

extensión donde se ha observado que los valores iniciales presentan un 13% menos de fuerza que los obtenidos en las MVC. En el caso del test de extensión podría considerarse que los participantes no han realizado el máximo esfuerzo al inicio de la prueba, a pesar de las indicaciones y el tiempo de recuperación. En el caso del test de flexión, quizás los participantes hubieran necesitado un mayor aprendizaje para realizar este test, o unos segundos más de tiempo, que les permitiera generar más fuerza en el caso de no ser participantes muy explosivos en el reclutamiento de sus fibras musculares. En su trabajo, Maffioletti et al. (2007) utiliza las MVC para comprobar que los test se realizan a máxima intensidad desde un principio, comparando los resultados iniciales del test con las respectivas MVC. Para evitar esto, se podría crear un criterio en el que si los participantes no alcanzan con las tres primeras repeticiones un valor de fuerza igual al de la MVC, se anularía la prueba.

-ISOKET Isométrico mantenido.

Los datos de pérdida de fuerza obtenidos en este test muestran que, probablemente, los participantes no han desarrollado la fuerza máxima posible desde el inicio de la prueba, ya que por un lado, estos valores no coinciden con los del test de MVC realizados antes de la prueba, ni en el hombre ni en las mujeres, y por otro lado, en algunos casos, los valores finales han sido superiores a los de iniciales. Esto puede haber sido debido a que el participante ha reservado fuerzas para finalizar el test o que no están familiarizados a generar una fuerza máxima isométrica durante un periodo de tiempo tan largo, concretamente 90 segundos. Podría suceder que al realizar este tipo de fuerza mantenida se requiera de entrenamiento y aprendizaje para saber mantener el esfuerzo durante un tiempo prolongado.

Se desconoce si con una población más especializada en realizar este tipo de fuerza o simplemente más entrenada, como podría ser en la disciplina de remo o judo, podrían obtener mejores resultados. En este sentido, ante una población menos experimentada, sería recomendable reducir el tiempo de realización de dicha prueba, incluso menor a los 45 segundos que sugería Corin et al. (2005), cuyo estudio se llevó a cabo con deportistas de élite.

Otra posibilidad sería, que los participantes hicieran una contracción máxima isométrica mantenida durante todo el tiempo que pudieran, y la prueba finalizaría una vez que la fuerza realizada disminuyera del 50% del pico de fuerza inicial (Mozkin et al., 1991). Otra forma de poder evaluar este test de resistencia muscular del tronco, es manteniendo una contracción isométrica al 60% del pico de fuerza máximo, ya que según McCarthy et al. (2018), están en un nivel de contracción y porcentaje adecuado para valorar la pérdida de fuerza, porque a ese nivel de contracción produce fatiga.

7. Conclusiones.

De los protocolos evaluados, el protocolo *ISOKET 20 rep. isométricas*, es el protocolo que presenta una mayor caída de la fuerza, tanto para el participante masculino (60% flexión y 72% extensión) como para los participantes femeninos (65% flexión y 75% extensión). El protocolo *ISOKET Isocinético de 40 rep.*, que ha mostrado una caída inferior tanto en el hombre (25% flexión y 30% extensión) como en las mujeres (45% flexión y 35% extensión). Por otro lado, el protocolo *ISOKET Isométrico mantenido*, ha mostrado que los datos finales de fuerza obtenidos son superiores al inicio, no siendo una elección muy adecuada.

Con la intención de ayudar a entrenadores, preparadores físicos o rehabilitadores, si consideramos de forma específica el ámbito deportivo, se podría recomendar que para deportes donde se realiza el movimiento de flexo-extensión de tronco de manera continua, como por ejemplo el remo (Chan, 2005), sería interesante evaluar la resistencia de la musculatura del tronco mediante el protocolo *ISOKET Isocinético de 40 rep.* Sin embargo, si

durante la práctica deportiva, la fuerza predominante que se generase es de carácter isométrico e intermitente, como en el caso del judo (Juan-Recio et al., 2013), se elegiría el protocolo *ISOKET 20 rep. isométricas*, por la semejanza a esta modalidad.

