



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS  
DE GRAN CANARIA

DEPARTAMENTO DE  
CIENCIAS MÉDICAS Y QUIRÚRGICAS

“Programa de Doctorado:  
Avances en Traumatología.  
Medicina del deporte.  
Cuidados de heridas.”

## TESIS DOCTORAL

**C**ORRELACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS  
DE VALORACIÓN FUNCIONAL Y DE FUERZA DE LA RODILLA  
EN PACIENTES CON ROTURA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

**D. David Álvarez Santana**

**Directores:** Dr. Gerardo Garcés Martín  
Dr. Fernando Santonja Medina





UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS  
DE GRAN CANARIA

Departamento de Ciencias Médicas y Quirúrgicas

Anexo I

**D. JUAN RAMÓN HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, SECRETARIO  
DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICAS Y  
QUIRÚRGICAS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE  
GRAN CANARIA,**

**CERTIFICA**

Que el Consejo Ordinario de Departamento de Doctores en su sesión de fecha 28 de octubre de 2015, tomó el acuerdo de dar el consentimiento para su tramitación, a la tesis doctoral titulada: **CORRELACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS DE VALORACIÓN FUNCIONAL Y DE FUERZA DE LA RODILLA EN PACIENTES CON ROTURA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR**, presentada por el/la doctorando/a, Don David Álvarez Santana y dirigida por los doctores, Don Gerardo Garcés Martín, Don Fernando Santonja Medina.

Y para que así conste, y a efectos de lo previsto en el Artº 73.2 del Reglamento de Estudios de Doctorado de esta Universidad, firmo la presente en Las Palmas de Gran Canaria, a veintiocho de octubre de dos mil quince.





UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS  
DE GRAN CANARIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICAS Y QUIRÚRGICAS**

**Programa de doctorado: AVANCES EN TRAUMATOLOGÍA.  
MEDICINA DEL DEPORTE. CUIDADOS DE HERIDAS.**

TÍTULO DE LA TESIS DOCTORAL

**“CORRELACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS DE VALORACIÓN  
FUNCIONAL Y DE FUERZA DE LA RODILLA EN PACIENTES  
CON ROTURA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR”**

Tesis doctoral presentada por: D. DAVID ÁLVAREZ SANTANA

Directores: Dr GERARDO GARCÉS MARTÍN

Dr FERNANDO SANTONJA MEDINA

Dr G. Garcés

(Firma)

Dr F. Santonja

(Firma)

El doctorando

(Firma)

LAS PALMAS DE GRAN CANARIA, OCTUBRE DE 2015





UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS  
DE GRAN CANARIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICAS Y QUIRÚRGICAS**

TÍTULO DE LA TESIS DOCTORAL

---

**“CORRELACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS DE VALORACIÓN  
FUNCIONAL Y DE FUERZA DE LA RODILLA EN PACIENTES  
CON ROTURA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR”**

---

D. DAVID ÁLVAREZ SANTANA  
Directores  
Dr GERARDO GARCÉS MARTÍN  
Dr FERNANDO SANTONJA MEDINA

LAS PALMAS DE GRAN CANARIA, OCTUBRE DE 2015





## I. DEDICATORIAS

- *A mi madre, por todo lo que significó para mi y por su feroz insistencia en la educación y formación de sus hijos.*
- *A mi padre, mis hermanas y hermanos de los que tanto he aprendido en esta vida.*
- *A mi esposa, por su apoyo incondicional y por el tiempo robado para llevar a cabo este y otros proyectos.*
- *A mis amigos, por estar siempre ahí en los momentos más difíciles y hacerme sonreír.*
- *Y a mi hija, que aunque aún no he podido estrecharla entre mis brazos, estoy seguro que será lo más bonito que me pase en la vida.*



## II. AGRADECIMIENTOS

- *A mis directores de tesis y amigos, Dr. Gerardo Garcés Martín y Dr. Fernando Santonja Medina, por su empeño, asesoramiento profesional y apoyo personal durante todo este tiempo.*
- *A las personas que me han ayudado directa o indirectamente en la elaboración de este trabajo, especialmente al Dr Gustavo Blanco, por su dedicación en la recopilación de datos, al Prof. Manuel Canteras, por su ayuda en el tratamiento de los datos estadísticos y a mi amigo Francisco Martín, por su gusto y tacto en el diseño de la portada.*
- *A aquellos profesores que durante mis estudios primarios, secundarios y universitarios marcaron mi vida con sus conocimientos y consejos.*
- *A todos aquellos con los que he tenido el placer de trabajar y estudiar, por haberme aportado tanto en tan poco tiempo.*
- *A la institución para la que trabajo y a la cual represento, Terapias Acuáticas Canarias, por todo lo que me ha aportado durante estos casi 14 años y por permitirme llevar a cabo la elaboración de este trabajo, con los problemas de organización que esto ha conllevado.*
- *A mis compañeros de trabajo por aguantarme en el día a día.*
- *A la institución pública en la que he estudiado toda mi vida, la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, por la exquisita formación que me ha dado durante tantos años a cambio de casi nada.*
- *Al resto de instituciones en las que he tenido el privilegio de trabajar, F.C. Barcelona y New York Red Bulls por su apoyo en la formación continuada de sus profesionales.*
- *Finalmente, a mi tierra por la que siento un amor especial.*



## ÍNDICE GENERAL

Dedicatorias .....	I
Agradecimientos .....	III
Índice de contenidos .....	VII
Índice de tablas .....	XI
Índice de figuras .....	XIII
Resumen .....	XV



### III. ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Página
Justificación .....	1
Hipótesis .....	3
Objetivos .....	5
1. INTRODUCCIÓN .....	9
1.1. Aspectos epidemiológicos de la rotura del ligamento cruzado anterior .....	9
1.2. Tipos de tratamiento quirúrgico del LCA. Tendencias actuales .....	10
1.2.1 Principios de las técnicas quirúrgicas .....	12
1.3. Factores pronósticos en pacientes con insuficiencia del LCA .....	14
1.4. Tipos de valoración de resultados .....	17
1.4.1. Valoración subjetiva de resultados por parte del paciente .....	17
Cuestionario IKDC (International Knee Documentation Committee) .....	17
KOOS(Kneeinjury and Osteoarthritis Outcome Score) .....	18
Escala CKRS (Cincinnati Knee Ligament Rating System) .....	19
Escala de actividad de Marx .....	19
Puntuación de actividad de Tegner .....	19
Escala de Lysholm .....	20
1.4.2. Valoración objetiva de tests funcionales por parte del observador .....	20
Análisis visual del movimiento con marcas refractantes en la piel .....	20
Test de valoración funcional .....	21
1.4.3. Valoración objetiva de parámetros físicos relacionados con la función del LCA .....	22
A. Desplazamiento anterior de la tibia .....	22
Test de Lachman .....	22
Test de Pivot Shift .....	22
Artrómetro KT-1000 .....	23
Stryker knee laxity tester .....	23
The Genucom .....	23
Acufex knee signature system .....	24
The Rolimeter .....	24
UCLA Instrumented Clinical Testing Apparatus .....	24
Dyonics Dynamic Cruciate Tester (DCT) .....	25
Artrómetro Kneelax 3 .....	25
Medición de la fuerza muscular de la rodilla .....	25
Chatillon MSC Series dynamometer .....	26
Lafayette Manual Muscle Test System .....	26
Nicholas Manual Muscle Tester .....	27
MicroFET3 .....	27

Isobex .....	27
Biodex .....	28
Con-trex .....	28
Humac Norm .....	28
Kin com .....	29
1.5. Estudios de fuerza e insuficiencia del LCA pre y postoperatorios .....	29
1.5.1. Fuerza muscular e insuficiencia del LCA .....	29
1.5.2. Fuerza pre-operatoria e insuficiencia de LCA .....	31
1.5.3. Fuerza post-operatoria e insuficiencia de LCA .....	33
1.5.4. Diferencias en cuanto a fuerza muscular observadas en los resultados en relación al sexo .....	37
1.6. Resultados funcionales y estabilidad según el sexo .....	38
1.7. Resultados de programas específicos de rehabilitación tras rotura de LCA .....	39
2. MATERIAL Y MÉTODO .....	43
2.1. Muestra .....	43
2.2. Criterios de inclusión .....	44
2.3. Criterios de exclusión .....	44
2.4. Test de valoración funcional subjetiva .....	45
2.5. Valoración del desplazamiento anterior de la tibia .....	45
2.6. Valoración de la fuerza isométrica de la rodilla .....	46
2.7. Intervención quirúrgica .....	48
2.8. Análisis estadístico .....	48
3. RESULTADOS .....	51
3.1. Fuerza media y comparación entre fuerza de ambas rodillas en grupo experimental y control .....	51
3.2. Desplazamiento anterior tibial con KT-1000 y comparativa con grupo control ..	52
3.3. Valores medios obtenidos en cuestionarios funcionales y correlación con valores obtenidos en KT-1000 .....	52
3.4. Correlación entre desplazamiento tibial anterior con KT-1000 y fuerza de ambas piernas en grupo experimental y control .....	53
3.5. Correlación de fuerza con tiempo tras accidente .....	54
3.6. Correlación entre desplazamiento anterior tibial con KT-1000 y tiempo tras accidente .....	55
3.7. Correlación entre resultados en IKDC y Tegner-Lysholm y tiempo tras accidente .....	55
3.8. Correlación de fuerza con resultados obtenidos en IKDC y Tegner-Lysholm .....	55
4. DISCUSIÓN .....	59
4.1. Metodología .....	59
4.2. Resultados .....	63



4.2.1. Fuerza .....	63
4.2.2. Desplazamiento anterior de la rodilla .....	68
4.2.3. Correlación entre parámetros .....	70
A. Correlación entre resultados en cuestionarios funcionales y desplazamiento con KT-1000 .....	70
B. Correlación entre desplazamiento con KT-1000 y fuerza .....	71
C. Correlación de fuerza con tiempo tras accidente .....	71
D. Correlación entre desplazamiento con KT-1000 y tiempo tras accidente y resultados en test funcionales y tiempo tras accidente .....	72
E. Correlación de fuerza con resultados obtenidos en cuestionarios de valoración funcional .....	73
Limitaciones y perspectivas de nuestra investigación .....	75
5. Conclusiones .....	79
6. Referencias bibliográficas .....	83
7. Anexos .....	103
7.1. Anexo 1: Tegner Lysholm Knee Scoring Scale .....	103
7.2. Anexo 2: International Knee Documentation Comitee (IKDC) .....	105
7.3. Anexo 3: Abreviaturas .....	108



## IV. ÍNDICE DE TABLAS

	Página
<b>Tabla 1.</b> Valores medios de fuerza (+ SD) medidos en newtons en rodilla sana y afecta de pacientes, y en ambas rodillas de los controles. ....	51
<b>Tabla 2.</b> Valores de p al relacionar fuerza de cuádriceps, isquiotibiales e índice I/Q en rodilla sana y afecta de pacientes con ambas rodillas de los controles. ....	51
<b>Tabla 3.</b> Valores medios de desplazamiento con KT-1000 (+ SD) medidos en mm en rodilla sana y afecta de pacientes, y en ambas rodillas de los controles. ....	52
<b>Tabla 4.</b> Valores de p al relacionar desplazamiento con KT-1000 en rodilla sana y afectada de pacientes con ambas rodillas de los controles. ....	52
<b>Tabla 5.</b> Valores medios ( $\pm$ SD) de IKDC Y TEGNER-LYSHOHL en grupo experimental. ....	53
<b>Tabla 6.</b> Correlación entre KT-1000 en rodilla afecta y resultados obtenidos por grupo experimental en IKDC y TEGNER-LYSHOLM. ....	53
<b>Tabla 7.</b> Correlación entre KT-1000 y fuerza en lado lesionado y sano del grupo experimental. ....	53
<b>Tabla 8.</b> Correlación entre KT-1000 y fuerza en lado derecho e izquierdo en grupo control. ....	54
<b>Tabla 9.</b> Correlación entre fuerza del miembro afecto y sano con el tiempo transcurrido desde el accidente. ....	54
<b>Tabla 10.</b> Correlación entre desplazamiento anterior tibial con KT-1000 de rodilla afecta y diferencia rodilla sana-afecta con tiempo transcurrido desde accidente. ....	55
<b>Tabla 11.</b> Correlación entre resultados en IKDC y Tegner-Lysholm con tiempo tras accidente. ....	55
<b>Tabla 12.</b> Correlación entre valores obtenidos en IKDC y Tegner-Lysholm con fuerza de cuádriceps, isquiotibiales y ratio I/Q en pierna sana del grupo experimental. ....	55
<b>Tabla 13.</b> Correlación entre valores obtenidos en IKDC y Tegner-Lysholm con fuerza de cuádriceps, isquiotibiales y ratio I/Q en pierna lesionada del grupo experimental. ....	56



## IV. ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Artrómetro KT-1000 .....	23
<b>Figura 2.</b> Stryker Knee Laxity Tester .....	23
<b>Figura 3.</b> Acufex Knee Signature System .....	24
<b>Figura 4.</b> The Rolimeter .....	24
<b>Figura 5.</b> UCLA Instrumented Clinical Testing Apparatus .....	24
<b>Figura 6.</b> Dyonics Dynamic Cruciate Tester .....	25
<b>Figura 7.</b> Chatillon Dynamometer .....	26
<b>Figura 8.</b> Lafayette Manual Muscle Test System .....	26
<b>Figura 9.</b> Nicholas Manual Muscle Tester .....	27
<b>Figura 10.</b> MicroFet 3 .....	27
<b>Figura 11.</b> Biodex .....	28
<b>Figura 12.</b> Con-Trex .....	28
<b>Figura 13.</b> Humac Norm .....	28
<b>Figura 14.</b> Kin com .....	29
<b>Figura 15.</b> Distribución por subgrupos de edad del grupo experimental .....	43
<b>Figura 16.</b> Distribución por subgrupos de edad del grupo de controles .....	43
<b>Figura 17a.</b> Valoración de desplazamiento tibial con KT-1000 .....	45
<b>Figura 17b.</b> Valoración de desplazamiento tibial con KT-1000 .....	45
<b>Figura 17c.</b> Valoración de desplazamiento tibial con KT-1000 .....	46
<b>Figura 18a.</b> Medición de fuerza del cuádriceps con MicroFet3 .....	46
<b>Figura 18b.</b> Medición de fuerza del cuádriceps con MicroFet3 .....	47
<b>Figura 18c.</b> Medición de fuerza de los isquiosurales con MicroFet3 .....	47



## VI. RESUMEN

### **Introducción**

El tratamiento de las roturas de ligamento cruzado anterior (LCA), cuando provocan inestabilidad, en la actualidad es preferiblemente quirúrgico. Los resultados publicados indican que la acción de la musculatura es esencial para el correcto funcionamiento de la rodilla tanto previo como posterior a la cirugía. De hecho, una buena musculatura puede sustituir la función estabilizadora del LCA y disminuir los niveles de laxitud anterior de la rodilla..

### **Objetivos**

Determinar si existen diferencias en la fuerza isométrica en la rodilla afecta con respecto a la sana en pacientes con rotura de LCA y un grupo control. Estudiar si existe correlación significativa entre el desplazamiento tibial, la fuerza isométrica generada por la musculatura de las rodillas, los resultados en cuestionarios de valoración subjetiva y el tiempo transcurrido después del accidente.

### **Metodología**

Se llevó a cabo un estudio observacional, de tipo transversal con un grupo de 80 pacientes con rotura del LCA y 53 controles. Se midió el desplazamiento tibial anterior, la fuerza isométrica de cuádriceps e isquiotibiales y se realizaron dos cuestionarios de valoración subjetiva de la rodilla.

### **Resultados**

La fuerza del cuádriceps en la pierna afecta representó el 75% de la pierna sana. La fuerza de IQ de la pierna afecta fue el 78% de la sana. La diferencia entre índice I/Q de la pierna afecta y sana fue no estadísticamente significativa. La diferencia entre el desplazamiento tibial anterior (sana-afecta) fue estadísticamente significativo entre ambos grupos. Existió una correlación significativa entre el desplazamiento de la tibia y el ratio I/Q. No hubo correlación significativa entre otras variables estudiadas.

### **Conclusiones**

El estudio muestra una disminución significativa de la fuerza muscular de Q e IQ en la pierna afecta con respecto a la sana y en ambas piernas de los pacientes con respecto a los controles. El cociente I/Q fue mayor en los pacientes que en los controles. Se apreció una correlación significativa entre el cociente I/Q y el desplazamiento tibial anterior, no apreciándose diferencias significativas entre el resto de las variables estudiadas.





## JUSTIFICACIÓN

La rotura del ligamento cruzado anterior (LCA), cuando produce inestabilidad en la rodilla, es una de las lesiones más preocupantes y severas en el mundo del deporte, tanto profesional como amateur (Freedman *et al*, 2003).

En los últimos años, son varios los autores que han estudiado la incapacidad que ésta lesión produce y los elevados costes sanitarios que acarrea. En países como EEUU, se ha calculado que el 90% de los pacientes diagnosticados de insuficiencia del LCA reciben tratamiento quirúrgico, realizándose unas 300.000 reconstrucciones de dicho ligamento al año (Cohen y Sekiya, 2007).

Esta lesión provoca inestabilidad de la articulación de la rodilla, pero además en muchos casos, produce pérdida considerable de fuerza de los flexores y extensores de la rodilla afecta (Adachi *et al*, 2003; Bizzini *et al*, 2006), disminuye su función, por lo que obtiene peores resultados en los test funcionales. En algunos casos, esta circunstancia se puede mantener hasta los 18 meses post-cirugía (Keays *et al*, 2003; Kobayashi *et al*, 2004; Lohmander *et al*, 2007; Lewis *et al*, 2008).

La inestabilidad de la rodilla unida a la pérdida de fuerza de los flexo-extensores de rodilla, ha sido asociada a la posibilidad de generar gonartrosis en los sujetos lesionados a largo plazo (Mañsson *et al*, 2015). Este es el principal motivo por el que se aconseja tradicionalmente la cirugía temprana en estos pacientes (Shelbourne y Gray, 2000). Por el contrario, Myklebust *et al* (2003) y Linko *et al* (2005) observaron que la prevalencia de gonartrosis en pacientes intervenidos de insuficiencia del LCA parece ser incluso mayor que en aquellos que no han sido intervenidos.

Artículos más recientes demuestran que el riesgo de padecer gonartrosis en el futuro, en pacientes que han sufrido un episodio de lesión del LCA y no han sido intervenidos quirúrgicamente, es tan alto como el de aquellos que se han operado (Lohmander *et al*, 2007; Ageberg *et al*, 2008).

La pérdida de fuerza en el cuádriceps tras rotura del LCA, se ha aceptado universalmente que es debido a un proceso de inhibición muscular artrogénico o a un patrón de evitación funcional del cuádriceps. Sin embargo, la relativa conservación de la fuerza de la musculatura isquiosural es debido a que puede verse facilitada o activada en respuesta a esa rotura del LCA, como medio compensatorio (Papadonikolakis *et al*, 2003; Keays *et al*, 2003; Palmieri-Smith y Thomas, 2009).

La pérdida de fuerza, tanto de la musculatura del cuádriceps como de la musculatura isquiosural, en la pierna lesionada ha sido estudiada profundamente en la bibliografía actual, tanto en el momento inmediato post-quirúrgico como a los 6, 12 y 18 meses tras cirugía (Czuppon *et al*, 2004). También ha sido estudiada la evolución de la fuerza y su relación con test funcionales e inestabilidad anterior de la rodilla en pacientes operados con diferentes técnicas quirúrgicas, inmediatamente después de la intervención y en seguimiento a corto, medio y largo plazo (Segawa *et al*, 2002; Hiemstra *et al*, 2004; Lee *et al*, 2009; Bryant *et al*, 2010). Sin embargo, pocos estudios abarcan el análisis de esta fuerza y su correlación con los test funcionales y la inestabilidad tibial anterior previa a la cirugía (Lee *et al*, 2015).

Parece indudable que incluso los pacientes no operados deben realizar un programa de potenciación muscular que compense la insuficiencia del ligamento cruzado. Los test y cuestionarios de valoración funcional son esenciales para determinar el grado de menoscabo sentido por el paciente. Consideramos por tanto de gran importancia conocer la relación que pueda existir entre el desplazamiento anterior de la tibia, la fuerza de la musculatura que controla la función de la rodilla y los resultados de los cuestionarios citados. Si hubiese algún tipo de relación significativa, permitiría orientar el tipo de trabajo rehabilitador, tanto conservador como postquirúrgico, así como establecer posibles factores de indicación terapéutica.

## HIPÓTESIS

El desplazamiento anterior de la tibia está limitado fundamentalmente por el LCA y no tiene porqué estar relacionado directamente con la sensación de inestabilidad referida por el paciente con rotura de dicho ligamento. El otro gran factor que limita el desplazamiento tibial anterior es la contracción refleja de los isquiosurales, guiada especialmente por mecanismos propioceptivos. Nuestra hipótesis de trabajo es que el incremento del desplazamiento anterior de la tibia en pacientes con rotura del LCA debería estar relacionado con la sensación de inestabilidad, al tiempo que influenciado por la potencia de la musculatura que controla la función de la rodilla.



## OBJETIVOS

- Determinar si existen diferencias en la fuerza isométrica de cuádriceps e isquiosurales, en la rodilla afecta con respecto a la sana, de pacientes con rotura de LCA comprobada artroscópicamente. Determinar si la relación entre la fuerza de ambos grupos musculares es diferente en la pierna afecta y en la sana, comparándola además con un grupo control de sujetos sin rotura del LCA.
- Determinar si en pacientes con insuficiencia del LCA existe correlación significativa entre el desplazamiento tibial y la fuerza isométrica generada por la musculatura de esa rodilla.
- Determinar si en pacientes con insuficiencia del LCA existe correlación entre el desplazamiento tibial y los resultados de valoración subjetiva más usados.
- Determinar si en pacientes con insuficiencia del LCA existe correlación entre la fuerza isométrica de la musculatura de la rodilla afecta y los resultados de valoración subjetiva más usados.
- Determinar si en pacientes con insuficiencia del LCA existe correlación entre el tiempo transcurrido después del accidente y el desplazamiento tibial anterior, la fuerza isométrica de la musculatura de la rodilla afecta y los test de valoración subjetiva más usados.



A 3D anatomical illustration of a human knee joint, rendered in various shades of blue. The image shows the femur (thigh bone) at the top, the tibia (shin bone) at the bottom, and the patella (kneecap) in the center. The ligaments and menisci are also visible, providing a detailed view of the joint's structure. The background is a solid, darker blue.

# 1. INTRODUCCIÓN





# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Aspectos epidemiológicos de la rotura del ligamento cruzado anterior

Las lesiones deportivas son bastantes frecuentes, siendo considerada la práctica deportiva la segunda causa de lesión (21%) más importante en nuestra sociedad. Además es considerada la primera causa de discapacidad y minusvalía a largo plazo, especialmente en pacientes con lesión de rodilla (Dekker *et al*, 2000 y Dekker *et al*, 2003).

