres y una mujer) sin experiencia previa en ejercicio contra resistencia que se dividieron en dos grupos: uno control que realizó entrenamiento isométrico unilateral y un grupo experimental que realizó entrenamiento excéntrico y concéntrico unilateral. Para el entrenamiento excéntrico, la resistencia fue aproximadamente un 50% mayor que el peso utilizado para el entrenamiento concéntrico. Antes y después de las 12 semanas de entrenamiento se evaluó el área transversal del cuádriceps con una tomografía computarizada con rayos X y se comparó el tamaño y la fuerza generada por los cuádriceps. Los autores reportaron un aumento de 35% en la generación de fuerza. El aumento en la fuerza isométrica fue aproximadamente 5% mayor en comparación con el aumento en el área transversal. La fuerza generada durante el entrenamiento excéntrico fue 45% mayor que la fuerza generada en el entrenamiento isométrico. Por otro lado, hubo cambios similares en la fuerza y el área transversal del músculo luego del entrenamiento excéntrico. El ejercicio excéntrico aumentó 11% la fuerza isométrica y 15% la fuerza concéntrica, y provocó un aumento aproximado de 5% en el área transversal. Los autores sugieren que este aumento en fuerza se debe a un aumento en la activación del músculo como resultado de un cambio en los patrones de estímulos de las unidades motoras.

La carga excéntrica en los movimientos con fuerza rápida y con cambios de dirección en la ofensiva en el béisbol (White, Dorian & Jones, 2016) involucra mayormente las extremidades inferiores. Un cambio de dirección efectivo

requiere un corto tiempo de contacto con el suelo y altas cargas excéntricas durante el ciclo de alargamiento-acortamiento en los músculos extensores de las piernas (Young et al., 2002) que favorece la generación de mayor fuerza o fuerza reactiva. Esta es una de las respuestas fisiológicas más importantes en la parte ofensiva del béisbol, particularmente cuando se corre entre bases (Aydin et al., 2015). La fuerza reactiva se relaciona con la rapidez y potencia en el cambio de dirección (Beckham et al., 2014) y es una característica que se evalúa con movimientos que involucran saltos verticales y agilidad (Young & Murray, 2016). Una medida típica para evaluar la fuerza reactiva es el índice de fuerza reactiva que se obtiene dividiendo la altura de varios saltos verticales entre el tiempo en contacto con el suelo (Beattie et al., 2017). Para obtener datos confiables y válidos se recomienda utilizar una plataforma de fuerza o plataforma de contacto para evaluar la fuerza reactiva (Comyns et al., 2019; Flanagan & Comyns, 2008). Beattie et al. (2017) evaluaron la relación entre la fuerza isométrica del muslo y la fuerza reactiva en 45 atletas colegiales de varios deportes. La fuerza reactiva se midió con una serie de saltos utilizando cajas de 0.3 metros, 0.4 metros, 0.5 metros y 0.6 metros de altura. También, analizaron la diferencia en fuerza reactiva entre atletas relativamente fuertes ($n = 11$) y débiles ($n = 11$). Los autores reportaron que hubo una relación moderada pero significativa entre la fuerza máxima y el índice de fuerza reactiva ($p \leq 0.05$). Además, el índice de fuerza reactiva en atletas fuertes fue significativamente mayor que en atletas débiles cuando se midió en saltos desde 0.4, 0.5 y 0.6 metros de altura. También, los atletas débiles demostraron una reducción significativa en el índice

de fuerza reactiva según aumentaba la altura de la caja, mientras que los atletas fuertes pudieron mantener la fuerza reactiva en las diferentes alturas. Los autores concluyeron que, para movimientos específicos, con altas cargas excéntricas y demandas rápidas del ciclo de alargamiento-acortamiento, la fuerza reactiva puede ser determinada por la fuerza máxima relativa, específicamente la fuerza excéntrica.

La evaluación del ciclo de alargamiento-acortamiento es el principal método para estimar la capacidad de realizar carreras lineales y carreras con cambios de dirección (Cronin & Hansen, 2005). Un método simple y controlado para evaluar el ciclo de alargamiento-acortamiento es mediante saltos de rebote (Lamontagne & Kennedy, 2013). Sin embargo, pocos estudios han evaluado el índice de fuerza reactiva utilizando este tipo de salto (Nagahara et al., 2014). En uno de estos estudios, Comyns et al. (2019) evaluaron la confiabilidad y utilidad del índice de fuerza reactiva derivado de dos pruebas: una con cinco y otra con 10 saltos de rebote. Para ambos protocolos los participantes recibieron las siguientes instrucciones: 1) mantener las manos en las caderas para evitar la interferencia de la parte superior del cuerpo, 2) caer en el mismo lugar del primer salto, 3) caer con las piernas extendidas y 4) mirar hacia un punto fijo en todo momento. También, se les pidió que maximizaran la altura de salto y minimizaran el tiempo de contacto con el suelo. La prueba con cinco saltos de rebote consistió en un salto contra movimiento seguido de 4 saltos máximos de rebote con la que se obtuvo el promedio del índice de fuerza reactiva. La prueba de 10 saltos consistió en un salto contra movimiento seguido de 10 saltos

máximos de rebote, promediando los mejores 5 valores que tuvieran un tiempo en contacto con el suelo menor que 0.25 segundos. Los autores reportaron que ambas pruebas son confiables para determinar el índice de fuerza reactiva (coeficiente de correlación intraclase ≥ 0.80 y coeficiente de variación $\leq 10\%$).

En otro estudio, Nagahara et al. (2014) evaluaron la capacidad de fuerza-potencia en 19 corredores utilizando diferentes modalidades de salto: uno con acción dominante de tobillo, salto en sentadilla, salto contra movimiento (CMJ) y el salto de rebote con flexión de rodillas. Luego de un periodo de calentamiento, los participantes realizaron una carrera lineal de 60 metros a máxima intensidad utilizando las zapatillas específicas para un bloque de salida. Luego de 30 minutos de descanso realizaron las pruebas de saltos verticales. Los autores reportaron una correlación positiva alta ($r = 0.97$) entre la altura del salto con acción dominante de tobillo y el índice de fuerza reactiva y una correlación positiva moderada ($r = 0.52$) entre el tiempo en contacto con el suelo y el índice de fuerza reactiva utilizando el salto de rebote y el salto con acción dominante de tobillo.

Rapidez

El cambio en rapidez en la corrida entre bases requiere de fuerza, específicamente la combinación de fuerza excéntrica y concéntrica, que facilita la fuerza reactiva (Beattie et al., 2017; Dymond et al., 2011; Hoffman et al., 2009; McEvoy & Newton, 1998; Sheppard & Young, 2006). Esta característica es esencial en el deporte del béisbol (Coleman & Dupler, 2004, 2005; Coleman & Lasky, 1992) y se divide en: 1) tiempo de reacción, 2) aceleración, 3) rapidez

pico, 4) mantenimiento de rapidez pico y 5) desaceleración (Coleman & Amonette, 2012; Coleman & Lasky, 1992; Horička et al., 2014; Szymanski & Fredrick, 2001). Los jugadores de béisbol aceleran para alcanzar su rapidez pico en el movimiento ofensivo y llegar a tiempo de una base a otra (Coleman & Amonette, 2012).

La rapidez es una de las características que los reclutas de las grandes ligas del béisbol evalúan en la búsqueda de talentos (Coleman, 2000, según citado en Coleman, 2007). Aunque la distancia entre bases en el béisbol es de 30 yardas, la rapidez en estos jugadores se ha evaluado tradicionalmente utilizando la prueba de 60 yardas. Por esta razón, profesionales del ejercicio y del deporte se han cuestionado la especificidad y validez de esta prueba como un indicador de rapidez lineal con respecto al movimiento ofensivo en el béisbol (Coleman & Amonette, 2012; Crotin, 2009). Coleman & Lasky (1992) evaluaron la rapidez en la carrera en 210 jugadores de béisbol profesional de la organización de los Astros de Houston. Los autores reportaron que los jugadores lograron un 86% de la rapidez máxima en la primera mitad de la carrera de 60 yardas. Por otro lado, Miyaguchi et al. (2011) evaluaron la corrida entre bases en 25 jugadores de béisbol a nivel universitario y 15 hombres atletas de pista y campo sin experiencia en el béisbol. Se evaluó el tiempo en la carrera lineal en una distancia de 54.8 metros y 109.6 metros. Además, se evaluó el tiempo en una sección de tres metros alrededor de la primera base de camino a la segunda base. Los autores reportaron que los atletas de pista y campo obtuvieron mejores tiempos ($p < 0.05$) que los jugadores de béisbol en la carrera lineal de

109.6 metros. Sin embargo, en la sección de los tres metros, los jugadores de béisbol tuvieron un tiempo significativamente menor en comparación con los corredores de pista y campo (0.86 segundos vs. 0.95 segundos, respectivamente). Esta diferencia se debe posiblemente a la familiarización que tienen los jugadores de béisbol con la técnica de corrida entre bases que envuelve un componente curvilíneo, lo que refuerza que la rapidez en una carrera lineal no necesariamente es un factor determinante para una buena corrida entre bases en el béisbol.

En otro estudio, Coleman & Dupler (2004) determinaron la intensidad de la carrera hacia la primera base de jugadores de béisbol profesional y su capacidad de mantener una rapidez pico durante la temporada. Excluyendo lanzadores, se evaluaron 10 jugadores profesionales de un equipo de grandes ligas en el año 1998, mientras corrían desde la caja de bateo hasta la primera base (30 yardas) en situaciones de juego y se observó si el jugador corrió en línea recta o curvilínea. Los autores reportaron que los jugadores corrieron el 32% de las carreras con un umbral entre 80 a 89% de su máxima capacidad y el 20% de las carreras con un umbral menor que el 80%. En el béisbol, los jugadores pocas veces corren a su máxima capacidad debido al movimiento curvilíneo entre bases y los cambios de dirección entre bases requerido en situaciones de juego.

Potencia

La potencia muscular es el trabajo que se realiza en corto tiempo y está relacionada con el fenómeno del ciclo de alargamiento-acortamiento (Dymond et

al., 2011; Haff & Triplett, 2016; Luebbbers et al., 2003). Este ciclo facilita la producción de potencia muscular generando una fuerte acción concéntrica luego de una rápida acción excéntrica en comparación con una acción concéntrica aislada (Wilk et al., 1993).

El ciclo de alargamiento-acortamiento se divide en dos modelos teóricos: neurofisiológico y mecánico (Wilk et al., 1993). El modelo neurofisiológico explica la preactivación y activación del músculo utilizando el reflejo de estiramiento (Haff & Triplett, 2016, pp. 150; Farris et al., 2011; Taube et al., 2012). Según este modelo, el reflejo de estiramiento involucra la acción de propioceptores conocidos como husos musculares que se encuentran dentro y corren paralelamente con las fibras en el músculo. Los husos musculares proveen información sobre el largo del músculo y la tasa de cambio del largo del músculo cuando el músculo se alarga. Esta deformación activa las neuronas sensoriales del huso muscular que envían un impulso al sistema nervioso central a través del cordón espinal. Esto resulta en la activación de una neurona motora que inerva el mismo músculo de donde proviene la señal sensorial, provocando una contracción concéntrica con mayor fuerza. A medida que aumenta la resistencia, el músculo se estira en mayor medida y la actividad de los husos musculares resulta en una mayor activación del músculo.

El modelo neurofisiológico del ciclo de alargamiento-acortamiento envuelve específicamente tres fases: excéntrica (fase I), amortización (fase II) y concéntrica (fase III) (Haff & Triplett, 2016, pp. 472-474). Según explica Haff & Triplett (2016), la fase I del ciclo de alargamiento-acortamiento envuelve la

precarga del grupo muscular agonista. Durante esta fase, los componentes elásticos en serie almacenan la energía elástica mientras que los husos musculares son estimulados. Cuando las fibras musculares se estiran, los husos musculares envían una señal a través de la neurona aferente hacia la parte ventral del cordón espinal. La fase II es el tiempo entre la fase excéntrica y la concéntrica. Esto se conoce como la amortización. Luego, la neurona motora alfa envía una señal al grupo muscular agonista para una fase concéntrica con mayor fuerza. Esta fase es la más importante del ciclo de alargamiento-acortamiento porque permite una producción mayor de fuerza y potencia. Si la fase de amortización dura mucho tiempo, la energía almacenada durante la fase excéntrica se disipa en calor y el efecto del reflejo de estiramiento no aumentará la activación muscular durante la fase concéntrica. La fase III es la respuesta a la fase excéntrica y la fase de amortización en donde el músculo agonista contrae con mayor fuerza.

El modelo mecánico del ciclo alargamiento-acortamiento describe tres componentes que explican la función de la energía elástica en el movimiento del cuerpo humano: 1) el componente contráctil, 2) el elástico y 3) el elástico paralelo en serie. El componente contráctil se considera un componente activo que genera fuerza durante la fase concéntrica (Hill, 1938; Nimphius, 2018) y es donde se forma el puente transversal entre el miofilamento delgado actina y el miofilamento grueso miosina. Por otro lado, el componente elástico y el componente elástico paralelo en serie se consideran componentes pasivos (Nimphius, 2018). Los componentes elásticos en serie sirven como

almacenamiento y liberación de energía elástica (Hill, 1938). El componente elástico paralelo se compone de la membrana muscular que rodea el músculo trabajando en conjunto con los componentes elásticos en serie. Estos mecanismos contribuyen a un rápido ciclo de alargamiento-acortamiento (Hill, 1938).

Tradicionalmente, se ha considerado que los componentes elásticos en serie representan los tendones. Sin embargo, en la literatura se ha encontrado que hay componentes elásticos en las fibras musculares. Cuando se genera un estiramiento y se forman puentes cruzados, se almacena energía elástica en el sarcómero que es el área funcional más pequeña del músculo (Herzog, 1997). Además, el músculo tiene componentes pasivos (no contráctiles) en serie, como por ejemplo: la aponeurosis del músculo interno, la proteína estructural titina que funciona como un resorte molecular, la cadena pesada de miosina (Huxley, 1969, según citado por Herzog, 2019), las líneas Z en los extremos de los filamentos de actina (Herzog, 2019) y la línea M en la zona central en la miosina (Winters & Woo, 1990, pp. 36-37). El trabajo realizado durante la fase de estiramiento puede reusarse y almacenarse como energía elástica en los componentes elásticos en serie y se relacionan directamente con la fuerza (van Ingen Schenau, Bobbert, & Haan, 1997). Esto facilita la generación de fuerza muscular durante una contracción concéntrica luego de la excéntrica (Ettema, 1996).

La potencia, en conjunto con el ciclo de alargamiento-acortamiento, facilita el rendimiento durante la corrida entre bases (McEvoy & Newton, 1998;

Flanagan et al., 2008; Luebbers et al., 2003; McEvoy & Newton, 1998; Miller et al., 2006). McEvoy & Newton (1998) evaluaron el efecto de un programa de 10 semanas de entrenamiento pliométrico en el rendimiento en la corrida entre bases en 18 jugadores de béisbol de la Liga Nacional. El entrenamiento pliométrico enfatiza el ciclo de alargamiento-acortamiento para la generación de mayor fuerza y potencia. Los atletas se dividieron en dos grupos de nueve participantes cada uno. Un grupo no recibió ejercicio pliométrico y el otro recibió estos ejercicios. Los autores reportaron que ambos grupos aumentaron la rapidez en la corrida entre bases, pero el grupo con entrenamiento pliométrico mejoró aún más. Este resultado sugiere la importancia de entrenar con énfasis en el ciclo de alargamiento-acortamiento para la corrida entre bases, un movimiento específico en la fase ofensiva del béisbol.

Agilidad Específica en el Béisbol

El deporte del béisbol requiere de agilidad, con movimientos rápidos y desaceleraciones (Aydin et al., 2015; Priest et al., 2011) en diversas tareas durante el juego que incluyen atrapar, batear, lanzar y correr (Nakata et al., 2013). Estas capacidades pueden variar de acuerdo con la edad, posición de juego, nivel competitivo y lado de bateo. En un estudio por Mangine et al. (2013) se evaluaron los cambios relacionados con la edad en variables antropométricas y de rendimiento en el béisbol en 1,157 jugadores de béisbol. Los jugadores fueron divididos en siete grupos de acuerdo con la edad: menores de 20 años, 20-22, 23-25, 26-28, 29-31, 31-34 y ≥ 35 años y, también, por posición de juego (lanzadores y el resto de las posiciones). Las evaluaciones que se utilizaron

fueron: composición corporal (estatura, peso corporal y porcentaje de grasa), potencia en las extremidades inferiores (desplazamiento total de un salto contra movimiento), fuerza (agarre) y rapidez (carrera de 10 yardas). Los autores reportaron que no se observó diferencias entre el tiempo en la carrera lineal de 10 yardas y agilidad con los grupos a través de edad y por posición. Además, el salto vertical comienza a disminuir significativamente entre 29-31 años y la potencia de las extremidades inferiores: en los lanzadores comenzó a disminuir significativamente ($p < 0.05$) entre los 26-28 años y el grupo con el resto de las posiciones se mantuvo hasta los 35 años. Por lo tanto, la potencia en las extremidades inferiores se mantiene hasta los 31 años y la agilidad se mantiene hasta aproximadamente los 35 años en jugadores de béisbol. Los autores concluyeron que la rapidez en la corrida lineal y en el cambio de dirección, junto con el aspecto técnico, es un componente fundamental para el rendimiento ofensivo en el béisbol a través de los años.