Por otro lado, en un ámbito más orientado al de la salud o al fitness, se recomendaría realizar el protocolo *ISOKET 20 rep. isométricas* por varios motivos: aunque su duración sea el doble que la de que el protocolo de 40 repeticiones dinámicos (alrededor de 15 minutos, con descanso entre los test e incluyendo las MVC), muestra una mejor pendiente de la pérdida de la fuerza. Por otro lado, en su ejecución, aunque sea un solo protocolo, se diferencian dos test uno para valorar el movimiento de extensión y el otro de flexión, siendo para el participante más sencillo centrar el esfuerzo en una única dirección. Además, el protocolo dinámico es mucho más exigente, requiriendo de una coordinación intermuscular más elevada, que no todos los participantes saben ejecutar correctamente.

8. Propuestas de mejora.

- Aumentar el número de repeticiones para observar si se obtiene un mayor porcentaje de caída o pérdida de fuerza en el protocolo *ISOKET Isocinético 40 rep.* Se podría concluir que el porcentaje de fatiga no ha sido muy elevado, pudiendo incrementar en un siguiente estudio el número de repeticiones en el test.

- Disminuir los tiempos de resistencia del protocolo *ISOKET Isométrico mantenido.* Por la fuerza máxima mantenida durante un gran periodo de tiempo, hipotéticamente debería ser el test que más acumulación de fatiga tendría que tener.

- Diseñar nuevos protocolos que no presenten un límite de tiempo y que la fatiga se localice cuando alcanza un porcentaje de caída.

- Aumentar el número de sesiones y comprobar si hay un efecto aprendizaje de los protocolos.

- Además se registró, que durante el test de extensión, los participantes no estaban cómodos al generar fuerza, utilizando las piernas como punto de palanca para producir ésta. Esto puede ser un error a tener en cuenta, donde se tendrá que crear una sesión de familiarización con el protocolo, para que sea aprendido a ejecutarlo correctamente.

- Disminuir la velocidad de ejecución de las repeticiones isocinéticas (90°/s), del protocolo *ISOKET Isométrico 40 rep.*, para observar si ejerciendo más fuerza, manteniendo el mismo número de repeticiones, se logra aumentar el porcentaje de fatiga.

9. Bibliografía:

- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports medicine*, 26(4), 217-238.
- Biering-Sørensen, F. (1984). Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine*, 9(2), 106-119.
- Bompa, T. O. (2006). *Periodización del entrenamiento deportivo* (Vol. 24). Editorial Paidotribo.
- Brotons-Gil, E., García-Vaquero, M. P., Peco-González, N., & Vera-García, F. J. (2013). Flexion-rotation trunk test to assess abdominal muscle endurance: reliability, learning effect, and sex differences. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(6), 1602-1608.
- Burdett, R. G., & van Swearingen, J. (1987). Reliability of isokinetic muscle endurance tests. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 8(10), 484-488.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public health reports*, 100(2), 126.
- Chan, R. H. (2005). Endurance times of trunk muscles in male intercollegiate rowers in Hong Kong. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 86(10), 2009-2012.
- Clayton, M. A., Trudo, C. E., Laubach, L. L., Linderman, J. K., De Marco, G. M., & Barr, S. (2011). Relationships Between Isokinetic Core Strength and Field Based Athletic Performance Tests in Male Collegiate Baseball Players. *Journal of Exercise Physiology Online*, 14(5).
- Corin, G., Strutton, P. H., & McGregor, A. H. (2005). Establishment of a protocol to test fatigue of the trunk muscles. *British journal of sports medicine*, 39(10), 731-735.
- Delitto, A., Rose, S. J., Crandell, C. E., & Strube, M. J. (1991). Reliability of isokinetic measurements of trunk muscle performance. *Spine*, 16(7), 800-803.
- Drouin, J. M., Valovich-mcLeod, T. C., Shultz, S. J., Gansneder, B. M., & Perrin, D. H. (2004). Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *European journal of applied physiology*, 91(1), 22-29.
- Dvir, Z., & Keating, J. (2001). Reproducibility and validity of a new test protocol for measuring isokinetic trunk extension strength. *Clinical Biomechanics*, 16(7), 627-630.
- Evans, K., Refshauge, K. M., & Adams, R. (2007). Trunk muscle endurance tests: reliability, and gender differences in athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10(6), 447-455.
- Feiring, D. C., Ellenbecker, T. S., & Derscheid, G. L. (1990). Test-retest reliability of the Biodex isokinetic dynamometer. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 11(7), 298-300.
- García-Vaquero, M. P., Barbado, D., Juan-Recio, C., López-Valenciano, A., & Vera-García, F. J. (2016). Isokinetic trunk flexion-extension protocol to assess trunk muscle strength and endurance: Reliability, learning effect, and sex differences. *Journal of Sport and Health Science*.
- Gleeson, N. P., & Mercer, T. H. (1992). Reproducibility of isokinetic leg strength and endurance characteristics of adult men and women. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 65(3), 221-228.
- Gómez, H. B., Zarco, R. C., Arias, D. C., García, M. D. P. D., Hernández, S. R. L., & Martínez, E. (2005). Valoración isocinética del tronco en sujetos asintomáticos del Centro Nacional de Rehabilitación. *Acta Ortopédica Mexicana*, 19(2), 49-55.
- Grabiner, M. D., & Jeziorowski, J. J. (1991). Isokinetic trunk extension and flexion strength-endurance relationships. *Clinical Biomechanics*, 6(2), 118-122.