El ligamento cruzado anterior (LCA) es el ligamento de la rodilla que se lesiona con más frecuencia, representando aproximadamente el 50% de las lesiones ligamentosas de dicha articulación (Mohammadi *et al*, 2013). Alrededor de dos millones de lesiones del LCA ocurren anualmente en todo el mundo (Samuelsson K, 2012). En aproximadamente un 70% de los casos, dicho ligamento se lesiona durante la práctica deportiva (Lam *et al*, 2009), siendo el fútbol uno de los deportes donde mayor prevalencia de lesiones de LCA existe. Las lesiones de rodilla representan el 40% del total de las lesiones en el deporte, representando las lesiones del LCA una quinta parte (20%) del total de esas lesiones de rodilla (Lam *et al*, 2009). Para Lam *et al* (2009), su rotura conlleva a un absentismo laboral temporal, a una alteración de las actividades de la vida diaria y, en el caso de deportistas profesionales, en muchas ocasiones a una incapacidad del atleta para volver a su práctica deportiva y por consiguiente adelanta la edad de retiro del deportista.

En cuanto a la incidencia en función del sexo, se ha estimado que las mujeres sufren proporcionalmente entre 3 y 5 veces más roturas del LCA que los hombres (Svensson *et al*, 2006). Entre las causas que los diferentes autores han atribuido a este hecho, se encuentran: alteraciones en la activación de flexores y extensores de rodilla, influencias hormonales, diferencias en el espacio intercondíleo, incremento de la laxitud ligamentosa, incremento del valgo de rodilla en comparación con el hombre (Harmon *et al*, 2000; Östenberg *et al*, 2000; Söderman *et al*, 2001; Laxdal *et al*, 2007; Zazulak *et al*, 2006).

En la mayoría de los casos, a los deportistas que sufren lesiones del LCA se les recomienda tratamiento quirúrgico independientemente del tipo de técnica que se utilice (Thoméé *et al*, 2008). En muchos casos el nivel de rendimiento alcanzado tras dicha cirugía no llega a ser nunca como el que se tenía antes de producirse la lesión (Ardern *et al*, 2011). Hoy en día aún no existe un consenso claro ni una evidencia científica suficiente que soporte qué tipo de cirugía y/o injerto es el más adecuado para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior.

A pesar de no estar del todo claro que la reconstrucción quirúrgica del LCA evite las lesiones osteo-condrales a largo plazo en pacientes con insuficiencia de dicho ligamento

(Frobell *et al*, 2010), es sabido que en torno al 50% de los pacientes con rotura del LCA en Suecia y el 90% en EEUU, reciben tratamiento quirúrgico (Linko *et al*, 2005). Se ha estimado que uno de cada 3000 personas sufre una rotura de LCA al año en los Estados Unidos (Freedman *et al*, 2003). Como resultado de tales datos se realizan en torno a unas 100.000 cirugías de reconstrucción de dicho ligamento anualmente en este país (Brown *et al*, 1999). Además de cambios degenerativos a largo plazo, la rotura de dicho ligamento puede producir inestabilidad, inflamación, dolor, alteración mecánica de la articulación y aumento del riesgo de padecer roturas meniscales (Dye *et al*, 1999; Thorstensson *et al*, 2004; Hurd *et al*, 2007; Pinczewski *et al*, 2007; Ageberg *et al*, 2009; Gardinier *et al*, 2012). Lyman *et al* (2009) han demostrado recientemente que la incidencia de cirugías de LCA ha crecido en EEUU y que los pacientes más jóvenes que han sido intervenidos con anterioridad tienen un alto riesgo de recaída.

En relación a los costes socio-económicos del tratamiento quirúrgico de la rotura de dicho ligamento, Forssblad *et al* (2006) hicieron un estudio comparativo de los costes directos en dos tipos diferentes de procedimientos en 440 pacientes. Las cirugías fueron realizadas por 14 cirujanos diferentes donde el 78.4% de los pacientes fueron intervenidos mediante injerto de la pata de ganso y el 21.6% mediante injerto del tendón rotuliano. El coste promedio del material de fijación en el caso del tendón rotuliano fue de 197 € frente a 436 € del injerto de la pata de ganso. El tiempo empleado en la reconstrucción primaria también fue menor cuando se utilizó injerto de tendón rotuliano (71.3 +- 31 min) que cuando se utilizó los tendones de la pata de ganso (83.2 +- 27 min). Los autores concluyen que los costes totales adicionales, sumando el precio en dicho hospital de la hora de cirugía y el material, fue por tanto 329€ mayor cuando se realizó la reconstrucción mediante injerto de pata de ganso que cuando se realizó mediante tendón rotuliano, habiendo calculado los autores el coste por hora de cirugía en su centro en unos 470€ / hora.

Gobbi *et al* (2004) encontraron que el tiempo medio de cirugía cuando se usó injerto del tendón rotuliano fue menor que cuando se usó injerto mediante tendones isquiotibiales (73 frente a 85), tanto en mujeres como en hombres. Sadoghi *et al* (2011) encontraron unas diferencias de 61.3 min. frente a 84.3 min. a favor del grupo que fue intervenido mediante tendón rotuliano.

## 1.2. Tipos de tratamiento quirúrgico del LCA. Tendencias actuales

El LCA está considerado el ligamento más importante para limitar el desplazamiento anterior de la tibia y las rotaciones de la rodilla.

Numerosos estudios anatómicos y biomecánicos han demostrado como el LCA tiene principalmente dos fascículos; uno ántero-medial (AM) que limita básicamente el desplazamiento

anterior de la tibia y otro póstero-lateral (PL) que limita las rotaciones de la articulación (Petersen *et al*, 2007; Lam *et al*, 2009). Estos dos fascículos son ligeramente diferentes en cuanto a longitud total y en cuando a fuerza soportada en los diferentes grados de flexión pasiva de la rodilla (Gabriel *et al*, 2004). Lam *et al* (2009) señalan el papel de un fascículo intermedio entre los dos anteriores.

El tratamiento de las roturas de ligamento cruzado anterior (LCA), cuando provocan inestabilidad, es preferiblemente quirúrgico. Hoy en día las técnicas quirúrgicas más usadas son las que emplean tejido autólogo para sustituir el ligamento roto. Dentro de estas, las preferidas por la mayoría de cirujanos son las que utilizan los tendones de la pata de ganso o un fragmento del tendón rotuliano unido a parte de la rótula y de la tuberosidad anterior de la tibia (H-T-H). En ambos casos, los resultados publicados indican que la musculatura lesionada para la obtención de la plastia tarda en recuperarse, y a veces no lo hace completamente (Mastrolalos *et al*, 2005; Tow *et al*, 2005; Keays *et al*, 2007; Palmieri-Smith *et al*, 2008; Lautamies *et al*, 2008; Ageberg *et al*, 2009). Tradicionalmente se había venido usando mayoritariamente la plastia con tendón rotuliano, pero en la última década se ha incrementado el uso de los tendones de la pata de ganso (Forssblad *et al*, 2006; Asik *et al*, 2007; Pinczewski *et al*, 2007; Ahldén *et al*, 2009; Duquin *et al*, 2009; Barenius *et al*, 2013).

Dentro de las desventajas que cada técnica puede acarrear a los pacientes, los diferentes autores coinciden en que en el caso del injerto con tendón rotuliano es más frecuente la aparición de dolor patelo-femoral, debilidad del cuádriceps, posible rotura del tendón rotuliano y posible fractura de la rótula. En el caso del injerto mediante la pata de ganso, sus inconvenientes descritos son la debilidad de la musculatura isquiosural y determinados dolores o molestias producidos por los elementos utilizados para la fijación del injerto (Freedman *et al*, 2003).

Freedman *et al* (2003), en un meta-análisis compararon ambas técnicas quirúrgicas y concluyeron que la reconstrucción del LCA mediante hueso-tendón rotuliano-hueso (H-T-H) tuvo un porcentaje significativamente menor de fracaso, resultó tener mejor estabilidad estática de la rodilla y mejor satisfacción personal del paciente, que la reconstrucción mediante pata de ganso (tendones del semitendinoso y del gracilis -SG-). Sin embargo el injerto mediante tendón rotuliano resultó tener mayor porcentaje de complicaciones como el dolor en la cara anterior de la rodilla.

Laxdal *et al* (2007) obtuvieron similares resultados en cuanto a la funcionalidad de la rodilla, sensación de inestabilidad y fuerza general de los miembros inferiores, al comparar ambas técnicas quirúrgicas. Encontraron un ligero mejor nivel de actividad en el Tegner tras dos años de seguimiento, en el grupo que fue intervenido mediante H-T-H frente al intervenido mediante SG.

Drogset *et al* (2010) compararon igualmente los resultados obtenidos en un grupo de pacientes operados de rotura del LCA mediante ambas técnicas quirúrgicas. Concluyeron que no hubo diferencias significativas en cuanto a desplazamiento anterior de la tibia medido con el KT-1000, que los resultados obtenidos con las escalas Lysholm y Tegner fueron exactamente iguales en ambos grupos y que el grupo operado con H-T-H tuvo mayor dolor en la cara anterior de la rodilla que el SG. Por otro lado, el grupo operado mediante injerto de la pata de ganso tuvo menor pico de fuerza de los flexores de rodilla y menor fuerza de dicho grupo muscular en general. No encontraron otras diferencias significativas entre ambos grupos con otros test funcionales realizados.

Dejour *et al* (2013) analizaron los resultados en cuanto a funcionalidad, fuerza e inestabilidad de la rodilla de tres grupos de pacientes intervenidos quirúrgicamente de rotura del LCA mediante tres técnicas quirúrgicas diferentes. Un grupo mediante injerto con H-T-H, un segundo grupo con doble fascículo de pata de ganso y un tercer grupo mediante fascículo simple de hueso-tendón rotuliano- hueso más un refuerzo extra-articular (Lemaire). Los autores no encontraron diferencias en cuanto a desplazamiento anterior tibial del compartimento medial. Sin embargo el tercer grupo obtuvo mejores resultados en cuanto a corrección del desplazamiento ántero-lateral de la tibia en comparación con los otros dos grupos, medido mediante el Lachman anterior con Telos™ a unos 20° de flexión de rodilla y 15 kg de fuerza de desplazamiento anterior tibial (Telos, Weterstadt, Germany). Encontraron mayores déficits sensoriales y alteraciones en test simples, como el arrodillarse o caminar de rodillas unos metros, en aquellos grupos donde se utilizó el injerto de tendón rotuliano.

Sadoghi *et al* (2011) compararon resultados clínicos, escalas funcionales y laxitud anterior y rotacional tibial de dos grupos de pacientes; uno operado mediante fascículo simple de H-T-H y otro operado mediante doble fascículo SG después de dos años de seguimiento. Los resultados de dicho estudio mostraron que el grupo operado mediante doble SG obtuvo mejores resultados en cuanto a estabilidad anterior y rotacional de tibia medida con el pivot shift. Sin embargo, no encontraron diferencias significativas respecto a la laxitud anterior medida con el KT-1000 y el dolor anterior de la rodilla fue considerablemente mayor en el grupo operado mediante H-T-H. En el resto de resultados obtenidos en cuestionarios de valoración, escalas y test funcionales no encontraron diferencias significativas entre grupos.

### 1.2.1. Principios de las técnicas quirúrgicas

El principal objetivo que se busca con la cirugía del LCA es restaurar los mecanismos propioceptivos de la rodilla para evitar futura osteo-artritis que suelen aparecer en pacientes con insuficiencia de dicho ligamento (Yosmaoglu *et al*, 2011). Sin embargo no existe una evidencia científica clara que demuestre que aquellos pacientes que son intervenidos

quirúrgicamente tengan menor probabilidad de padecer lesiones osteo-artríticas a largo plazo (Lohmander *et al*, 2007), incluso Myklebust *et al* (2003) demostraron lo contrario, al encontrar una prevalencia de lesiones osteo-artríticas mayor en aquellos pacientes que fueron intervenidos frente a los que no lo fueron.

Diferentes tipos de alo-injertos y auto-injertos han sido utilizados en la reconstrucción del LCA durante muchos años. La elección del tipo de injerto por parte del cirujano es una importante decisión debido a que cada uno tiene ventajas e inconvenientes relacionados con su estructura anatómica.

#### **a. Injerto mediante hueso-tendón rotuliano-hueso**

El uso de auto-injerto hueso-tendón rotuliano-hueso, ha sido tradicionalmente usado en la reconstrucción del LCA debido a que se le atribuye una fuerza tensional bastante adecuada así como una fijación biológicamente estable al realizarse entre el hueso del injerto con el hueso del receptor.

En dicha técnica quirúrgica, el injerto es obtenido del tercio medio del tendón rotuliano ipsilateral, unido a una pequeña parte de hueso rotuliano (unos 9 mm) y de la tuberosidad anterior de la tibia (10 mm). Este injerto se introducirá por un túnel óseo labrado en la extremidad proximal de la tibia a pocos milímetros de la tuberosidad anterior, emergiendo en la inserción femoral del LCA roto o ausente y por otro túnel labrado en la escotadura intercondílea. Mediante guías se introduce la plastia dentro de la articulación desde el orificio externo del túnel tibial. Uno de los extremos óseos del injerto se introduce en el túnel femoral y el otro extremo se queda dentro del túnel tibial. Para asegurar la fijación y la unión de la pastilla ósea del injerto al túnel óseo, se coloca un tornillo interferencial en ambos túneles, proporcionando una fijación muy resistente a la tracción.

Este injerto proporciona una gran estabilidad mecánica, además de una fijación biológica de alta calidad en pocos meses. Sin embargo los problemas asociados a este tipo de cirugía cuando se usa autoinjerto (dolor anterior de la rodilla, artritis de la articulación patelo-femoral, problemas en la funcionalidad de cuádriceps a largo plazo y posibles fracturas rotulianas), ha hecho que numerosos cirujanos se inclinen por otras técnicas (Kartus *et al*, 2001; Moebius *et al*, 2001).

#### **b. Injerto de tendones de la pata de ganso**

Técnicamente es muy similar a la anterior pero usando los tendones de la pata de ganso, recto interno y semitendinoso. La incisión necesaria para su obtención es más pequeña que con el H-T-H y su morbilidad es menor. En la actualidad, debido a su longitud y

fuerza, el uso de los tendones de la pata de ganso para la reconstrucción del LCA se ha convertido en una de las técnicas más usadas. Sin embargo, numerosos informes de complicaciones asociadas a este tipo de cirugía se han ido recopilando mayoritariamente en el mundo del deporte, como la laxitud de la rodilla que es más frecuente en las mujeres que son intervenidas mediante injerto de pata de ganso en comparación con aquellos pacientes operados mediante H-T-H (Noojin *et al*, 2000; Shaieb *et al*, 2002). Ello se debe fundamentalmente a la mayor dificultad de fijación biológica del tendón al túnel óseo, a lo que habría que añadir los déficits de fuerza encontrados en los flexores de rodilla y rotadores internos durante mucho tiempo tras la cirugía (Adachi *et al*, 2003; Torry *et al*, 2004; Asagumo *et al*, 2007; Lautamies *et al*, 2008; Ageberg *et al*, 2009).

Si bien la técnica H-T-H está bastante estandarizada, cuando se emplean los tendones de la pata de ganso la oferta varía considerablemente. Al estar fuera del contexto de esta memoria de tesis doctoral no se entrará a describir las diversas técnicas existentes hoy en día. En cualquier caso, diferentes estudios han demostrado que no hay evidencia suficiente que indique que alguna de las dos técnicas de reconstrucción del LCA sea mejor que la otra en cuanto a funcionalidad de la rodilla, dolor, arco de movimiento, estabilidad de la articulación o nivel de actividad del paciente (Spindler *et al*, 2004; Herrington *et al*, 2005; Biau *et al*, 2006; Ageberg *et al*, 2009; Ahlden *et al*, 2009).

### 1.3. Factores pronósticos en pacientes con insuficiencia del LCA

La rotura traumática del LCA produce una inestabilidad dinámica de la rodilla que puede condicionar la realización de las actividades cotidianas. Después de producirse dicha lesión, el paciente suele adoptar un patrón de marcha asimétrico que básicamente se resume en una pérdida de flexión de la rodilla y un descenso del momento extensor interno de la rodilla del miembro lesionado (Hurd *et al*, 2007; Gardinier *et al*, 2012).

Iriuchishima *et al* (2012) concluyeron que la edad es el único predictor de recuperación muscular después de estas intervenciones y no del tipo de cirugía, y que el retraso en la recuperación muscular se incrementa con la edad del paciente.

En cuanto al tipo de intervención quirúrgica y la relación con la edad del paciente Dejour *et al* (2013) obtuvieron resultados significativos en cuanto al desplazamiento anterior tibial en tres grupos de pacientes intervenidos quirúrgicamente, sobre todo cuando compararon el desplazamiento ántero-lateral tibial. Los autores observaron que el grupo de pacientes que fue intervenido con plastia de H-T-H más refuerzo extra-articular tuvo mejores correcciones de dicha inestabilidad que los otros dos grupos. Sin embargo, la media de edad del grupo que obtuvo mejores resultados fue considerablemente más joven (21.4 años) que el de los

otros dos grupos (27.52 y 33.2 años respectivamente) y la mayoría de pacientes fueron hombres. En cuanto al retorno a las actividades de la vida diaria y actividades deportivas, no hubo diferencias significativas entre grupos a pesar de la diferencia de edad y a pesar de que el grupo que fue intervenido mediante H-T-H más refuerzo extra-articular tuvo mayor inestabilidad tibial anterior previa a la cirugía.

Otro de los problemas añadidos es la elección del tipo de rehabilitación o fisioterapia tras la cirugía la cual, en el caso de deportistas, será el paso previo para decidir cómo y cuándo se le permitirá la vuelta a la actividad deportiva (Mohammadi *et al*, 2013). Mokness *et al* (2008) y Eitzen *et al* (2010), han demostrado que aquellos pacientes que padecían rotura del LCA y que mostraban poca funcionalidad en la rodilla en estadios iniciales, tras hacer un programa de cinesiterapia aumentaron de forma considerable la funcionalidad de dicha articulación. Eitzen *et al* (2009) demostraron que la fuerza del cuádriceps previo a la cirugía ha sido uno de los mayores indicadores de funcionalidad de la rodilla tras dos años de la plastia del LCA y que dichos déficits se conservaron hasta dos años posteriores a la intervención quirúrgica. Este hecho hace más que justificable la decisión de algunos cirujanos de posponer durante un corto periodo de tiempo la reconstrucción del LCA hasta que se consiga una mayor funcionalidad y fuerza en la articulación afecta.

Existen muy pocos protocolos de rehabilitación para roturas del LCA, basados en la evidencia (Risberg *et al*, 2004; Trees *et al*, 2005; Cooper *et al*, 2005), que incluyan programas de ejercicios de fortalecimiento y mejora de la movilidad de la rodilla en estadios tempranos con su valoración funcional.

Eitzen *et al* (2010) intentaron demostrar la validez de un protocolo de ejercicios realizado durante 5 semanas, para la fase pre-operatoria y para los primeros estadios de la fase post-operatoria en pacientes con rotura del LCA. Los autores afirman que con la batería de ejercicios realizada, mejoró significativamente la fuerza muscular y la funcionalidad en la articulación de la rodilla incluso con la corta duración del programa.

Mohammadi *et al* (2013) hicieron un estudio comparativo con dos grupos de jugadores de fútbol profesional que fueron intervenidos mediante dos técnicas diferentes de LCA (H-T-H y SG) con el mismo programa de rehabilitación postquirúrgico. Realizaron diversos tests de valoración en ambos grupos y los compararon con un grupo de deportistas sanos como grupo control, tras haber vuelto a la práctica deportiva. Concluyeron que el grupo de deportistas operados mediante injerto de la pata de ganso tuvo mejores resultados que el grupo operado con injerto del tendón rotuliano en determinados tests de saltos y en pico de fuerza del cuádriceps. Sin embargo tuvieron resultados similares en cuanto a pico de fuerza de la musculatura isquiosural y otros tests de salto. En ambos grupos se observaron déficits de fuerza tanto en cuádriceps como en isquiosurales en comparación con el grupo de

deportistas sanos, así como peores resultados en test de valoración funcional relacionados con el salto y la recepción tras el mismo.

Yosmaoglu *et al* (2011) compararon dos grupos de pacientes con edades, peso y estatura similar, operados de rotura del LCA con pata de ganso como injerto, aunque con dos procedimientos quirúrgicos diferentes (un grupo con Endobutton y el otro con transfijión femoral). Tras la cirugía siguieron idéntico proceso de rehabilitación protocolarizado durante 16 semanas con un seguimiento hasta las 36 semanas. Concluyen que no se encontraron diferencias significativas en ambos grupos respecto a la fuerza de flexo-extensores de rodilla medido isocinéticamente, tanto en fases concéntricas como excéntricas, coordinación motriz entre cuádriceps e isquiosurales, propiocepción ni en la estabilidad de la rodilla.

Ageberg *et al* (2008) compararon los resultados de fuerza muscular y test funcionales en dos grupos de pacientes; uno que siguió un protocolo de trabajo de rehabilitación y fortalecimiento muscular tras cirugía de LCA y el otro grupo de pacientes que no recibió tratamiento quirúrgico y simplemente realizó dicho protocolo de rehabilitación y fortalecimiento. Concluyeron que no existieron diferencias significativas en cuanto a fuerza muscular y funcionalidad de la rodilla entre ambos grupos tras 2 a 5 años de la lesión. Dos tercios del total de los pacientes de ambos grupos habían recuperado la funcionalidad muscular normal de la articulación de la rodilla en test simples y únicamente la mitad del total de los pacientes de ambos grupos habían recuperado la función normal para toda la batería de test realizada.

Risberg *et al* (2007) compararon los resultados obtenidos en test funcionales, escala visual analógica (EVA), cuestionario general de calidad de vida SF-36, test de equilibrio dinámico, propiocepción y fuerza medida isocinéticamente, en dos grupos de pacientes que realizaron protocolos de rehabilitación bien diferenciados tras haber sido sometidos a reconstrucción del LCA. Ambos empezaron el tratamiento tras 2 semanas de la plastia del LCA, asistieron 2 ó 3 veces por semana a tratamiento durante 6 semanas y fueron valorados antes de la intervención, a los 3 y 6 meses de la misma. El primero de los grupos realizó un programa de rehabilitación basado en entrenamiento neuromuscular, donde se realizaron ejercicios de equilibrio y estabilización dinámica, agilidad, entrenamiento pliométrico y en las fases finales actividades deportivas específicas. El segundo grupo se centró en el fortalecimiento de los grupos musculares de los miembros inferiores. Dicho protocolo fue progresivo, iniciando con ejercicios funcionales centrados en el mantenimiento isométrico de resistencias o pesos, posteriormente ejercicios de fortalecimiento muscular específico de cuádriceps, isquiosurales y tríceps sural y finalmente actividades deportivas específicas. Concluyeron que no existen diferencias significativas entre ambos grupos ni previo a la intervención, ni después de 2 años de seguimiento tras la cirugía (Risberg *et al*, 2007b).



En resumen, se ha encontrado evidencia suficiente que demuestra que la recuperación muscular tras la plastia del LCA, está íntimamente ligada a los niveles de fuerza muscular previo a la intervención, así como al tiempo que pasa entre el momento de la lesión y el día de la intervención quirúrgica y al tipo de rehabilitación realizada previo y posterior a la cirugía (Andersson *et al*, 2009; Eitzen *et al*, 2009; Xergia *et al*, 2011).

