



# PEDIMS: PROGRAMA DE EJERCICIOS DOMICILIARIOS INCREMENTALES MÍNIMAMENTE SUPERVISADOS, COMPATIBLE CON EL CONFINAMIENTO

SANTOS D<sup>1-2-4-6</sup>, MATTIOZZI A<sup>3-6</sup>, LOPEZ N<sup>4</sup>, DEL CASTILLO J<sup>5</sup>, PELAEZ A<sup>2-6</sup>, SIMINI F<sup>6</sup>  
1 Dpto. de Rehabilitación HC. 2 Licenciatura en Fisioterapia EUTM. 3 Dpto de. Medicina del Deporte HC.  
4 Servicio de Fisioterapia, Hospital Británico. 5 Clínica de Ortopedia y Traumatología. 6 Núcleo de Ingeniería Biomédica.



## INTRODUCCIÓN

La rehabilitación de la rodilla con lesión del Ligamento Cruzado Anterior (LCA) en la fase preoperatoria es fundamental para garantizar la preparación del paciente para la cirugía, lo que facilita un resultado postoperatorio exitoso [1]. La atrofia de los músculos del muslo ocurre inevitablemente después de la lesión del LCA y persiste durante varios años [2].

Habitualmente la preocupación del fisioterapeuta se centra en el cuádriceps dejando en una situación secundaria la musculatura posterior de muslo [3]. Esto trae como consecuencia un desbalance en la musculatura flexo extensora de la rodilla [4], acentuando las fuerzas que trasladan anteriormente la tibia sobre el fémur [5].

Presentamos un Programa de Ejercicios Domiciliarios Incrementales con Mínima Supervisión (PEDIMS) para entrenar la fuerza de los isquiosurales, registrando la fuerza del miembro inferior mediante un instrumento original, DINABANG [6], [7] que permite monitorizar su evolución.

El PEDIMS enfatiza el régimen de activación muscular excéntrica de los isquiosurales porque se producen mayores niveles de fuerza en la sarcómera, y porque existen evidencias de que los isquiosurales son agonistas del LCA en evitar que la tibia se traslade hacia adelante durante los esfuerzos de corte en la rodilla [8].

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron seis pacientes ♂, edad 23,8 ± 4, 8 años, peso 75,0 ± 7,6 kg, talla 1,75 ± 0,07 e IMC 24,5 ± 1,9 previo a la cirugía de reconstrucción del LCA: antes y después de realizar el PEDIMS. El comité de ética del Hospital de Clínicas aprobó el estudio.

El ejercicio se realizó durante 4 semanas con una frecuencia de 5 veces consecutivas, totalizando 20 sesiones de 30 minutos cada una. En la 1ª semana se realizaron 2 sesiones presenciales en días alternados, la 2ª, 3ª y la 4ª semana solamente una sesión presencial, totalizando 5 sesiones presenciales. Las restantes 15 sesiones se realizaron los ejercicios en su domicilio siguiendo las consignas que se le enseñaron (Tabla 1).

Se midió la fuerza muscular con DINABANG [6], [7], con el paciente de pie. Se le solicitó que retrocediera con las manos en la cintura y la rodilla extendida tensando la banda elástica (Fig. 1).

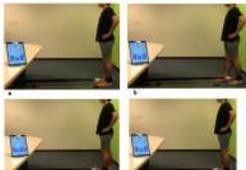


Figura 1 - Ejercicio (secuencia a-d) del programa PEDIMS monitorizado con el instrumento DINABANG. Notar el sensor de fuerza blanco sujeto a la banda elástica y al tobillo derecho.