- Gusi, N., & Fuentes, J. P. (1999). Valoración y entrenamiento de la fuerza-resistencia abdominal: validez comparativa y reproductibilidad de tres pruebas de evaluación en tenistas. *Apunts. Educación física y deportes*, 1(55), 55-59.
- Hager, S. M., Udermann, B. E., Reineke, D. M., Gibson, M. H., Mayer, J. M., & Murray, S. R. (2006). Quantification of lumbar endurance on a backup lumbar extension dynamometer. *Journal of sports science & medicine*, 5(4), 656.
- Hibbs, A. E., Thompson, K. G., French, D., Wrigley, A., & Spears, I. (2008). Optimizing performance by improving core stability and core strength. *Sports medicine*, 38(12), 995-1008.
- Hildenbrand, K., & Noble, L. (2004). Abdominal muscle activity while performing trunk-flexion exercises using the Ab Roller, ABslide, FitBall, and conventionally performed trunk curls. *Journal of athletic training*, 39(1), 37.
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports medicine*, 30(1), 1-15.
- Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine+ Science in Sports+ Exercise*, 41(1), 3.
- JUAN-RECIO, C., BARBADO, D., LOPEZ-VALENCIANO, A., LÓPEZ-PLAZA, D., MONTERO-CARRETERO, C., & VERA-GARCIA, F. J. (2013). Condición muscular y estabilidad del tronco en judocas de nivel nacional e internacional. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*, 8(2).
- Juan-Recio, C., López-Plaza, D., Barbado Murillo, D., García-Vaquero, M. P., & Vera-García, F. J. (2018). Reliability assessment and correlation analysis of 3 protocols to measure trunk muscle strength and endurance. *Journal of sports sciences*, 36(4), 357-364.
- Juan-Recio, C., Murillo, D. B., & López-Valenciano, A. (2014). Test de campo para valorar la resistencia de los músculos del tronco/field test to assess the strength of trunk muscles. *Apunts. Educació física i esports*, (117), 59.
- Kannus, P. (1994). Isokinetic evaluation of muscular performance. *International journal of sports medicine*, 15(S 1), S11-S18.
- Karatas, G. K., Göğüs, F., & Meray, J. (2002). Reliability of isokinetic trunk muscle strength measurement. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 81(2), 79-85.
- Kibler, W. B., Press, J., & Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports medicine*, 36(3), 189-198.
- Laughlin, M. S., Lee, S., Loehr, J. A., & Amonette, W. E. (2009). Isokinetic strength and endurance tests used pre-and post-spaceflight: Test-retest reliability.
- Lindsay, D. M., & Horton, J. F. (2006). Trunk rotation strength and endurance in healthy normals and elite male golfers with and without low back pain. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, 1(2), 80.
- McCarthy, C. J., Callaghan, M. J., & Oldham, J. A. (2008). The reliability of isometric strength and fatigue measures in patients with knee osteoarthritis. *Manual therapy*, 13(2), 159-164.
- Maffiuletti, N. A., Bizzini, M., Desbrosses, K., Babault, N., & Munzinger, U. (2007). Reliability of knee extension and flexion measurements using the Con-Trex isokinetic dynamometer. *Clinical physiology and functional imaging*, 27(6), 346-353.
- Manou, V., Arseniou, P., Gerodimos, V., & Kellis, S. (2002). Test-retest reliability of an isokinetic muscle endurance test. *Isokinetics and exercise science*, 10(4), 177-181.
- Mayer, T., Gatchel, R., Betancur, J., & Bovasso, E. (1995). Trunk muscle endurance measurement. Isometric contrasted to isokinetic testing in normal subjects. *Spine*, 20(8), 920-6.