#### 1.4. Tipos de valoración de resultados

Existen varios métodos para valorar los resultados tras la intervención de una rotura del LCA. La mayoría podría incluirse dentro de uno o más de un subgrupo clasificatorio en atención a los siguientes criterios: a) Valoración subjetiva de resultados por parte del paciente, incluyendo aspectos como la funcionalidad, satisfacción, calidad de vida, etc. b) Valoración objetiva de resultados funcionales por parte del observador, en la que se tienen en cuenta aspectos relacionados con el desempeño de actividades y capacidad funcional tras la intervención (saltos, carreras, etc.). c) Valoración objetiva de parámetros físicos relacionados con la función del LCA: arco de movilidad articular, fuerza muscular, desplazamiento óseo, etc.

Obviamente ninguno de los métodos existentes tiene en cuenta todas las posibilidades, por lo que la valoración de resultados suele incluir más de un método. Entre los métodos más usados pueden destacarse:

##### 1.4.1. Valoración subjetiva de resultados por parte del paciente

La diferencia fundamental entre los cuestionarios de valoración subjetiva y otras pruebas de valoración de la rodilla es que los cuestionarios miden discapacidad y las pruebas clínicas miden básicamente la función y el nivel de deterioro de dicha articulación. Debido a la amplia problemática socio-económica que presentan las lesiones del LCA, dichos cuestionarios se orientan a valorar el estado funcional antes y después de la lesión. Por otro lado, también pueden estar orientados a comprender y valorar los procesos de recuperación y protocolos de tratamiento de rehabilitación después de la reconstrucción quirúrgica o tras el tratamiento conservador, incluyendo otros factores como patologías asociadas al paciente o nivel de actividad en el momento de la intervención que pueden alterar los resultado de un determinado tratamiento.

- **Cuestionario IKDC (International Knee Documentation Committee)**

El formulario IKDC surgió a partir de la necesidad de implementar un sistema estándar de evaluaciones del ligamento que suministrara una terminología común y universal que hasta el momento no existía (Irrgang *et al*, 2001). Incluye un formulario demográfico,

formulario para la evaluación de la salud actual, formulario para la evaluación subjetiva de la rodilla, formulario para el historial de la rodilla, formulario para documentación de cirugía, formulario para el examen de la rodilla y la actividad deportiva, que pueden usarse como formularios separados. Sin embargo el más usado en la práctica clínica diaria es el de evaluación subjetiva de la rodilla.

El formato reducido consta de una hoja donde se valoran dichos aspectos agrupados en 18 preguntas, donde al menos 16 deben ser respondidas para poder ser utilizado. Incluye preguntas sobre actividades de la vida diaria que se centran en aspectos como caminar sobre diferentes superficies, subir y bajar escaleras, permanecer de pie, arrodillarse, levantarse desde una silla, etc. Con respecto a las actividades deportivas, se valoran capacidades para correr, saltar, parar y girar

Los objetivos fundamentales que busca dicho cuestionario son incluir los criterios esenciales para evaluar resultados de forma reproducible, facilitar la publicación de los mismos y permitir la utilización del sistema en la práctica clínica diaria (Irrgang *et al*, 2001; Higgins *et al*, 2007). Fue diseñado para ser usado antes de la intervención quirúrgica, incluidas lesiones en ligamentos, meniscos, cartilago y dolor patelo-femoral, y para el posterior seguimiento de los pacientes.

En cuanto al análisis de los resultados, los valores son sumados y transformados en una escala de 0 a 100, donde se interpreta que 100 puntos significa que no hay limitación para las actividades de la vida diaria o actividades deportivas, con ausencia de síntomas. Para muchos autores un cambio de 9 puntos, entre antes de la intervención y el seguimiento posterior, representa un verdadero cambio en el estado del paciente, por el contrario cambios menores pueden considerarse insuficientes (Irrgang *et al*, 2001).

Thomee *et al* (2007) han demostrado que las roturas de LCA conducen a una disminución de la autoconfianza y preparación que el paciente tenía antes de la cirugía, lo que podría condicionar el resultado final de la intervención quirúrgica. Sin embargo el IKDC no valora la autoconfianza o autoeficacia del paciente por lo que los autores coinciden que para futuros estudios sería determinante la aplicación de auto-cuestionarios de valoración que pudieran predecir los resultados post-operatorios que verificaran esta sugerencia (Eitzen *et al*, 2010).

#### • **KOOS (Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score)**

Roos *et al* (1998) describieron esta escala de valoración con el objetivo de evaluar pacientes jóvenes con lesiones deportivas como las del ligamento cruzado anterior. Básicamente intentaron eliminar al observador creando un cuestionario que debía ser completado por el paciente sin interferencia del terapeuta. Es un cuestionario específico de lesión de rodilla que consta de 42 preguntas clasificadas en 5 niveles o escalas que es valorado de 0 (peor valoración) a 100 (mejor valoración) puntos y que se tarda unos 10 minutos en completar aproximadamente. Además puede ser completada a domicilio.

Evalúa cinco parámetros: dolor (9 ítems), síntomas (7 ítems), actividades de la vida cotidiana (17 ítems), actividades recreativas y deportivas (5 ítems) y calidad de vida (4 ítems).

Es un método por el que muchos autores se sienten atraídos por él debido a que ha sido validado en pacientes con lesiones ligamentosas, patología meniscal y gonartrosis. Sin embargo, no faltan sus detractores debido a que se han demostrado distintos resultados entre pacientes con diferentes edades y sexo (Granan *et al*, 2008).

#### • **Escala CKRS (Cincinnati Knee Ligament Rating System)**

La escala Cincinnati en su día fue diseñada específicamente para valorar la inestabilidad de la rodilla tras lesiones del LCA, haciendo énfasis en la sintomatología y percepción del paciente sobre la capacidad funcional de su rodilla. El sistema de evaluación tiene varias partes que incluye examen físico, pruebas de estabilidad y hallazgos radiográficos. Posteriormente ha sufrido numerosas modificaciones y ha sido desarrollada para valorar síntomas y limitaciones funcionales para actividades deportivas y de la vida diaria (Greco *et al*, 2010). Actualmente consta de 13 escalas y seis subescalas donde se valora: síntomas (20 puntos), actividad deportiva y actividad de la vida cotidiana (15 puntos), examen físico (25 puntos), evaluación de inestabilidad de la rodilla (20 puntos), hallazgos radiográficos (10 puntos) y test funcionales (10 puntos). La puntuación global es de 0 a 100 puntos. La mayor parte de las críticas que se hacen de ella se centran en el tiempo que se tarda en ser completada y por presentar cierto nivel de complejidad (Greco *et al*, 2010). Sin embargo es uno de los métodos de evaluación combinados más utilizado en la actualidad.

#### • **Escala de actividad de Marx**

Esta escala es usualmente utilizada junto a otras escalas de valoración de rodilla. Fue diseñada con el objetivo de que el paciente indique su nivel de actividad (Marx *et al*, 2001). Consiste en cuatro preguntas que evalúan acciones como correr, realizar desplazamientos cruzados o con cambios de dirección, desaceleraciones y movimientos de rotación. La puntuación que recibe el paciente en cada uno de los apartados (de 1 a 4) depende de la frecuencia de realización, dándole la mínima puntuación (0) si realiza la actividad una vez al mes, y la máxima (4) si la realiza al menos cuatro veces por semana. La puntuación mínima es 0 y la máxima 16. De esta manera se cuantifica el pico máximo de actividad del último año. Es bastante aceptada puesto que evalúa función y no un deporte determinado y es muy fácil de utilizar.

#### • **Puntuación de actividad de TEGNER**

El cuestionario para valoración de la actividad de Tegner fue inicialmente elaborado en los años 80 como parte de la escala de Lysholm. Básicamente, se trata de un índice de

satisfacción subjetiva en una escala que va de 1 hasta 10, donde se considera 10 como un nivel de actividad normal. Una de las características más importantes que tuvo en su día es que puede ser realizado por el terapeuta o por el propio paciente sin necesidad de tener un técnico sanitario presente en todo momento. El paciente ha de clasificar la propia percepción de su función general de la rodilla. Tras cumplimentar la escala se le asigna al individuo un nivel de actividad determinado de 0 a 10, donde; 0 representa incapacidad como consecuencia de una lesión de la rodilla, 1-4 se considera que el individuo no realiza actividad deportiva pero trabaja, 5-7 practica actividad física recreativa, y entre 7-10 realiza actividad física competitiva. Uno de los problemas que se le achacan es que organiza y agrupa las actividades deportivas sin tener en cuenta la frecuencia con que se realiza dicha actividad. En la actualidad sigue complementando otros cuestionarios y escalas de evaluación como la escala de Lysholm.

#### • **Escala de LYSHOLM.**

Fue desarrollada por Lysholm y Gilquist en 1982 con el principal objetivo de que fuera completada por el paciente. Modificado posteriormente por Tegner y el propio Lysholm, quitando, entre otras cosas las mediciones objetivas para dejarlo básicamente como una escala totalmente subjetiva. Es la más utilizada en la literatura para la evaluación funcional de la rodilla tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior.

Básicamente, consta de ocho ítems relacionados con la función de la rodilla: cojera, uso de soporte para caminar, inestabilidad, dolor, bloqueo, inflamación, capacidad para subir escaleras y capacidad para agacharse. Cada ítem y la puntuación global son analizados por separado. Esta escala se utiliza para clasificar la sensación subjetiva de bienestar del paciente en relación con su capacidad funcional.

En cuanto al análisis de los resultados, la puntuación máxima es de 100. Se considera que por debajo de 65 el resultado es pobre; regular entre 66 y 83; bueno desde 84 hasta 94 y excelente por encima de 95.

Ha recibido las críticas de diversos autores que consideran que se le da más importancia a las actividades de la vida cotidiana que al deporte y que la mitad de la escala se basa en síntomas subjetivos de dolor e inestabilidad y no en parámetros objetivos. Por este motivo, recomiendan utilizarla con la escala de Tegner (Wright, 2009; Briggs *et al*, 2009).

### **1.4.2. Valoración objetiva de tests funcionales por parte del observador**

#### • **Análisis visual del movimiento con marcas refractantes en la piel**

Este tipo de test es poco operativo en la práctica diaria de la mayoría de los centros médicos ni de rehabilitación. Básicamente es llevado a cabo en laboratorios específicos de biomecánica equipados con al menos tres cámaras de alta velocidad de grabación y un específico software procesador de datos. El paciente hace los movimientos sobre

unas plataformas de fuerza colocadas en el suelo. Las marcas refractantes, colocadas en diferentes puntos anatómicos de referencia sobre la piel del individuo, son captadas en las tres dimensiones del espacio por las cámaras y las fuerzas de reacción emitidas por las plataformas de fuerza durante el movimiento son también registradas. Finalmente se pasa a la fase de análisis de datos recolectados donde se valoran aspectos cinemáticos y biomecánicos de la rodilla como grados de flexión de la misma, rotación interna y valgo usando el software específico (Lam *et al*, 2009).

#### • Test de valoración funcional

Numerosos test funcionales se han venido publicando en la literatura reciente, con el fin de valorar de una forma práctica y efectiva la funcionalidad de la articulación de la rodilla tras ser sometida a una intervención quirúrgica del LCA. Entre los más utilizados se encuentran los siguientes:

- *Pequeños saltos con una sola pierna desde parado*. Se puede hacer una sola vez, dos o tres consecutivas y se comparan resultados con pierna no intervenida (Ageberg *et al*, 2008; Eitzen, *et al*, 2009). Otros autores incluso lo realizaron cruzando la pierna (Mohammadi *et al*, 2013).
- *Test de subir escalones*. Se suben y bajan unos 20-22 escalones de una altura aproximada de 17 cm con una sola pierna y se toma el tiempo en realizarlo. También se compara pierna lesionada con sana (Eitzen *et al*, 2009).
- *Arrodillares y / o caminar de rodillas* y se pasa una escala para que valore el dolor o sensación subjetiva (Dejour *et al*, 2013).
- *Salto verticales con una pierna*. Se mide la altura y se compara con la pierna no afecta (Ageberg E, *et al* 2008). Normalmente se deja al paciente realizar unos 4-5 saltos de prueba y después se hacen 3 intentos a máxima intensidad que son los que se miden. Cuando el test se realiza con saltos laterales sólo se realiza un intento por cada pierna.
- *Salto a los lados con una pierna*. El paciente debe saltar el mayor número de veces posible una distancia de unos 40 cm con una sola pierna. Al final se cuentan las veces que lo ha realizado sin tocar las marcas del suelo en 30 segundos (Ageberg *et al*, 2008).
- *Salto verticales*. En la mayoría de los casos lo han valorado con contra-movimiento (Ageberg *et al*, 2008). La medición se realiza normalmente con ayuda de una plataforma de fuerza u otro sistema computarizado.
- *Test de saltos desde altura*. Los pacientes en la mayoría de los casos se dejaron caer, con una pierna, desde escalones de unos 40 cm de altura sobre una plataforma. Posteriormente realizaron un salto lo más alto posible sobre esa misma pierna, para volver a caer en dicha plataforma donde se registran los datos obtenidos (Mohammadi *et al*, 2013).

Button *et al* (2014) llevaron a cabo un estudio con pacientes intervenidos del LCA y lo compararon con un grupo control de pacientes que no habían tenido historial previo de lesión en la rodilla. En dicho estudio analizaron determinados aspectos biomecánicos como velocidad de marcha y carrera, cadencia (pasos por minuto), distancia de zancada, longitud de zancada, simetría de longitud de zancada y distancia máxima de salto, mediante un sistema de digitalización de imágenes. Los autores encontraron que la velocidad de marcha se normalizó, en comparación con el grupo control, en torno a los 118 días, la distancia de zancada a los 95 días, la cadencia a los 130 días y el índice de asimetría entre ambos miembros inferiores fue del 5% a los 95 días. La distancia de salto con la pierna lesionada entre ambos grupos se equiparó en torno a los 166 días después de la cirugía y la diferencia entre ambos miembros inferiores fue siendo menor a medida que pasaba el tiempo.

### 1.4.3. Valoración objetiva de parámetros físicos relacionados con la función del LCA

#### A. Desplazamiento anterior de la tibia

El LCA es la principal estructura que limita el desplazamiento anterior tibial respecto al fémur. Sin embargo dicho ligamento permite determinado desplazamiento cuando la rodilla es sometida a fuerza externas. Gabriel *et al* (2004) han descrito unos  $4 \pm 1$  mm de desplazamiento anterior tibial cuando la rodilla se encuentra en extensión completa y  $6,4$  mm ( $\pm 2,4$  mm) a  $60^\circ$  de flexión. Yosmaoglu *et al* (2011) han publicado diferencias menores de 3 mm cuando se comparó el desplazamiento tibial anterior del miembro operado con el miembro no operado, independientemente de la técnica quirúrgica llevada a cabo.

Diferentes test de valoración son realizados en la práctica clínica diaria por parte de los profesionales que diagnostican, valoran y tratan pacientes con insuficiencia de LCA. Así mismo, numerosos instrumentos de valoración han sido desarrollados en los últimos años para su cuantificación y diagnóstico.

- **Test de Lachman:** es un test llevado a cabo rutinariamente por cirujanos, médicos y fisioterapeutas. Tiene una alta fiabilidad dentro de la práctica clínica diaria pero obviamente depende de la experiencia y habilidad del que lo realice. Se establecen tres niveles de laxitud anterior tibial; grado I (entre 1 y 5 mm), grado II (entre 6 y 10 mm) y grado III de laxitud (más de 10 mm) (Lam *et al*, 2009). No hay evidencia científica clara que demuestre que es un método del todo fiable para el diagnóstico de inestabilidad anterior de la tibia.
- **Test de Pivot Shift:** es otro de los test llevados a cabo en la práctica clínica diaria por los profesionales sanitarios que valoran y diagnostican pacientes con insuficiencia del LCA.

Algo más complejo de realizar que el anterior pero con los mismos problemas de fiabilidad, al depender directamente de la experiencia y habilidad del médico o terapeuta que lo realice. Se valora básicamente una combinación entre rotación interna y valgo de rodilla.

• **Artrómetro KT-1000** (Medmetric Corp., San Diego, California)

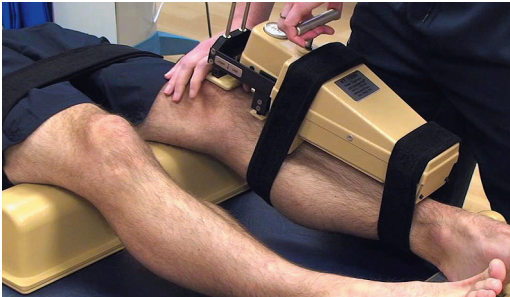


Figura 1. Artrómetro KT-1000.

Es un instrumento mecánico que ha sido diseñado específicamente para valorar y medir de forma específica el desplazamiento ántero-posterior de la tibia en el plano sagital.

El paciente se tumba en supino con la rodilla a unos 20-30° de flexión sobre una plataforma que es colocada bajo la zona poplíteica. Se le

dice al paciente que se relaje, se coloca el dispositivo sobre la tibia y se fija mediante unas bandas. Se reajusta posteriormente el dispositivo de medición y el KT-1000 produce una fuerza (normalmente 15, 20 y 30 libras) de desplazamiento anterior sobre la tibia, previo aviso al paciente (Lam *et al*, 2009). El desplazamiento anterior es medido en mm y se compara los resultados con el lado contralateral. Es uno de los dispositivos más utilizados en la bibliografía actual pero hay autores que han puesto en tela de juicio su fiabilidad metodológica (Sernert *et al*, 2004; Svensson *et al*, 2006).

• **Stryker knee laxity tester** (Kalamazoo, MI)

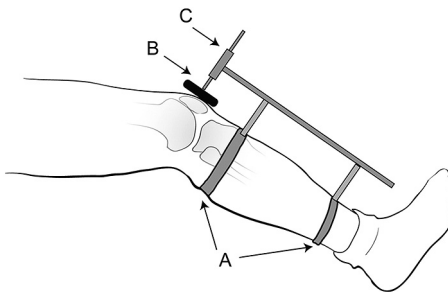


Figura 2. Stryker knee laxity tester.

Es un dispositivo sencillo de utilizar que mide el desplazamiento ántero-posterior de la rodilla con test manuales. Dicho test puede ser realizado en varios grados de flexión con diferentes valores de fuerza con dirección anterior o posterior.

Consiste en una barra fijada a la tibia y otra barra estabilizadora po-

sicionada en la cara anterior de la rótula. El desplazamiento anterior o posterior se mide en dirección opuesta a la barra colocada en frente de la rótula.

• **The Genucom** (FARO, Lake Mary, FL)

Fue un sistema creado por FARO Medical Technologies. Es un sofisticado dispositivo computarizado diseñado para medir laxitud de rodilla en múltiples direcciones. Se puede utilizar con varios grados de flexión e indistintamente con fuerza en el plano ántero-posterior

o para fuerzas provocadoras de valgo y/o varo. También se pueden utilizar para llevar a cabo test de rotación interna y externa de rodilla.

• **Acufex Knee signature system (Norwood, MA)**

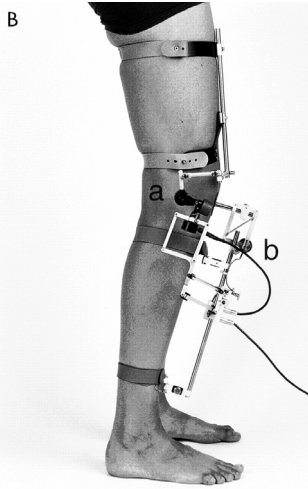


Figura 3. Acufex Knee signature system.

Es otro sistema de medición de laxitud en diferentes planos. Consiste básicamente en un electro-goniómetro que mide la traslación tibio-femoral con 4° de libertad. El dispositivo es conectado al muslo y a la pierna con velcros. Varias fuerzas de magnitudes y direcciones diferentes se aplican a la rodilla, dando como resultado la traslación ántero-posterior, rotación, varo/valgo y flexión de la articulación.

En este caso las medidas pueden ser tomadas durante actividades cotidianas y funcionales del paciente, que lo hace diferente a los anteriores.

Dicho producto se ha dejado de fabricar en la actualidad aunque se encuentra en el mercado otro con similar tecnología (CA-4000 Electrogoniometer (OS Inc, Hayward CA).

• **The Rolimeter (Aircast, Boca Raton, FL)**



Figura 4. The Rolimeter.

Es un dispositivo portátil de medición de laxitud anterior de la rodilla. Permite al examinador realizar el test clásico de Lachman y medir la traslación de la tibia con máxima fuerza manual. Aunque puede parecer menos fiable que los anteriores por sus características, estudios de Mueller *et al* (2001) analizaron la fiabilidad inter e intra-observador y encontraron que no hubo diferencias significativas entre medidores.

• **UCLA Instrumented Clinical Testing Apparatus (University of California, Los Angeles, CA)**

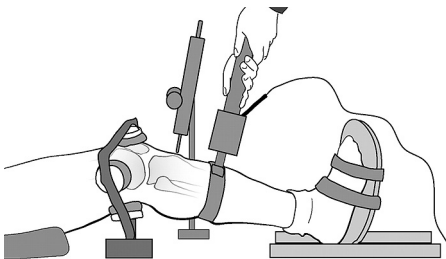
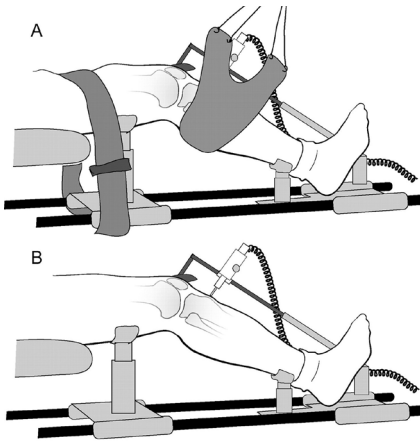


Figura 5. UCLA Instrumented Clinical Testing Apparatus.

Este dispositivo mide las curvas de respuesta del desplazamiento tibial así como el desplazamiento total en el plano ántero-posterior y en los planos de valgo/varo. Las curvas de respuesta al desplazamiento permiten al examinador determinar la rigidez del ligamento de la rodilla examinado.



• **Dyonics Dynamic Cruciate Tester (DCT) (Smith and Nephew, Andover, MA)**



Es un dispositivo computarizado que valora la traslación ántero-posterior de la rodilla. El fémur se fija al aparato y el tobillo se coloca en el soporte con la rodilla a 30° de flexión. Se coloca un sensor en la tuberosidad tibial anterior (TTA) y se registra el resultado del cajón anterior producido por fuerzas de magnitudes diferentes.

Figura 6. Dyonics Dynamic Cruciate Tester.

• **Artrómetro Kneelax 3 (Monitored Rehab System, Haarlem, the Netherlands).**

Mide como otros artrómetros el desplazamiento ántero-posterior entre la tibia y el fémur.

## B. Medición de la fuerza muscular de la rodilla

La medición de la función de los grupos musculares que intervienen en la rodilla incluye tanto la medición de la fuerza como de la potencia. En la mayoría de la bibliografía que ha abarcado la pérdida y recuperación de fuerza de la musculatura de la rodilla después de intervenciones del LCA, se ha analizado también los valores de fuerza de la pierna no afecta. Esto ha sido tradicionalmente evaluado para comparar si la pierna afecta ha obtenido pérdidas o ganancias de fuerza en comparación con la pierna de la rodilla no intervenida. Además, la restauración de una similar fuerza muscular entre ambas es considerada un factor determinante para permitir al paciente realizar determinadas actividades físicas y deportivas (Xergia *et al*, 2011). Es por ello que muchos autores consideran crucial, tras intervenciones quirúrgicas de LCA, la restauración del ratio de fuerza muscular entre el miembro afecto y el no intervenido, tanto para flexores como para extensores de rodilla, para una segura vuelta a las actividades cotidianas que se realizaban antes de la lesión (Myer *et al*, 2006).