En otro estudio por Hoffman et al. (2009) compararon la relación entre variables antropométricas, variables de rendimiento y pruebas de potencia con salto vertical contra movimiento, rapidez con carreras lineales de 10 yardas y agilidad con la prueba 5-10-5 (Figura 1) en 343 jugadores profesionales del equipo de los Texas Rangers de las grandes ligas en el béisbol en diferentes niveles (novato, A, AA, AAA y en grandes ligas). Los autores reportaron que los jugadores novatos y de Clase A fueron significativamente ($p < 0.05$) más delgados que los jugadores en grandes ligas y AAA y con menor cantidad de masa magra que los jugadores de grandes ligas, clase AAA y AA. Por otro lado,

hubo una relación significativamente positiva entre la potencia en las extremidades inferiores y el número de cuadrangulares, total de bases corridas y porcentaje de efectividad del bateador cuando hay un jugador en base. También, hubo una correlación significativamente negativa entre los tiempos de la prueba 5-10-5 de agilidad y las bases robadas. Además, la potencia promedio del salto vertical, la prueba 5-10-5 de agilidad y el tiempo en la carrera lineal de 10 yardas fueron predictores significativos del total de bases corridas. Estos resultados sugieren que la rapidez, agilidad y potencia en las extremidades inferiores tienen valor predictivo cuando se trata de rendimiento específico en situaciones en el béisbol.

Aunque Hoffman et al. (2009) utilizó la prueba 5-10-5 para comparar la agilidad con variables de rendimiento específico en el béisbol, se ha sugerido que la carrera en las primeras 15 yardas de camino a la primera base es quizás el segmento más importante en el corrido entre bases. Por ejemplo, Coleman & Amonette (2012) evaluaron el tiempo en correr desde el plato hasta la primera base en 302 jugadores de la MLB entre las temporadas del 2007 al 2010. Entre estos jugadores, 35 eran receptores, 135 jugadores de cuadro y 129 jugadores de bosques. Además, 122 bateaban del lado zurdo y 180 bateaban del lado derecho. En conjunto, evaluaron 1,896 corridas en 324 juegos por un periodo de cuatro años. El tiempo comenzó cuando el bate hacía contacto con la pelota y se tomaban dos tiempos: uno a las 15 yardas o mitad de camino hacia la primera base y otro cuando el pie hacía contacto con la primera base (30 yardas total). Cada jugador completó al menos 2 corridas hacia la primera base y se utilizó el

tiempo más rápido para el análisis. Los autores observaron mayor rapidez promedio desde el plato hasta la primera base en los bateadores zurdos comparados con los bateadores derechos (Mediana = 8.20 vs. 8.08 $m*s^{-2}$; $p = 0.021$ respectivamente). También, la aceleración en las primeras 15 yardas y en la distancia total (30 yardas) fue mayor en los bateadores zurdos que en los derechos (Mediana = 2.68 vs. 2.56 $m*s^{-2}$, $p = 0.003$; Mediana = 1.90 vs. 1.85 $m*s^{-2}$, $p < 0.05$, respectivamente). Además, la rapidez fue mayor para los bosques y los jugadores de cuadro en comparación con los receptores. Por último, los autores observaron que el tiempo hacia la primera base tuvo correlación significativa pero moderada con el peso corporal ($r = 0.30$, $p < 0.001$) y también tuvo correlación significativa pero débil con la estatura ($r = 0.18$; $p = 0.002$). Los autores reportaron, entre las series del 2007-2010, que el tiempo promedio hacia la primera base fue de 4.36 segundos. Además, el tiempo promedio en las primeras 15 yardas fue de 2.62 segundos y en las últimas 15 yardas fue de 1.75 segundos. También, los bateadores zurdos fueron más rápidos en comparación con los bateadores derechos de camino hacia la primera base. Los autores concluyeron que la aceleración desde el plato hasta la primera base es muy importante, y que correr a una capacidad sub-máxima en la primera mitad (primeras 15 yardas) automáticamente coloca al jugador en desventaja porque este segmento es el mayor determinante en el corrido hacia la primera base.

Luego, los mismos autores evaluaron características del corrido entre bases comparando los tiempos en 1,185 carreras hacia la primera base en 1,185

jugadores con diferentes años de experiencia de grandes ligas (Coleman & Amonette, 2015). En el estudio se registró el tiempo en las primeras 15 yardas y en las siguientes 15 yardas para llegar a primera base desde la caja de bateo. Los jugadores fueron divididos en cuatro grupos de acuerdo con los años de experiencia en las grandes ligas: 1–5, 6–10, 11–15, y 16–20+. Los autores reportaron una reducción significativa en la rapidez en los jugadores con un lado zurdo de bateo en las categorías de 6-10 ($p = 0.04$), 11–15 ($p = 0.004$) y 16–20+ años de experiencia ($p < 0.001$) en comparación con los jugadores con 1–5 años de experiencia. Igualmente, los jugadores con un lado de bateo derecho redujeron significativamente la rapidez hacia la primera base en las categorías de 6–10 ($p = 0.002$) y 11–15 años de experiencia ($p = 0.001$) en comparación con los jugadores de 1–5 años de experiencia. También, se observó una reducción en la aceleración en las primeras 15 yardas en las categorías 6–10 ($p = 0.004$) y 11–15 años de experiencia ($p = 0.009$). Por otro lado, los autores reportaron que los receptores tienden a ser los más lentos en comparación con las otras posiciones y concluyeron que una posible razón para esta reducción en rapidez con los años de experiencia es porque la magnitud de la fuerza de reacción contra el suelo depende de las capacidades físicas que posiblemente se afectan con la edad y en algún punto en la carrera en el béisbol van a comenzar a disminuir. Aunque las capacidades físicas pueden disminuir con la edad, es posible que la técnica tenga un efecto para preservar capacidad de correr a tiempo hacia la primera base. Esto sugiere que los jugadores y entrenadores de menor nivel de competencia deben desarrollar la técnica y la

táctica de la corrida hacia la primera base para lograr mantenerse efectivos por más tiempo en la ofensiva en el béisbol.

Además de la importancia que tiene la rapidez durante las primeras 15 yardas en la corrida desde el plato hacia la primera base, esta corrida típicamente envuelve un movimiento curvilíneo que determina la habilidad de moverse de primera a segunda base y tiene un efecto en la capacidad de anotar de carreras. La agilidad en el movimiento ofensivo se puede observar en fases específicas como, la aceleración hacia afuera de la caja de bateo luego del contacto entre el bate y la pelota, en el movimiento inicial para realizar un robo de base y la corrida entre bases con movimiento curvilíneo (Fredrick, 2007). Ya que es necesaria la evaluación en los aspectos técnicos y físicos de la corrida entre bases (Miyaguchi et al., 2011), es importante que se evalúe la agilidad.

Aunque resulta complicado seleccionar una medida específica para calificar la destreza de correr entre bases que incluya todas las situaciones de juego que pueden enfrentar los jugadores de béisbol (Baumer & Terlecky, 2010), se ha evaluado esta destreza mediante la cantidad de bases corridas, la cantidad de bases robadas y las carreras lineales hacia una base (Coleman & Amonette, 2012; Kohmura et al., 2008). También se ha evaluado con el tiempo de corrida desde la caja de bateo a segunda base y la corrida entre todas las bases (Miyaguchi et al. 2011). Sin embargo, se reconoce hay diferentes situaciones de juego que permiten avanzar entre bases en las que resaltan los aspectos físicos y técnicos (Baumer & Terlecky, 2010).

El aspecto físico de la corrida entre bases está directamente relacionado con cuatro componentes asociados a la rapidez en el cambio de dirección: 1) rapidez lineal y curvilínea, 2) composición corporal, 3) fuerza, potencia y fuerza reactiva particularmente en las piernas y 4) fortaleza de tronco (Crotin, 2009; Nimphius et al., 2010; Sheppard & Young, 2006; Young et al., 2002). La rapidez en el cambio de dirección incluye la habilidad de acelerar, desacelerar, dar reversa, cambiar de dirección y volver a acelerar (Dos'Santos, Thomas, Comfort & Jones, 2018), todos aspectos de agilidad requeridos en los movimientos ofensivos en el béisbol (Garcia-Ponce de León et al., 2019). Sin embargo, las pruebas de agilidad existentes evalúan movimientos generales, olvidando esta serie de movimientos específicos en la corrida entre bases (Sheppard & Young, 2006).

Por ejemplo, Nimphius et al. (2010) evaluaron el rendimiento en el cambio de dirección en el lado dominante y no dominante utilizando la prueba 5-0-5 de agilidad y observaron la relación con el rendimiento en el corrido entre bases en 10 mujeres jugadoras de sóftbol del Instituto de Deportes de Australia. El sóftbol es un deporte que incluye la corrida entre bases similar al béisbol, pero con menor distancia entre bases en comparación con el béisbol. Similar al béisbol en que se utiliza la prueba 5-10-5 para evaluar la agilidad (Hoffman et al., 2009; Mangine et al., 2013), en el sóftbol se utiliza la prueba 5-0-5 como una prueba general para evaluar la relación entre la agilidad y el corrido entre bases. La prueba 5-0-5 de agilidad consiste en tres líneas con una distancia de 10 metros entre las primeras dos y 5 metros entre las últimas dos para un total de 15

metros. La jugadora comienza en la primera línea y cuando se le indica corre hacia la segunda línea. Cuando pasa la segunda línea entonces corre hacia la última línea realizando un cambio de dirección de 180° con el pie que se le indique. El tiempo comienza cuando pasa la segunda línea y se detiene cuando pasa la misma línea. En el estudio también se evaluó la fuerza máxima de los músculos de las extremidades inferiores, velocidad y potencia durante un salto en sentadillas con y sin carga, el rendimiento en una carrera hacia una y dos bases y la habilidad en el cambio de dirección en los lados dominante y no dominante con la prueba de agilidad 5-0-5. Las evaluaciones se realizaron antes, durante y después un periodo de entrenamiento de 20 semanas. Los autores reportaron una relación positiva significativa entre el rendimiento en la corrida hacia la segunda base y el tiempo en la prueba 5-0-5 de agilidad con el lado no dominante antes ($r = 0.87, p < 0.001$), durante ($r = 0.89, p < 0.001$) y después ($r = 0.99, p < 0.001$) del entrenamiento; y sugirieron que esto se debió a que en el cambio de dirección hacia la segunda base se utiliza el pie del lado izquierdo que es típico para muchos atletas en este deporte. Además, encontraron una relación significativa entre la fuerza relativa al peso y la corrida hacia la segunda base, y se mantuvo fuerte y constante antes ($r = -0.84, p = 0.004$), durante ($r = -0.79, p = 0.01$) después ($r = -0.83, p = 0.02$) del entrenamiento. En el sóftbol, la corrida hacia la segunda base tiene un cambio de dirección específico para el deporte. Pero, similar al béisbol, esta corrida explica cómo la fuerza relativa al peso puede predecir el rendimiento ofensivo en el deporte.

Aunque en el estudio de Nimphius et al. (2013) no se observó una relación entre fuerza, cambio de dirección y rendimiento en la carrera hacia las bases, se espera que aquellos jugadores que producen mayor fuerza contra el suelo en un tiempo dado tengan la capacidad de acelerar más rápido (Rædergård et al., 2020). Es posible que la falta de relación entre la fuerza y el cambio de dirección se deba a la prueba que no es específica para la destreza en la ofensiva del deporte (Beattie et al., 2017). En otras palabras, las pruebas que se utilizan comúnmente consideran la habilidad en el cambio de dirección y la fuerza de manera individual y no como parte de la misma destreza (Suchomel et al., 2016). Por ejemplo, una limitación que se puede subsanar cuando se utiliza la prueba 5-10-5 de agilidad para evaluar la habilidad en el cambio de dirección, es considerar las medidas entre los segmentos de la prueba ya que pueden ayudar a comprender mejor la relación entre la fuerza y el cambio de dirección (Suchomel et al., 2016).

Existen estudios que han relacionado la fuerza y la potencia con la rapidez en el cambio de dirección (Beattie et al., 2017; Kohmura et al., 2008; Young et al., 2002; Young, Dawson, et al., 2015). En una investigación por Spiteri et al. (2014) se observó que las medidas de fuerza excéntrica, concéntrica y dinámica con la prueba 1RM de sentadilla con flexión de piernas a 90°; y la fuerza isométrica contribuyen la habilidad en el cambio de dirección cuando se evalúa con la prueba 5-0-5 de agilidad y la prueba T de agilidad. Además, reportaron que la fuerza excéntrica fue la de mayor contribución a la habilidad en el cambio de dirección. Con esta observación se sustenta que es la

fuerza reactiva la que provee información específica que se traduce en mejor rendimiento en el deporte (Suchomel et al., 2016). Por lo tanto, métodos de evaluación que incluyan las características específicas del movimiento en el cambio de dirección cuando se corre entre bases es requisito para poder aplicar óptimamente los resultados que se obtienen (Stone et al., 2007).

El movimiento lineal en conjunto con el movimiento curvilíneo característico de la corrida entre bases debe considerarse en la evaluación del rendimiento en la ofensiva en el béisbol (Miyaguchi et al., 2011; Crotin, 2009; Szymanski & Fredrick, 2001). El rendimiento en el movimiento curvilíneo se puede mejorar manipulando el radio del movimiento. Por ejemplo, el jugador no debe desacelerar pronunciadamente y debe adaptar los cambios en la inercia y la fuerza centrípeta que actúa sobre el cuerpo (Beukeboom et al., 2000). La fuerza centrípeta es esa que acelera un cuerpo hacia un eje central en un arco de movimiento curvilíneo (Bhattacharjee, 2019). El jugador debe desarrollar el movimiento y generación de fuerza en la supinación y pronación del pie y en el movimiento de brazos para disminuir los efectos de la desaceleración y la inercia. En la corrida entre bases, el pie izquierdo está en una posición supina, mientras que el pie derecho está pronado de forma modificada para contrarrestar la inercia y facilitar la fuerza centrípeta. Estos movimientos articulares ayudan a mantener una fuerza de reacción apropiada contra el suelo para facilitar el movimiento curvilíneo (Beukeboom et al., 2000) en combinación con el uso adecuado de zapatillas especiales para el béisbol (Crotin, 2009). Por ejemplo, estos movimientos articulares son esenciales cuando un jugador está

en la segunda base listo para correr hacia el plato luego de “hit” o batazo ofensivo que no puede ser atrapado por la defensa, su corrida no será una exclusivamente en línea recta, sino una en la que tiene que realizar un movimiento curvilíneo para pasar la tercera base en dirección al plato (Fredrick, 2007).

Al evaluar el desempeño en el cambio de dirección de un atleta, es importante comprender el diseño de la prueba para aislar la ejecución en del cambio de dirección cuando se usa el tiempo total de la prueba (Nimphius et al., 2013). Esto podría permitir comprender la capacidad de un atleta para cambiar de dirección excluyendo la variable de confusión que viene siendo la carrera lineal, y que se asocia con la mayoría de las pruebas de agilidad incluyendo la prueba 5-10-5. Aunque esto se ha sugerido y evaluado previamente, aún no existe suficiente evidencia para comparar los segmentos individuales de una prueba que aislen la carrera lineal en una prueba de agilidad (Nimphius et al., 2017).

Nueva Prueba de Agilidad Específica para la Ofensiva en el Béisbol

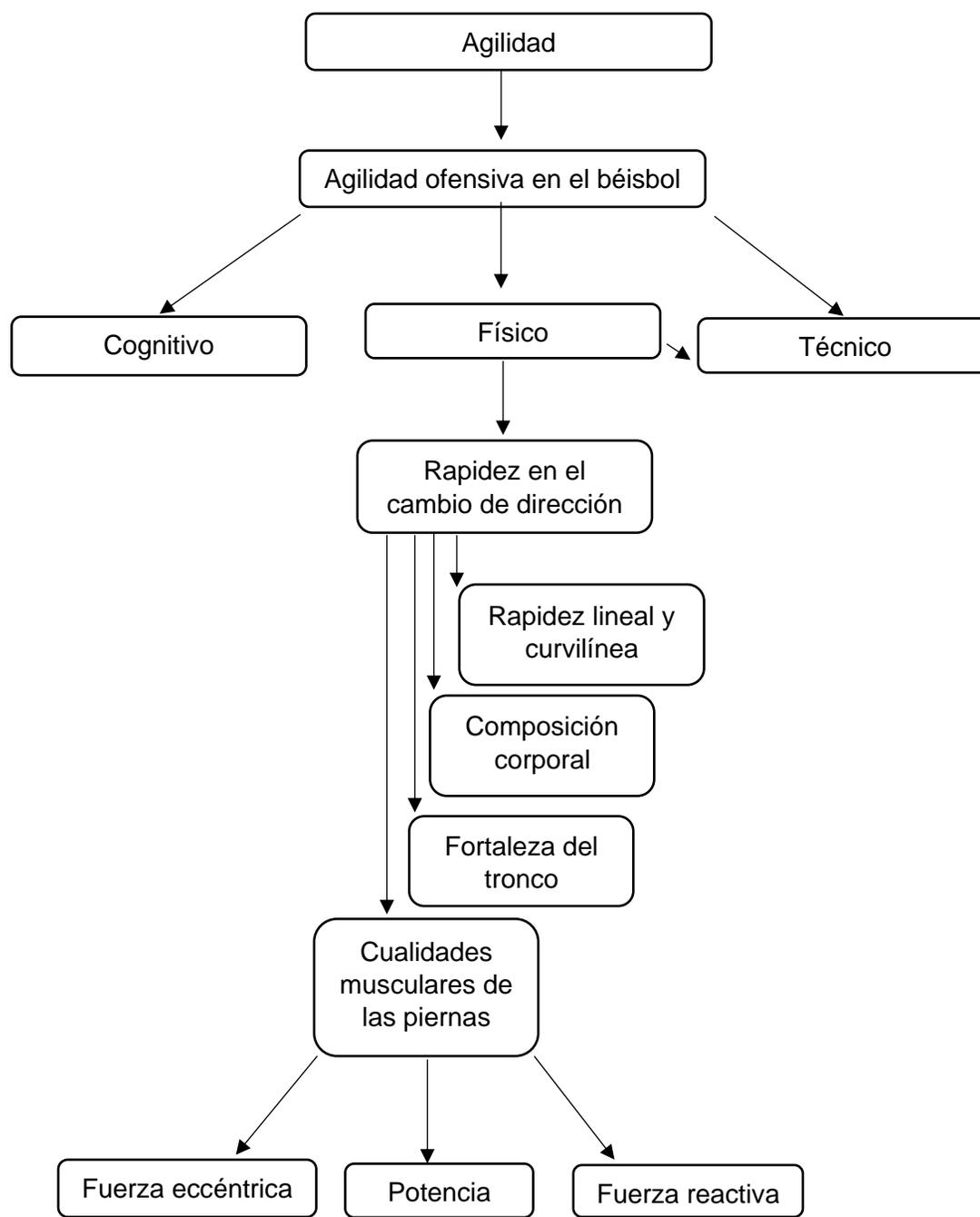
Young et al. (2002) publicaron un modelo que relaciona múltiples aspectos que influyen la agilidad. Estos son: la toma de decisiones rápida y efectiva y la rapidez en el cambio de dirección subdividida por factores técnicos y físicos. Sheppard et al. (2006) adaptaron este modelo añadiendo la antropometría como facilitador de la rapidez en el cambio de dirección. Luego, Young et al. (2015) modificaron el modelo para sugerir un nuevo modelo de agilidad para deportes en equipo. Este modelo separa el aspecto técnico del

aspecto físico, separa la rapidez en el cambio de dirección de la agilidad y destaca que la contribución de estos aspectos es específica a una tarea. Además, la fuerza y la potencia están relacionados con el cambio de dirección (Young et al., 2002) que facilita el aspecto técnico durante esta destreza (Nimphius, 2018).