- Moreland, J., Finch, E., Stratford, P., Balsor, B., & Gill, C. (1997). Interrater reliability of six tests of trunk muscle function and endurance. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 26(4), 200-208.
- Motzkin, N. E., Cahalan, T. D., Morrey, B. F., An, K. N., & Chao, E. Y. (1991). Isometric and isokinetic endurance testing of the forearm complex. *The American journal of sports medicine*, 19(2), 107-111.
- Müller, J., Müller, S., Stoll, J., Fröhlich, K., Baur, H., & Mayer, F. (2014). Reproducibility of maximum isokinetic trunk strength testing in healthy adolescent athletes. *Sport-Orthopädie-Sport-Traumatologie-Sports Orthopaedics and Traumatology*, 30(3), 229-237.
- Naclerio Ayllón, F., & Forte Fernández, D. (2006). FUNCIÓN Y ENTRENAMIENTO DE LA MUSCULATURA ABDOMINAL. UNA VISIÓN CIENTÍFICA. *Journal of Human Sport and Exercise*, 1(1).
- Newton, M., & Waddell, G. (1993). Trunk strength testing with iso-machines. Part 1: Review of a decade of scientific evidence. *Spine*, 18(7), 801-811.
- Perrin, D. H. (1986). Reliability of isokinetic measures. *Athletic training*, 21(4), 319-321.
- Pincivero, D. M., Lephart, S. M., & Karunakara, R. A. (1997). Reliability and precision of isokinetic strength and muscular endurance for the quadriceps and hamstrings. *International journal of sports medicine*, 18(02), 113-117.
- Rebullido, T. R., & Lameiro, C. V. (2012). Aplicaciones del Método Pilates en la actividad física y deporte. *Lecturas: Educación física y deportes*, (164), 1-7.
- Reed, C. A., Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2012). The effects of isolated and integrated 'core stability' training on athletic performance measures. *Sports medicine*, 42(8), 697-706.
- Roth, R., Donath, L., Kurz, E., Zahner, L., & Faude, O. (2017). Absolute and relative reliability of isokinetic and isometric trunk strength testing using the IsoMed-2000 dynamometer. *Physical Therapy in Sport*, 24, 26-31.
- Stark, T., Walker, B., Phillips, J. K., Fejer, R., & Beck, R. (2011). Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. *PM&R*, 3(5), 472-479.
- Udermann, B. E., Mayer, J. M., Graves, J. E., & Murray, S. R. (2003). Quantitative assessment of lumbar paraspinal muscle endurance. *Journal of Athletic Training*, 38(3), 259.
- Weir, J. P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *Journal of strength and conditioning research*, 19(1), 231.
- Wessel, J., & Ford, D. (1994). Torque of trunk flexion and trunk flexion with axial rotation in healthy men and women. *Spine*, 19(3), 329-334.
- White, C., Dixon, K., Samuel, D., & Stokes, M. (2013). Handgrip and quadriceps muscle endurance testing in young adults. *SpringerPlus*, 2(1), 451.