Muchos son los medios y dispositivos que han sido descritos en la bibliografía reciente para valorar dicha fuerza en todas sus vertientes: isométrica, dinámica concéntrica y excéntrica e isocinética.

La medición de la fuerza muscular bajo condiciones isométricas es una herramienta de valoración de la funcionalidad de la rodilla bastante objetiva y útil en la práctica clínica (Maffiuletti, 2010; Kato *et al*, 2014). Es por ello que muchos autores la prefieren frente a valoraciones isocinéticas o test de valoración de levantamiento de peso con resistencia

variable, aún cuando las contracciones isométricas son poco habituales en las actividades de la vida diaria (AVD).

Las valoraciones de la fuerza muscular isométrica han demostrado ser fiables en diferentes poblaciones de estudio y los coeficientes de fiabilidad pueden ser incluso superiores a los obtenidos con mediciones isocinéticas (Fransen *et al*, 2003).

Los dinamómetros manuales, que en la actualidad se han visto perfeccionados por los dinamómetros con estabilizador, son considerados por muchos autores como el mejor método de valoración de la fuerza de la rodilla en la práctica clínica (Click Fenter *et al* 2003; Krause *et al* 2007). Todos ellos son usados para cuantificar la fuerza muscular isométrica en unidades internacionales (Newtons, Kilogramos o libras).

Los dispositivos más usados en la actualidad son los siguientes:

• **Chatillon MSC Series Dynamometer (AMETEK, Inc, Largo, Florida)**



La precisión de dicho dinamómetro está en 0.1 a gran escala. Una pantalla de cristal líquido ayuda a ver una variedad de mediciones como valores normales y picos, resultados fallidos en el test, promedio de carga, comparación de carga, actuación de la medición y dirección.

La pantalla puede moverse y se puede esconder del sujeto mientras éste realiza el test. El aparato recopila una señal continua analógica que se puede descargar a un ordenador o ver directamente en la pantalla.

Figura 7. Chantillon MSC Series Dynamometer.

• **Lafayette Manual Muscle Test System (Lafayette Instrument Company, Lafayette, Indiana)**



Figura 8. Lafayette Manual Muscle Test System.

Dispositivo ligero de control de micro-procesador que mide picos de fuerza, tiempo en alcanzar esos picos de fuerza y tiempo total del test. Capaz de guardar hasta 52 tests a la vez. El tiempo del test está entre 1 y 10 segundos y un tono auditivo avisa de la finalización del tiempo del test. El software permite navegar entre las opciones del dispositivo. Tiene una precisión de  $\pm 1\%$  y una batería de unas 85 horas de capacidad.

• **Nicholas Manual Muscle Tester (Lafayette Instrument Company, Lafayette, Indiana)**



Dicho dispositivo contiene una célula de carga patentada que minimiza errores de cargas no perpendiculares. Puede medir fuerzas de 0,1 kg, en intervalos de 0,9 hasta 199,9 kg. Un diseño ergonómico permite al evaluador ver la ventana de lectura de fuerzas durante la ejecución del test.

Se ha dejado de fabricar recientemente y ha sido sustituido por el modelo anteriormente descrito, Lafayette Manual Muscle Test System.

Figura 9. Nicholas Manual Muscle Tester.

• **MicroFET (Hoggan Health Industries, Inc, West Jordan, Utah)**



Figura 10. MicroFET 3.

Es un dinamómetro e inclinómetro manual, fiable y fácil de transportar, de tamaño pequeño que cabe en la mano del observador y sin cableado. Los valores de fuerza obtenidos son fácilmente leídos en una pantalla digital situada en la parte externa del dispositivo. Muestra, después de cada contracción del paciente, la fuerza pico obtenida en el esfuerzo y el tiempo utilizado en dicho esfuerzo. Ha sido aprobada por la U.S. Food and Drug Administration (FDA) y tiene una precisión de  $\pm 2\%$ .

La célula de carga tiene una capacidad de 150 lb y se puede seleccionar entre alto y bajo umbral lo cual proporciona una doble sensibilidad en la medición de los cambios de resistencia. Viene con tres implementos o almohadillas que se adaptan a los diferentes segmentos del cuerpo a ser medidos.

• **Isobex (Curson AG , Bern, Switzerland)**

Es un dispositivo controlado por micro-procesador que tiene un umbral de 1 kg mínimo. No tiene en cuenta el primer segundo de recogida de datos porque la fuerza incrementa rápidamente en el periodo inicial del test. La frecuencia de muestreo es ajustable de modo que el número de muestras se optimice dependiendo de la velocidad de contracción.

Los dinamómetros isocinéticos también pueden ser usados en modo isométrico y permiten una estandarización de los protocolos de valoración bastante óptimos así como el registro directo de los valores de fuerza obtenidos. El problema que tienen estos dispositivos es su alto coste que los hacen poco accesibles a la práctica clínica diaria. En comparación

con otros dispositivos usados, los dinamómetros isocinéticos permiten cuantificar los déficits de fuerza muscular a través de la medición de parámetros específicos como trabajo por unidad, pico de fuerza de torsión máxima a determinados recorridos articulares, así como el valor máximo de fuerza utilizado en la contracción (Pua *et al* 2008; Eitzen *et al* 2009; Xergia *et al* 2011).

Entre los más utilizados en la literatura se encuentran:

· **Biodex (Biodex Medical Systems, Shirley, New York)**



Mide la fuerza mediante el control de la velocidad del movimiento y controlando la fuerza aplicada a través de un transductor de fuerza calibrado.

Figura 11. Biodex.

· **CON-TREX (CMV AG, Dübendorf, Switzerland)**



De fabricación Suiza y validado por la Universidad de Freiburg en Alemania, cumple con los mismos requerimientos de otros dinamómetros isocinéticos. Los nuevos modelos cuentan con un sistema llamado "modo balístico" que evita las sobrecargas articulares en situaciones mecánicamente desfavorables.

Figura 12. Con-trex.

· **Humac Norm (CSMi, Stoughton, Massachusetts)**



Anteriormente llamada Cybex Norm, en la actualidad se ha pasado a llamar Humac Norm. De características similares al modelo anterior de la marca Biodex.

Figura 13. Humac Norm.

## • Kin Com (Isokinetic International, Harrison, Tennessee)

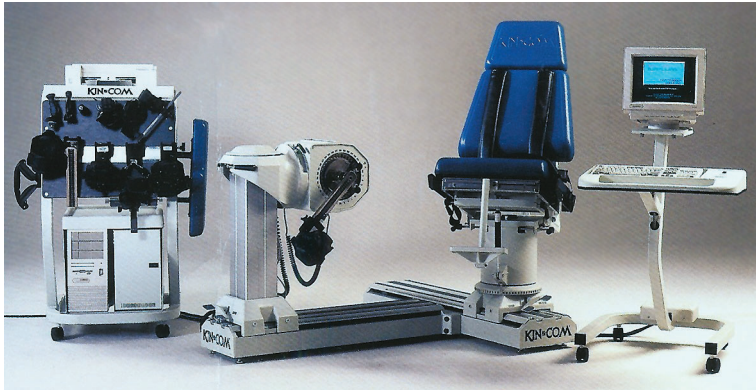


Figura 14. Kin com.

Al igual que todas las anteriores, mide tanto las contracciones concéntricas como las excéntricas, así como las contracciones isométricas. Tiene la peculiaridad de medir otras variables de carácter isotónicas llamadas de ayuda o asistencia activa, al igual que la Con-trex.

## 1.5. Estudios de fuerza e insuficiencia del LCA pre y postoperatorios

### 1.5.1. Fuerza muscular e insuficiencia del LCA

La debilidad de los músculos de la rodilla es bastante común en déficits crónicos del LCA, así como tras la intervención quirúrgica del mismo. La acción de la musculatura es esencial para el correcto funcionamiento de la rodilla. De hecho, una buena musculatura puede sustituir la función estabilizadora del LCA.

Existen publicaciones que demuestran las alteraciones musculares en pacientes con insuficiencia de este ligamento, pero no está claro el papel que juega la potencia muscular y su relación entre los distintos grupos musculares de la rodilla, en la disfunción provocada por la rotura del LCA. Sí se ha demostrado que la incapacidad de activar completamente el cuádriceps de forma voluntaria en los pacientes que padecen esta lesión, contribuyen claramente a esta disfunción (Hurley *et al*, 1992; Hurley *et al*, 1994 Urbach *et al*, 2001). Este déficit neuromuscular ha sido también denominado *inhibición muscular artrogénica* o *inhibición refleja muscular*. Además, Hurley *et al*, 1992; Hurley *et al*, 1994, han demostrado que la rehabilitación no tiene un claro efecto en la recuperación de la inhibición refleja del cuádriceps tras roturas aisladas del LCA sin intervención quirúrgica.

Urbach y Awiszus (2002) han observado que en una rotura unilateral del LCA, la capacidad del cuádriceps para contraerse de manera voluntaria se puede ver deteriorada en ambos miembros inferiores.

La teoría de la inhibición neural central tras un daño producido en la articulación, está sustentada en los descubrimientos de esos déficits de contracción o activación voluntaria y por la evidencia experimental de una inhibición tónica descendente a través de las neuronas espinales inducida por una artritis de la rodilla (Cervero *et al*, 1991; Schaible *et al*, 1991; Urbach *et al*, 2001). Vleriani *et al*, (1996) encuentran una relación entre los déficits propioceptivos tras roturas del LCA con una disminución de los potenciales evocados por los somatosensores corticales. Esto enfatiza la importancia de la neurofisiología o de los mecanismos corticales en la función músculo-esquelética tras lesiones ligamentosas.

Kouzaki *et al*, (2000), Konishi *et al*, (2002a) y Konishi *et al*, (2002b) han estudiado los impulsos aferentes que emite el LCA y la importancia que ello tiene a la hora de reclutar unidades motoras de alto umbral de excitación en el cuádriceps femoral para justificar la debilidad de dicha musculatura tras las roturas del LCA.

Konishi *et al*, (2012) estudiaron la relación entre el volumen del cuádriceps femoral de la pierna operada de LCA (medida en cm<sup>3</sup>) con el pico máximo de fuerza que dicho músculo podía ejercer, mediante el análisis de la sección transversal del músculo medida con resonancia magnética a los 18 meses de la cirugía. A su vez, los resultados fueron comparados con la pierna no operada y con un grupo control compuesto por sujetos que no habían tendido ninguna lesión previa en la articulación de la rodilla. Los autores partieron de la hipótesis que la debilidad bilateral del cuádriceps después de una rotura unilateral del LCA era debido a una disminución del reclutamiento de unidades motoras y concluyeron que la máxima capacidad del cuádriceps para reclutar unidades motoras de alto umbral de excitación fue totalmente restablecido tras 18 meses de la cirugía. Los mismos autores habían realizado anteriormente un estudio similar pero analizaron los resultados a los 12 meses de la intervención quirúrgica y encontraron que el pico máximo de fuerza del cuádriceps, relacionado con el volumen fue menor en ambos miembros (operado y no operado) que en el grupo control.

En la musculatura isquiosural, dichos grupos musculares juegan un papel determinante en dicho desplazamiento anterior tibial en situaciones dinámicas, llegando incluso a compensar las posibles insuficiencias mecánicas que dicho ligamento pueda tener por diversos motivos. De esta manera una debilidad considerable de dicha musculatura y una baja co-activación con la musculatura extensora de rodilla, pueden ser un claro factor de riesgo para padecer lesiones del LCA (Li *et al*, 1996; Griffin *et al*, 2005; Ageberg *et al*, 2009).

Lo que sí parece que ha quedado claro en los últimos años es que, los cuestionarios de funcionalidad y la recuperación de la función de la articulación realizados por el paciente, están directamente relacionados con la recuperación de la fuerza de

la musculatura extensora de la rodilla y que, en la mayoría de los casos, los resultados funcionales tuvieron una correlación positiva con las mediciones de la fuerza (Hiemstra *et al*, 2004). Es por ello que la valoración de la fuerza, la restauración de la misma y el equilibrio entre los distintos grupos musculares se hace necesaria en el campo de la rehabilitación tras cirugías del LCA.

### 1.5.2. Fuerza pre-operatoria e insuficiencia de LCA

Los déficits de fuerza muscular en el cuádriceps, previo a cirugía del LCA medidas isocinéticamente, han sido establecidas por diferentes autores entre el 7 y el 21% y han persistido hasta después de la intervención quirúrgica (Keays *et al*, 2000; Keays *et al*, 2003; De Jong *et al*, 2007; Keays *et al*, 2007).

Ingersoll *et al*, (2008) sugirieron que la pérdida de masa muscular en el cuádriceps tras rotura del LCA, se podría deber a alteraciones en el patrón de activación muscular (Eitzen *et al*, 2010). La inmediata debilidad muscular y la casi siempre persistencia de tal atrofia tras la cirugía en los primeros estadios de la rehabilitación demuestran, según Palmieri-Smith *et al* (2009), que el papel de la inhibición muscular artrogénica juega un papel determinante tras la rotura del LCA. Además los pacientes que mostraron debilidad muscular, básicamente también mostraron una pobre funcionalidad de la articulación de la rodilla y un déficit en la propiocepción de la misma. Sin embargo, no está del todo bien documentada hasta qué punto la restauración de la fuerza neuromuscular y los déficits propioceptivos y por tanto, la funcionalidad de la rodilla, pueden ser restaurados mediante rehabilitación en pacientes tras roturas del LCA (Williams *et al*, 2005; Tagesson *et al*, 2008).

Ikeda *et al* (2002) examinaron de forma isocinética, tanto en concéntrico como en excéntrico, la fuerza de cuádriceps a 48 hombres con lesión del LCA que no habían sido intervenidos quirúrgicamente. Los autores encontraron que la fuerza fue considerablemente menor en la pierna afecta en comparación con la no afecta tanto de forma concéntrica como excéntrica. Además encontraron un patrón anormal de la curva de fuerza en la pierna lesionada en comparación con la otra.

Ikeda *et al*, (2004) analizaron la fuerza isocinética concéntrica y excéntrica de la musculatura extensora de rodilla antes y tras la reconstrucción del LCA. Observaron previamente a la cirugía del LCA el ratio en cuanto a fuerza excéntrica y concéntrica de pierna lesionada/no lesionada que fue del 72,9% frente al 81,4%. Al analizar los mismos datos en los mismos sujetos, tras haber sido reconstruido el LCA, los autores concluyeron que la fuerza excéntrica de los extensores de rodilla se recuperó de manera más rápida que la fuerza concéntrica (98,6% frente a 80,6%).

Gardinier *et al* (2012) analizaron las alteraciones en los patrones de marcha, estudiando el momento de fuerza extensor máximo de la parte interna de rodilla y lo compararon con la fuerza muscular de extensores y flexores, medido mediante electromiografía (EMG), en pacientes tras rotura del LCA y con inestabilidad anterior de rodilla. Se comparó el miembro lesionado con el contralateral. Los autores demostraron que no sólo no se encontró un aumento de la facilitación de la musculatura isquiosural y una inhibición del cuádriceps como se pensaba, sino que por el contrario se produjeron pérdidas considerables de fuerza tanto en la musculatura flexora como en la extensora de la rodilla. Por el contrario, Hurd *et al*, (2007) y Rudolph *et al*, (2001) estudiaron y demostraron el aumento de la co-activación muscular de flexores y extensores de rodilla en pacientes con insuficiencia del LCA, medida mediante EMG, como mecanismo de protección para evitar la inestabilidad.

Además se ha podido demostrar que el nivel de fuerza del cuádriceps previo a cirugía del LCA muestra una correlación significativa con el nivel de actividad y funcionalidad de la rodilla post-quirúrgica (McHugh *et al*, 2002; Heijne *et al*, 2009). En este mismo sentido, Eitzen *et al* (2009) concluyeron que el déficit de fuerza del cuádriceps previo a la cirugía, así como las lesiones meniscales, tienen unas consecuencias significativamente negativas a largo plazo en cuanto a resultados funcionales de la rodilla tras haber sido sometido a reconstrucción del LCA.

En relación a la prevención de roturas del LCA, se ha podido observar en el mundo del deporte que alrededor del 70% de las roturas de LCA son producidas en acciones sin contacto (Hughes y Watkins, 2006). Esta lesión ha sido entre 4 y 8 veces mayor en mujeres deportistas que en hombres (Ostenberg *et al*, 2000; Malinzak *et al*, 2001). Además, al igual que sucede con otros sectores de población, el padecer este tipo de lesión puede producir determinadas consecuencias a largo plazo como lesiones osteo-condrales. Diversos autores han podido demostrar que entre el 50 y el 90% de los casos suelen padecer degeneración de la rodilla tras 7 a 20 años de producida la lesión (Myklebust *et al*, 2003; Lohmander *et al*, 2004; Zebis *et al*, 2009).

Las principales causas de lesiones del LCA sin contacto en el deporte han sido descritas por Simonsen *et al* (2000) como las recepciones de saltos, desplazamientos laterales o desaceleraciones, con un gran componente de fuerza excéntrica de la musculatura extensora de rodilla. Estas acciones producen constantes desplazamientos anteriores de la tibia. Estos desplazamientos anteriores tibiales podrían ser contrarrestados, según Zebis *et al* (2009), con co-activaciones musculares adecuadas de los flexores de rodilla. Zebis *et al* (2009) demostraron que las mujeres con una elevada activación del vasto lateral del cuádriceps y una reducida activación del semitendinoso tienen mayor riesgo de padecer lesiones sin contacto del LCA en movimientos y desplazamientos laterales con cambios de dirección.



Por el contrario, no se encontraron relaciones significativas cuando se analizó el nivel de pre-activación del bíceps femoral y la probabilidad de padecer lesiones del LCA.

Krosshaug *et al* (2007) demostraron que el rango de tiempo para que se produzca una lesión sin contacto de LCA es entre 17–50 milisegundos tras contacto inicial con el suelo. Esto hace que sea prácticamente imposible la activación de una respuesta automática de los mecanorreceptores para prevenir dicha lesión, por lo que el único mecanismo de respuesta posible sería la pre-activación de la musculatura flexora de la rodilla justo antes del contacto con el suelo.

Zebis *et al* (2012) analizaron mediante electromiografía de superficie el nivel de activación de la musculatura isquiosural en diferentes tipos de ejercicios realizados por pacientes con insuficiencia del LCA, tanto de manera preventiva como llevados a cabo en protocolos de tratamiento tras cirugía. Concluyeron los ejercicios específicos que tenían una clara dominancia en el semitendinoso (Kettleball Swing y Romanian Deadlift) y cuáles en el bíceps femoral (Supine Leg Curl y hip extensión), así como cuáles no tuvieron influencia específica en ninguno de estos músculos.

### 1.5.3. Fuerza post-operatoria e insuficiencia de LCA

La pérdida de funcionalidad de la musculatura isquiosural tras las plastias del LCA usando auto-injerto de semitendinoso y/o gracilis es una preocupación entre la mayoría de los profesionales de la medicina ortopédica y del mundo de la actividad física y del deporte. Landes *et al* (2009) compararon la fuerza de los flexores de rodilla entre tres grupos de sujetos; el primero que fue intervenido de rotura del LCA mediante auto-injerto de semitendinoso y gracilis, el segundo que fue intervenido mediante alo-injerto de tibial anterior y un tercer grupo control de pacientes que no habían padecido lesiones del LCA ni episodios de inestabilidad de la rodilla. Encontraron que el grupo que fue intervenido quirúrgicamente usando injerto de pata de ganso tuvo déficits de fuerza en la musculatura isquiosural que no se encontraron en el grupo intervenido mediante alo-injerto del tibial anterior.

Risberg *et al* (2004) y Dauty *et al* (2005) han demostrado que tras 24 meses de la cirugía, la debilidad de la musculatura extensora de la rodilla fue mayor en el caso de reconstrucción mediante H-T-H y en caso de utilizar los tendones isquiosurales la debilidad fue mayor en la musculatura flexora de rodilla. Por el contrario, Ageberg *et al* (2009) concluyeron que un grupo de pacientes operados mediante injerto de isquiosurales tuvo mayores diferencias en la fuerza flexora, entre la pierna lesionada y la no lesionada, que en el grupo operado con H-T-H. Además tuvieron menor ratio I/Q en la pierna lesionada que los pacientes con plastia de H-T-H, y un menor índice de simetría en la fuerza flexora (porcentaje de

fuerza de la pierna lesionada con respecto a la sana). Finalmente concluyeron que cuanto menor grado de asimetría exista (mayor ratio I/Q y mayor índice de simetría entre MMII), tendrán mejores resultados en los test funcionales de calidad de vida relacionado con la rodilla.

Xergia *et al* (2011) analizaron artículos donde se comparaba la fuerza muscular de pacientes que habían sido intervenidos quirúrgicamente del LCA mediante auto-injerto de isquiotibiales (IQ) o auto-injerto del tendón rotuliano (H-T-H). Los resultados de dicho meta-análisis mostraron que a 60°/s y 180°/s los pacientes que fueron intervenidos con H-T-H tuvieron mayor déficits de fuerza en los extensores de rodilla y menor déficits en los flexores de rodilla que los intervenidos mediante IQ. Además concluyeron que estos déficits fueron significativamente superiores (20%) en los flexores de rodilla, en el caso del grupo operado mediante IQ, y que dichos resultados permanecían tras 2 años de la intervención.

Fernandes *et al* (2012) compararon la fuerza isocinética de flexores y extensores de rodilla en dos grupos de pacientes operados mediante H-T-H pero con dos sistemas diferentes de fijación al hueso (uno con tornillo interferencial y otro con doble perno en el lado femoral). Encontraron diferencias significativas en cuanto a fuerza isocinética favorable al grupo que usó tornillo interferencial al cabo de 6 meses.

Kobayashi *et al* (2004) estudiaron la fuerza concéntrica de cuádriceps femoral e isquiosurales, con dinamómetro isocinético a 60° y 180°/s, en pacientes operados mediante H-T-H y concluyeron que al cabo de 24 meses los pacientes recuperaron aproximadamente el 90% de la fuerza del cuádriceps en comparación con el miembro no afecto. En cambio al cabo de 6 meses la musculatura isquiosural ya había sido recuperada en torno al 90%.

Konishi *et al* (2011) compararon y relacionaron el pico de fuerza por unidad de volumen del cuádriceps femoral (CF), tanto en el miembro sano como en el afecto, entre un grupo de pacientes que había sido intervenido de LCA y otro con sujetos que no habían padecido lesiones de rodilla con anterioridad. El volumen total del CF fue obtenido mediante resonancia magnética. Los resultados revelaron que el pico de fuerza del CF, tanto del miembro intervenido como del sano, fue considerablemente menor en el grupo de pacientes que había sido intervenido quirúrgicamente del LCA que en el grupo control, debido al déficits de reclutamiento de unidades motoras. Además, en dicho grupo, el pico de fuerza del miembro afecto fue considerablemente menor que el del no afecto.