En la Figura 3 se presenta un modelo modificado del que plantea Young et al. (2002), Sheppard et al. (2006) y Young et al. (2015). En este nuevo modelo se intenta clarificar la relación específica entre el aspecto cognitivo, físico y técnico en el deporte del béisbol. En particular, se destacan los factores físicos principales que contribuyen en la agilidad específica en la fase ofensiva en este deporte, como por ejemplo la composición corporal, la fuerza excéntrica y la relación entre el aspecto físico y técnico guardando su independencia.

Figura 3

Esquema de los Aspectos y Componentes que están Relacionados con la Agilidad Ofensiva en el Béisbol. Modificado de: Beattie et al., 2017; Coleman, 1982; Coleman & Lasky, 1992; Crotin, 2009; Mangine et al., 2013; Miyaguchi et al., 2011; Nimphius et al., 2010; Nygaard et al., 2019; J. M. Sheppard et al., 2014; J. Sheppard & Young, 2006; Young et al., 2002; Young et al., 2015



Resumen

Los componentes que facilitan una corrida entre bases son la fuerza, rapidez, potencia y agilidad (Aydin et al., 2015; Luebbers et al., 2003; McEvoy & Newton, 1998; Miller et al., 2006; White et al., 2016). La fuerza y potencia, junto con un corto tiempo en contacto con el suelo, son necesarios para realizar cambios en rapidez y dirección efectivos durante la corrida entre bases (Aydin et al., 2015; Beattie et al., 2017; Dymond et al., 2011; Hoffman et al., 2009; Luebbers et al., 2003; McEvoy & Newton, 1998; Miller et al., 2006; Sheppard & Young, 2006; Wilson & Flanagan, 2008). La agilidad y la fuerza reactiva son aspectos relacionados entre sí (Young & Murray, 2016) que son esenciales en la ofensiva en el béisbol (Young et al., 2015). La literatura revisada no contempla una prueba de agilidad específica que integre tanto el componente lineal como curvilíneo necesario en la ofensiva en el béisbol. Tampoco presenta estudios que hayan relacionado la fuerza reactiva con la agilidad entre beisbolistas. Por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar y evaluar pruebas que simulen la corrida entre bases en el deporte de béisbol, integrando el componente curvilíneo y la fuerza reactiva. Esta información sería beneficiosa en la toma de decisiones al seleccionar y entrenar jugadores para la ofensiva en el béisbol.

Capítulo III

Método

Este estudio, con diseño transversal correlacional descriptivo (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado & Baptista-Lucio, 1997), se realizó con el propósito de 1) comparar una prueba de agilidad conocida y una nueva prueba de agilidad específica para la fase ofensiva en el deporte de béisbol y 2) evaluar la relación entre estas dos pruebas y el índice de fuerza reactiva en atletas de béisbol. En este capítulo se presentan los criterios para el reclutamiento y el proceso de reclutamiento de participantes, y el protocolo para la recolección de datos y análisis estadístico.

Participantes

Para determinar el tamaño de muestra, se llevó a cabo un análisis de poder estadístico utilizando el programado G * Power (Intelectus Statistics, Palm Harbor, FL) y considerando un alfa de 0.05, una beta de 0.20, un tamaño de efecto grande ($p = 0.5$) y dos colas (Faul et al., 2013). Basado en los supuestos antes mencionados, se reclutaron 26 jugadores de béisbol entre las edades de 18 a 35 años. Las razones para seleccionar este rango de edad fueron las siguientes: 1) los beisbolistas se encuentran activamente participando en ligas universitarias o torneos profesionales nacionales o internacionales, 2) comienzan a tener mayor oportunidad de ser evaluados por entrenadores, manejadores y reclutas para ser considerados en equipos de ligas profesionales, 3) el promedio de edad para entrar a las grandes ligas es 23 años, pero el rango es entre 18 a 33 años de edad (Coleman & Amonette, 2015), y 5) la agilidad en

estos jugadores se mantiene hasta la edad de 35 años aproximadamente (Mangine et al., 2013). Los criterios de inclusión fueron: 1) edad entre los 18 a 35 años, 2) formar parte o haber participado de algún equipo de béisbol, 3) tener experiencia competitiva de al menos 2 años en el deporte de béisbol, 4) estar apto para realizar saltos verticales de máxima ejecución y 5) estar actualmente entrenando. El criterio de exclusión fue tener alguna condición músculo tendinosa o neuromuscular que impidiese realizar las pruebas de agilidad y saltos.

El proceso de reclutamiento se inició con una promoción (Apéndice A) a través de una hoja informativa previamente autorizada por el Comité Institucional para la Protección de Seres Humanos en la Investigación (CIPSHI) de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras (UPRRP). En esta hoja se resumía el propósito del estudio, los criterios para poder participar, las actividades relacionadas, y se invitaba a las personas interesadas a contactar al investigador principal. La promoción se colocó en tabloneros de anuncios en las universidades en el área metropolitana, plazas públicas y en las redes sociales. También se hizo contacto directo con entrenadores en las ligas de béisbol en Puerto Rico y profesionales en el área de fortaleza y acondicionamiento físico en contacto con jugadores de béisbol.

Antes de iniciar el estudio, los posibles participantes recibieron información detallada del protocolo y requisitos para participar en el estudio. Luego de que todas las preguntas fueron contestadas, los que accedieron a participar firmaron el formulario de consentimiento informado (Apéndice B-1)

previamente autorizado por el CIPSHI de la UPRRP (Apéndice B-2, B-3, B-4).

Los instrumentos y los procedimientos que se usaron para la recolección de las variables primarias (agilidad e índice de fuerza reactiva) y las variables descriptivas y de perfil del jugador se describen a continuación.

Agilidad

La prueba 5-10-5 de agilidad y la nueva prueba de agilidad específica para la ofensiva en el béisbol se administraron en el parque de béisbol de la UPRRP. Sin embargo, aunque no se administraron de manera aleatoria según propuesto, no todas las pruebas se administraron en el mismo orden a todos los jugadores. Para completar ambas pruebas, los participantes utilizaron calzado con ganchos específico para el béisbol. Inmediatamente antes de comenzar cada prueba, se realizó un calentamiento supervisado por 12 minutos aproximadamente: cinco minutos trotando a intensidad liviana y siete minutos de estiramiento dinámico. Para la prueba de agilidad específica se añadió al calentamiento una corrida en movimiento curvilíneo. Luego del calentamiento, se realizaron tres intentos en cada una de las dos pruebas, con tres minutos de recuperación entre intentos. El tiempo de cada intento en cada prueba se tomó con un cronómetro electrónico Brower Timing System (TC, Brower Timing Systems, Draper, UT, USA). Los tiempos se anotaron al 0.01 segundo más cercano y se utilizó el tiempo total promedio de cada prueba para el análisis.

Para la prueba 5-10-5 de agilidad se marcaron tres líneas con 5 yardas entre cada línea (Figura 1). Se requirió a cada participante distribuir el peso de su cuerpo de forma equitativa en ambos lados de la línea. Cuando se le dió la

señal de salida, el participante corrió hasta pasar con uno de sus pies y tocar con una mano la línea del extremo izquierdo. Luego cambió de dirección y corrió para pasar con uno de sus pies y tocar con una mano la línea en el extremo derecho. Finalmente, volvió a cambiar de dirección para regresar hasta cruzar y pasar la línea del medio. El tiempo comenzó cuando sonó el silbato y, además del tiempo total, se anotaron los tiempos al completar las 5, 10 y 15 yardas.

Para la prueba específica de agilidad ofensiva en el béisbol se usaron cuatro conos (Figura 2). El participante comenzó en el cono uno que se colocó a cuatro pies de distancia del cono de referencia. La posición inicial comenzó con una posición lateral y, al momento de la señal de salida, se realizó un movimiento con aceleración lateral con el paso cruzado (pie izquierdo cruzando el derecho) mirando hacia el frente en dirección curvilínea hacia el cono dos para cambiar de dirección y acelerar hacia el cono tres y tocarlo con la mano. Para finalizar la prueba, luego de tocar el cono tres con la mano, se cambió de dirección nuevamente para llegar y pasar el cono cuatro. Además del tiempo total, se anotaron los tiempos en las 15, 22 y 29 yardas. En las 15 y 29 yardas se tomó el tiempo con un cronómetro manual Accusplit A601X (Accusplit Pro Survivor™, Pleasanton, CA, USA).

Índice de Fuerza Reactiva

Antes de iniciar la prueba para determinar el índice de fuerza reactiva, cada participante completó un calentamiento estandarizado que comenzó con cinco minutos trotando a baja intensidad y un estiramiento dinámico de las extremidades inferiores. Luego, se completaron dos sets de cinco saltos de

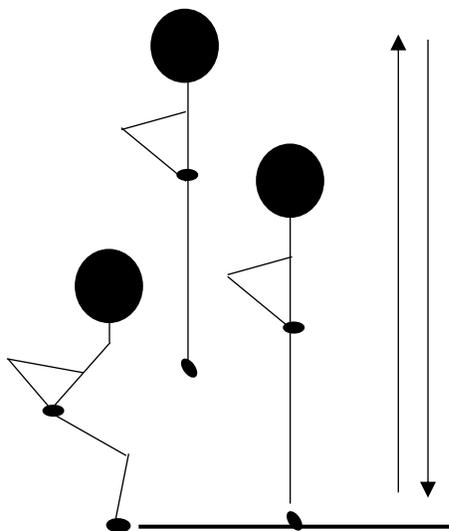
rebote con una acción dominante de tobillo con ambas piernas seguido de dos minutos de descanso sentado. Para obtener el índice de fuerza reactiva, se utilizó la plataforma de salto JustJump (Probotics, Inc., Huntsville, AL, USA) que ofrece información válida (coeficiente de validación = 0.97) (Leard et al., 2007) y confiable (coeficiente de confiabilidad = 0.84) (Nuzzo et al., 2011). Este instrumento ofrece el promedio de la altura del salto en pulgadas y el promedio del tiempo en contacto con el suelo en segundos con la modalidad de cuatro saltos de rebote con una acción dominante de tobillo. Para obtener el índice de fuerza reactiva se realizó una conversión de pulgadas a metros y, luego, una división entre la altura promedio de los saltos en metros y el tiempo promedio en contacto con el suelo en segundos (Beattie et al., 2017; Comyns et al., 2019; Flanagan et al., 2008; Nagahara et al., 2014; Young, 1995).

Al momento de iniciar la prueba, cada participante se colocó al frente de la plataforma JustJump y se le ofrecieron las siguientes instrucciones: 1) colocar los pies paralelos a nivel de los hombros, fuera y justo frente al borde de la plataforma, 2) colocar las manos en la cintura, 3) realizar un primer salto desde afuera hacia el centro de la plataforma, 4) realizar los cuatro saltos en posición de triple extensión (de cadera, rodilla y tobillo) sin flexionar las piernas, 5) intentar saltar lo más alto posible utilizando los tobillos con el menor tiempo de contacto con el suelo, y 6) luego cada salto intentar caer en el mismo lugar (Figura 5). Este protocolo se llevó a cabo con el objetivo de maximizar el índice de fuerza reactiva. Se completaron tres intentos con aproximadamente dos

minutos de descanso entre cada intento. Para el análisis de fuerza reactiva, se utilizó el promedio de los tres intentos.

Figura 4

Protocolo de Saltos de Rebote con una Acción Dominante de Tobillo en una Plataforma de Saltos para la Evaluación de Fuerza Reactiva en Beisbolistas.



Variables Descriptivas y Perfil Deportivo

Las variables descriptivas y perfil deportivo se anotaron en la parte superior del formulario de recolección de datos (Apéndice C). Como variables descriptivas se tomaron medidas antropométricas de peso, estatura de pie, estatura sentado, circunferencia de cintura. El peso se midió en una balanza Tanita BWB-800 (Tanita Corporation of America, Inc., Arlington Heights, IL), la estatura de pie y sentado se midió con un estadiómetro SECA 213 (SECA® Chino, CA) y la circunferencia de cintura se midió con una cinta antropométrica Gulick (Creative Health Products, Inc, Ann Arbor, MI). Para medir peso, se le pidió a cada participante remover sus zapatos y cualquier accesorio pesado, incluyendo vaciar sus bolsillos. Una vez la pantalla de la balanza indicó 0.0, se

solicitó a cada participante pararse sobre la balanza en posición estable, sin flexionar las rodillas, sin moverse y esperar unos segundos hasta que apareciera el dato en la pantalla. Se tomó la medida tres veces y se registró en kilogramos.

Para medir la estatura, se pidió a cada participante remover sus zapatos y accesorios de la cabeza, colocarse de espaldas a la barra vertical del estadiómetro, con los brazos colgando a los lados, los pies juntos manteniendo sus talones, glúteos, espalda y cabeza tocando la barra vertical del estadiómetro. Luego, se pidió que miraran hacia el frente con la cabeza alineada de acuerdo con el plano de Frankfort. Este plano representa una línea horizontal paralela al suelo que va desde el conducto auditivo externo hasta el borde inferior de la órbita del ojo (Hofmann et al., 2016). Se le pidió a cada participante pararse lo más derecho posible y hacer una inhalación profunda y mantenida mientras se tomó la medición. Una inhalación profunda hace enderezar la columna vertebral, haciendo la medición más consistente y reproducible (National Institute of Health Research, 2016). Se bajó el tope móvil hasta que alcanzó la parte superior del cráneo. Esta medida se realizó tres veces y se registró en centímetros.

Para medir la estatura sentado que representa la medida del largo del tronco, se comenzó midiendo la altura del punto más alto de la silla registrando el valor en el formulario de recolección de datos. Se le pidió al participante remover los accesorios de la cabeza y sentarse muy derecho en la silla con las manos descansando sobre los muslos manteniendo la espalda, hombros y cabeza en contacto con la barra vertical del estadiómetro justo detrás de la silla.

Las piernas debían colgar libremente. Se aseguró que los participantes no contrajeran los glúteos, los músculos inferiores del cuerpo, o hiciera presión con las piernas. Se le solicitó a cada participante mirar al frente manteniendo la cabeza alineada con el Plano de Frankfort (Hofmann et al., 2016) y hacer una inhalación profunda y mantenida mientras se tomó la medición bajando el tope móvil hasta que tocara la parte superior del cráneo. La medida se registró al 0.1 cm más cercano y se anotó en el formulario de recolección de datos. Para obtener el largo de las piernas se restó la estatura de pie a la estatura sentado.

Para medir circunferencia de cintura se pidió a cada participante ponerse de pie, en una posición relajada, con los pies a la misma distancia de los hombros y los brazos ligeramente hacia adelante (en un ángulo de 45°) con las palmas hacia adentro. Con un marcador lavable, se realizaron marcas de referencia sobre la última costilla y la cresta iliaca en los dos lados de cada participante. Ambas marcas están en la línea axilar media. Luego se marcó el punto medio entre estos dos puntos de referencia y se colocó la cinta antropométrica alrededor del tronco en plano horizontal sobre la marca central. La circunferencia de cintura se midió en el momento de una exhalación normal. Se tomaron tres medidas, se calculó el promedio y se registró en centímetros.

Visitas para la Recolección de Datos

El protocolo de evaluación para este estudio requirió tres visitas a la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Rio Piedras. Para reducir el riesgo de

contagio con el COVID-19, se llevaron a cabo medidas de protección para cada participante, el investigador principal y sus asistentes. Las medidas de protección incluyeron: 1) coordinación anticipada de visitas según la disponibilidad de cada participante asegurando que no coincidieran otros investigadores llevando a cabo otros estudios, 2) las medidas antropométricas y la prueba de saltos se llevaron a cabo al aire libre en un área del tercer piso del edificio Cosme Beitía Sálamo donde se ubica el Departamento de Educación Física y Recreación en la UPRRP. Específicamente se utilizó el área del pasillo cercana al Laboratorio de Fisiología del Ejercicio donde también se pudo mantener distanciamiento físico, 3) las dos pruebas de agilidad se realizaron en el área de tierra o grama disponible en el parque de béisbol en las instalaciones deportivas de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, también manteniendo el distanciamiento físico.