Parámetros	Ejercicios de fuerza Isquiosurales Semana			
	1ª	2ª	3ª	4ª
Tensión de la banda elástica (%) de una Repetición Máxima	60%	75%	75%	85%
Regimen de activación	dinámica	concéntrica	excéntrica	excéntrica
Velocidad de ejecución	lenta	rápida	rápida	lenta
NP repeticiones	12	10	8	6
Pausa (s)	60	75	90	120
NP de Series	3	3	2	2

## RESULTADOS

Fueron comparadas las tres condiciones estudiadas en la rodilla saludable, lesionada pre entrenamiento y pos entrenamiento (Figura 2) con modelos de efectos mixtos que además permitieron el análisis de las 2 variables de respuesta: Fuerza y el Score de Lysholm [9]. Se utilizó el modelo de efecto mixto porque interesa contrastar las 3 condiciones de la rodilla (efecto fijo) sin desatender la variabilidad (intra-individuo) inherente a los participantes Tabla 2. Se obtuvieron la estadística descriptiva y los estadísticos de prueba con el software R. Los procedimientos inferenciales tuvieron un nivel de significación del 5%.

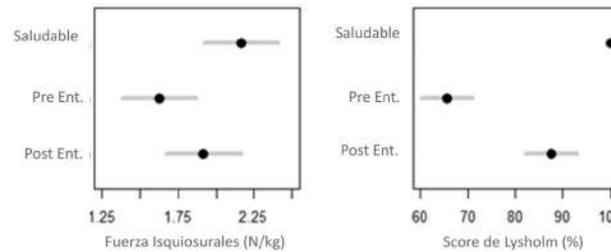


Figura 2 - Fuerza de los isquiosurales normalizada por masa corporal (izq) y Satisfacción informada por el paciente (der). Se indican las tres condiciones: rodilla saludable, rodilla lesionada LCA pre y post entrenamiento.

Tabla 2 - Fuerza normalizada y satisfacción (Lysholm) de 6 pacientes con entrenamiento pre cirugía reconstructiva del LCA.

Rodilla	Lesión ACL			p
	Saludable	Pre. Entr	Post. Entr	
Fuerza Isq. (N/Kg)	2,17 (0,09) <sup>a</sup>	1,63 (0,09) <sup>b</sup>	1,92 (0,09) <sup>c</sup>	< 0,001
Sore Lysholm (%)	100 (---)	66,7 (2,5) <sup>a</sup>	87,5 (2,5) <sup>b</sup>	< 0,001

Nota: a b c indican diferencias estadísticamente significativo entre las tres situaciones de la rodilla.

En la Figura 2 (izq) se observa el aumento de la fuerza de los isquiosurales en la rodilla con lesión del LCA, de 1,63 N/kg a 1,92 N/kg, pre y post entrenamiento respectivamente. La media de fuerza de los isquiosurales en la rodilla saludable (contralateral) fue de 2,17 N/kg. Notar que esta fuerza fue normalizada por la masa corporal, que permitió eliminar el efecto del tamaño de los individuos. La figura de la derecha muestra los resultados funcionales mediante la escala subjetiva de Lysholm. De una satisfacción subjetiva del 67 %, el entrenamiento logra el 87% de satisfacción.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La fuerza de la musculatura flexora de la rodilla post entrenamiento aumentó significativamente de 1,63 a 1,92 N/kg, observándose una tendencia hacia recuperar los valores de fuerza de la rodilla contralateral saludable de 2,17 N/kg. Las evaluaciones subjetivas reportadas por los pacientes mejoraron de 67% a 88% sobre una escala de máxima satisfacción del 100% como consecuencia del entrenamiento de la musculatura flexora de la rodilla. Los hallazgos obtenidos de este estudio son similares a lo publicado por Gasibat [1], y nuestro grupo [3],[7].

Previo a la cirugía reconstructiva del LCA y después (20 sesiones) de realizar el programa PEDIMS de ejercicios de entrenamiento de la musculatura flexora de la rodilla, fueron comparados los resultados con las evaluaciones reportadas por los propios pacientes (utilizando el Score de Lysholm) con la rodilla contralateral saludable. La satisfacción de los pacientes coincide con el aumento de la fuerza de los isquiosurales medida con el instrumento DINABANG [6], [7].