Ageberg *et al* (2009) estudiaron, a los 3 años de la intervención quirúrgica con plastia del LCA, la potencia muscular del Q e IQ mediante test isocinético. Los pacientes que entraron en dicho estudio siguieron un programa de rehabilitación a base de ejercicios controlados

por fisioterapeutas. Dicho programa estuvo compuesto por 4 fases y tuvo una duración total de 4 meses. El paso de una fase a otra fue controlada por los terapeutas y aspectos como inflamación, funcionalidad, dolor o disconformidad marcaron el paso del paciente de una fase a otra. Los resultados muestran que los pacientes que fueron intervenidos con injerto de pata de ganso obtuvieron menor potencia muscular de los IQ, así como menor ratio I/Q en la pierna lesionada y menor valor en el índice de simetría de miembros, que fue calculada dividiendo los valores de la pierna lesionada, por los de la pierna no lesionada y multiplicado por 100, tanto para la flexión de rodilla como para extensión. No encontraron diferencias significativas en cuanto a la potencia de los flexores de rodilla de la pierna no lesionada en ambos grupos, así como para la musculatura extensora de ambas rodillas.

Ageberg *et al* (2009) fue uno de los primeros que comparó la relación de la potencia entre flexores y extensores de rodilla en dos grupos de pacientes que fueron intervenidos mediante técnicas diferentes (SG o H-T-H) del LCA. Concluyeron que aquellos pacientes que fueron intervenidos mediante injerto de pata de ganso tuvieron un 15% menos de potencia muscular en los isquiosurales, al igual que menor ratio I/Q, que los que fueron operados mediante plastia del tendón rotuliano al cabo de tres años. No encontraron diferencias significativas en cuanto a potencia muscular de cuádriceps en ambos grupos. De esta manera un menor ratio I/Q en el grupo operado con injerto de pata de ganso, puede generar un mayor desequilibrio de la musculatura de la rodilla. Por el contrario, un mayor ratio I/Q produce un menor cizallamiento de la articulación de la rodilla y es necesario para prevenir futuras lesiones en la rodilla intervenida.

Mohammadi *et al* (2013) estudiaron la fuerza del cuádriceps e isquiosurales de dos grupos de futbolistas operados del LCA, uno con injerto SG y otro con H-T-H, y los compararon con los valores obtenidos en un grupo control de futbolistas sanos. No encontraron diferencias significativas entre ambos grupos en cuanto a fuerza máxima en isquiosurales medido de forma isocinética. Sí encontraron diferencias significativas cuando compararon el pico de fuerza en cuádriceps, la cual fue mayor en el grupo operado mediante injerto de pata de ganso. También encontraron menores valores de fuerza en cuádriceps en los individuos operados con tendón rotuliano en relación con el mismo miembro inferior del grupo control. Hiemstra *et al* (2004) estudiaron y evaluaron el equilibrio entre la fuerza agonista y antagonista de la articulación de la rodilla, el ratio I/Q y el ratio de control dinámico de la rodilla (tipo de contracción muscular en un momento específico generada durante una co-contracción muscular de agonistas y antagonistas) a determinadas velocidades específicas, rangos de movimiento y tipos de contracción muscular. Los autores compararon un grupo de 16 pacientes que habían sido intervenidos quirúrgicamente del LCA hacía más de un año, utilizando injerto de semitendinoso con otro grupo de 30 sujetos que no habían tenido antecedentes de lesiones de rodilla. Concluyeron que se produjeron desequilibrios

específicos en el grupo de pacientes operados de LCA respecto al grupo control tales como disminución de dicho ratio en amplios grados de flexión de rodilla. Sin embargo, cerca de la extensión completa de la rodilla este ratio cambió considerablemente a favor de los flexores de rodilla.

Landes *et al* (2010) compararon la fuerza isométrica de flexores de la rodilla en tres grupos de pacientes, el primero operado de rotura de LCA mediante injerto SG, el segundo mediante alo-injerto de tibial anterior y el tercero con un grupo de pacientes que no habían padecido lesiones en la rodilla. Concluyeron que el primero de los grupos tuvo menor pico máximo de fuerza isométrica en los flexores de rodilla de la pierna operada tras dos años, en comparación con los otros dos grupos. Además la diferencia de fuerza comparando el miembro afecto con el miembro sano en este grupo fue también mayor que en los otros dos grupos.

Ageberg *et al* (2008) compararon la fuerza y resultados funcionales entre dos grupos de pacientes con rotura del LCA; uno de ellos tratados mediante cirugía y protocolo de fortalecimiento y otro únicamente mediante protocolo de fortalecimiento. Concluyeron que la reconstrucción del LCA mediante cirugía no es un pre-requisito para la restauración de la función muscular en dichos pacientes y que en más de un tercio de los pacientes en los que se encontró un déficit en la función muscular a largo plazo, se pueden encontrar problemas asociados de osteoartritis. Así diversos estudios longitudinales prospectivos han demostrado que el déficit de fuerza y de función muscular son parámetros que pueden predecir la gonartrosis (Thorstensson *et al*, 2004; Pinczewski *et al*, 2007).

Thomas *et al* (2013) analizaron la fuerza muscular en la extremidad inferior en pacientes tras haber sido sometidos a plastia del LCA. Analizaron de forma bilateral la fuerza muscular en estos pacientes antes de la reconstrucción del LCA y tras 6 meses de la cirugía, seguido de un proceso de rehabilitación de 3 veces por semana durante 12-16 semanas y compararon los datos con un grupo control de pacientes que no había padecido lesiones de rodilla con anterioridad. Los autores concluyeron que el grupo de pacientes que fue intervenido quirúrgicamente de LCA mostró mayor debilidad muscular pre-quirúrgica de extensores, aductores de cadera y flexores plantares que post-quirúrgica, independientemente del miembro inferior analizado. Además este grupo mostró mayor fuerza muscular en los aductores de cadera tras la cirugía que el grupo control. La fuerza muscular de los flexores y extensores de rodilla fue menor, antes de la cirugía y tras la misma, en el miembro lesionado respecto al no lesionado.

En cuanto a los resultados comparativos de fuerza entre diferentes técnicas quirúrgicas a largo plazo, también hay que destacar el estudio de Lautamies *et al*, (2008) que comparó la

fuerza isocinética de flexores y extensores de rodilla en dos grupos de sujetos, tras 5 años de haber sido sometidos a plastia del LCA (uno mediante H-T-H, y otro mediante injerto SG). El grupo que fue operado mediante H-T-H obtuvo peores valores de fuerza en cuádriceps que el grupo operado mediante SG al compararlo con el miembro no afecto. Sin embargo el grupo operado mediante H-T-H obtuvo mejores resultados en cuanto al pico fuerza isocinética de isquiosurales en diferentes grados de flexión.

Por último, debido a la importancia de la cadena cinética global del miembro inferior y a que el semitendinoso y el gracilis cruzan tanto la articulación de la rodilla como la de la cadera, algunos autores han comparado la fuerza entre extensores de cadera y aductores en pacientes operados del LCA con injerto de SG y un grupo control de sujetos sin antecedentes de lesión de rodilla. Al medir la fuerza de forma isocinética de los extensores de cadera y de forma isométrica de los aductores, los autores observaron que la fuerza en los extensores aumentó tras la intervención quirúrgica, no encontrándose diferencias con el miembro contralateral tras un año de la operación. Sin embargo, Hiemstra *et al* (2005) encontraron que la fuerza isométrica en la musculatura aductora de cadera fue un 43% menor que en el grupo control.

#### **1.5.4. Diferencias en cuanto a fuerza muscular observadas en los resultados en relación al sexo**

Ageber *et al* (2009) encontraron que las mujeres que fueron operadas mediante injerto de isquiotibiales (IQ) tuvieron menor potencia para la flexión de rodilla que los hombres. Esta diferencia entre sexos en cuanto a potencia de estos grupos musculares no fue encontrada en pacientes que fueron operados con injerto de tendón rotuliano (H-T-H) y aunque el número de mujeres en el estudio no fue muy amplio, puede asemejarse a los resultados encontrados por Gobbi *et al* (2004) que afirman que las mujeres operadas con injerto de IQ tienen peor funcionalidad y peor estabilidad en la rodilla, así como un mayor riesgo de ser reintervenidas quirúrgicamente por laxitud de la plastia que los hombres.

Schmitz y Shultz (2010) concluyeron que las mujeres utilizaron mayores estrategias para disminuir la rigidez de los miembros inferiores durante la fase de aterrizaje en un "drop jump". Los autores consideraron que los valores de fuerza en la musculatura extensora de la rodilla son la principal ayuda para atenuar la rigidez en la fase de desaceleración y mejorar la absorción de energía. Los resultados demostraron que dicha tarea tiene una mayor dificultad en el caso de las mujeres debido, entre otras cosas, a la menor fuerza que estas presentan en la musculatura flexora de rodilla con respecto a los hombres.

Gobbi *et al* (2004) compararon la fuerza isocinética entre hombres y mujeres operados con dos diferentes técnicas quirúrgicas (SG y H-T-H). Los autores encontraron que aquellas

mujeres que fueron operadas con injerto de pata de ganso, obtuvieron peores resultados en cuanto a fuerza isocinética de flexores y extensores de rodillas que los hombres. No se encontraron diferencias significativas cuando se utilizó el tendón rotuliano como injerto. En este sentido, otros autores han revelado que las mujeres tienen mayor incidencia en cuanto a laxitud de la rodilla, fallo de la plastia y dolor post-quirúrgico cuando fueron intervenidas mediante injerto de pata de ganso (Pinczewski *et al*, 2002).

## 1.6. Resultados funcionales y estabilidad según el sexo

No son muchos los estudios encontrados que han comparado los resultados funcionales tras plastia del LCA en función del sexo. Además, cuando se han comparado resultados post-quirúrgicos entre sexos en cuanto a funcionalidad y resultados de valoraciones objetivas, no se han encontrado diferencias significativas (Ferrari *et al*, 2001).

Si bien es cierto que se atribuye que la mujer tiene una mayor laxitud articular en la rodilla (debido básicamente a razones hormonales y composición estructural de ligamentos), no se podría asegurar que tras ser sometidos a reconstrucción quirúrgica del LCA, las causas por las que mujeres muestran mayor laxitud en dicha articulación que los hombres, sean las mismas. Gobbi *et al* (2004) compararon los resultados obtenidos respecto a la inestabilidad tibial anterior, test funcionales, fuerza isocinética y escalas de valoración, entre hombres y mujeres operados mediante dos técnicas quirúrgicas (SG y H-T-H). Concluyeron que cuando se usó el injerto de tendón rotuliano no se encontraron diferencias significativas en cuanto al sexo. No obstante el promedio de dolor post-quirúrgico fue mayor en este grupo de pacientes que en el que fue intervenido con isquiotibiales. Sin embargo, cuando analizaron los resultados con los pacientes operados con injerto de la pata de ganso, encontraron peores resultados en las mujeres en cuanto a laxitud de la rodilla y test de fuerza isocinética de flexores y extensores.

Noojin *et al* (2000), no encontraron diferencias significativas al comparar el desplazamiento tibial anterior entre hombres y mujeres tras ser operados del LCA con injerto de semitendinoso y gracilis. Cuando otros autores han estudiado las diferencias entre sexo usando injertos H-T-H y STG, obtuvieron una significativa mayor laxitud en las mujeres tras 2 años de la cirugía pero no a los 3 ni a los 5 años (Pinczewski *et al*, 2002). Además las mujeres operadas con injerto de SG obtuvieron mayor laxitud articular frente a las operadas con injerto de H-T-H a los dos años de seguimiento.

Ferrari *et al* (2001) encontraron una laxitud articular con el KT-1000 que es significativamente diferente entre hombres con mujeres. Sin embargo no encontraron diferencias significativas entre sexos en cuanto al porcentaje de pacientes con una diferencia mayor de 5 mm cuando se comparó con el lado no operado.

Resulta también interesante hacer mención a un estudio realizado por Svensson *et al* (2006), donde analizan rango de movimiento (ROM), laxitud articular, alteraciones sensitivas y dolor, así como resultados funcionales en mujeres intervenidas quirúrgicamente mediante dos técnicas diferentes (H-T-H con SG). Los resultados no fueron diferentes a otros estudios hechos con poblaciones masculinas o de ambos sexos. El grupo de mujeres operado mediante H-T-H únicamente obtuvo peores resultados en el test de caminar de rodillas que el grupo operado mediante SG. No se encontraron diferencias significativas en cuanto a dolor en cara anterior de la rodilla, laxitud anterior de rodilla, ROM o resultados en test funcionales entre ambos grupos tras dos años de la intervención.

### 1.7. Resultados de programas específicos de rehabilitación tras rotura de LCA

Pese a la gran popularidad e importancia que han adquirido en los últimos años las guías de práctica clínica y los protocolos de tratamiento de rehabilitación en pacientes con insuficiencia del LCA, son muchos los estudios que no han podido dar unas conclusiones claras al respecto. Básicamente son pocos los autores que concluyen con datos estadísticamente significativos que la mejora en cuanto a fuerza y funcionalidad de aquellos pacientes que han hecho rehabilitación antes y / o después de la cirugía del LCA, es mayor que la de aquellos que nunca realizaron un programa de ejercicio específico. En una revisión sistemática realizada por Cooper *et al* (2011) únicamente encuentran algunos artículos de alta calidad metodológica que hacen referencia a la efectividad de los programas de entrenamiento neuromuscular para la mejora de la funcionalidad de la rodilla en pacientes con insuficiencia del LCA. Algunos de los artículos analizados por dichos autores tuvieron diferencias considerables en cuanto a duración del programa y tipo de ejercicios que se realizaban. Aun así, los autores concluyen que los programas de ejercicios centrados en propiocepción y equilibrio pueden mejorar la estabilización dinámica de la rodilla y por tanto, la funcionalidad del individuo (Fitzgerald *et al*, 2000; Hartigan *et al*, 2009).

Chmielewski *et al* (2006), Sáez-Sáez de Villarreal *et al* (2009), Eitzen *et al* (2010), demostraron que un programa de ejercicios pliométricos dirigidos a mejorar la fuerza muscular, combinado con ejercicios de desequilibrio y perturbaciones pueden ser beneficiosos para la mejora de las adaptaciones neuromusculares.

En relación a los ejercicios pliométricos, Eitzen *et al* (2010) reflejan diversos problemas en determinados pacientes a la hora de ejecutar el protocolo de trabajo. Los autores argumentan que el 3.9% de los pacientes informaron de algunos efectos adversos a la hora de ejecutar los ejercicios y en la progresión de los mismos. La pérdida de tolerancia de estos pacientes a dicho protocolo de trabajo fue atribuida a los ejercicios pliométricos, los cuales produjeron un aumento de la inflamación de la articulación y del dolor durante o al final

de la sesión de trabajo. Sin embargo, en casi todos los sujetos que se encontraron estos síntomas en las fases donde se acentuaron los ejercicios pliométricos, se reportaron lesiones paralelas de alguno de los meniscos que precisó de posterior intervención quirúrgica.

Urbach *et al* (2001) compararon la máxima activación voluntaria del cuádriceps del miembro afecto y sano en pacientes antes y después de ser operados de LCA. Los autores encontraron unos niveles de activación voluntaria del Q mayores en el miembro sano que en el afecto, tanto antes como tras la intervención quirúrgica, sin que hubiese sido llevado a cabo un programa de rehabilitación específico antes o después de la cirugía. Snyder-Mackler *et al* (1994) defienden que no se aprecian casi déficits de activación o contracción máxima voluntaria en los extensores de rodilla tras plastia del LCA y coinciden con casi todos los autores en que, los sujetos que obtuvieron un mayor nivel de activación voluntaria tras ser intervenidos quirúrgicamente, tuvieron mayor probabilidad de volver a su nivel normal de actividad previo a la lesión que aquellos que tuvieron menores ganancias.





## 2. MATERIAL Y MÉTODO



## 2. MATERIAL Y MÉTODO

### 2.1. Muestra.

Un total de 80 pacientes y 53 controles participaron en el presente estudio. El grupo de pacientes (experimental) estuvo constituido por 67 hombres y 13 mujeres, mientras que el de controles lo fue por 46 hombres y 7 mujeres. La edad de los pacientes y controles osciló entre 13 y 57 años, siendo el grupo más numeroso en ambos casos el comprendido entre los 31 y 39 años. La distribución porcentual por grupos de edad en ambos casos fue similar (figuras 15 y 16).

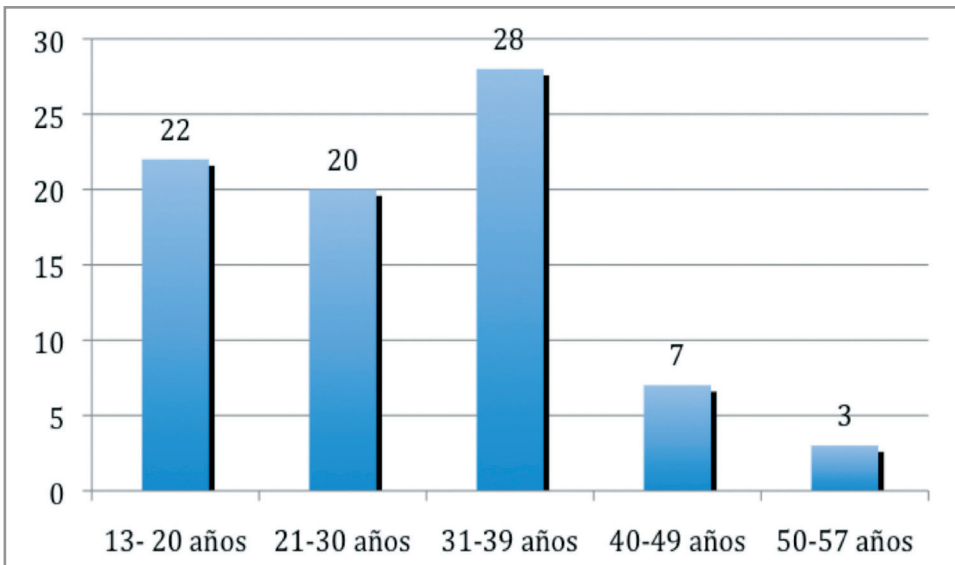


Figura 15. Distribución por subgrupos de edad del grupo experimental.

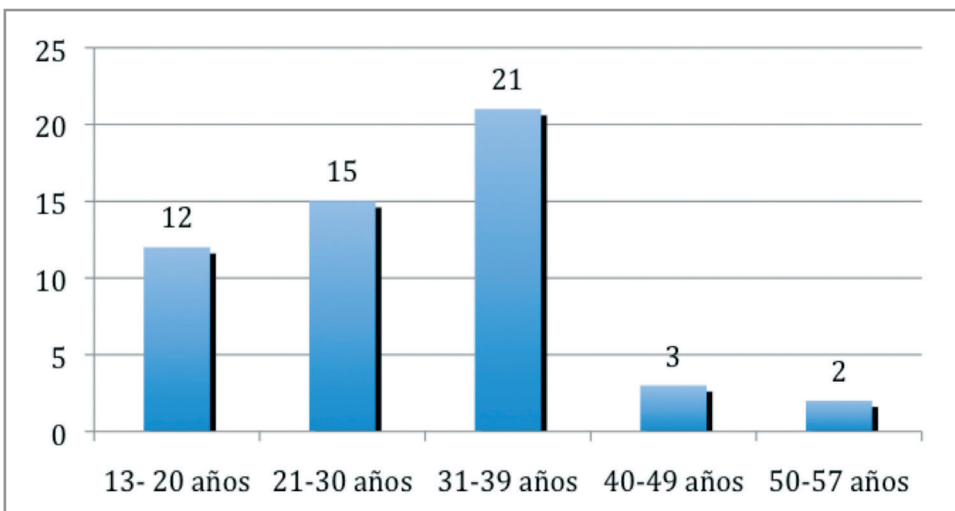


Figura 16. Distribución por subgrupos de edad del grupo de controles.

Los pacientes fueron seleccionados de entre los pacientes intervenidos por rotura del ligamento cruzado anterior en el Hospital Perpetuo Socorro de Las Palmas, entre junio de 2013 y diciembre de 2014. Todos los pacientes fueron intervenidos por el mismo cirujano tras haber sido diagnosticados de rotura del ligamento cruzado anterior, con síntomas de inestabilidad anterior o anterolateral y signos positivos de Lachman y Pivot shift. Salvo en cuatro casos, el diagnóstico preoperatorio fue complementado mediante resonancia magnética.

## **2.2. Criterios de inclusión.**

De todos los pacientes intervenidos por rotura del LCA en el periodo citado, se escogieron para formar parte del estudio aquellos que reunían los siguientes criterios:

- Aceptar forma parte del estudio (consentimiento informado por escrito).
- Presentar síntomas y signos evidentes de insuficiencia del LCA que recomendasen la realización de una intervención estabilizadora de la rodilla.
- Llevar más de 4 semanas tras el accidente que provocó la rotura del LCA y tener una movilidad completa de la rodilla. Solo se aceptó una limitación de los últimos grados de flexión en pacientes con sospecha de patología meniscal: Quick test y maniobras específicas de exploración de patología meniscal positivas.
- Rotura de más del 80% del LCA demostrado en la artroscopia.
- Para ser incluido entre los controles no debía haber antecedentes de accidentes o enfermedades que afectasen a los miembros inferiores, ni haber padecido dolores en los mismos durante los 6 meses previos a la exploración.

## **2.3. Criterios de exclusión.**

Los criterios para ser excluidos entre los pacientes que formaron parte del estudio fueron los siguientes:

- No aceptar formar parte del estudio.
- Mostrar síntomas y signos de insuficiencia de alguno de los ligamentos de la rodilla distintos al LCA.
- Antecedentes de cirugía artroscópica o abierta en la rodilla afecta o en la contralateral.
- Antecedentes de rotura de alguno de los ligamentos en la rodilla afecta o la contralateral.
- Antecedentes de rotura muscular o tendinosa y/o fractura en el fémur o tibia del miembro afecto o el contralateral.
- Hallazgo artroscópico de rotura parcial o total del ligamento cruzado posterior.

El hallazgo artroscópico de lesiones condrales o meniscales no fue criterio de exclusión.

## 2.4. Test de valoración funcional subjetiva.

Durante la hora previa a la intervención se instruyó al paciente acerca de las preguntas que se le iban a realizar y se emplearon dos cuestionarios: el Tegner Lysholm Knee Scoring Scale (Anexo 1) y el International Knee Documentation Committee (IKDC) (Anexo 2).

## 2.5. Valoración del desplazamiento anterior de la tibia.

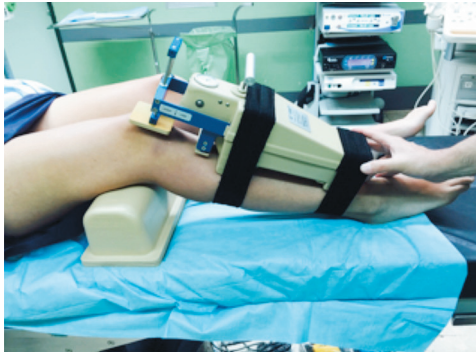


Figura 17a. Valoración de desplazamiento tibial con KT-1000.

La laxitud anterior de la rodilla fue valorada mediante el artrómetro KT-1000 (MEDmetric, San Diego, CA). Este aditamento es el más usado a nivel internacional para valorar la insuficiencia del LCA, siendo ampliamente aceptado para objetivar el desplazamiento anterior de la tibia con respecto al fémur, al ejercer una tracción anterior de la misma. Su valor se expresa en milímetros (mm). La prueba fue realizada en ambas rodillas, tanto al grupo de pacientes como al de los controles,

por el mismo explorador. En los pacientes se llevó a cabo primero en la rodilla sana y luego en la afectada, dentro de las 24 horas previas a la intervención quirúrgica.