También, como medida de seguridad y protección durante las visitas, cada participante utilizó una mascarilla naso-bucal; y el investigador y sus asistentes utilizaron mascarilla naso-bucal y guantes desechables. Solo durante las pruebas de agilidad se permitió a los participantes remover la mascarilla, mientras que el investigador principal y sus asistentes utilizaron doble mascarilla. Una vez concluido cada intento en cada una de las pruebas, se requirió al participante ponerse la mascarilla y se guardó el distanciamiento físico en todo momento. Frecuentemente se utilizó desinfectante de manos con alcohol (>60%) o agua con jabón para lavarse las manos. Además, se mantuvo las superficies y el equipo utilizado limpio y desinfectado en todo momento. En cada visita se

repararon las medidas de seguridad. Ese protocolo de seguridad fue aprobado por el Comité COVID-19 de la UPRRP (Apéndice D).

La primera visita se realizó en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio en la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras. En esta visita se entregó y se discutió el formulario de consentimiento informado. Una vez se verificó que cada participante entendiera lo que conllevaba su participación en el estudio y se contestaron todas las preguntas, se procedió a firmar el consentimiento informado. Luego, se completó el cuestionario descriptivo y de perfil deportivo, se tomaron las medidas antropométricas y se demostraron las áreas y equipos para la familiarización de la evaluación con las pruebas de agilidad y fuerza reactiva. También se entregó una hoja con instrucciones (Apéndice E) y se coordinaron las siguientes dos visitas.

En la segunda visita se realizó la prueba de índice de fuerza reactiva y en la tercera visita se realizaron las pruebas de agilidad con un orden variado. En ocasiones, y dependiendo de la disponibilidad de tiempo de los jugadores, se completó la segunda y tercera visita en el mismo día, con un descanso mínimo de 30 minutos entre pruebas.

Análisis de Datos

Se determinó la media (M) y la desviación estándar (DE) para todas las variables del estudio. Las variables primarias fueron: agilidad en segundos e índice de fuerza reactiva en metros por segundo. Las variables descriptivas y perfil deportivo fueron: edad en años cumplidos, peso en kilogramos, estatura de pie y estatura sentado en centímetros, largo de tronco y piernas en centímetros,

tiempo practicando y compitiendo en el deporte en años, posición de juego y lado que utiliza para batear (zurdo o derecho). Otras variables de interés fueron: altura del salto en centímetros, tiempo en contacto con el suelo en segundos, y el tiempo en distancias intermedias en las pruebas de agilidad en segundos. El tiempo en las distancias intermedias en las pruebas de agilidad se tomaron para luego poder explicar si el tiempo total de la prueba pudo reflejar mayormente la carrera lineal ocultando la habilidad en el cambio de dirección (P. Jones & Nimphius, 2019; Nimphius et al., 2016). Además, se evaluó la diferencia entre grupos: por posición de juego

Para poner a prueba las siguientes hipótesis nulas, se especifica el análisis estadístico correspondiente.

Ho 1: No habrá correlación entre la agilidad con la nueva prueba específica y la prueba 5-10-5.

Análisis Estadístico: análisis de correlación Pearson

Ho 2: No habrá correlación entre la agilidad con la nueva prueba específica y el índice de fuerza reactiva.

Análisis Estadístico: análisis de correlación Pearson

Ho 3: No habrá correlación entre la prueba 5-10-5 de agilidad y el índice de fuerza reactiva.

Análisis Estadístico: análisis de correlación Pearson

Ho 4: No habrá diferencia en la correlación entre la agilidad con la nueva prueba específica y el índice de fuerza reactiva y la correlación entre la agilidad con la prueba 5-10-5 y el índice de fuerza reactiva.

Análisis Estadístico: prueba transformación de Fisher r a z

El valor z se analizó y comparó para determinar significancia estadística.

Análisis Secundarios

Se realizó un análisis secundario para comparar las variables de interés según las características de los participantes, específicamente el lado dominante del bateo, la edad, la posición de juego y años de experiencia en el deporte. Para cada una de estas características, los participantes se dividieron en dos grupos: lado dominante de bateo derecho vs. izquierdo; edad de 18 a 22 años vs. de 23 a 29 años; posición de juego como lanzadores y receptores vs. el resto de las posiciones; y años de experiencia en el deporte de 18 años o menos vs. 18 a 23 años. Estos grupos se determinaron de acuerdo al número de participantes de manera que se pudiese cumplir con los parámetros estadísticos requeridos para un análisis por grupos independientes. Se determinó la media (M) y la desviación estándar (DE) y se realizó una prueba T independiente para determinar la diferencia entre los grupos. También, se realizó un análisis de correlación Pearson para determinar la relación entre los segmentos de la prueba 5-10-5 de agilidad y la nueva prueba de agilidad específica.

Además, se evaluaron las correlaciones entre las medidas antropométricas y el resultado en las pruebas de agilidad y fuerza reactiva. Finalmente, se evaluaron las correlaciones considerando los diferentes segmentos de cada prueba de agilidad y la fuerza reactiva.

Los análisis estadísticos se realizaron con el programado G * Power (Intelectus Statistics, Palm Harbor, FL, USA). Para establecer significancia estadística se utilizó un alfa menor o igual a 0.05.

Capítulo IV

Resultados

Este estudio, con diseño transversal descriptivo correlacional, se llevó a cabo con el propósito de desarrollar y evaluar una prueba específica para el componente de agilidad ofensiva en el béisbol y determinar la relación entre esta prueba, la prueba 5-10-5 de agilidad y el índice de fuerza reactiva en jugadores de béisbol. En este capítulo se presentan las características descriptivas de los participantes y los resultados de los análisis estadísticos realizados para poner a prueba las hipótesis nulas.

Participantes

Las características descriptivas de los 26 participantes en este estudio se demuestran en la Tabla 1. La edad promedio fue de 22.2 (DE = 3.3) años de edad. También, el peso corporal promedio fue de 83.2 (DE = 12.2) kg, y una estatura de pie promedio de 177.3 (DE = 6.0) cm, el índice de masa corporal promedio fue de 26.5 kg/m², colocándolos en una categoría de sobrepeso. La circunferencia de cintura promedio fue de 85.7 (DE = 8.8) cm, lo que se entiende como riesgo bajo de enfermedad metabólica o cardiovascular (ACSM, 2016). También, la razón cintura a estatura promedio fue de 0.48 (DE = 0.04), lo que se entiende como bajo riesgo de salud (Browning et al., 2010). Estos participantes reportaron que, en promedio, comenzaron a participar en el deporte de béisbol a los 4.7 (DE = 2.5) años y tienen un tiempo de experiencia en el béisbol de 16.7 (DE = 3.8) años.

Tabla 1*Características Descriptivas y Antropométricas de los 26 Participantes*

Variables	<i>M (DE)</i>	Min	Max
Edad (años)	22.2 (3.3)	18.0	29.0
Peso (kg)	83.2 (12.2)	58.9	107.7
Índice de Masa Corporal (kg*m ⁻²)	26.5		
Estatura de pie (cm)	177.3 (6.0)	162.7	189.3
Largo del tronco (cm)	92.7 (3.2)	85.4	100.0
Largo de piernas (cm)	84.6 (4.4)	72.3	93.0
Circunferencia de cintura (cm)	85.7 (8.8)	70.8	102.4
Razón cintura estatura	0.48 (0.04)	0.40	0.57
Edad de comienzo en el béisbol (años)	4.7 (2.5)	2.0	6.0
Experiencia en el béisbol (años)	16.7 (3.8)	8.0	23.00

Nota: Min = valor mínimo, Max = valor máximo

En la Tabla 2 se presenta el número y porcentaje de participantes por posiciones en el deporte y el lado dominante en el bateo. Las posiciones de juego se agruparon en cuatro categorías: receptores, lanzadores, jugadores del cuadro (primera, segunda y tercera base y campo corto,) y jugadores en los bosques (izquierdo, central y derecho). La mayoría de los participantes (46.2%) ocupaban la posición de receptor o lanzador, seguido por jugadores en los bosques (26.9%) y jugadores en el cuadro (26.9%). La mayoría de los jugadores (77%) batean del lado derecho. No se realizó un análisis por lado dominante del bateo por no alcanzar el número suficiente en los dos grupos que permitiera un análisis estadístico de comparación.

Tabla 2

Tabla de Frecuencia para Posición de Juego y Lado dominante de Bateo

Variable	<i>n</i>	%
Posición		
receptor	6	23.08
lanzador	6	23.08
cuadro	7	26.92
bosques	7	26.92
Lado dominante de bateo		
derecho	20	76.92
izquierdo	6	23.08

En la Tabla 3 se presenta la media y desviación estándar de los resultados en la prueba de fuerza reactiva, prueba 5-10-5 de agilidad y la nueva prueba de agilidad específica en la ofensiva del béisbol. Para la prueba de fuerza reactiva, la altura promedio de los saltos fue de 0.38 (DE = 0.08) metros, el tiempo promedio de contacto con el suelo fue de 0.25 (DE = 0.02) segundos, para un cómputo de índice de fuerza reactiva de 1.56 (DE = 0.33) metros/segundos. Para la prueba 5-10-5 de agilidad, se presenta el tiempo promedio acumulado en los cuatro segmentos de la prueba: 5, 10, 15 y 20 yardas. El tiempo promedio para las primeras 5 yardas fue de 1.33 (DE = 0.14) segundos y, como es de esperar, el tiempo acumulado en cada segmento subsiguiente fue aumentando hasta alcanzar un tiempo total promedio de 4.92 (DE = 0.30) segundos cuando se completaron las 20 yardas. Para la prueba de

agilidad específica para la ofensiva en el béisbol también se presentan los tiempos acumulados en los cuatro segmentos de la prueba: 15, 22, 29, y 36 yardas. El tiempo promedio en las primeras 15 yardas fue 2.82 (DE = 0.15) segundos, aumentando el tiempo acumulado en los segmentos subsiguientes hasta alcanzar un tiempo total promedio de 7.80 (DE = 0.38) segundos cuando se completaron las 36 yardas.

Tabla 3

Características Descriptivas de los Participantes en la Prueba de Agilidad, Agilidad Específica y Fuerza Reactiva

Variables	M (DE)	Min	Max
Altura del Salto (m)	0.38 (0.08)	0.20	0.53
Tiempo en Contacto con el Suelo (s)	0.25 (0.02)	0.21	0.30
Índice de Fuerza Reactiva (m*s ⁻¹)	1.56 (0.33)	0.88	2.11
Prueba 5-10-5 – 5 yardas (s)	1.33 (0.14)	0.91	1.56
Prueba 5-10-5 – 10 yardas (s)	2.56 (0.19)	2.25	2.98
Prueba 5-10-5 – 15 yardas (s)	3.70 (0.26)	3.08	4.00
Prueba 5-10-5 – 20 yardas (s)	4.92 (0.30)	4.36	5.48
Prueba de Agilidad Específica – 15 yardas (s)	2.82 (0.15)	2.54	3.09
Prueba de Agilidad Específica – 22 yardas (s)	4.28 (0.23)	3.84	4.81
Prueba de Agilidad Específica – 29 yardas (s)	6.28 (0.36)	5.51	6.94
Prueba de Agilidad Específica – 36 yardas (s)	7.80 (0.38)	7.03	8.66

Nota: m=metros, Min=valor mínimo, Max=valor máximo, s=segundos

Correlación entre la Prueba 5-10-5 de Agilidad, Nueva Prueba de Agilidad Específica en el Béisbol y el Índice de Fuerza Reactiva

En la Tabla 4 se presenta la correlación, el intervalo de confianza a 95% para la correlación y la probabilidad para identificar significancia estadística en la correlación entre las pruebas. Se observó una correlación positiva y significativa entre la prueba 5-10-5 de agilidad y la prueba de agilidad específica para la ofensiva en el béisbol ($r_p = 0.63$, $p < .001$), por lo que se rechaza la H_{o1} , indicando que existe correlación entre estas dos pruebas de agilidad. La correlación entre la prueba 5-10-5 de agilidad y el índice de fuerza reactiva fue negativa (-0.38), pero no alcanzó la significancia estadística, por lo que se retiene la H_{o2} indicando que no existe correlación entre estas pruebas. Entre la nueva prueba de agilidad específica en la ofensiva en el béisbol y el índice de fuerza reactiva se observó una correlación negativa y significativa ($r_p = -0.42$, $p = .032$), por lo que se rechaza la H_{o3} indicando que existe correlación entre estas dos pruebas.

Tabla 4

Correlación entre la Prueba 5-10-5 de Agilidad, Prueba de Agilidad Específica en el Béisbol y el Índice de Fuerza Reactiva.

Variables	r_p	95% CI	p
Prueba 5-10-5 de Agilidad - Prueba de Agilidad Específica	0.63	[0.32, 0.82]	< .001
Prueba 5-10-5 de Agilidad - Índice de Fuerza Reactiva	-0.38	[-0.67, 0.01]	.055
Prueba de Agilidad Específica - Índice de Fuerza Reactiva	-0.42	[-0.70, -0.04]	.032

En la Tabla 5 se muestra el resultados del análisis de transformación Z de Fisher (Welss, 2011). Con una probabilidad de .87, se retiene la Ho4 y se concluye que la correlación entre la prueba 5-10-5 de agilidad y el índice de fuerza reactiva no es diferente de la correlación entre la nueva prueba de agilidad específica en el béisbol y el índice de fuerza reactiva.

Tabla 5

Prueba de Transformación Z de Fisher para correlaciones

Variable	<i>r</i>	<i>Z</i> (<i>trans</i>)	<i>n</i>	<i>Z Test</i> <i>Statistic</i>	<i>p</i>
Prueba de Agilidad Específica - IFR	-0.42	-.450	26	0.17	.87
Prueba 5-10-5 de Agilidad - IFR	-0.38	-.400	26		

Nota: trans = transformada, IFR = índice de fuerza reactiva

Análisis Secundario de Datos

Considerando la Posición, Edad, Años de Experiencia y Lado Dominante de Bateo

Para detectar posibles diferencias por posición de juego, se dividieron los participantes en 2 grupos: lanzador-receptor y jugadores en otras posiciones. Se realizó una prueba T independiente y se observó que estos grupos no fueron diferentes en el resultado de la prueba 5-10-5 de agilidad ($t = -1.18$, $p = .25$), la nueva prueba de agilidad específica y el índice de fuerza reactiva ($t = 0.95$, $p = .35$). Los resultados se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6

Prueba T independiente para el Índice de Fuerza Reactiva y Prueba 5-10-5 de Agilidad por posición

Variable	OP (n =14)	Lanzador- Receptor (n = 12)	<i>t</i>	<i>p</i>
	M (DE)	M (DE)		
Prueba 5-10-5 de agilidad (s)	4.86 (0.23)	4.99 (0.36)	-1.18	.249
Índice de fuerza reactiva (m*s ⁻¹)	1.62 (0.35)	1.50 (0.31)	0.95	.352

Nota: OP = jugadores en otras posiciones

Debido a que el criterio de normalidad no se cumplió para la prueba de agilidad específica en el análisis por posición de juego, se realizó una prueba U de Mann-Whitney que es el equivalente no-paramétrico de la prueba T independiente. El rango medio fue significativamente diferente entre el grupo de lanzadores y receptores y el grupo que compone el resto del equipo ($p = .04$), indicando que, en comparación con los lanzadores y receptores, los jugadores en otras posiciones tuvieron un tiempo menor en la nueva prueba de agilidad específica. La Tabla 7 muestra los resultados.

Tabla 7

Prueba U de Mann-Whitney para la Prueba de Agilidad Específica en el Béisbol por posición

Variable	Promedio del Rango		<i>U</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
	OP (n =14)	Lanzador- Receptor (n = 12)			
Prueba de Agilidad Específica	10.57	16.92	43.00	-2.11	.035

Nota: OP = jugadores en otras posiciones

Para detectar posibles diferencias por edad, los participantes se dividieron en dos grupos: 18-22 y 23-29 años y se utilizó una prueba T de muestras independientes para comparar los dos grupos. Con una probabilidad mayor de 0.05, esta prueba demostró que no hubo diferencia significativa por grupo de edad en las pruebas de índice de fuerza reactiva, prueba 5-10-5 de agilidad y la prueba de agilidad específica en el béisbol. Los resultados se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8

Prueba T independiente para el Índice de Fuerza Reactiva, Prueba 5-10-5 de Agilidad y Prueba de Agilidad Específica en el Béisbol con la edad biológica.