La clínica de la rehabilitación había estado necesitada de instrumentos de valoración objetiva para fundamentar la toma de decisiones. El registro de los valores medidos durante los entrenamientos es consignado en la historia clínica electrónica por el propio DINABANG contribuyendo de esta manera a una atención médica de calidad.

El Programa de Ejercicios Domiciliarios Incrementales con Mínima Supervisión (PEDIMS) es un programa clínico de fortalecimiento muscular flexor de la rodilla para su aplicación en etapa pre-operatoria del LCA que reduce el número de sesiones presenciales, lo que confiere al método una asegurada vigencia en épocas de pandemia o de reducción presupuestal. Mediante la cuantificación de la fuerza con DINABANG se monitoriza su progresión a lo largo del programa de ejercicios con intensidad incremental.

### REFERENCIAS

- Q. Gasibat and A. M. Jahan, "Pre and post-operative rehabilitation of anterior cruciate ligament reconstruction in young athletes," *Int. J. Orthop. Sci.*, vol. 3, no. 11, pp. 819-828, 2017.
- G. N. Williams, L. Snyder-Mackler, P. J. Barrance, and T. S. Buchanan, "Quadriceps femoris muscle morphology and function after ACL injury: a differential response in copers versus non-copers," *J. Biomech.*, vol. 38, no. 4, pp. 685-693, 2005.
- D. Santos and G. Fabrica, "Directrices Biomecánicas para el Entrenamiento Isométrico de Cuádriceps durante la Rehabilitación del Ligamento Cruzado Anterior," *Rev. Iberoam. Fisioter. y Kinesiol.*, vol. 5, no. 2, pp. 101-106, 2002.
- L. a. Hiemstra, S. Webber, P. B. MacDonald, and D. J. Kiriellaars, "Hamstring and quadriceps strength balance in normal and hamstring anterior cruciate ligament-reconstructed subjects," *Clin. J. Sport Med.*, vol. 14, no. 5, pp. 274-280, 2004.
- J. Kvist, C. Karlberg, B. Gerdle, and J. Gillquist, "Anterior tibial translation during different isokinetic quadriceps torque in anterior cruciate ligament deficient and nonimpaired individuals," *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, vol. 31, no. 1, pp. 4-15, 2001.
- D. Santos et al., "DINABANG: Explosive Force Hamstring Rehabilitation Biomechanics Instrument," *6th Int. Conf. Biotechnol. Bioeng. Offenburg, Ger.*, vol. 23, no. 1, p. 2017, 2017.
- D. Santos, A. Mattiozzi, I. Morales, and F. Simini, "Hamstring Asymmetric Maximum Force Assessment with DINABANG," in *22 Congreso de Bioingeniería y 11 Jornadas de Ingeniería Clínica, SABI2020, Pirapolis; Uruguay*, 2020.
- J. Kvist, "Tibial translation in exercises used early in rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction Exercises to achieve weight-bearing," vol. 13, pp. 460-463, 2006.
- K. Briggs, S. J. Richard, C. H. Jay, and H. Sophia, "Lysholm Score and Tegner Activity Level in Individuals With Normal Knees," *Am. J. Sports Med.*, vol. 37, no. 5, pp. 898-901, 2009.

### Agradecimientos

A la Prof. Adj. Dra. Sofía Gonzalez por su apoyo y sus aportes y el uso del gimnasio De Medicina del Deporte. Ing. Biomédica Isabel Morales por su ayuda en instrumentos telemáticos. A los Ingenieros Jorge Dominguez y Rodrigo Barboza de la empresa MOVI por su atenta colaboración en el desarrollo y disponibilidad del instrumento DINABANG. Lic. Fernando Mazza por su asistencia en el procesamiento de los datos.

Información de Contacto: Dario Santos, dsantos@hc.edu.uy Cel. 099 102914  
Dpto. de Rehabilitación, basamento HC. NIB Piso 15 HC. Dpto. Med del Deporte P 15 HC  
www.nib.fmed.edu.uy