El procedimiento se lleva a cabo con el sujeto sobre una camilla, en decúbito supino, con los brazos a ambos lados del cuerpo y con ambas rodillas en flexión de 20-30°, apoyadas sobre una plataforma de soporte proporcionada por el sistema para estandarizar las mediciones. La altura de dicha plataforma-soporte es de 11 cm. Para realizar la medición el explorador coloca el artrómetro KT-1000 (MEDmetric, San Diego, CA) sobre la tibia del paciente y debe sujetarlo a la misma por medio de 2 bandas circunferenciales de velcro que están incluidas en el propio artrómetro. Estas bandas rodean la pantorrilla del paciente para asegurar la estabilidad.



Figura 17b. Valoración de desplazamiento tibial con KT-1000.

En su parte superior el aparato cuenta con una pieza deslizante que se apoyará sobre la rótula para ejercer contra-tracción. Una flecha grabada en el mismo indica el nivel al que debe colocarse la articulación de la rodilla. Un mango en forma de T permite realizar tracción sobre la pierna desplazándola anteriormente.

La fuerza de desplazamiento depende del explorador, intentando éste conseguir el máximo. El desplazamiento es leído en milímetros en una pequeña pantalla situada en la parte anterosuperior del KT1000.



Figura 17c. Valoración de desplazamiento tibial con KT-1000.

Una vez colocado el artrómetro, el explorador coloca a 0 la escala milimétrica de medición del desplazamiento y efectúa varias tracciones indicando al paciente que se relaje. Tras unas maniobras de familiarización, se solicita máxima relajación y se efectúa el test, quedando reflejado en la pantalla lectora el máximo desplazamiento logrado. La medición se efectúa en tres ocasiones y se recoge la media de las tres como valor válido a efecto estadístico. La

variabilidad intratest no alcanzó nunca los 2 mm ni en la pierna sana ni en la afecta, así como en ninguna de las dos piernas en los sujetos controles.

## 2.6. Valoración de la fuerza isométrica de la rodilla.

La fuerza muscular de ambas rodillas, contracción isométrica de cuádriceps e isquiosurales, fue medida con el uso de un dinamómetro digital manual MicroFET3 (Hoggan Health Industries, West Jordan, Utah), siguiendo las recomendaciones generales de Mafuletti (2010) a fin de estandarizar al máximo el procedimiento. Todas las mediciones fueron realizadas por el mismo explorador, tanto en el grupo de pacientes como en los controles, llevando a cabo el siguiente protocolo:

### *Medición de la fuerza isométrica del cuádriceps*



Figura 18a. Medición de fuerza del cuádriceps con MicroFet3.

El sujeto explorado estuvo sentado en una camilla estable lo suficientemente alta para permitirle tener las piernas colgando. Las caderas y las rodillas estaban colocadas a 90° y se enseñó al sujeto el modo de realizar la prueba sin modificar la posición de su cuerpo. Se le enseñó a efectuar contracciones isométricas del cuádriceps entre 90° de flexión y extensión completa, realizando ejercicios de calentamiento durante 5 minutos antes de iniciar las pruebas. El dinamómetro se colocó en la parte anterior de la pierna, a unos 5 cms

proximal a la línea intermaleolar anterior. Se le indicó como debía llevar a cabo la prueba instándole a efectuar 3-4 contracciones submáximas y a continuación se le pidió realizar el máximo esfuerzo de contracción cuadrípital, estando la rodilla a unos  $60^\circ$  de flexión, mientras la contra-resistencia era ejercida por el explorador.



Figura 18b. Medición de fuerza del cuádriceps con MicroFet3.

efectuar entre 4 y 5 mediciones, escogiéndose solo los tres valores que no diferían en más del 5% para el establecimiento de la media.

Dicha contracción debía mantenerse unos 3 segundos, quedando recogido en el dinamómetro la máxima fuerza realizada, expresada en newtons. Esta maniobra se llevó a cabo en 3 ocasiones, con un descanso de 30 segundos entre ellas, tomándose la media de los tres valores como válido.

Solo se aceptaron las mediciones cuando la diferencia entre los tres valores fue como máximo del 5%, lo que sucedió en más del 90% de casos con solo 3 mediciones, mostrando una gran reproducibilidad intratest. En el resto de casos hubo que

### **Medición de la fuerza isométrica de los isquiosurales**



Figura 18c. Medición de fuerza de los isquiosurales con MicroFet3.

efectuar entre 4 y 5 mediciones, escogiéndose solo los tres valores que no diferían en más del 5% para el establecimiento de la media. Al igual que sucediese con los estudios de

Siguiendo los mismos principios explicados anteriormente se colocó al sujeto sobre la camilla, en decúbito prono con las caderas en  $0^\circ$  de flexión, las rodillas totalmente extendidas y los tobillos a  $90^\circ$  (flexión neutra). Las manos estaban cruzadas anteriormente y la frente del sujeto apoyada sobre ellas. Igualmente se le instruyó a realizar contracciones isométricas de los isquiosurales entre  $0$  y  $90^\circ$  de flexión sirviendo como calentamiento durante unos 5 minutos. Posteriormente se colocó el dinamómetro sobre el calcáneo, a la altura del talón, y se le indicó realizar 3-4 contracciones submáximas a partir de  $10^\circ$  de flexión de la rodilla, para familiarizarse en la realización del test. A continuación se le pidió efectuar tres contracciones máximas con un intervalo de 30 segundos entre ellas, tomándose los valores registrados en el dinamómetro siguiendo los mismos criterios señalados anteriormente.

contracción cuadriceps la reproducibilidad intratest, tomando como diferencia un 5% del valor en las tres mediciones, fue superior al 90% tanto en los pacientes como en los controles. Durante la realización de las pruebas, tanto en extensión como en flexión, se aleccionó verbalmente de forma enérgica al sujeto animándole a efectuar la contracción máxima.

## **2.7. Intervención quirúrgica.**

Todos los pacientes fueron intervenidos bajo anestesia raquídea y bloqueo selectivo de los nervios ciático, femoral y obturador. Bajo el uso de torniquete se emplearon dos portales artroscópicos estandarizados y se efectuó una revisión sistemática de toda la rodilla palpando meniscos y ambos ligamentos cruzados con gancho exploratorio. Se efectuó un test de Lachman y de cajón anterior con visión directa del desplazamiento anterior de la tibia que mostró positividad en todos los casos. Una vez diagnosticadas las lesiones se procedió a efectuar meniscectomías parciales o suturas meniscales según fuese necesario a criterio del cirujano y condrectomías parciales, acompañadas de microfractura en lesiones grado 4 inferiores a 2 centímetros cuadrados. La rotura del LCA fue tratada mediante colocación de plastia tetrafascicular de injertos tendinosos tomados del semitendinoso y recto interno fijándolas con Exobutton a nivel femoral y con tornillo interferencial y grapa a nivel tibial. Se dejó redón intra-articular hasta el alta hospitalaria que tuvo lugar en menos de 24 horas en todos los casos. Al no ser relevante para este estudio no se dan mas detalles sobre el procedimiento quirúrgico y tratamiento postoperatorio.

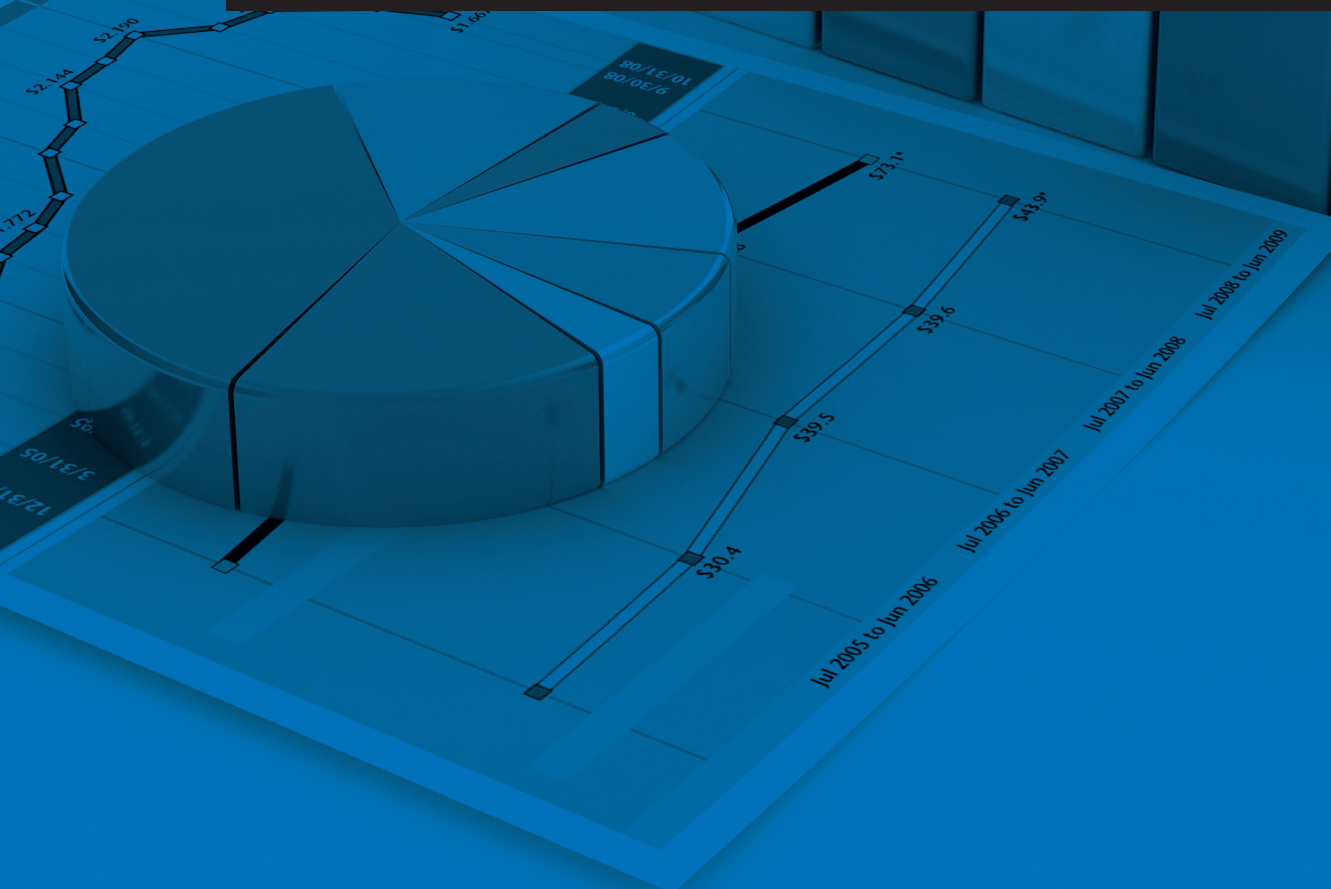
## **2.8. Análisis estadístico.**

El análisis estadístico se llevó a cabo con el paquete SPSS para Windows, versión 2.0. Para la comparación de medias de resultados en los mismos pacientes se aplicó una T de Student para muestras pareadas y T de Student para muestras no pareadas al comparar resultados entre distintos sujetos. Para valorar la correlación entre las medias se aplicó el test de Pearson. El nivel de significación se establecieron en un valor de  $P < 0.05$ .





### 3. RESULTADOS





### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Fuerza media y comparación entre fuerza de ambas rodillas en grupo experimental y control.

Los resultados de la fuerza media del cuádriceps en la rodilla afecta y sana, así como en ambas rodillas de los controles, se muestran pormenorizados en la tabla 1. En ella puede comprobarse que la fuerza media del Q de la pierna afecta ( $92,86 \pm 37,01$ ) fue el 75% de la fuerza media del Q de la pierna sana ( $123,47 \pm 40,89$ ), siendo la diferencia entre ambos estadísticamente significativa ( $p \leq 0,005$ ). La fuerza media de IQ de la pierna afecta ( $84,57 \pm 44,42$ ) fue el 78% de la sana ( $108,49 \pm 35,34$ ), siendo la diferencia también estadísticamente significativa ( $P \leq 0,005$ ). El índice I/Q de la pierna afecta fue de  $0,97 \pm 0,40$  y de la pierna sana  $0,94 \pm 0,34$ , siendo la diferencia entre ambos no estadísticamente significativa.

El valor medio de la fuerza del cuádriceps derecho del grupo control fue  $179,05 \pm 43,72$ , mientras que el del izquierdo  $169,42 \pm 43,36$ . La media de fuerza del IQ derecho fue  $100,01 \pm 34,04$  y del izquierdo  $93,58 \pm 32,40$ . El ratio I/Q derecho fue  $0,56 \pm 0,13$  y el izquierdo  $0,55 \pm 0,17$ . La diferencia entre ambas rodillas no fue significativa.

	Pacientes (n:80)		Controles (n:53)	
	Lado sano	Lado afecto	Lado derecho	Lado izquierdo
<b>Q</b>	123,47±40,89	92,86±37,01	179,05 ± 43,72	169,42 ± 43,36
<b>I</b>	108,49 ± 35,34	84,57 ± 44,42	100,01 ± 34,04	93,58 ± 32,40
<b>I/Q</b>	0,94 ± 0,34	0,97 ± 0,40	0,56 ± 0,13	0,55 ± 0,17

Tabla 1. Valores medios de fuerza (+ SD) medidos en newtons en rodilla sana y afecta de pacientes, y en ambas rodillas de los controles.

Q: Fuerza cuádriceps. I: fuerza de isquiotibiales. I/Q: Cociente entre isquios y cuádriceps.

Los valores de p en t-student para muestras pareadas y no pareadas aparecen representados en la tabla 2.

Debido a la disparidad de valores de p para test t-student cuando se compararon entre sí, las fuerzas medias de cuádriceps, isquiotibiales y ratio I/Q tanto en miembro sano y afecto del grupo experimental, como en miembro derecho e izquierdo del grupo control, dichos valores han sido expresados en la tabla 2.

Cuádriceps	Valores de p	Isquiotibiales	Valores de p	Índice I/Q	Valores de p
QD-QI	n.s.	ID-IZ	n.s.	I/QD-I/QI	n.s.
QD-QA	< 0,001	ID-IA	< 0,05	I/QD-I/QA	<0,001
QD-QS	< 0,001	ID-IS	n.s.	I/QD-I/QS	<0,001
QI-QA	< 0,001	IZ-IA	n.s.	I/QI-I/QA	<0,001
QI-QS	< 0,001	IZ-IS	< 0,02	I/QI-I/QS	<0,001
QA-QS	< 0,001	IA-IS	<0,001	I/QA-I/QS	n.s.

Tabla 2. Valores de p al relacionar fuerza de cuádriceps, isquiotibiales e índice I/Q en rodilla sana y afecta de pacientes con ambas rodillas de los controles.

QD: cuádriceps derecho. QI: cuádriceps izquierdo. QA: cuádriceps afecto. QS: cuádriceps sano. ID: isquiotibiales derechos. IZ: isquiotibiales izquierdos.

IS: isquiotibiales sanos. IA: isquiotibiales afectados. I/QD: índice I/Q derecho. I/QI: índice I/Q izquierdo. I/QA: índice I/Q afecto. I/QS: índice I/Q sano.

### 3.2. Desplazamiento anterior tibial con KT-1000 y comparativa con grupo control.

En el grupo experimental el desplazamiento medio de la rodilla afecta con KT-1000 fue de 6,31 mm ± 1,73. El de la rodilla sana 2,25 mm ± 1,03. La diferencia entre ambas medias (sana-afecta) fue de 4,06 mm ± 1,53, lo cual fue estadísticamente significativo ( $p \leq 0,001$ ). En el grupo control la media de desplazamiento con KT-1000 de la rodilla derecha fue de 2,25mm ± 0,84 frente a 2,53mm ± 0,90 en la izquierda, siendo la diferencia entre ambas no significativa.

	Pacientes (n:80)		Controles (n:53)	
	Lado sano	Lado afecto	Lado derecho	Lado izquierdo
<b>KT-1000</b>	2,25 ± 1,03	6,31 ± 1,73	2,45 ± 0,84	2,53 ± 0,90

Tabla3. Valores medios de desplazamiento con KT-1000 (+ SD) medidos en mm en rodilla sana y afecta de pacientes, y en ambas rodillas de los controles.

Los valores de p para test t-student cuando se compararon entre sí, el desplazamiento anterior de la tibia tanto en miembro sano y afecto del grupo experimental, como en miembro derecho e izquierdo del grupo control, vienen expresados en la tabla 4. Cuando se comparó los valores de la rodilla afecta con los valores de la rodilla sana o con la rodilla derecha e izquierda de los controles, los resultados fueron estadísticamente significativos. Cuando se relacionaron el resto de los valores entre sí los resultados no fueron significativos.

KT-1000	Valores de p
RA-RS	< 0,001
RA-RD	< 0,001
RA-RI	< 0,001
RS-RD	n.s
RS-RI	n.s
RD-RI	n.s

Tabla 4. Valores de p al relacionar desplazamiento con KT-1000 en rodilla sana y afecta de pacientes con ambas rodillas de los controles. RA: rodilla afecta. RS: rodilla sana. RD: rodilla derecha. RI: rodilla izquierda.

### 3.3. Valores medios obtenidos en cuestionarios funcionales y correlación con valores obtenidos en KT-1000.

La media en cuestionario IKDC (54,65 ± 10,65) y en Tegner-Lysholm (60,56 ± 12,27) aparece representada en la tabla 5. Al correlacionar dichos valores entre sí, los resultados fueron estadísticamente significativos (0,75  $P \leq 0,001$ ) pero al correlacionar ambos resultados con los obtenidos en KT-1000 no se obtuvieron resultados estadísticamente significativos (tabla 6).

	IKDC	TEGNER
Media	54,65 ± 10,65	60,56 ± 12,27

Tabla 5. Valores medios ( $\pm$ SD) de IKDC Y TEGNER-LYSHOHL en grupo experimental.

		IKDC	TEGNER	KT-1000
IKDC	P	1	0,75**	-0,07
	S		0,001	0,52
TEGNER	P	0,75**	1	-0,05
	S	0,001		0,63
KT-1000	P	-0,07	-0,05	1
	S	0,52	0,63	

Tabla 6. Correlación entre KT-1000 en rodilla afecto y resultados obtenidos por grupo experimental en IKDC y TEGNER-LYSHOHL. P: correlación de Pearson.

S: significancia (bilateral).

\*\* Correlación significativa al nivel 0,01 (bilateral).

### 3.4. Correlación entre desplazamiento tibial anterior con KT-1000 y fuerza de ambas piernas en grupo experimental y control.

Al correlacionar los valores medios obtenidos en KT-1000 con la fuerza tanto de cuádriceps como de isquiotibiales y ratio I/Q en pierna lesionada y sana del grupo experimental (Tabla 7) se comprobó la existencia de una correlación negativa significativa entre el cociente I/Q y el desplazamiento en la pierna afecto (-0,22  $P < 0,05$ ), así como una correlación negativa significativa entre el cociente I/Q y el desplazamiento en la rodilla sana (-0,29  $P \leq 0,01$ ) y una correlación positiva significativa entre la fuerza del cuádriceps y el desplazamiento en la rodilla sana (0,24  $P \leq 0,05$ ).

		KT-1000 RA	KT-1000 RS
QA	P	0,12	
	S	0,27	
IA	P	-0,09	
	S	0,43	
I/QA	P	-0,22	
	S	0,05	
QS	P		0,24*
	S		0,03
IS	P		-0,10
	S		0,37
I/QS	P		-0,29**
	S		0,01

Tabla 7: Correlación entre KT-1000 y fuerza en lado lesionado y sano del grupo experimental.

QA: Fuerza cuádriceps afecto. IA: Fuerza isquios afecto. I/QA: Índice I/Q afecto. QS: Fuerza cuádriceps sano.

IS: Fuerza isquios sano. I/QS: Índice I/Q sano.

P: correlación de Pearson. S: significancia (bilateral).

KT-1000 RA: Desplazamiento con KT-1000 rodilla afecto.

KT-1000 RS: Desplazamiento con KT-1000 rodilla sana.

\*La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

\*\*La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La correlación entre fuerza de cuádriceps, isquiotibiales o su cociente con el desplazamiento tibial en los controles no mostró significación estadística en ningún caso (tabla 8).

		KT-1000 RI	KT-1000 RD
QI	P	0,01	
	S	0,92	
II	P	-0,02	
	S	0,89	
I/QI	P	-0,05	
	S	0,72	
QD	P		0,10
	S		0,46
ID	P		0,10
	S		0,46
I/QD	P		0,01
	S		0,96

Tabla 8. Correlación entre KT-1000 y fuerza en lado derecho e izquierdo en grupo control. QI: Fuerza cuádriceps izquierdo. II: Fuerza isquiotibial izquierdo. I/QI: Índice I/Q izquierdo. QD: Fuerza cuádriceps derecho. ID: Fuerza isquiotibial derecho. I/QD: Índice I/Q derecho. P: correlación de Pearson. S: significancia (bilateral). KT-1000 RI: Desplazamiento con KT-1000 rodilla izquierda. \*\*La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

### 3.5. Correlación de fuerza con tiempo tras accidente.

Cuando se correlacionó la fuerza de los flexores y extensores de rodilla, así como su ratio, con el tiempo trascurrido desde el accidente, no se encontraron resultados con significación estadística ni en la rodilla lesionada ni en la sana (tabla 9).

	Meses post accidente	
QI	P	0,13
	S	0,26
II	P	0,15
	S	0,19
I/QI	P	0,08
	S	0,46
QD	P	-0,09
	S	0,43
ID	P	0,11
	S	0,32
I/QD	P	0,19
	S	0,09

Tabla 9. Correlación entre fuerza del miembro afecto y sano con el tiempo transcurrido desde el accidente. QA: Fuerza cuádriceps afecto. IA: Fuerza isquiotibial afecto. I/QA: Índice I/Q afecto. QS: Fuerza cuádriceps sano. IS: Fuerza isquiotibial sano. I/Q sano: Índice I/Q sano. P: correlación de Pearson. S: significancia (bilateral). \*\*La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

### 3.6. Correlación entre desplazamiento anterior tibial con KT-1000 y tiempo tras accidente.

Cuando se correlacionó el desplazamiento tibial anterior con el tiempo transcurrido tras el accidente no se observó relación significativa ni en la rodilla sana ni en la afecta (tabla 10).

		Meses post accidente	
KT-1000 SA	P		0,09
	S		0,40
KT-1000 RA	P		-0,01
	S		0,90

Tabla 10. Correlación entre desplazamiento anterior tibial con KT-1000 de rodilla afecta y diferencia rodilla sana-afecta con tiempo transcurrido desde accidente.

KT-1000 S-A: KT-1000 en rodilla sana-afecta. KT-1000 RA: KT-1000 en rodilla afecta.

P: correlación de Pearson. S: significancia (bilateral).

\*\* La correlación es significativa a nivel 0,01 (bilateral).

### 3.7. Correlación entre resultados en IKDC y Tegner-Lysholm y tiempo tras accidente.

Cuando se correlacionaron los valores obtenidos en cuestionarios IKDC y Tegner-Lysholm con el tiempo transcurrido tras el accidente, los resultados fueron no significativos estadísticamente (tabla 11).