Variable	18-22 (n = 14)	23-29 (n = 12)	t	p
	M (DE)	M (DE)		
Índice de Fuerza Reactiva (m*s ⁻¹)	1.63 (0.31)	1.49 (0.35)	1.13	.271
Prueba 5-10-5 de Agilidad (s)	4.86 (0.25)	4.98 (0.35)	-1.00	.326
Prueba de Agilidad Específica (s)	7.81 (0.41)	7.79 (0.37)	0.16	.873

Para detectar posibles diferencias por los años de experiencia en el deporte del béisbol, los participantes se dividieron en dos grupos: menos de 18 años y 18-23 años de experiencia. Con una prueba T de muestras independientes se observó que entre los dos grupos no hubo diferencia en el índice de fuerza reactiva ($t = 1.12$, $p = .28$), la prueba 5-10-5 de agilidad ($t = -$

0.30, $p = .76$) y la nueva prueba de agilidad específica en el béisbol ($t = 0.54$, $p = .60$). Los resultados se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9

Índice de Fuerza Reactiva, Prueba 5-10-5 de Agilidad y Prueba de Agilidad Específica en el Béisbol según los años de experiencia en el béisbol

Variable	< 18 (n = 14)	18 – 23 (n = 12)	t	p
	M (DE)	M (DE)		
Índice de Fuerza Reactiva (m*s ⁻¹)	1.63 (0.33)	1.49 (0.33)	1.12	.276
Prueba 5-10-5 de Agilidad (s)	4.90 (0.27)	4.94 (0.34)	-0.30	.764
Prueba de Agilidad Específica (s)	7.84 (0.41)	7.76 (0.36)	0.54	.596

En la Tabla 10 se muestra la media y desviación estándar para las pruebas 5-10-5 de agilidad, la nueva prueba de agilidad específica y el índice de fuerza reactiva según el lado dominante de bateo.

Tabla 10

Descripción de las pruebas de agilidad y fuerza reactiva por lado dominante de bateo

Variable	M (DE)	Min	Max
Índice de Fuerza Reactiva (Izquierdo)	1.53 (0.27)	1.25	1.94
Índice de Fuerza Reactiva (Derecho)	1.58 (0.35)	0.88	2.11
Prueba 5-10-5 de Agilidad (Izquierdo)	4.89 (0.31)	4.59	5.40
Prueba 5-10-5 de Agilidad (Derecho)	4.93 (0.30)	4.36	5.48
Prueba de Agilidad Específica (Izquierdo)	7.95 (0.56)	7.40	8.66
Prueba de Agilidad Específica (Derecho)	7.76 (0.32)	7.03	8.44

Considerando las Variables Antropométricas

Para determinar la correlación entre las variables antropométricas y el índice de fuerza reactiva, la prueba 5-10-5 de agilidad y la nueva prueba de agilidad específica en el béisbol, se realizó un análisis de correlación de Pearson utilizando las correcciones de Holm para ajustar las comparaciones múltiples basadas en un valor alfa de 0.05 (Holm, 1979). La Tabla 11 presenta los resultados de las correlaciones entre las variables antropométricas y el índice de fuerza reactiva, la prueba 5-10-5 de agilidad y la nueva prueba de agilidad específica en el béisbol.

Tabla 11

Correlación entre Variables Antropométricas y el Índice de Fuerza Reactiva, la Nueva Prueba de Agilidad Específica en el Béisbol y la Prueba 5-10-5 de Agilidad

Variables	r_p	95% CI	p
IFR y Peso	-0.18	[-0.53, 0.22]	.377
IFR y Estatura de pie	-0.29	[-0.61, 0.11]	.149
IFR y Largo de piernas	-0.34	[-0.65, 0.05]	.085
IFR y Largo de tronco	-0.07	[-0.45, 0.32]	.726
IFR y Circunferencia de cintura	-0.32	[-0.63, 0.08]	.109
Prueba de agilidad específica y Peso	0.18	[-0.22, 0.53]	.370
Prueba de agilidad específica y Estatura de pie	0.03	[-0.36, 0.41]	.883
Prueba de agilidad específica y Largo de piernas	0.07	[-0.32, 0.45]	.720
Prueba de agilidad específica y Largo de tronco	-0.05	[-0.43, 0.35]	.826
Prueba de agilidad específica y Circunferencia de cintura	0.16	[-0.24, 0.52]	.433
Prueba 5-10-5 de agilidad y Peso	0.13	[-0.27, 0.49]	.539
Prueba 5-10-5 de agilidad y Estatura de pie	-0.03	[-0.41, 0.36]	.880
Prueba 5-10-5 de agilidad y Largo de piernas	-0.03	[-0.41, 0.36]	.894
Prueba 5-10-5 de agilidad y Largo de tronco	-0.02	[-0.40, 0.37]	.920
Prueba 5-10-5 de agilidad y Circunferencia de cintura	0.23	[-0.18, 0.56]	.266

Nota: IFR = índice de fuerza reactiva

Considerando los Segmentos en las Pruebas de Agilidad

Para determinar la correlación entre el índice de fuerza reactiva y cada segmento individual en las dos pruebas de agilidad evaluadas, se realizó un análisis de correlación de Pearson utilizando las correcciones de Holm para

ajustar las comparaciones múltiples basadas en un valor alfa de 0.05 (Holm, 1979). La correlación entre el índice de fuerza reactiva y los segmentos individuales fue significativa solo para el segmento de 15 yardas en la nueva prueba de agilidad específica ($r_p = -0.44$, $p = .02$); indicando que, a mayor fuerza reactiva, menor será el tiempo en las primeras 15 yardas de la prueba. La correlación entre cada segmento de la prueba 5-10-5 de agilidad fue significativa con el primer segmento de 15 yardas en la nueva prueba de agilidad específica. La Tabla 12 presenta los resultados de las correlaciones por segmentos entre las pruebas.

Tabla 12

Correlación entre Segmentos en la Prueba 5-10-5 de Agilidad, la Nueva Prueba de Agilidad Específica en el Béisbol y el Índice de Fuerza Reactiva

Variables	r_p	95% CI	p
IFR y Prueba 5-10-5 (5 yardas)	-0.33	[-0.64, 0.06]	.098
IFR y Prueba 5-10-5 (10 yardas)	-0.38	[-0.67, 0.01]	.055
IFR y Prueba 5-10-5 (15 yardas)	-0.38	[-0.67, 0.01]	.056
IFR y Prueba de agilidad específica (15 yardas)	-0.44	[-0.71, -0.07]	.024
IFR y Prueba de agilidad específica (22 yardas)	-0.28	[-0.60, 0.12]	.168
IFR y Prueba de agilidad específica (29 yardas)	-0.25	[-0.58, 0.15]	.209
Prueba de agilidad específica (15 yardas) y Prueba 5-10-5 (5 yardas)	0.55	[0.21, 0.78]	.003
Prueba de agilidad específica (15 yardas) y Prueba 5-10-5 (10 yardas)	0.51	[0.15, 0.75]	.008
Prueba de agilidad específica (15 yardas) y Prueba 5-10-5 (15 yardas)	0.60	[0.28, 0.80]	.001
Prueba de agilidad específica (15 yardas) y Prueba 5-10-5 (20 yardas)	0.55	[0.20, 0.77]	.004
Prueba de agilidad específica (22 yardas) y Prueba 5-10-5 (5 yardas)	0.33	[-0.07, 0.63]	.104
Prueba de agilidad específica (22 yardas) y Prueba 5-10-5 (10 yardas)	0.24	[-0.16, 0.57]	.242
Prueba de agilidad específica (22 yardas) y Prueba 5-10-5 (15 yardas)	0.15	[-0.25, 0.51]	.472
Prueba de agilidad específica (22 yardas) y Prueba 5-10-5 (20 yardas)	0.32	[-0.08, 0.63]	.116
Prueba de agilidad específica (29 yardas) y Prueba 5-10-5 (15 yardas)	0.20	[-0.20, 0.55]	.318

Nota: IFR = índice de fuerza reactiva

Capítulo V

Discusión

El propósito de este estudio fue desarrollar y evaluar una prueba específica para el componente de agilidad ofensiva en el béisbol y determinar la relación entre esta prueba, la prueba 5-10-5 de agilidad y el índice de fuerza reactiva en jugadores de béisbol entre 18 a 35 años de edad. En este capítulo se presenta la interpretación y discusión de los resultados. Además, se comparan los hallazgos con datos encontrados en otros estudios y se discuten las fortalezas y limitaciones del estudio, la relevancia, y se presentan recomendaciones para futuras investigaciones.

Relación entre la Prueba 5-10-5 de Agilidad, la Nueva Prueba de Agilidad Específica en el Béisbol y el Índice de Fuerza Reactiva

Uno de los resultados principales en este estudio refleja que la nueva prueba de agilidad específica para la ofensiva en el béisbol correlaciona directa y significativamente con la prueba 5-10-5 de agilidad. Esto significa que aquellos con menor tiempo en la prueba 5-10-5 de agilidad, también tuvieron menor tiempo en la nueva prueba de agilidad específica; sugiriendo que ambas pruebas ofrecen una evaluación similar del componente de agilidad. Hasta el momento, la prueba 5-10-5 de agilidad ha sido la más parecida a situaciones ofensivas en el béisbol y se ha utilizado en diferentes estudios para evaluar la agilidad en diversas situaciones de juego en el béisbol (Hoffman et al., 2009; Mangine et al., 2013) y el éxito en la ejecución de destrezas como el corrido

entre bases o el robo de bases (Hoffman et al., 2009). Con la nueva prueba de agilidad para la ofensiva en el béisbol se introduce una nueva alternativa para evaluar el componente de agilidad incorporando movimientos que envuelven fuerza, rapidez, aceleración y cambios de dirección más específicos en el deporte.

Otro resultado principal fue la correlación inversa y significativa entre la nueva prueba de agilidad específica para la ofensiva en el béisbol y el índice de fuerza reactiva. Esto significa que aquellos con mayor fuerza reactiva obtuvieron menor tiempo y, por lo tanto, mayor agilidad con la nueva prueba de agilidad específica. Esto apoya lo que sugiere Young & Murray (2016) sobre la importancia de la fuerza reactiva para mejorar el componente de agilidad específicamente en la fase ofensiva del béisbol. Una posible explicación es que la nueva prueba de agilidad específica para la ofensiva en el béisbol comienza con una distancia de 15 yardas previo al primer cambio de dirección. Esto permite generar suficiente rapidez que, con la influencia de la fuerza reactiva, provoque un mejor y más rápido desplazamiento en el movimiento curvilíneo característico en la corrida ofensiva entre bases en el béisbol.

Finalmente, aunque la correlación entre la prueba 5-10-5 de agilidad y el índice de fuerza reactiva no alcanzó significancia estadística, al comparar esta correlación con la correlación entre el índice de fuerza reactiva y la nueva prueba de agilidad específica, no se encontró diferencia significativa. Este hallazgo sugiere que la nueva prueba de agilidad específica para la ofensiva en el béisbol al igual que la prueba 5-10-5 de agilidad, se pueden utilizar para

evaluar agilidad y capacidad de generar movimientos reactivos tan necesarios en la mayoría de los deportes. Sin embargo, la nueva prueba de agilidad específica, diferente de la 5-10-5, integra el movimiento curvilíneo que es uno muy particular de la corrida entre bases, por lo que hace que esta prueba sea una más idónea para evaluar agilidad y fuerza reactiva en la parte ofensiva en el béisbol.

En otro estudio donde se reportaron resultados con la prueba 5-10-5 de agilidad entre jugadores de béisbol de grandes ligas, jugadores de clase A, AA y AAA; los tiempos promedio fluctuaron entre 4.42 y 4.54 segundos (Hoffman et al., 2009). Con esta prueba, el tiempo promedio en nuestros participantes fue de 4.92 segundos, ubicándolos por debajo del percentil 10 (Hoffman, 2006). En otras palabras, 90% de los beisbolistas que han sido evaluados con la prueba 5-10-5 de agilidad tiene un mejor tiempo comparados con nuestros participantes. Aunque nuestros participantes reportaron un promedio de 16.7 años en el deporte, su nivel de agilidad y fuerza reactiva probablemente no se encuentra aún dentro de lo esperado para alcanzar categorías en el deporte que los lleve a competir en ligas mayores. También es posible que el aislamiento a causa del COVID-19 haya tenido algún impacto en el entrenamiento de los participantes en este estudio, que explique la diferencia en el tiempo en la prueba 5-10-5 de agilidad en comparación con otros estudios.

Por otro lado, Coleman & Amonette (2012) reportaron un tiempo promedio de 2.62 segundos en las primeras 15 yardas hacia la primera base en jugadores de béisbol de grandes ligas. Con la nueva prueba de agilidad específica entre

nuestros participantes, el tiempo promedio en las primeras 15 yardas fue de 2.82 segundos. Esta diferencia en tiempo puede deberse a que en el estudio por Coleman & Amonette (2012) los participantes realizaron un movimiento lineal durante la corrida de las primeras 15 yardas hacia la primera base, mientras que nuestros participantes realizaron un movimiento curvilíneo inmediatamente que alcanzaron las 15 yardas iniciales. El movimiento curvilíneo requiere de una desaceleración para poder cambiar de dirección, siendo un factor que puede explicar la diferencia entre el tiempo recorrido en las primeras 15 yardas con un movimiento lineal en estudios previos vs. curvilíneo en el presente estudio. Otro posible factor es el efecto del aislamiento a causa del COVID-19 que pudo afectar el nivel de entrenamiento en los participantes en el presente estudio.

En la revisión de literatura no se encontraron datos para comparar la fuerza reactiva en nuestros participantes con otros jugadores de béisbol. Esto debido a diferencias en el tipo de prueba para determinar la fuerza reactiva. En el presente estudio se utilizó la altura alcanzada en varios saltos de rebote con acción dominante de tobillo y el tiempo en contacto con el suelo. Esta acción representa la fuerza reactiva necesaria en carreras con una distancia entre 25 a 35 yardas aproximadamente (Nagahara et al., 2014) y consiste de dos fases: la de amortización seguida por la de propulsión (Louder et al., 2017); simulando el continuo cambio de acortamiento y alargamiento del músculo típico en una corrida entre bases en el béisbol. En otros estudios se ha evaluado el índice de fuerza reactiva de forma modificada tomando en cuenta, no el tiempo de contacto con el suelo, pero el tiempo para despegar del suelo utilizando un salto

contra movimiento (Bailey et al., 2014; Suchomel et al., 2015). En esta prueba modificada se evalúa la fuerza explosiva (Beckham et al., 2019) que incluye solamente la fase de propulsión (Louder et al., 2017) necesaria en carreras con una distancia entre aproximadamente 6 a 20 yardas (Nagahara et al., 2014). Con esta prueba modificada se ha observado que los jugadores de béisbol tienen mejores valores de índice de fuerza reactiva en comparación con atletas en otros deportes (Suchomel et al., 2015). Además, el índice de fuerza reactiva modificada tiende a ser menor entre lanzadores en comparación con otras posiciones de juego en el béisbol (Bailey et al., 2014).

Análisis Secundarios

En el presente estudio, la posición de juego no fue un factor determinante en la prueba 5-10-5 de agilidad ni en el índice de fuerza reactiva. Tanto los lanzadores-receptores como jugadores en otras posiciones tuvieron valores similares en estas pruebas. Sin embargo, los lanzadores-receptores tuvieron mayor tiempo, por lo tanto, menor agilidad en la nueva prueba de agilidad específica en la ofensiva en comparación con jugadores en otras posiciones. La nueva prueba de agilidad específica comienza con una distancia de 15 yardas que representa el 42% de la distancia total de la prueba, siendo posiblemente el segmento más importante. Esto concuerda con Coleman & Amonette (2012), quienes reportaron que los jugadores de cuadro y bosques corren más rápido en las primeras 15 yardas de camino a la primera base en comparación con los lanzadores. Otros han destacado que los jugadores de béisbol, comparados con atletas de pista y campo, tienen un rendimiento similar en la corrida lineal pero

mayor eficiencia en la corrida entre bases en donde se presenta el movimiento curvilíneo (Miyaguchi et al., 2011).

La edad tampoco fue un factor determinante en la prueba 5-10-5 de agilidad, en la nueva prueba de agilidad específica, ni en el índice de fuerza reactiva. Tanto los jugadores entre 18 a 22 años como los jugadores entre 23 a 29 años tuvieron valores similares en estas pruebas. Esto sugiere que los jugadores de béisbol entre aproximadamente 20 a 35 años en este estudio mantienen el componente de agilidad y fuerza reactiva. Esta observación apoya a Mangine et al. (2013), quienes reportaron que la potencia en las extremidades inferiores se puede mantener hasta los 31 años de edad

Los años de experiencia en el deporte tampoco fueron determinantes en la prueba 5-10-5 de agilidad, en la nueva prueba de agilidad específica, ni en el índice de fuerza reactiva. Tanto los jugadores con menos de 18 años como los jugadores con 18 a 23 años de experiencia en el deporte tuvieron valores similares en estas pruebas. Hasta el momento, la literatura sugiere que los años de experiencia en el deporte perfeccionan el aspecto técnico en la corrida hacia la primera base en jugadores de béisbol (Coleman & Amonette, 2015). Es posible que en nuestro estudio los jugadores con más años de experiencia aún no tengan el aspecto técnico de la corrida entre bases en el nivel de desarrollo que otros jugadores de mayor nivel competitivo tienen. También es posible que la diferencia en los años de experiencia entre los dos grupos no sea la suficiente como para destacar posibles efectos en la agilidad y fuerza reactiva.

Relación entre los Segmentos de la Prueba 5-10-5 de Agilidad y la Nueva Prueba de Agilidad Específica y con el Índice de Fuerza Reactiva

En el presente estudio se observó una relación directa y significativa entre el primer segmento de la nueva prueba de agilidad específica y todos los segmentos de la prueba 5-10-5 de agilidad. Además, no se encontró una relación significativa entre el segundo segmento de la nueva prueba de agilidad específica y todos los segmentos de la prueba 5-10-5 de agilidad. El presente estudio apoya los estudios por Nimphius et al. (2013, 2017), la prueba 5-10-5 de agilidad tiene un componente lineal, y no presenta tener una característica específica de la corrida entre bases. La habilidad en la corrida entre bases puede estar siendo ocultada mientras se ejecuta la prueba 5-10-5 de agilidad, reflejando mayormente la habilidad en la carrera lineal (P. Jones & Nimphius, 2019; Nimphius et al., 2016).