		Meses post accidente	
KT-1000 SA	P		0,01
	S		0,95
TEGNER-LYSHOLM	P		-0,01
	S		0,89

Tabla 11. Correlación entre resultados en IKDC y Tegner-Lysholm con tiempo tras accidente.

\*\*La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

### 3.8. Correlación de fuerza con resultados obtenidos en IKDC y Tegner-Lysholm.

Cuando se correlacionaron los resultados obtenidos en cuestionario IKDC con los valores de fuerza de flexores y extensores y ratio I/Q en el miembro sano se apreció una correlación negativa significativa entre la fuerza de los isquiotibiales y el IKDC (-0,30 P=0,007), no existiendo relación significativa con el resto. Lo mismo sucedió con los valores del Tegner, al observarse una relación negativa significativa entre la fuerza de isquiotibiales y los valores de este cuestionario (-0,36, P<0,001). (tabla 12).

		QS	IS	I/QS
IKDC	P	-0,21	-0,30	-0,13
	S	0,06	0,007**	0,25
TEGNER-LYSHOLM	P	-0,20	-0,36	-0,17
	S	0,07	0,001**	0,12

Tabla 12. Correlación entre valores obtenidos en IKDC y Tegner-Lysholm con fuerza de cuádriceps, isquiotibiales y ratio I/Q en pierna sana del grupo experimental. QS: Cuádriceps sano. IS: Isquiotibiales sano. I/QS: Ratio I/Q sano. \*\*La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Al relacionar los valores obtenidos en ambos cuestionarios con la fuerza del cuádriceps, isquiotibiales y ratio I/Q en el miembro afecto del grupo experimental (tabla 13), los resultados solo mostraron una correlación negativa significativa entre el Tegner y la fuerza de isquios (-0,23 P=0,04) y entre los valores de este cuestionario y el cociente I/Q (-0,26 P=0,02).

		QA	IA	I/QA
IKDC	P	0,05	-0,08	-0,14
	S	0,66	0,49	0,23
TEGNER-LYSHOLM	P	0,03	-0,23	-0,26
	S	0,77	0,04*	0,02*

Tabla 13: Correlación entre valores obtenidos en IKDC y Tegner-Lysholm con fuerza de cuádriceps, isquiotibiales y ratio I/Q en pierna lesionada del grupo experimental.

QA: Cuádriceps afecto. IA: Isquiotibiales afecto. I/QA: Índice I/Q afecto.

\*\*La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).



## 4. DISCUSIÓN





## 4. DISCUSIÓN

### 4.1. Metodología

#### Dispositivos de medición de la fuerza

La cuantificación de la función muscular es medida en la actualidad de muy diversas maneras, desde test de resistencia manual, los cuales son muy imprecisos, hasta la más compleja valoración mediante dinamómetros isocinéticos. Los precisos dinamómetros isocinéticos, los cuales pueden ser usados también de forma isométrica, permiten una estandarización óptima de los procedimientos de medición así como un acceso inmediato a los valores de fuerza de torsión máxima, pero su gran inconveniente es su elevado coste y mayor tiempo que se precisa para obtener la fuerza, por lo que su uso clínico es muy limitado, aunque en algunos centros de valoración y tratamiento puede estar al alcance de médicos y fisioterapeutas. Como alternativa Krause *et al* (2007) y Maffiuletti (2010) consideran que los dinamómetros manuales son la mejor manera para valorar la fuerza, por ejemplo de la rodilla y cadera, de forma fiable, rápida y sencilla.

El dinamómetro manual (DM) MicroFet, ha sido seleccionado para nuestro estudio por tratarse de un aparato que no es excesivamente costoso y resulta muy sencillo de usar, además es portátil y los medidores no necesitan un entrenamiento muy riguroso para utilizarlo.

Otros trabajos han usado este dinamómetro con fines parecidos a los nuestros y está ampliamente recomendado para estudios clínicos multicéntricos (Rowe *et al* 2007; Maffiuletti 2010; Poulsen *et al* 2012; Bohannon *et al* 2012; Douma *et al* 2014). Rowe *et al* (2007) hicieron un estudio de fiabilidad del MicroFET y estudiaron la relación entre la fuerza de la musculatura de la cadera y su relación con el dolor de rodilla en mujeres. El estudio se realizó para determinar los valores con mayor grado de fiabilidad intra-evaluador usando este dinamómetro manual, apreciándose un alto grado de reproducibilidad, superior al 87%. Douma *et al* (2014) también usaron un dinamómetro manual, MicroFET 2, en un estudio donde se valoró la fuerza de flexores y extensores del codo, flexores y extensores de rodilla y abductores de hombro en una muestra de población de 462 trabajadores para compararlo con valores de fuerza de estudios anteriores en Holanda y valores de referencia en EEUU. También analizaron la fiabilidad de la dinamometría manual para la valoración de la fuerza isométrica, con MicroFet 2, calculando el coeficiente de correlación intra-clase (CCI), la cual fue considerada buena (0,83 a 0,92). Todos los valores de CCI fueron superiores a 0,75 lo cual indicó una buena reproductibilidad para las medidas de los diez grupos musculares. Sin embargo los límites de acuerdo (LOA en inglés) variaron sustancialmente. Así mientras en grupos musculares poco potentes dichos LOA tuvieron un pequeño rango,

en grupos musculares con gran potencia se apreció un mayor rango de LOA, indicando que la medición en grupos musculares más potentes es menos precisa. Concluyen que, bajo su punto de vista, la medición del cuádriceps en sujetos con gran fuerza muscular no es adecuada realizarla con dinamómetros manuales.

Poulsen *et al* (2012) utilizaron este mismo dispositivo, MicroFet 2, en un estudio donde se analizó la fuerza de la musculatura y la movilidad articular en 61 pacientes con osteoartritis de cadera, con el fin valorar la reproductibilidad de las mediciones hechas por diferentes evaluadores, con formación académica diferente y sin entrenamiento específico a la hora de realizar los test. Los autores concluyeron que la reproductibilidad de las medidas de los sujetos fue generalmente pobre entre diferentes evaluadores (tanto entre traumatólogos como entre terapeutas), indicando de esta manera que sería esencial un entrenamiento en la toma de datos más riguroso para la mejora de la obtención de los resultados. En nuestro caso, el evaluador fue siempre el mismo para todos los sujetos, tanto del grupo control como experimental.

### **Posición del paciente durante la medición**

La elección de la posición del cuerpo del paciente, los ángulos de movimiento a los que ha sido testada la rodilla y el tipo de acción muscular han sido seleccionados en este estudio siguiendo los principios llevados a cabo por Maffiuletti (2010), si bien es cierto que determinados autores como Katoh e Isozaki (2014), hablan de diferentes alternativas al respecto. Estos autores usaron el dinamómetro manual conjuntamente con un cinturón para fijar al paciente. De esta manera intentaron evitar la desventaja que produce el que, en determinados casos, el evaluador no tiene la fuerza suficiente para resistir al sujeto evaluado.

La reproducibilidad de medir la fuerza muscular de los extensores de la rodilla en sujetos sanos (tanto hombres como mujeres) con dinamómetro manual con y sin cinturón de fijación de MMII, ha sido estudiada en varias ocasiones (Katoh *et al* 2009, 2011). Para estos autores el CCI entre medidores fue de 0,04 sin cinturón y de 0.98 con cinturón y el coeficiente de correlación de Pearson (CCP) entre métodos de medición fue de 0.61 para investigadores de sexo masculino y de 0.31 para medidores del sexo femenino.

Landes *et al* (2010) también realizaron la medición de la fuerza de los flexores de rodilla en posición prono pero con flexión de 90°. Dicho estudio fue realizado en pacientes tras cirugía de LCA con injerto de STG, lo cual justifica su decisión ya que consideran que la medición de los flexores de rodilla en prono y  $\geq 90^\circ$  puede proveer unos resultados funcionales con mayor validez de la fuerza de torsión de dicha musculatura en pacientes con estas características.

En cuanto al número de repeticiones que se deben hacer por medición casi todos los autores coinciden en hacer un mínimo de tres seguidas con 30" de descanso (Katoh *et al* 2014; Maffiuletti, 2010). El CCI entre test-retest para esas tres mediciones fue de 0,94, 0,96 y 0,96 respectivamente y 0,89 entre las tres repeticiones en el estudio de Katoh y Yamasaki (2009).

La reproducibilidad de las mediciones test-retest de la fuerza muscular del cuádriceps en sujetos que habían recibido tratamiento quirúrgico por fracturas de cabeza femoral también fue estudiado por Katoh y Kaneko (2014). El CCI en el mismo día fue de 0,94 y 0,95 de la pierna fracturada y la sana respectivamente y 0,96 para la media de las dos.

El momento del día en el que se hizo el test, pese a que algunos autores (Guette *et al* 2005; Maffiuletti 2010) recomiendan sea a determinadas horas (alrededor de las 6.00 pm es cuando se obtienen mayores picos de fuerza en el cuádriceps y menores a primeras horas de la mañana) no se han tenido en cuenta en el presente estudio. Tampoco ha sido tomado en consideración en los estudios de Ageberg *et al* (2008, 2009), Eitzen *et al* (2010), Landes *et al* (2010), Drogset *et al* (2010), Yosmaoglu *et al* (2011), Gardinier *et al* (2012), Iriuchishima *et al* (2012), Mohammadi *et al* (2013) o Inagaki *et al* (2013). Sin embargo se informó a los pacientes de que evitaran hacer esfuerzos intensos en los días previos al correspondiente test.

### Valores de la fuerza

En nuestro estudio solo se determinaron los valores generados por los sujetos sin tener en cuenta su índice de masa corporal o el brazo de palanca. Elmlinger *et al* (2006), Maffiuletti (2010) y Landes *et al* (2010), consideran que en orden a permitir validaciones y comparaciones entre sujetos, es preferible recoger valores de fuerza de torsión máxima voluntaria que simples valores de fuerza puesto que los valores de fuerza de torsión son registrados directamente, por ejemplo en los dinamómetros isocinéticos, o calculados mediante la fuerza y el brazo de palanca. Por la misma razón dichos autores recomiendan que la fuerza de torsión y los valores de fuerza sean normalizados a la masa corporal (kg) y la masa corporal X 0,67 respectivamente, pero no por el índice de masa corporal ( $\text{kg} \times \text{m}^2$ ), el cual está específicamente limitado a las acciones musculares en las actividades típicas de la vida diaria. Otras alternativas para obtener valores de fuerza muscular puede ser la electromiografía de superficie o el análisis de la sección transversal del músculo o los cálculos de área mediante resonancia magnética nuclear, ecografía o mediante la obtención de medidas antropométricas.

Otro aspecto discutido es la elección de los valores obtenidos que se deben aceptar como los más fiables y cuál de las repeticiones tomar como referencia (primera, segunda o tercera), Katoh e Isozaki (2014), proponen que la mayor de las dos primeras repeticiones

(LV2) se utilice como referencia. La diferencia entre la tercera repetición (3V) y esta anterior ( $\Delta 3V=3V-LV2$ ) se divide entre el peso corporal y se calcula dicho ratio ( $\Delta 3V/BW$ ). Los autores concluyeron que la media de los valores para todos los sujetos fue de 31,9 kgf para valores de LV2; 32,4 kgf para valores de 3V; 0,5 kgf para  $\Delta 3V$  y 0,010 kgf/kg para  $\Delta 3V/BW$ . Para el 54,8% de todos los sujetos, el valor de 3V fue más alto que LV2. Además, el 11,3% mostraron incrementos de  $\Delta 3V \geq 5$  kgf y el 2,7% mostraron incrementos  $\geq 10$  kgf. Finalmente el CCI entre el mejor valor de las primeras dos mediciones y la tercera fue, para todos los sujetos estudiados, de 0,955 y de 0,9 o mayor para los tres grupos de edades. Con todo ello los autores concluyen la necesidad de hacer una tercera medición en la valoración de la fuerza de los pacientes. En nuestro caso utilizamos la media de los tres valores siempre que la variabilidad entre ellos no superase el 10%.

### Questionarios de valoración funcional

Previo a la intervención se instruyó al paciente acerca de las preguntas que se le iban a realizar en los cuestionarios Tegner-Lysholm Knee Scoring Scale (Anexo 1) y el International Knee Documentation Comitee (IKDC) (Anexo 2). Dichos cuestionarios son los más utilizados en la literatura actual internacional (Ageberg *et al*, 2008; Lautamies *et al*, 2008; Eitzen *et al*, 2010; Drogset *et al*, 2010; Sadoghi *et al*, 2011; Noh *et al*, 2011; Konishi *et al*, 2012; Fernandes *et al*, 2012; Barenius *et al*, 2013; Dejour *et al*, 2013; Inagaki *et al*, 2013). Irrgang *et al* (2001), hicieron un estudio con 533 sujetos con patología de rodilla para analizar la fiabilidad y validez del cuestionario IKDC. Los resultados de dicho estudio mostraron un coeficiente de fiabilidad test-retest de 0,94 y un coeficiente de consistencia interna alfa de 0,92.

Laxdal *et al* (2007) concluyen en sus artículos sobre cierta discrepancia en los resultados funcionales entre el cuestionario Lysholm y el IKDC. Lo justifican explicando que el sistema objetivo IKDC (cuando es este cuestionario el que se aplica) incluye muchas evaluaciones objetivas como síntomas, ROM y exploración de ligamentos y no sólo aspectos subjetivos como el Lysholm. Por ello el sistema objetivo IKDC es mejor en la evaluación después de reconstrucción del LCA que la escala de Lysholm.

Otros autores como Ageberg *et al* (2008, 2009) también han optado por usar cuestionarios como el KOOS y algunos como Risberg *et al* (2007) y Eitzen *et al* (2014) el CKRS bien de forma alternativa, bien de forma complementaria a los utilizados en el presente estudio.

### Desplazamiento anterior de la rodilla

La laxitud anterior de la rodilla fue valorada mediante el artrómetro KT-1000 (MEDmetric, San Diego, CA). Este instrumento es uno de los más usados en la bibliografía internacional

para valorar de forma objetiva el desplazamiento anterior de la tibia con respecto al fémur (Urbach *et al* 2001; Freedman *et al* 2003; Hiemstra *et al* 2004; Svensson *et al* 2006; Forsblad *et al* 2006; Asik *et al* 2007; Ahldén *et al* 2009; Drogset *et al* 2010; Eitzen *et al* 2010; Sadoghi *et al* 2011; Gardinier *et al* 2012; Barenius *et al* 2013).

Barenius *et al* (2013) o Sadoghi *et al* (2011) prefirieron sin embargo en sus estudios medir el desplazamiento anterior y rotacional tibial con test subjetivos como pivot shift o Lachman test unidos a datos objetivos obtenidos con el KT-1000. Svensson *et al* (2006) y Sernert *et al* (2004) hicieron mención en sus estudios sobre un posible error metodológico en el propio artrómetro KT-1000.

Dejour *et al* (2013) optaron por utilizar otros dispositivos de medición del desplazamiento anterior tibial como el Telos™ stress radiographs (15 kg) y Yosmaoglu *et al* (2001) el artrómetro Kneelax 3.

## 4.2. Resultados

### 4.2.1. Fuerza

En nuestro trabajo, la fuerza media del Q de la pierna afecta fue el 75% de la fuerza media del Q de la pierna sana, siendo la diferencia entre ambos estadísticamente significativa. La fuerza media de IQ de la pierna afecta fue el 78% de la sana, siendo la diferencia también estadísticamente significativa. El índice I/Q de la pierna afecta fue de  $0,97 \pm 0,40$  y de la pierna sana  $0,94 \pm 0,34$ , siendo la diferencia entre ambos no estadísticamente significativa. La diferencia entre ambas rodillas en fuerza de Q, IQ y ratio I/Q del grupo control no fue significativa. En este sentido, Lee *et al* (2015), obtuvieron también resultados similares a los nuestros cuando compararon la fuerza (medida en Kgf) del Q ( $201,8 \pm 46,8$  vs  $98,2 \pm 37,4$ ) de la pierna sana y afecta respectivamente en pacientes con lesión de LCA, aunque esta diferencia no fue tan significativa. En el caso de la fuerza de los IQ ( $100,1 \pm 29,8$  vs  $46,0 \pm 24,4$ ) del miembro sano y el afecto respectivamente, la diferencia si fue significativa, representando la fuerza de IQ de la pierna afecta el 46% de la sana. El Ratio I/Q ( $50,3 \pm 11,3$  Vs  $45,0 \pm 13,9$ ) de la sana y la afecta también mostró diferencias significativas. Sin embargo, en este caso se midió la fuerza de torsión con dinamómetro isocinético a  $60^\circ/s$  y  $180^\circ/s$ . Ikeda *et al* (2002) también analizaron la fuerza isocinética concéntrica y excéntrica de Q en sujetos con rotura de LCA previo a intervención quirúrgica, obteniendo valores en concéntrico de  $78 \pm 19$  en la pierna sana frente a  $66 \pm 19$  en la lesionada (85% de la sana) y en excéntrico de  $106 \pm 29$  para la pierna sana frente  $84 \pm 24$  en la lesionada (79% de la sana), siendo estas diferencias significativas tanto para contracción concéntrica como excéntrica.

Konishi *et al* (2011) obtuvieron valores de Q de la pierna lesionada y sana (en valores de fuerza de torsión por unidad de volumen muscular medido con RMN) en sujetos con rotura de LCA sin haber sido operados. La fuerza muscular del Q por unidad de volumen en la pierna lesionada fue significativamente menor que en la pierna sana y en los controles ( $p < 0,01$ ). ( $0.0860 \pm 0.019$  Nm/cm<sup>3</sup> a  $60^\circ/s$  y  $0.0624 \pm 0.011$  Nm/cm<sup>3</sup> a  $180^\circ/s$ , y  $0.1001 \pm 0.016$  Nm/cm<sup>3</sup> a  $60^\circ/s$  y  $0.0665 \pm 0.011$  Nm/cm<sup>3</sup> a  $180^\circ/s$  para la pierna lesionada y sana respectivamente. El valor medio en el grupo control fue  $0.1136 \pm 0.014$  Nm/cm<sup>3</sup> a  $60^\circ/s$  y  $0.0760 \pm 0.013$  Nm/cm<sup>3</sup> a  $180^\circ/s$ ). Estos resultados coinciden con los nuestros, sugiriendo que los pacientes con rotura del LCA sufren una pérdida bilateral de fuerza. Los resultados del estudio de Konishi *et al* (2011) confirmaron la hipótesis propuesta por el autor de que existe una inhibición bilateral del Q como resultado de la reducción del reclutamiento de unidades motoras en estos pacientes. Por el contrario Lautamies *et al* (2008), alertan del riesgo de usar la pierna sana como control porque el déficit de fuerza de la pierna lesionada puede ser debida a un aumento de fuerza de la sana como medida compensatoria. Sin embargo los autores no utilizaron grupo control con población sana en su estudio por lo que no pudieron comparar los valores de fuerza de la pierna sana de los sujetos lesionados con valores de fuerza de flexo-extensores de rodilla en sujetos sanos de sus mismas características.

Eitzen *et al* (2014) demostraron que la fuerza del Q fue aún significativamente menor ( $p=0,001$ ) dos años después de la cirugía, en aquellos sujetos que tuvieron un déficit de fuerza de un 20% previo a la intervención. De esta manera los autores concluyen que los individuos que tienen un déficit de fuerza pre-operatoria en lado afecto por encima de un 20%, comparado con el miembro sano, tuvieron mayor diferencia al cabo de dos años (déficit medio 14,3%) frente a aquellos que tuvieron menor diferencia de fuerza pre-operatoria (déficit medio 3,3%). Estos datos concuerdan con otros estudios que han demostrado que los déficits de fuerza muscular del Q previo a cirugía del LCA pueden estar entre el 7 y el 17% (Keays *et al*, 2003,2007; de Jong *et al*, 2007). Si bien es cierto que los valores establecidos como normales de asimetría en sujetos sanos, en cuanto a fuerza del Q podrían estar en torno al 10% (Kvist 2004; de Jong *et al*, 2007), estos estudios previos así como el de Shelbourne *et al* (2007), consideran el 20% de asimetría como punto de referencia para hablar de una buena o mala potencia del Q después de lesión del LCA o reconstrucción del mismo. Autores como de Jones *et al* (2007) encontraron que estas asimetrías superiores al 20% previo a la cirugía, se daban hasta los 6 meses post-cirugía pero eran revertidas a los 12 meses. Por estos motivos y en la misma línea que Eitzen *et al* (2014), nuestra recomendación es que la reconstrucción del LCA no se lleve a cabo hasta que los déficits de fuerza del Q entre la pierna sana y la lesionada esté por debajo de ese 20%. Ikeda *et al* (2004), obtuvo valores porcentuales (pierna lesionada / no lesionada) previo a cirugía de LCA de 72,9% en contracción excéntrica y 81,4% en contracción concéntrica. Los valores post-cirugía,



a los 9 meses, (98,6% en contracción excéntrica y 80,6% en contracción concéntrica) mostraron mejor recuperación muscular en fases excéntricas. La teoría que defienden los autores para esta rápida pérdida de la fuerza excéntrica y su posterior mejora tras la cirugía del LCA es que, al paciente padecer inestabilidad, deja de hacer gestos en la vida diaria como frenadas, arrancadas, bajar escaleras porque se siente inseguro. Esto le hace perder fuerza excéntrica en los momentos iniciales, sin embargo después de la cirugía, la recupera muy rápido porque esa inestabilidad es paliada con el injerto.

En relación a los niveles de fuerza a medio y largo plazo tras cirugía del LCA, Xergia *et al* (2011), constatan dichos déficit de fuerza del miembro lesionado con respecto al sano, relacionándolo con el tipo de injerto que se haya usado. Por lo que habrá mayor déficit de fuerza en extensores de rodilla tras cirugía mediante H-T-H y mayor déficit de flexores tras cirugía con injerto SG (Xergia *et al*, 2011). Mohammadi *et al* (2013) llegaron a las mismas conclusiones, en el miembro operado del grupo con injerto de SG hubo mayores valores de fuerza de Q (13% a 60°/s, y 17% a 180°/s,  $p=0,004$ ), comparado con el grupo de H-T-H. En cuanto al miembro operado de ambos grupos se encontró menor fuerza de Q e IQ ( $p = 0,01$ ), comparado con el grupo control a los 8 meses de seguimiento. Drogset *et al* (2009) llegaron a las mismas conclusiones tras un año de seguimiento en pacientes operados mediante SG, los cuales tuvieron menor fuerza de torsión de los flexores de rodilla medida isocinéticamente que los operados mediante H-T-H ( $P=0,003$ ). Lautamies *et al* (2008), encuentran resultados similares donde la fuerza del Q (en porcentaje de la pierna sana) fue mayor en el grupo operado mediante SG que el operado mediante H-T-H (a 60°/s, 94.2% vs 90.3,  $P = 0.010$ ) y a 180°/s (94.7% vs 91.5%,  $P = 0.011$ ). La fuerza de IQ fue mayor en el grupo operado mediante injerto H-T-H pero los resultados no fueron significativos. Ageberg *et al* (2009) concluyen que la diferencia media en potencia de flexores de rodilla, entre la pierna lesionada y no lesionada fue mayor en el grupo operado mediante SG que en el operado mediante H-T-H después de 3 años de la intervención (-21,3 vs 7.7 W,  $p = 0.001$ ). Los pacientes del grupo SG tuvieron menor ratio I/Q en la pierna lesionada que los pacientes del grupo H-T-H. (0,63 vs. 0,77,  $p = 0,012$ ). Sin embargo, a diferencia de los anteriores autores, no encontraron diferencias entre grupos en potencia de extensores de rodilla. Estos autores no efectuaron valoración de fuerza previo a la cirugía.