Por otro lado, se encontró una relación indirecta y significativa entre el índice de fuerza reactiva y el primer segmento de la nueva prueba de agilidad específica. Pero, no se encontró una relación significativa entre el índice de fuerza reactiva y el segundo y tercer segmento de la nueva prueba de agilidad específica. Es probable que la fuerza reactiva tenga un menor impacto en distancias más cortas similar a la medida del segundo y tercer segmento de la nueva prueba de agilidad específica. Posiblemente, si se recorren distancias cortas precedidas por un cambio de dirección, la evaluación de fuerza y potencia máxima de las piernas y el aspecto técnico será una medida de monitoreo más específica (Sheppard & Young, 2006).

Relación entre las Variables Antropométricas con la Prueba 5-10-5 de Agilidad, la Nueva Prueba de Agilidad Específica y el Índice de Fuerza Reactiva

En el presente estudio no se observó relación entre la agilidad, la fuerza reactiva y las variables antropométricas. Aunque se espera que un atleta con menor estatura de pie y menor largo de piernas tenga un centro de gravedad más bajo que ayude en generar rápidamente fuerza horizontal contra el suelo y realizar un cambio de dirección en menor tiempo en comparación con un atleta más alto (Sheppard & Young, 2006), Hoffman et al. (2009) encontraron que las variables antropométricas no predicen el rendimiento específico en bases robadas y bases corridas en el béisbol.

Resumen y Conclusión

La nueva prueba de agilidad específica para la ofensiva en el béisbol es capaz de evaluar la agilidad de una manera similar a la prueba 5-10-5 de agilidad. Esta última enfatiza movimientos lineales y es la que se utiliza mayormente en atletas de béisbol. Sin embargo, diferente de la prueba 5-10-5 de agilidad, la nueva prueba de agilidad específica integra el componente curvilíneo que es parte integral de los movimientos en la ofensiva en el béisbol. Por otra parte, su relación con el índice de fuerza reactiva sugiere que puede utilizarse como predictora de cambios rápidos de dirección y convertirse en una medida de evaluación más específica en el deporte del béisbol.

Fortalezas, Limitaciones y Recomendaciones para Futuros Estudios

Este es el primer estudio que desarrolla y evalúa una prueba de agilidad específica para el componente ofensivo en el béisbol y determina su relación con la prueba 5-10-5 de agilidad y el índice de fuerza reactiva. Una posible limitación de este estudio fue la falta de información sobre la etapa de entrenamiento en la que se encontraban los participantes. Una posible diferencia en este aspecto pudo tener un efecto en la ejecución de las pruebas, particularmente porque la fuerza reactiva está relacionada con la fuerza excéntrica máxima de cada persona (Beattie et al., 2017). Esta es una característica que debe considerarse en futuros estudios. Otra posible limitación fue utilizar un cronómetro manual para el primer y tercer segmento de ambas pruebas de agilidad que pudo añadir un elemento de error. Sin embargo, el elemento de error se controló utilizando los mismos tres asistentes en las mismas posiciones para disminuir la variabilidad inter evaluador en la recolección de datos. Otra variable que debe considerarse en el futuro es utilizar una base durante la ejecución de la nueva prueba de agilidad específica. Es posible que esta variación ayude en la fase técnica de la prueba. También, se debe considerar el nivel competitivo o categorías en la que se encuentran los participantes. Finalmente, se debe comparar la ejecutoria en esta nueva prueba de agilidad específica con rendimiento en la fase ofensiva en el béisbol como, por ejemplo, el número de bases corridas, bases robadas y carreras anotadas. Con esta información, la nueva prueba de agilidad específica podría ayudar a identificar talentos, evaluar el desarrollo basado en prescripciones y

periodizaciones de entrenamiento más efectivas para mejorar el rendimiento ofensivo en atletas de béisbol.

Referencias

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Neural adaptation to resistance training: Changes in evoked V-wave and H-reflex responses. *Journal of Applied Physiology*, *92*(6), 2309–2318. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01185.2001>
- ACSM. (2016). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (D. Riebe, J. Ehrman, G. Liguori, & M. Magal (eds.); 10th ed.). Wolters Kluwer Health.
- Aydin, G., Atabek, H. Ç., & Yilmaz, İ. (2015). Physical and physiological characteristics of baseball trained adolescents. *Journal of Human Sport and Exercise*, *10*(Proc1), 169–175. <https://doi.org/10.14198/jhse.2015.10.proc1.02>
- Bailey, C. A., Suchomel, T. J., Beckham, G. K., Sole, C. J., & Grazer, J. L. (2014). A Comparison of Baseball Positional Differences With Reactive Strength Index-Modified. *32nd International Conference of Biomechanics in Sport*, 562–565. <https://doi.org/10.13140/2.1.2075.7123>
- Baker, J., McCormick, M., & Robergs, R. (2010). Interaction among Skeletal Muscle Metabolic Energy Systems during Intense Exercise. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2010/905612>
- Baumer, B., & Terlecky, P. (2010). Improved Estimates for the Impact of Baserunning in Baseball. *JSM 2010 Conference Proceedings, Section on Statistics in Sports*, 249–258.
- Beattie, K., Carson, B. P., Lyons, M., & Kenny, I. C. (2017). The relationship

between maximal strength and reactive strength. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(4), 548–553.

<https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0216>

Beckham, G. K., Suchomel, T. J., Bailey, C. A., Sole, C. J., & Grazer, J. L. (2014). *The Relationship of the Reactive Strength Index-Modified and Measures of Force Development in the Isometric Mid-Thigh Pull* (Issue July). <https://doi.org/10.13140/2.1.3075.1362>

Beckham, G. K., Suchomel, T. J., Sole, C. J., Bailey, C. A., Grazer, J. L., Kim, S. B., Talbot, K. B., & Stone, M. H. (2019). Influence of sex and maximum strength on reactive strength index-modified. *Journal of Sports Science and Medicine*, 18(1), 65–72.

Beukeboom, C., Birmingham, T. B., Forwell, L., & Ohrling, D. (2000). Asymmetrical strength changes and injuries in athletes training on a small radius curve indoor track. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 10(4), 245–250. <https://doi.org/10.1097/00042752-200010000-00004>

Bhattacharjee, P. R. (2019). A novel discussion on centripetal force. *Revista Brasileira de Ensino de Fisica*, 41(1), 1–4. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0130>

Bickel, J. E. (2004). Teaching Decision Making with Baseball Examples. *INFORMS Transactions on Education*, 5(1), 2–9. <https://doi.org/10.1287/ited.5.1.2>

Boman, L. (2018). *Association Between Neuromuscular Characteristics of Agility in Jumping Tasks*. University of South Dakota.

- Boss, S. (2016). Comparison Of Three Base Stealing Techniques In Division I Collegiate Baseball Players. In *University of Northern Iowa: Electronic Theses and Dissertations*.
- Browning, L. M., Hsieh, S. D., & Ashwell, M. (2010). A systematic review of waist-to-height ratio as a screening tool for the prediction of cardiovascular disease and diabetes: 05 could be a suitable global boundary value. *Nutrition Research Reviews*, 23(2), 247–269.
<https://doi.org/10.1017/S0954422410000144>
- Carda, R., & Looney, M. (1994). Differences in Physical Characteristics of Collegiate Baseball Players. A Position By Position Analysis. *Journal of Sport Medicine and Physical Science*, 34, 370–376.
- Carozza, D., Johnson, S., & Morgan, F. (2010). Baserunner ' s Optimal Path. *The Mathematical Intelligencer*, 32, 10–15.
<https://doi.org/doi.org/10.1007/s00283-009-9106-2>
- Carvajal-Veitia, W., Rios-Hernández, A., Echevarria-Garcia, I., Martínez-Acosta, M., Miñoso-Molina, J., & Rodríguez-Hernández, D. (2009). Body type and performance of elite Cuban baseball players. *MEDICC Review*, 11(2), 15–20. <https://doi.org/10.37757/mr2009v11.n2.6>
- Cavagna, G., Dusman, B., & Margaria, R. (1968). Positive work done by a previously stretched muscle. *Journal of Applied Physiology*, 24(1), 21–32.
<https://doi.org/10.1152/jappl.1968.24.1.21>
- Cavanagh, P. R., & Komi, P. V. (1979). Electromechanical delay in human skeletal muscle under concentric and eccentric contractions. *European*

Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 42(3), 159–163.

<https://doi.org/10.1007/BF00431022>

- Chiu, Y. (2008). A Study on the Misconceptions of Average Velocity from Teaching and Learning Approaches. *Conference of Asian Science Education, June*, 1–5.
- Coleman, A. E. (1982). Physiological Characteristics of Major League Baseball Players. *The Physician and Sportmedicine*, 10(5), 51–57.
- <https://doi.org/10.1080/00913847.1982.11947222>
- Coleman, A. E. (2007). Running speed in professional baseball. *Strength and Conditioning Journal*, 29(3), 72–76. <https://doi.org/10.1519/00126548-200706000-00011>
- Coleman, A. E., & Amonette, W. E. (2012). Pure Acceleration is the Primary Determinant of Speed to First-Base in Major League Baseball Game Situation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(6), 1455–1460.
- Coleman, A. E., & Amonette, W. E. (2015). Sprint Accelerations to First Base Among Major League Baseball Players with Different Years of Career Experience. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1759–1765.
- Coleman, A. E., & Dupler, T. L. (2004). Changes in running speed in game situations during a season of major league baseball. *Journal of Exercise Physiology Online*, 7(3), 89–93.
- Coleman, A. E., & Dupler, T. L. (2005). Differences in running speed among Major League Baseball players in game situations. *Journal of Exercise*

Physiology Online, 8(2), 10–15.

Coleman, A. E., & Lasky, M. (1992). Assessing Running Speed and Body Composition in Professional Baseball Players. *National Strength & Conditioning Association*, 6(4), 207–213.

Comyns, T. M., Flanagan, E. P., Fleming, S., Fitzgerald, E., & Harper, D. (2019). Inter-day reliability and usefulness of reactive strength index derived from two maximal rebound jump tests. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–17. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2018-0829>

Cronin, J., & Hansen, K. (2005). Strength and Power Predictors of Sports Speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 349–357.

Crotin, R. (2009). Game Speed Training in Baseball. *Strength and Conditioning Journal*, 31(2), 13–25. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31819d444e>

Dali, S., Justine, M., Ahmad, H., & Othman, Z. (2013). Comparison of ground reaction force during different angle of squatting. *Journal of Human Sport and Exercise*, 8(3 SUPPL), 778–787. <https://doi.org/10.4100/jhse.2013.83.02>

DeRenne, C. (1990). Physical Demands and Biomechanical Basis for Baseball Conditioning. *National Strength & Conditioning Association Journal*, 12(4), 33–38.

DeWeese, B. H., & Nimphius, S. (2016). Program Design and Technique for Speed and Agility Training. In G. G. Haff & N. Triplett (Eds.), *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4th ed., pp. 521–557). Human Kinetics.

Dos'Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. (2018). Comparison of

- Change of Direction Speed Performance and Asymmetries between Team-Sport Athletes: Application of Change of Direction Deficit. *Sports*, 6(4), 174.
<https://doi.org/10.3390/sports6040174>
- Dymond, C., Flanagan, E. P., & Turner, A. P. (2011). The relationship between maximal strength and plyometric ability in rugby player. *Portuguese Journal of Sport Sciences*, 11(Suppl. 2), 77–80.
- Ebben, W. P., & Petushek, E. J. (2010). Using the reactive strength index modified to evaluate plyometric performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8), 1983–1987.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e72466>
- Ettema, G. (1996). Mechanical efficiency and efficiency of storage and release of series elastic energy in skeletal muscle during stretch-shorten cycles. *Journal of Experimental Biology*, 199(9), 1983–1997.
- Farris, D. J., Trewartha, G., & Polly McGuigan, M. (2011). Could intra-tendinous hyperthermia during running explain chronic injury of the human Achilles tendon? *Journal of Biomechanics*, 44(5), 822–826.
<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2010.12.015>
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2013). *G*Power Version 3.1.9.7 [computer software]*. Uversitat Kiel, Germany.
- Flanagan, E. P. (2007). an Examination of the Slow and Fast Stretch Shortening Cycle in Cross Country Runners and Skiers. *Symposium A Quarterly Journal In Modern Foreign Literatures*, 51–54.
- Flanagan, E. P., & Comyns, T. M. (2008). The use of contact time and the

reactive strength index to optimize fast stretch-shortening cycle training.

Strength and Conditioning Journal, 30(5), 32–38.

<https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e318187e25b>

Flanagan, E. P., Ebben, W. P., & Jensen, R. L. (2008). Reliability of the reactive strength index and time to stabilization during depth jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1677–1682.

Journal of Strength and Conditioning Research, 22(5), 1677–1682.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318182034b>

Fox, E. L., & Mathews, D. K. (1976). *The Physiological Basis for Physical Education and Athletics*.

Fredrick, G. (2007). Improving your base running speed. *Strength & Conditioning Journal*, 6(2), 10–13.

Garcia-Ponce de León, A., Carreño-Vega, J. E., & Aranda-Fernández, A. E. (2019). Combined Training of Plyometric-Speed for Enhancing Home First-Base Race of Baseball Players, Junior Category. *International Journal of Sports Science and Physical Education*, 4(3), 33.

<https://doi.org/10.11648/j.ijsspe.20190403.11>

Haag, S. J. (2020). Getting to first base: Running is faster than sliding in collegiate baseball and softball players. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 15(3), 347–353.

<https://doi.org/10.1177/1747954120913858>

Haff, G., & Triplett, N. (2016). *Essentials of Strength Training and Conditioning* (3rd ed.). Human Kinetics.

Heckman, C. J., & Enoka, R. M. (2012). Motor unit. *Comprehensive Physiology*,

2(4), 2629–2682. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100087>

Herzog, W. (1997). What is the series elastic component in skeletal muscle?

Journal of Applied Biomechanics, 13(4), 443–448.

<https://doi.org/10.1123/jab.13.4.443>

Herzog, W. (2019). The problem with skeletal muscle series elasticity. *BMC*

Biomedical Engineering, 1(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s42490-019-0031-y>

Hill, A. V. (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle.

Proceedings of the Royal Society of London. Series B - Biological Sciences, 126(843), 136–195. <https://doi.org/10.1098/rspb.1938.0050>

Hody, S., Croisier, J. L., Bury, T., Rogister, B., & Leprince, P. (2019). Eccentric muscle contractions: Risks and benefits. In *Frontiers in Physiology* (Vol. 10, Issue MAY). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00536>

Hoffman, J. (2006). *Norms for Fitness, Performance, and Health*. Human Kinetics.

Hoffman, J., Vazquez, J., Pichardo, N., & Tenenbaum, G. (2009). Anthropometric and Performance Comparison in Professional Baseball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2173–2178.

Hofmann, E., Fimmers, R., Schmid, M., Hirschfelder, U., Detterbeck, A., &

Hertrich, K. (2016). Landmarks of the Frankfurt horizontal plane Reliability in a three-dimensional Cartesian coordinate system. *Journal of Orofacial Orthopedics*, 77(5), 373–383. <https://doi.org/10.1007/s00056-016-0045-1>

Holm, S. (1979). A simple sequentially rejective multiple test procedure.

Scandinavian Journal of Statistics, 6(2), 60–65.

- Horička, P., Hianik, J., & Šimonek, J. (2014). The relationship between speed factors and agility in sport games. *Journal of Human Sport and Exercise*, 9(1), 49–58. <https://doi.org/10.4100/jhse.2014.91.06>
- Jenkins, N. D. M., Miramonti, A. A., Hill, E. C., Smith, C. M., Cochrane-Snyman, K. C., Housh, T. J., & Cramer, J. T. (2017). Greater neural adaptations following high- vs. low-load resistance training. *Frontiers in Physiology*, 8(MAY), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00331>
- Jones, D., & Rutherford, O. (1987). Human Muscle Strength Training: The Effects of Three Different Regimes and the Nature of the Resultant Changes. *J. Physiol*, 391, 1–11.
- Jones, P., & Nimphius, S. (2019). Change of direction and agility. In P. Comfort, P. A. Jones, & J. McMahon (Eds.), *Performance and Assessment in Strength and Conditioning* (pp. 140–165). Routledge.
- Kamiyama, T., Kameda, H., Murabe, N., Fukuda, S., Yoshioka, N., Mizukami, H., Ozawa, K., & Sakurai, M. (2015). Corticospinal tract development and spinal cord innervation differ between cervical and lumbar targets. *Journal of Neuroscience*, 35(3), 1181–1191. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2842-13.2015>
- Kenney, W., Wilmore, J., & Costill, D. (2012). *Physiology of Sport and Exercise*. Human Kinetics.
- Kohmura, Y., Aoki, K., Yoshigi, H., Sakuraba, K., & Yanagiya, T. (2008). Development of a Baseball Specific Battery of Test and a Testing Protocol

- for College Baseball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1051–1058.
- Kutlu, M., Yapici, H., & Yilmaz, A. (2017). Reliability and Validity of a New Test of Agility and Skill for Female Amateur Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, 56(1), 219–227. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0039>
- Lamontagne, M., & Kennedy, M. J. (2013). The biomechanics of vertical hopping: A review. *Research in Sports Medicine*, 21(4), 380–394. <https://doi.org/10.1080/15438627.2013.825795>
- Leard, J. S., Cirillo, M. A., Katsnelson, E., Kimiatek, D. A., Miller, T. W., Trebincevic, K., & Garbalosa, J. C. (2007). Validity of two alternative systems for measuring vertical jump height. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1296–1299. <https://doi.org/10.1519/R-21536.1>
- Lepperd, T. (2019). *Official Baseball Rules 2019 Edition*.
- Louder, T., Bressel, E., Slocum, T., Dolny, D., Fu, G., Thompson, B., Studenka, B., & McLellan, M. (2017). *Establishing a Kinetic Assessment of Reactive Strength*. Utah State University.
- Loughin, T. M., & Bargaen, J. L. (2008). Assessing pitcher and catcher influences on base stealing in Major League Baseball. *Journal of Sports Sciences*, 26(1), 15–20. <https://doi.org/10.1080/02640410701287255>
- Luebbbers, P. E., Hulver, M. W., Thyfault, J. P., Carper, M. J., Lockwood, R. H., & Potteiger, J. A. (2003). Effects of Plyometric Training and Recovery on Vertical Jump Performance and Anaerobic Power. *Medicine & Science in*

Sports & Exercise, 35(Supplement 1), S273.

<https://doi.org/10.1097/00005768-200305001-01514>

Magrini, M., Dawes, J., Spaniol, F. J., & Roberts, A. (2018). Speed and Agility Training for Baseball/Softball. *Strength and Conditioning Journal*, 40(1), 68–74. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000308>

Mangine, G., Hoffman, J., Fragala, M., Vazquez, J., Krause, M., Gillett, J., & Pichardo, N. (2013). Effect of Age on Anthropometric and Physical Performance Measures in Professional Baseball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(2), 375–381.

McEvoy, K., & Newton, R. U. (1998). Baseball throwing speed and base running speed: The effects of ballistic resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(4), 216–221. <https://doi.org/10.1519/00124278-199811000-00002>

Miller, M. G., Herniman, J. J., Ricard, M. D., Cheatham, C. C., & Michael, T. J. (2006). The effects of a 6-week plyometric training program on agility. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5(3), 459–465.

Miyaguchi, K., Demura, S., Nagai, K., & Uchida, Y. (2011). Comparison of base running in baseball players and track-and-field athletes. *Health*, 03(01), 26–31. <https://doi.org/10.4236/health.2011.31005>

Mougios, V. (2020). *Exercise Biochemistry*.

Nagahara, R., Naito, H., Miyashiro, K., Morin, J. B., & Zushi, K. (2014). Traditional and ankle-specific vertical jumps as strength-power indicators for maximal sprint acceleration. *The Journal of Sports Medicine and Physical*

Fitness, 54(6), 691–699.

Nakata, H., Nagami, T., Higuchi, T., Sakamoto, K., & Kanosue, K. (2013).

Relationship between performance variables and baseball ability in youth baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), 2887–2897. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a1f58a>

Negrete, R., & Brophy, J. (2000). The relationship between isokinetic open and closed chain lower extremity strength and functional performance. *Journal of Sport Rehabilitation*, 9(1), 46–61. <https://doi.org/10.1123/jsr.9.1.46>

NIHR. (2016). *Procedure for Measuring Adult Height*.

<https://www.uhs.nhs.uk/Media/Southampton-Clinical-Research/Procedures/BRCProcedures/Procedure-for-adult-height.pdf>

Nimphius, S. (2018). Training change of direction and ability. In A. P. Turner & P. Comfort (Eds.), *Advanced Strength and Conditioning: An Evidenced Based Approach* (pp. 291–309). Routledge.

Nimphius, S., Callaghan, S. J., Bezodis, N. E., & Lockie, R. G. (2017). Change of Direction and Agility Tests: Challenging Our Current Measures of Performance. *Strength and Conditioning Journal*, 40(1), 26–38. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000309>

Nimphius, S., Callaghan, S. J., Spiteri, T., & Lockie, R. G. (2016). Change of Direction Deficit: A More Isolated Measure of Change of Direction Performance Than Total 505 Time. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(11), 3024–3032. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001421>

- Nimphius, S., Geib, G., Spiteri, T., & Calisle, D. (2013). "Change of direction deficit" measurement on Division I American football players. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 21(2), 115–117.
- Nimphius, S., Mcguigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Relationship Between Strength, Power, Speed, and Change of Direction Performance of Female Softball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 885–895. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d4d41d>
- Nuzzo, J. L., Anning, J. H., & Scharfenberg, J. M. (2011). The reliability of three devices used for measuring vertical jump height. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2580–2590. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181fee650>
- Nygaard, H., Guldteig, H., & van den Tillaar, R. (2019). Effect of Different Physical Training Forms on Change of Direction Ability: a Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine - Open*, 5(53), 1–37. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0223-y>
- Paul, D. J., Gabbett, T. J., & Nassis, G. P. (2016). Agility in Team Sports: Testing, Training and Factors Affecting Performance. *Sports Medicine*, 46(3), 421–442. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0428-2>
- Pensini, M., Martin, A., & Maffiuletti, N. A. (2002). Central versus peripheral adaptations following eccentric resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 23(8), 567–574. <https://doi.org/10.1055/s-2002-35558>
- Priest, J. W., Jones, J. N., Conger, B., & Marble, D. K. (2011). Performance Measure of NCAA Baseball Tryouts Obtained from the New 60-yd Run-

Shuttle. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(10), 2872–2878.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318209fbf8>

Rædergård, H. G., Falch, H. N., & Tillaar, R. van den. (2020). Effects of Strength vs. Plyometric Training on Change of Direction Performance in Experienced Soccer Players. *Sports*, 8(11), 144. <https://doi.org/10.3390/sports8110144>

Rhea, M. R., & Bunker, D. (2009). Baseball-specific conditioning. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(3), 402–407.

<https://doi.org/10.1123/ijsp.4.3.402>

Rivera-Otero, J., & Rivera-Brown, A. (1991). Perfil morfofuncional de jugadores puertorriqueños de béisbol de alto nivel de destrezas. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 24, 27–36.

Ruddock, A. D., & Winter, E. M. (2016). Jumping depends on impulse not power. *Journal of Sports Sciences*, 34(6), 584–585.

<https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1064157>

Senn, W., Wyler, K., Clamann, H. P., Kleinle, J., L'ücher, H. R., & Müller, L. (1997). Size principle and information theory. *Biological Cybernetics*, 76(1), 11–22. <https://doi.org/10.1007/s004220050317>

Serpell, B., Ford, M., & Young, W. (2010). The Development of a New Test of Agility for Rugby League. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3270–3277. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b60430>

Sheppard, J., Jay Dawes, J., Jeffreys, I., Spiteri, T., & Nimphius, S. (2014). Broadening the View of Agility: A Scientific Review of the Literature. Australian Strength & Conditioning Association. *Journal of Australian*

Strength & Conditioning, 22(3), 6–25.

Sheppard, J., & Young, W. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919–932.

<https://doi.org/10.1080/02640410500457109>

Sheppard, J., Young, W., Doyle, T. L. A., Sheppard, T. A., & Newton, R. U. (2006). An evaluation of a new test of reactive agility and its relationship to sprint speed and change of direction speed. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(4), 342–349.

<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.05.019>

Šimonek, J., Horička, P., & Hianik, J. (2017). The differences in acceleration, maximal speed and agility between soccer, basketball, volleyball and handball players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 12(1), 73–82.

<https://doi.org/10.14198/jhse.2017.121.06>

Spaniol, F. J. (2009). Baseball athletic test: A baseball-specific test battery. *Strength and Conditioning Journal*, 31(2), 26–29.

<https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31819d3af8>

Stone, M. H., Stone, M., & Sands, W. (2007). *Principles and Practice of Resistance Training*. Human Kinetics.

Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>

Suchomel, T. J., Sole, C. J., Bailey, C. A., Grazer, J. L., & Beckham, G. K. (2015). A Comparison of Reactive Strength index-Modified between Six U.S.

- Collegiate Athletic Teams. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(5), 1310–1316.
- Szymanski, D. J., & Fredrick, G. (2001). Baseball (Part II): A Periodized Speed Program. *Strength and Conditioning Journal*, 23(2), 44–52.
<https://doi.org/10.1519/00126548-200104000-00010>
- Taube, W., Leukel, C., & Gollhofer, A. (2012). How neurons make us jump: The neural control of stretch-shortening cycle movements. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 40(2), 106–115.
<https://doi.org/10.1097/JES.0b013e31824138da>
- Taylor, J. L., Amann, M., Duchateau, J., Meeusen, R., & Rice, C. L. (2016). Neural Contributions to Muscle Fatigue. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(11), 2294–2306.
<https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000923>
- van Ingen Schenau, G. J., Bobbert, M. F., & De Haan, A. (1997). Does elastic energy enhance work and efficiency in the stretch-shortening cycle? *Journal of Applied Biomechanics*, 13(4), 389–415.
- van Ingen Schenau, G. J., Bobbert, M., & Haan, A. de. (1997). Mechanics and Energetics of the Stretch-Shortening Cycle : A Stimulating Discussion. *Journal of Applied Biomechanics*, 13(July 2014), 484–496.
<https://doi.org/10.1123/jab.13.4.484>
- Vescovi, J. D., & McGuigan, M. R. (2008). Relationships between sprinting, agility, and jump ability in female athletes. *Journal of Sports Sciences*, 26(1), 97–107. <https://doi.org/10.1080/02640410701348644>

- Watkinson, J. (1998). *Performance Testing for Baseball* (pp. 16–20).
- Welss, B. A. (2011). *Fisher's r-toZ transformation calculator to compare two independent samples*.
- White, J., Dorian, T., & Jones, M. T. (2016). Lateral Squats Significantly Decrease Sprint Time in Collegiate Baseball Athletes. *Sports*, 4(1), 19. <https://doi.org/10.3390/sports4010019>
- Wilk, K. E., Voight, M. L., Keirns, M. A., Gambetta, V., Andrews, J. R., & Dillman, C. (1993). Stretch-shortening drills for the upper extremities: Theory and clinical application. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 17(5), 225–239. <https://doi.org/10.2519/jospt.1993.17.5.225>
- Wilson, J. M., & Flanagan, E. P. (2008). The Role of Elastic Energy in Activities with High Force and Power Requirements: A Brief Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1705–1715. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31817ae4a7>
- Winters, J. M., & Woo, S. (1990). Multiple Muscle Systems: Biomechanics and Movement Organization. In *Multiple Muscle Systems*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-9030-5>
- Yildiz, A. (2016). A discussion on velocity–speed and their instruction. *Journal of Physics: Conference Series*, 707(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/707/1/012040>
- Young, W. (1995). Laboratory strength assessment of athletes. *New Studies in Athletics*, 10(1), 89–96.
- Young, W., Dawson, B., & Henry, G. (2015). Agility and change of direction

speed are independent skills: Implications for agility in invasion sports.

International Journal of Sports Science & Coaching, 10(1), 159–169.

Young, W., James, R., & Montgomery, I. (2002). Is Muscle Power Related to Running Speed With Changes of Direction ? *Journal of Sport Medicine and Physical Science*, 42(32), 282–288.

Young, W., Miller, I., & Talpey, S. (2015). Physical qualities predict COD speed but not defensive agility in Aussie Rule football. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(1), 206–212.

Young, W., & Murray, T. F. (2016). Reliability of a Field Test of Defending and Attacking Agility in Australian Football and Relationships to Reactive Strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(2), 509–516.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001498>

APÉNDICE

¿Eres beisbolista? Detente y lee



Te invito a participar del estudio: Relación entre agilidad específica y fuerza reactiva en el deporte del béisbol

Requisitos:

- 1) tener de 18 a 35 años
- 2) formar parte o haber participado de algún equipo de béisbol
- 3) tener experiencia competitiva de al menos 2 años en el deporte de béisbol
- 4) estar apto para realizar varios saltos verticales de máxima ejecución
- 5) estar actualmente entrenando
- 6) no presentar alguna lesión física que impida realizar las pruebas



Participación voluntaria
Contacto: 787-633-2174 o jose.martinez7@upr.edu
José A. Martínez Rodríguez, BBA, CSCS, ACSM-CPT

Apéndice B-1

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA Y RECREACIÓN
 FACULTAD DE EDUCACIÓN
 UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
 RECINTO DE RÍO PIEDRAS

HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Relación Entre Agilidad Específica y Fuerza Reactiva en el Deporte del Béisbol

Usted ha sido invitado a participar en un estudio sobre agilidad específica en la ofensiva en el deporte de béisbol y fuerza reactiva. La agilidad es la habilidad de cambiar de dirección de manera rápida y efectiva. La fuerza reactiva es la habilidad del músculo de producir una contracción fuerte luego de haberse estirado rápidamente. Este estiramiento facilita la contracción.

No se ha encontrado evidencia de alguna prueba de agilidad que incluya la mayoría de los movimientos ofensivos (corridas entre las bases para anotar carreras) en el deporte del béisbol. Las pruebas que se acostumbra son generales por lo que no necesariamente proveen información específica al deporte. En este estudio se evaluará la habilidad de cambiar de dirección de manera rápida y efectiva (agilidad) con una prueba de nueva creación específica para el aspecto ofensivo en el deporte de béisbol y se comparará el resultado con otra prueba de agilidad general que se utiliza comúnmente entre beisbolistas en la que incluye cambios de dirección rápidos y efectivos. También se comparará el resultado con una prueba de salto en la que se medirá la fuerza reactiva. Este estudio es realizado por José A. Martínez Rodríguez, estudiante de maestría en Ciencias del Ejercicio con especialidad en Fisiología del Ejercicio y la Dra. Farah A. Ramírez Marrero, catedrática del Departamento de Educación Física y Recreación de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras.

Los criterios para participar en este estudio son: 1) tener de 18 a 35 años, 2) formar parte o haber participado de algún equipo de béisbol, 3) tener experiencia competitiva de al menos 2 años en el deporte de béisbol, 4) estar apto para realizar varios saltos verticales de máxima ejecución y 5) estar actualmente entrenando. Se excluirán del estudio aquellos beisbolistas con alguna lesión física que impida realizar las pruebas.

Se reclutarán 26 jugadores de béisbol con edad entre 18-35 años. La participación en este estudio conlleva un máximo de tres visitas que se llevarán a cabo en un área libre del tercer piso y en el área de tierra o grama disponible en las instalaciones deportivas de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras. En algunos casos se podrá coordinar las visitas para llevarse a cabo en algún lugar previamente acordado entre el investigador y los participantes. **Los jugadores de béisbol menores de edad (18 a 20 años de edad) no tienen que estar acompañados por un adulto para realizar las pruebas.**

Durante la primera visita se realizará una familiarización con las dos pruebas de agilidad (cambios de direcciones rápidos y efectivos) y la prueba de salto. Además, se tomarán las medidas de estatura de pie y estatura sentado, peso y circunferencia de cintura. Para medir el peso se le pedirá que remueva sus zapatos y cualquier accesorio pesado, incluyendo vaciar sus bolsillos. Para medir la estatura se le pedirá pararse lo más derecho posible, mirar hacia el frente con la cabeza alineada y luego hacer una inhalación profunda y mantenida mientras se toma la medición. La estatura sentada se tomará mientras esté sentado, con los brazos sobre sus muslos y con la espalda pegada a la escala. Para determinar el lugar donde tomar

las medidas de circunferencia de la cintura, se colocará una pequeña marca en la piel entre la última costilla y la cadera. Para esto tendrá que subir la camisa hasta el ombligo. Esta marca se utiliza para colocar la cinta de medir. Todas las medidas se repetirán tres veces. Estas marcas se borran con agua y jabón. **Luego de la visita de familiarización se coordinarán dos visitas adicionales para las dos**

Versión: 30 de noviembre del 2020

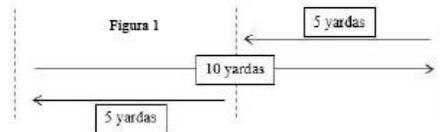
1 de 4 páginas

pruebas de agilidad y la prueba de salto. Por último, se le entregará por mensaje de texto o correo electrónico las instrucciones para la visita 2 y/o 3.

En la **segunda visita** se realizará la **prueba de salto con las manos en la cintura**. Antes de la prueba, usted realizará un calentamiento que consistirá de 5 minutos trotando a baja intensidad y un estiramiento de las extremidades inferiores. Luego, realizará 2 series (sets) de 5 saltos con ambas piernas seguido de dos minutos de descanso sentado antes de comenzar la prueba. Usted se colocará al frente de la plataforma de salto en posición de triple extensión (cadera, rodilla y tobillo extendidos) sin flexionar los pies y se le ofrecerá las siguientes instrucciones: 1) colocar las manos en la cintura, 2) iniciar el primer salto hacia la plataforma de salto 3) intentar saltar lo más alto posible, y 4) luego del primer salto intentar caer donde cayó en el primer salto. Esto se lleva a cabo con el objetivo de maximizar los resultados de la prueba. Una vez concluido el calentamiento, se realizarán cuatro saltos como parte de la prueba de saltos con las manos en la cintura. La medida se realizará tres veces con aproximadamente dos minutos de descanso entre cada serie de saltos.

La **tercera visita** se coordinará para llevarse a cabo en el área de tierra o grama disponible en los parques de las instalaciones deportivas en la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras para administrar las pruebas de agilidad. Se administrarán las dos pruebas de agilidad: la general (5-10-5 en la Figura 1) y la prueba específica para la ofensiva en el béisbol (corridas entre bases). Usted realizará un calentamiento supervisado por alrededor de 12 minutos, en el que trotará por 5 minutos a una intensidad liviana y luego realizará estiramiento dinámico por 7 minutos. Para el calentamiento antes de la prueba de agilidad específica se añadirá la corrida con movimiento curvilíneo (en la Figura 2).

Para la prueba 5-10-5 de agilidad (Figura 1) se marcarán tres líneas con 5 yardas entre cada línea. En la posición inicial en el extremo derecho, usted colocará un pie en cada lado de la línea y debe distribuir su peso de igual forma en ambos lados de la línea. Cuando se le



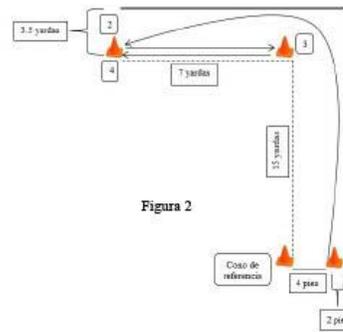
indique, usted correrá hacia el lado izquierdo para tocar la línea del centro y cambia de dirección rápidamente para regresar a la línea de base y tocarla. Sin detenerse, vuelve a cambiar de dirección y correr hacia la línea del extremo izquierdo, tocarla y cambia de dirección para regresar y pasar la línea del centro. Al menos uno de sus pies tiene que tocar la línea. Se realizarán tres intentos con 3 minutos de descanso entre cada uno. El tiempo comenzará cuando suene el silbato y se detendrá cuando pase la línea del centro por última vez.

Para la prueba específica de agilidad específica para la ofensiva en béisbol (Figura 2) se utilizarán

cuatro conos. La prueba comienza en el cono uno que se encuentra a cuatro pies de distancia del cono de referencia. La posición inicial comienza con una posición lateral al cono 1. Cuando se dé la señal, usted realizará un movimiento rápido hacia la derecha utilizando el paso cruzado (pie izquierdo cruzando el derecho) en dirección hacia el cono 3 con la vista de frente realizando un movimiento curvilíneo para llegar y tocar el cono 2 con la mano. No puede abrirse más de dos pies de distancia adicional a los demarcados. Si sobrepasa esta distancia, este intento quedará inválido.

Además, no podrá realizar el movimiento curvilíneo sobrepasando una distancia mayor a 3.5 yardas. Si sobrepasa esta distancia, este intento quedará inválido. Luego de tocar el cono 2, inmediatamente realizará un giro para cambiar de dirección y regresar y tocar con la mano el cono 3 e inmediatamente cambia de dirección para correr hacia el cono 4 y sobrepasarlo. El intento quedará inválido si uno de los conos se cae al tocarse. Además, quedará inválido el intento si usted tropieza y se cae. El tiempo comenzará cuando suene el silbato y se detendrá cuando usted alcance el cono 4. Para realizar la prueba, usted utilizará el calzado con ganchos específico para el béisbol. Se completarán tres intentos en cada prueba con 3 minutos de descanso entre cada intento. El descanso entre cada prueba será de aproximadamente 30 minutos.

Dependiendo de su disponibilidad las visitas 2 y 3 se podrán realizar en una sola visita.



Riesgos y Beneficios

La participación en este estudio envuelve un riesgo mínimo. Durante la participación en las pruebas de agilidad y fuerza reactiva puedes sentir fatiga, respiración acelerada, aceleración del corazón, caídas o torcedura de tobillo. Sin embargo, estas acciones son similares a las que usted realiza normalmente durante un entrenamiento o competición en el deporte de béisbol. **En caso de alguna situación, el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio advacente al área libre del tercer piso y el área de tierra disponible en las instalaciones deportivas de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras cuentan con un teléfono de emergencia con conexión directa a la División de Seguridad y Manejo de Riesgo.** Por otro lado, al momento de recolectar las medidas de peso y estatura es posible que sientas incomodidad al quitarse los zapatos. La balanza y el estadiómetro serán debidamente limpiados antes y después de cada medida. También al realizar la medida de circunferencia de cintura puede que sientas incomodidad en levantar la camisa. Si no desea participar o en cualquier momento durante las pruebas decide no continuar participando, puede notificarlo al investigador sin que haya penalidad. Estoy anejando las medidas de control de exposición a COVID-19. Discutiré este plan con usted antes de que acepte participar en el estudio.

Confidencialidad

Su información personal será protegida en todo momento. Una vez haya consentido a participar, usted recibirá un número de identificación único del estudio que será utilizado para el manejo de toda la información recibida y la recopilación de datos. La información o datos que pueda identificarlo directa o indirectamente serán manejados confidencialmente. Solo José A. Martínez Rodríguez, la Dra. Farah A. Ramírez Marrero y asistentes de investigación tendrán acceso a los datos que puedan identificarlo, incluyendo esta hoja de consentimiento informado. Los datos se guardarán digitalmente, utilizando únicamente el número de identificación asignado a cada participante. Para la evaluación de los resultados, futuras publicaciones y presentaciones de los hallazgos se utilizarán datos agrupados, como por ejemplo el promedio del grupo de participantes. La base de datos digital sin identificadores personales **de cada participante que complete el estudio** se conservará indefinidamente para ser utilizada únicamente por

José A. Martínez Rodríguez y la Dra. Farah Ramírez Marrero en futuros análisis y publicaciones y **no se compartirá con otros investigadores**. Los documentos en papel que incluyen el número de identificación de cada participante que complete el estudio se conservarán por un periodo de tres años luego de finalizado el estudio. Luego de este periodo serán destruidos utilizando un triturador de papel. Los documentos de aquellos participantes que se hayan retirado del estudio también serán conservados por un periodo de tres años y posteriormente destruidos utilizando un triturador de papel. Los datos del estudio serán almacenados en un disco duro externo con código de acceso y junto a los documentos y formularios se guardarán bajo llave en la oficina de la Dra. Farah A. Ramírez Marrero en la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras. Oficiales del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico o de agencias federales responsables de velar por la integridad en el estudio podrían requerirle al investigador los datos obtenidos en este estudio, incluyendo este documento.

Derechos

Si leyó este documento y decidió participar del estudio, por favor entienda que su participación es completamente voluntaria y que tiene derecho a abstenerse de participar o a retirarse del estudio en cualquier momento, sin ninguna penalidad. Además, tiene derecho a recibir una copia de este documento.

Si tiene alguna pregunta o desea más información sobre este estudio, por favor comuníquese con José A. Martínez Rodríguez al 787-633-2174 o a jose.martinez7@upr.edu o con la directora de tesis, la Dra. Farah A. Ramírez Marrero al 787-602-0088 o a farah.ramirez1@upr.edu. Si tiene preguntas sobre sus derechos como participante o una reclamación o queja relacionada con su participación en este estudio, puede comunicarse con la Oficial de Cumplimiento del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico, al teléfono 764-0000, extensión 86773 o a cipshi.degi@upr.edu.

Al firmar este documento significa que consiente participar después de haber leído y discutido la información presentada en esta hoja de consentimiento y ha recibido una copia de este documento.

Nombre del participante	Firma	Fecha

Se ha discutido el contenido de esta hoja de consentimiento informado con el sujeto. Se le explicó los riesgos y beneficios.

<u>José A. Martínez Rodríguez</u>		
Nombre del investigador	Firma	Fecha

Apéndice B-2

Universidad de
Puerto Rico

COMITÉ INSTITUCIONAL PARA LA PROTECCIÓN DE LOS SERES HUMANOS
EN LA INVESTIGACIÓN (CIPSHI)
IRB 00000944
cipshi.degi@upr.edu ~ http://graduados.uprp.edu/cipshi

AUTORIZACIÓN DEL PROTOCOLO

Número del protocolo: 1920-073

Título del protocolo: Relación Entre Agilidad Específica y Fuerza Reactiva en el Deporte del Béisbol

Investigador: José Antonio Martínez Rodríguez

Tipo de revisión: Inicial Renovación Modificación

Evaluación: Comité en pleno
 Revisión expedita:

Fecha de la autorización: 22 de enero de 2020



Recinto de
Río Piedras

Además, el CIPSHI:

- Concedió la **dispensa** solicitada para modificar el procedimiento estándar de toma de consentimiento informado.

Cualquier modificación posterior a esta autorización requerirá la consideración y reautorización del CIPSHI. Además, debe notificar cualquier incidente adverso o no anticipado que implique a los sujetos o participantes. Al finalizar la investigación, envíe el formulario de Notificación de Terminación de Protocolo.


Yarimar Rosa Rodríguez Ph.D.
Presidenta del CIPSHI o
representante autorizado

Decanato de
Estudios Graduados
e Investigación

18 Av. Universidad STE 1801
San Juan PR 00925-2512

787-764-0000
Ext. 86700
Fax 787-763-6011

Página electrónica:
<http://graduados.uprp.edu>

Apéndice B-3

Universidad de
Puerto Rico

COMITÉ INSTITUCIONAL PARA LA PROTECCIÓN DE LOS SERES HUMANOS
EN LA INVESTIGACIÓN (CIPSHI)
IRB 00000944
cipshi.degi@upr.edu - <http://graduados.uprp.edu/cipshi>

AUTORIZACIÓN DEL PROTOCOLO

Número del protocolo: 1920-073

Título del protocolo: Relación Entre Agilidad Específica y Fuerza Reactiva en el Deporte del Béisbol

Investigador: José Antonio Martínez Rodríguez

Tipo de revisión: Inicial Renovación Modificación

Evaluación: Comité en pleno
 Revisión expedita

Fecha de la autorización: 11 de febrero de 2020



Recinto de
Río Piedras

Cualquier modificación posterior a esta autorización requerirá la consideración y reautorización del CIPSHI. Además, debe notificar cualquier incidente adverso o no anticipado que implique a los sujetos o participantes. Al finalizar la investigación, envíe el formulario de Notificación de Terminación de Protocolo.


Yarimar Rosa Rodríguez, M.D.
Presidenta del CIPSHI
representante autorizado

Decanato de
Estudios Graduados
e Investigación

18 Ave. Universidad STE 1801
San Juan PR 00925-2512

787-764-0000
Ext. 86700
Fax 787-763-6011

Página electrónica:
<http://graduados.uprp.edu>

Apéndice B-4

Universidad de Puerto Rico Mail - Autorización CIPSHI #1920-073

<https://mail.google.com/mail/u/0?ik=0d9ef8573c&view=pt&search=all...>

José A. Martínez Rodríguez <jose.martinez7@upr.edu>

Autorización CIPSHI #1920-073

1 message

CIPSHI-IRB.UPR-Río Piedras <cipshi.degr@upr.edu>

Tue, Nov 17, 2020 at 3:41 PM

To: jose.martinez7@upr.edu

Cc: farah.ramirez1@upr.edu

José Antonio Martínez Rodríguez

Estimado señor Martínez:

Recibimos los documentos relacionados con los cambios en el protocolo para incorporar el Plan de Manejo de Exposición al COVID-19 al protocolo *Relación Entre Agilidad Especifica y Fuerza Reactiva en el Deporte del Béisbol* (#1920-073).

Estos cambios son consistentes con el protocolo aprobado por el Comité Institucional para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación (CIPSHI). Por lo tanto, puede continuar con su investigación.

La realización de las actividades presenciales con intervención o interacción con seres humanos como sujetos de estudio propuestas en los protocolos que el CIPSHI autorice están sujetas a las instrucciones institucionales y estatales. Es responsabilidad de los/as investigadores/as protegerse y proteger a los/as posibles participantes durante el periodo de emergencia de salud pública y seguir las instrucciones correspondientes que pueden ser variantes según se desarrollen los eventos.

Cualquier modificación del protocolo requerirá consideración y reautorización del CIPSHI. Al finalizar la investigación, debe someter el formulario [Notificación de Terminación de Protocolo](#).

Le deseamos éxito.

Atentamente,

Myriam L. Vélez Galván, MA
Oficial de CumplimientoDecanato de Estudios Graduados e Investigación
Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras
18 Ave. Universidad STE 1801

San Juan PR 00925-2512

Apéndice C

de participante: _____



Universidad de Puerto Rico
 Recinto de Río Piedras
 Departamento de Estudios Graduados
 Programa de Ciencias del Ejercicio



Instrucciones para las visitas 2 y/o 3

En la visita 2, para la prueba de saltos con las manos en la cintura deberán:

1. Ir con ropa deportiva.
2. Llevar tenis deportivos
3. No realizar ejercicio intenso al menos 12 horas antes.
4. Llevar botella de agua o bebida deportiva (ej. gatorade o powerade).

En la visita 3, para la prueba de cambios de dirección rápidos y efectivos deberán:

1. Ir con ropa deportiva
2. Llevar zapatillas con ganchos específicas para el deporte del béisbol.
3. No realizar ejercicio intenso al menos 12 horas antes.
4. Llevar botella de agua y bebida deportiva (ej. gatorade o powerade).

Si se acordó previamente realizar ambas pruebas en una sola visita deberán:

1. Ir con ropa deportiva
2. Llevar tenis deportivos y zapatillas con ganchos específicas para el deporte del béisbol para las respectivas pruebas.
3. No realizar ejercicio intenso al menos 12 horas antes.
4. Llevar botella de agua y bebida deportiva (ej. gatorade o powerade).

Apéndice D



José A. Martínez Rodríguez <jose.martinez7@upr.edu>

Plan de control de exposición a COVID-19

JORGE F. RAMOS FELICIANO <jorge.ramos10@upr.edu>

Wed, Nov 11, 2020 at 5:12 PM

To: "jose.martinez7@upr.edu" <jose.martinez7@upr.edu>

Cc: Farah A Ramirez Marrero <farah.ramirez1@upr.edu>, "LORNA G. JARAMILLO NIEVES" <lorna.jaramillo@upr.edu>

Estimado estudiante:

Se envía el Plan de control de exposición a COVID-19 para su investigación aprobado. Recuerde que debe seguir las medidas propuestas en el documento. Si necesita realizar algún cambio el mismo debe ser aprobado.

Le deseo mucho éxito con su investigación.

Saludos,

Jorge Ramos Feliciano

 **Formulario Plan Control Exposicion COVID-19 Investigaciones de campo vers2020-10-02 (1) - JAMR y FARM.docx**
210K

Apéndice E



Universidad de Puerto Rico
 Recinto de Río Piedras
 Departamento de Estudios Graduados
 Programa de Ciencias del Ejercicio/Fisiología del Ejercicio

de participante: _____

**Hoja de Recolección de Datos en Pruebas de Agilidad y Fuerza Reactiva**

Fecha: _____ Hora: _____ Edad (años cumplidos): _____

Edad de inicio en el deporte de béisbol: _____ Lado dominante en el bateo: _____

Tiempo entrenando y compitiendo ininterrumpidamente en el béisbol: _____

Posición de juego: _____

Medidas Antropométricas

Peso corporal: 1) _____ (kg), 2) _____ (kg), 3) _____ (kg)

Estatura de pie: 1) _____ (cm), 2) _____ (cm), 3) _____ (cm)

Estatura sentada: 1) _____ (cm), 2) _____ (cm), 3) _____ (cm)

Circunferencia de cintura: 1) _____ (cm), 2) _____ (cm), 3) _____ (cm)

Agilidad y Fuerza Reactiva

Prueba de agilidad 5-10-5 (5 yds): 1) _____ (s), 2) _____ (s), 3) _____ (s)

Prueba de agilidad 5-10-5 (10 yds): 1) _____ (s), 2) _____ (s), 3) _____ (s)

Prueba de agilidad 5-10-5 (15 yds): 1) _____ (s), 2) _____ (s), 3) _____ (s)

Prueba de agilidad 5-10-5 (Total): 1) _____ (s), 2) _____ (s), 3) _____ (s)

Prueba específica de agilidad ofensiva (15 yds): 1) _____ (s), 2) _____ (s), 3) _____ (s)

Prueba específica de agilidad ofensiva (22 yds): 1) _____ (s), 2) _____ (s), 3) _____ (s)

Prueba específica de agilidad ofensiva (29 yds): 1) _____ (s), 2) _____ (s), 3) _____ (s)

Prueba específica de agilidad ofensiva (Total): 1) _____ (s), 2) _____ (s), 3) _____ (s)

Prueba de fuerza reactiva con saltos de rebote:

1) _____ (pulg), tiempo en contacto con el piso _____ (s)

2) _____ (pulg), tiempo en contacto con el piso _____ (s)

3) _____ (pulg), tiempo en contacto con el piso _____ (s)

Resumen Biográfico del Autor

José Antonio Martínez Rodríguez, CSCS, ACSM-CPT

Hijo de la Sra. Wanda E. Rodríguez Díaz y el Sr. José Antonio Martínez Rodríguez, José Antonio Martínez Rodríguez nació y vivió en San Juan, Puerto Rico. De niño Martínez Rodríguez mostró interés en el deporte, ejercicio y entrenamiento gracias a sus padres. Se volvió fanático del baloncesto, el cual practicó y hoy día es un fiel fanático del deporte profesional. En el año 2012, Martínez Rodríguez obtuvo su diploma de educación secundaria de la Academia Superior Santo Tomás de Aquino. En el 2015, se certificó como entrenador personal de la Colegio Americano de medicina Deportiva (ACSM, por sus siglas en inglés). Para el año 2017, logró completar su Bachillerato en Administración de Empresas con concentración en Contabilidad con un menor Comunicación Empresarial de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras. En el 2018, comenzó un trabajo como entrenador de fuerza y acondicionamiento con el equipo Béisbol Fogueo. Enseguida Martínez Rodríguez mostró curiosidad por el deporte al estudiar los movimientos y su complejidad. En el 2019, se certificó como Especialista del Acondicionamiento y Fortaleza de la Asociación Nacional de Fortaleza y Acondicionamiento (NSCA - CSCS). En mayo del 2021, obtuvo su grado de Maestro en Ciencias del Ejercicio con Especialidad en Fisiología del Ejercicio de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, presentando su trabajo investigativo:

Relación entre Agilidad Específica y Fuerza Reactiva en el Deporte del Béisbol.