Esta pérdida de fuerza se ha atribuido a la alteración de la tensión que es capaz de generar del mecanismo extensor de la rodilla en caso de injerto de H-T-H (Xergia *et al*, 2011) pero es sabido que los mecano-receptores localizados en el LCA tiene un papel muy importante en la mejora de la actividad de la moto-neurona gamma que, a su vez es determinante en la función muscular (Konishi *et al*, 2002; Williams *et al*, 2005). Al reconstruir el LCA, estos mecano-receptores no son restaurados y pueden ser parte de la causa de esa debilidad crónica de la musculatura extensora tras la cirugía (Yosmaoglu *et al*, 2011). En el

caso de la musculatura flexora, existe evidencia de que las fibras tendinosas del isquiotibial seccionado pueden regenerarse, llegando a ser similares a las de las fibras no seccionadas. No obstante, el tendón del semitendinoso asume tras la cirugía diferentes formas y movimientos y cada patrón se ha relacionado con diferentes niveles de fuerza de los flexores de rodilla (Xergia *et al*, 2011). Otros autores como Hiemstra *et al* (2005) han incluso llegado a demostrar una pérdida de fuerza de los aductores de cadera (43% comparado con grupo control), en pacientes tras cirugía de LCA, lo cual atribuyen a causas de origen neural. En un estudio sobre activación voluntaria de Q antes y después de la intervención quirúrgica, Urbach *et al* (2001) obtienen unos resultados antes de la cirugía del Q afecto del 72% y el sano del 73%. En el grupo control 96% en el lado sano derecho y 94% en el lado sano izquierdo. Dos años después mejoró el lado operado ( $85,3 \pm 2,5\%$ ,  $p = 0,006$ ) y el sano ( $84,0 \pm 2,4\%$ ,  $p = 0,006$ ) pero los valores de la fuerza fueron aún menores que el grupo control. El problema de este estudio es que utilizaron un dispositivo de análisis de activación voluntaria llamado twitch interpolation y estos resultados no pueden ser comparados con otros de la bibliografía que no lo hayan utilizado y, mucho menos con nuestro estudio.

Landes *et al* (2010) tras medir con dinamómetro manual la fuerza en IQ en tres grupos de sujetos, concluyen que el grupo operado mediante SG tuvo mayor desequilibrio entre miembro afecto y sano de fuerza de flexores ( $-17,0 \pm 14$  Nm) que el grupo operado mediante aloinjerto de tibial anterior ( $-0,8 \pm 9$  Nm) y que en el grupo control ( $-0,7 \pm 14$  Nm) cuando se comparó miembro derecho con izquierdo. Sin embargo los autores midieron a los pacientes en posición prono pero a  $90^\circ$  puesto que para ellos, es la posición donde los isquiotibiales trabajan de manera más real y similar a su actividad diaria en bipedestación y sedentación. Además también justifican que al hacerlo a  $90^\circ$ , se evita que el paciente aproveche su máxima fuerza en extensión completa y así su fuerza se ve realmente limitada como consecuencia de la pérdida de ROM en flexión post-quirúrgica. En este mismo sentido, Hiemstra *et al* (2004) defienden que el mayor déficit de fuerza de los flexores ocurre a velocidades angulares bajas o medias y a ROM medios, de tal manera que los flexores de rodilla se hacen mas potentes y dominantes a medida que incrementa la extensión de rodilla.

Asik *et al* (2007) defienden que los déficits de fuerza observados a los 6, 12 y 18 meses post-cirugía, son nuevamente restablecidos a largo plazo, con un buen protocolo de rehabilitación. Los autores demuestran que, en un seguimiento a largo plazo (media 82 semanas), sólo el 7% de los pacientes tuvo un déficit de fuerza de la pierna lesionada con respecto a la sana de más del 20%. Los autores, sin embargo, no consideraron el tiempo transcurrido desde la lesión hasta que se llevo a cabo la cirugía, dato que podría ser determinante en la llamativa recuperación de la fuerza en comparación con Barenius *et al* (2013) que demostraron que, en un seguimiento medio de 36 meses post- cirugía, los sujetos aún tenían entre un 15 y un 20 % de déficit de fuerza con respecto al miembro sano dependiendo de la

técnica quirúrgica utilizada ( $P=0,6$ ). Gobbi *et al* (2004) no encontraron diferencias significativas en fuerza de Q entre dos grupos de pacientes operados mediante H-T-H y SG pero sí en cuanto a fuerza de IQ en las mujeres que fueron intervenidas mediante SG comparados con el otro grupo (a  $60^\circ/s$ ,  $P=0,007$ , y a  $180^\circ/s$ ,  $P=0,004$ ) a los 3 y 5 meses post- cirugía. A los 12 meses el déficit en extensores y flexores fue mayor en las mujeres intervenidas mediante SG a  $60^\circ/s$  ( $P=0,01$  y  $P=0,016$  respectivamente). En el mismo sentido se manifiestan los resultados de Drogset *et al* (2010), aunque sin hacer una diferencia de la pérdida de fuerza entre sexos. Yosmaoglu *et al* (2011) no se encontraron diferencias entre lado afecto y sano, entre dos grupos de pacientes operados con injerto de IQ, en fuerza de IQ y Q concéntrica y excéntrica medidas a  $180^\circ/s$  and  $60^\circ/s$  ( $p>0,05$ ). Si se encontraron déficits en ambos grupos cuando se comparó por separado la fuerza de los IQ del lado afecto con el lado sano (Aprox. un 10%) y del Q (entre un 10% y un 20%, dependiendo del tipo de cirugía) después de 12 meses de la intervención.

Inagaki *et al* (2013) compararon los niveles de fuerza en pacientes operados con injerto de IQ (un grupo sólo con semitendinoso y otro con SG) y concluyeron que no hubo diferencias significativas en el ratio del miembro afecto / miembro sano tanto para fuerza del Q (Q grupo semitendinoso  $86,4 \pm 15,9$  y grupo SG  $87,6 \pm 14,6$ ;  $P=0,66$ ) como para IQ (IQ grupo semitendinoso  $93,3 \pm 17,8$  y grupo SG  $92,6 \pm 15,1$ ;  $P=0,84$ ) entre los dos grupos. Esto pone en cuestión la justificación de utilizar una u otra técnica de reconstrucción de LCA mediante injerto de tendones IQ, en lo referente a la influencia en los niveles de fuerza muscular a largo plazo.

Hiemstra *et al* (2004) obtuvieron valores de ratio I/Q de 0,44 en sujetos operados de LCA frente a 0,55 en sujetos controles ( $P < 0,001$ ), dicha diferencia fue significativa. Según los autores los valores medios en sujetos sanos para ratios I/Q están entre 0,5 y 0,6. Cuando comparamos estos datos con nuestros resultados, vemos que claramente el grupo control está dentro de esos parámetros pero los ratios en grupo experimental están incrementados casi en igual medida en la pierna sana ( $0,94 \pm 0,34$ ) como en la afectada ( $0,97 \pm 0,40$ ). Esto no sólo indica una pérdida de fuerza considerable tanto de flexores como extensores en ambas piernas sino, lo que es peor, un cociente entre ambos muy alterado debido a la mayor proporción de pérdida de fuerza del Q. Ha sido constatado que en sujetos operados de LCA mediante H-T-H, el ratio I/Q se ve aumentado en contracciones isométricas a  $60^\circ$  de flexión de rodilla, comparado con un grupo control de sujetos sanos, debido probablemente al déficit de fuerza del Q que este tipo de cirugía conlleva (Hiemstra *et al*, 2004).

Ageberg *et al* (2008) midieron de forma concéntrica la fuerza en dos grupos de mujeres (uno operado de LCA que a la vez hizo un protocolo de ejercicios de rehabilitación y otro que sólo hizo el protocolo de ejercicios). El protocolo de trabajo fue el mismo para ambos

grupos. Los autores concluyeron que no se encontraron diferencias significativas entre grupos en cuanto a simetría entre pierna lesionada y pierna sana o en valores de fuerza absoluta entre la pierna sana y la lesionada. El aspecto más importante sobre el que reflexionar es que, en la bibliografía actual no encontramos trabajos para discutir sobre los efectos a largo plazo de la no intervención quirúrgica en pacientes con rotura de LCA porque normalmente no se les hace un seguimiento estandarizado como el que se hace con los operados. En este sentido sería interesante establecer unas pautas sencillas y aplicables en la práctica clínica diaria, de valoración fuerza de flexores y extensores de rodilla como parte de la anamnesis llevada a cabo en la primera visita médica de estos pacientes.

#### 4.2.2. Desplazamiento anterior de la rodilla.

En nuestro grupo experimental el desplazamiento medio de la rodilla afecta medido con dispositivo KT-1000 fue de  $6,31 \text{ mm} \pm 1,73$ . El de la rodilla sana  $2,25 \text{ mm} \pm 1,03$ . La diferencia entre ambas medias (sana-afecta) fue de  $4,06 \text{ mm} \pm 1,53$ , lo cual fue estadísticamente significativo ( $p \leq 0,001$ ). En el grupo control la media de desplazamiento con KT-1000 de la rodilla derecha fue de  $2,25 \text{ mm} \pm 0,84$  frente a  $2,53 \text{ mm} \pm 0,90$  en la izquierda, siendo la diferencia entre ambas no estadísticamente significativa.

Eitzen *et al* (2010) encontraron resultados parecidos con KT-1000 en los sujetos estudiados ( $5,6 \text{ mm} \pm 2,3$ ) con la diferencia de que no empleó grupo control de sujetos sanos. Urbach *et al* (2001) encontraron una diferencia de  $4,3 \text{ mm}$  (rango 3-7) de desplazamiento anterior con carga de  $13,5 \text{ Kg}$  entre pierna lesionada y no lesionada que posteriormente a la cirugía fue reducida a  $1,6 \text{ mm}$  (rango -1 a 4). Drogset *et al* (2010) cuando midieron, con dispositivo KT-1000 la diferencia entre pierna sana y lesionada previo a intervención quirúrgica en un grupo de pacientes con injerto de SG y en otro mediante H-T-H, no encontraron diferencias significativas ( $5,8 \text{ mm} \pm 2,3$  rango 2-13 en SG y  $6,1 \text{ mm} \pm 2,4$  rango 1-13 en H-T-H). No encontraron diferencias entre grupos a los dos años ( $1,5 \text{ mm}$  en H-T-H y  $1,8 \text{ mm}$  en SG). Nuestros datos coinciden con los de Drogset *et al* (2010), si bien es cierto que la diferencia media entre sana y afecta, en ambos grupos es inferior en nuestro estudio. Los criterios seguidos por los autores han considerado resultados de relevancia clínica las diferencias entre grupos de  $1 \text{ mm}$  en laxitud anterior de la rodilla, comparado con el lado contra-lateral y la desviación estándar ha sido determinada como  $1,5 \text{ mm}$  (Drogset *et al*, 2006).

Gardinier *et al* (2012) tomaron en su estudio como referencia valores de  $+3 \text{ mm}$  de diferencia entre lado sano y afecto, para considerar patológico el desplazamiento anterior tibial y por consiguiente diagnosticar una insuficiencia del LCA. Freedman *et al* (2003) encontraron, en un estudio meta-analítico, una mayor proporción de pacientes con diferencia de desplazamiento anterior tibial menor de  $3 \text{ mm}$  en el grupo operado mediante H-T-H que

en el operado mediante SG, cuando se comparó con el lado contralateral (79% vs 73,8%,  $P = 0,017$ ).

Hiemstra *et al* (2004) obtuvieron valores comparativos de pierna sana con afecta, con KT-1000 tras una media de 24 meses de la intervención quirúrgica de LCA, de 2,39mm (rango -1 y 7,3). Landes *et al* (2010) encontraron mayor laxitud anterior de la rodilla en pacientes operados mediante injerto de SG que en los operados mediante injerto de tibial anterior y controles ( $P = 0,008$ ). Laxdal *et al* (2007) encontraron, con el mismo dispositivo de medición, mejoras significativas entre valores pre y post-cirugía de LCA en dos grupos de pacientes operados mediante H-T-H ( $P = 0,005$  previo y  $P = 0,045$  post) y SG ( $P = 0,002$  previo y  $P = 0,01$  post), no encontrando diferencias entre grupos ni previo ni posterior a la intervención. Por el contrario encontraron diferencias, medidas con KT-1000, entre dos grupos de pacientes intervenidos de LCA mediante diferentes técnicas quirúrgicas a los 12 meses de la intervención (2,5mm  $\pm$  1,8 vs 0,5mm  $\pm$  2,0).

Sadoghi *et al* (2011), midiendo con KT-1000 a 143Nw, no encontraron diferencias significativas entre dos grupos operados de LCA con diferentes técnicas quirúrgicas a los dos años de seguimiento al comparar miembro sano y afecto (1,38 en grupo con H-T-H y 1,16 en grupo con SG,  $P > 0,5$ ). Similares resultados demostraron Barenius *et al* (2013) midiendo con Kt-1000 con máxima resistencia manual en dos grupos, uno operado mediante SG y otro con injerto de musculatura IQ sin implicación del gracilis (1,3mm  $\pm$  3,5 vs 1,8mm  $\pm$  2,5;  $P = 0,7$ ). Ahldén *et al* (2009) sacaron las mismas conclusiones en un trabajo con grupos similares de estudio al anterior, no encontrando resultados significativos ni previo a la cirugía ( $P = 0,47$ ) ni en el seguimiento final a los 7 años ( $P = 0,17$ ). Asik *et al* (2007) concluyen en su estudio que de 161 pacientes operados de LCA con injerto de IQ, el 59% mostró una laxitud anterior de la rodilla superior a 2mm con KT-1000 pre-operatorio y sólo 14 (5%) mostraron más de 2mm post-operatoriamente ( $P \leq 0,0001$ ). Sin embargo, Svensson *et al* (2006), utilizando también dispositivo KT-1000 con 89Nw de fuerza, concluyen que la diferencia entre pierna lesionada y pierna sana no mostró mejora significativa entre los valores pre-cirugía y los obtenidos tras un seguimiento de dos años en ninguno de los grupos estudiados (de una media de 3,5mm a 2,8 en H-T-H y de 4,0mm a 3,0mm en SG). No se encontraron diferencias significativas entre grupos ni previo ni en el seguimiento a los 2 años de la intervención ( $P = 0,76$  y  $P = 0,83$  respectivamente). Sin embargo, los autores si que encontraron diferencias significativas en el seguimiento cuando midieron desplazamiento anterior con test de Lachman, lo cual atribuyeron a un posible error metodológico del KT-1000. Anteriormente, Sernert *et al* (2004) habían ya hecho mención a la falta de credibilidad de los datos obtenidos con este dispositivo. No obstante, sigue siendo el dispositivo de medición de laxitud anterior de rodilla más utilizado en la literatura actual.

Yosmaoglu *et al* (2011), pese a que utilizaron un dispositivo de medición diferente al nuestro y al utilizado por los autores anteriormente citados (artrómetro Kneelax 3, Monitored Rehab System, Haarlem, the Netherlands), no encontraron diferencias significativas entre lado afecto y sano entre ambos grupos de estudio en cuanto a desplazamiento tibial anterior ( $p>0,05$ ). Ambos grupos, que habían sido intervenidos quirúrgicamente mediante injerto de SG, mostraron menos de 3 mm de desplazamiento anterior de la tibia cuando se comparó con el miembro no lesionado.

Inagaki *et al* (2013) midieron con artrómetro KT-2000 (MEDmetric, San Diego, CA, USA) a 30° de flexión y con fuerza de desplazamiento tibial anterior de 133 Nw. El resultado, al comparar con miembro sano en ambos grupos tras 24 meses tras cirugía, fue de 1,3mm, no habiendo diferencias significativas entre grupos. Ikeda *et al* (2004), utilizando este mismo dispositivo, establecieron valores entre pierna sana y lesionada en un grupo de pacientes operados de LCA de 1,5 mm (rango entre 0,1 y 4,4). Lo cual estaría dentro de los límites normales establecidos por Drogset *et al* (2006, 2010) con KT-1000.

#### 4.2.3. Correlación entre parámetros.

##### A. Correlación entre resultados en cuestionarios funcionales y desplazamiento con KT-1000

Al correlacionar los valores medios que obtuvimos en IKDC ( $54,65 \pm 10,65$ ) con los obtenidos en Tegner- Lysholm ( $60,56 \pm 12,27$ ) los resultados fueron estadísticamente significativos ( $0,75 P \leq 0,001$ ) pero al correlacionar ambos resultados con los obtenidos en KT-1000 no se obtuvieron resultados estadísticamente significativos. Sadoghi *et al* (2001), que obtuvieron valores similares a los nuestros en cuanto a IKDC y Tegner en ambos grupos de estudio previo a la intervención quirúrgica, no encontraron correlación significativa entre estos valores y los resultados obtenidos en los test de laxitud anterior de Lachman y KT-1000. Sin embargo, si hicieron valoración de la importancia que tiene bajo su punto de vista el test de inestabilidad rotacional de pivot shift (que a su vez forma parte del cuestionario objetivo del IKDC pese a ser una valoración subjetiva por parte del observador) y su correlación con la satisfacción del paciente en IKDC y Tegner. Los autores sugieren que los test de laxitud anterior de la rodilla tienen menor influencia sobre la sensación subjetiva y satisfacción del paciente, justificando así que uno de los mayores objetivos de la reconstrucción del LCA debe estar en atenuar la laxitud rotacional en el plano transversal. Sin embargo, pese a ser los cuestionarios más usados en la literatura actual, no hemos encontrado trabajos que relacionen la puntuación obtenida en ellos con mejores o peores resultados en desplazamiento anterior de la rodilla con KT-1000 previo a cirugía de LCA. Laxdal *et al* (2007) tampoco encontraron correlación significativa entre el nivel de actividad en Tegner y laxitud anterior

medida con KT-1000, en ninguno de los grupos de estudio en el seguimiento tras cirugía de LCA. Por su parte Eitzen *et al* (2009) no consideraron en su estudio ni la escala de actividad de Tegner, ni la medición objetiva con KT-1000 como una de las variables independientes que pueden predecir mejor o peor funcionalidad de la rodilla medida con el cuestionario CKRS. Bajo su criterio, tanto el KT-1000 como la escala de actividad de Tegner tuvieron poca correlación con la funcionalidad de la rodilla a largo plazo tras cirugía.

## **B. Correlación entre desplazamiento con KT-1000 y fuerza**

Se comprobó la existencia de una correlación negativa significativa entre el cociente I/Q y el desplazamiento en la pierna afecta (-0,22  $P < 0,05$ ), así como una correlación negativa significativa entre el cociente I/Q y el desplazamiento en la rodilla sana (-0,29  $P \leq 0,01$ ), lo que significó que a menores valores de ratio I/Q, mayores valores de desplazamiento anterior, y una correlación positiva significativa entre la fuerza del cuádriceps y el desplazamiento en la rodilla sana (0,24  $P \leq 0,05$ ), a mayor fuerza del Q, mayor fue el desplazamiento anterior en la rodilla sana. La correlación entre fuerza de Q, IQ o su cociente con el desplazamiento tibial en los controles no mostró significación estadística en ningún caso. Estos resultados confirman nuestra hipótesis de partida donde el aumento del desplazamiento anterior de la tibia está influenciado por la pérdida de fuerza de la musculatura tanto flexora como extensora de la rodilla. No hemos podido encontrar bibliografía que correlacione los niveles de fuerza de la musculatura IQ con el desplazamiento anterior de la rodilla. Sin embargo nuestros resultados pueden ser también complementados con un estudio de Barcellona *et al* (2014) en el que analizaron los niveles de activación de la musculatura IQ con electromiografía de superficie y los relacionaron con el desplazamiento anterior de la tibia, tanto en rodilla afecta como en la sana de grupo experimental como en el grupo control, mientras se hacía test con KT-2000. Los autores confirman que ambas rodillas (operada y no operada) fueron capaces de reducir la laxitud anterior en el mismo porcentaje mediante el incremento de la activación muscular de los IQ.

## **C. Correlación de fuerza con tiempo tras accidente**

En nuestros resultados, al correlacionar la fuerza de los flexores y extensores de rodilla, así como su ratio, con el tiempo transcurrido desde el accidente, no encontramos una relación con significación estadística ni en la rodilla lesionada ni en la sana ( $P \leq 0,01$ ).

Eitzen *et al* (2010), encontraron una correlación significativa cuando compararon los valores de fuerza obtenidos en test isocinético de Q e IQ (en sujetos que habían sufrido una rotura del LCA en los 90 días previos a la primera valoración) con el tiempo transcurrido hasta la siguiente valoración, a las 5 semanas con un trabajo pautado de rehabilitación

( $P \leq 0,001-0,04$ ), obteniéndose un efecto mayor en los resultados de la fuerza del Q. Estos resultados nos hacen reflexionar sobre la importancia de esperar un tiempo considerable hasta que los niveles de fuerza (sobre todo del Q) sean restablecidos, antes de llevar a cabo tratamientos quirúrgicos. De los pacientes tratados en el estudio de Eitzen *et al* (2010), después de las 5 semanas de trabajo, el 64% necesitó intervención quirúrgica pero el 36% la evitó, con la consiguiente repercusión socio-económica que esto conlleva. Nuestros resultados no son comparables a este estudio ya que la medición realizada fue transversal y no todos los pacientes habían seguido un protocolo previo de rehabilitación. Lautamies *et al* (2008) tampoco encontraron correlación entre el tiempo transcurrido desde el accidente hasta el momento de la cirugía y la fuerza muscular de Q e IQ en el seguimiento después de 5 años. Los autores sin embargo no relacionaron dichos valores de tiempo con la fuerza antes de la intervención quirúrgica. Urbach *et al* (2001) no encontraron correlación en este caso entre la mejora de la activación muscular voluntaria tras cirugía de LCA y el intervalo de tiempo desde la lesión y la primera medición previo a la cirugía.

#### **D. Correlación entre desplazamiento con KT-1000 y tiempo tras accidente y resultados en test funcionales y tiempo tras accidente**

Nuestros resultados al correlacionar el desplazamiento tibial anterior con el tiempo transcurrido tras el accidente no fueron estadísticamente significativos ni en la rodilla sana ni en la afectada. Resultados similares han descrito autores como Drogset *et al* (2010) que no encontraron correlación significativa entre el tiempo que transcurrió desde la lesión hasta la valoración previa a la cirugía con los valores obtenidos en KT-1000, incluso habiendo pasado una media de tiempo en ambos grupos de estudio de 12 meses (0-240). Así la laxitud de la rodilla no estaría condicionada por el tiempo que pase hasta el momento de la cirugía (no hay una relación directa entre el tiempo de espera para la cirugía y la mejora del desplazamiento anterior de la tibia).

En cuanto a la correlación entre resultados obtenidos en cuestionarios IKDC y Tegner-Lyholm con el tiempo transcurrido tras el accidente, fueron no significativos estadísticamente. No hemos podido encontrar bibliografía en la que apoyarnos al respecto por lo que la justificación, bajo nuestro punto de vista, podría ser que por mucho tiempo que pase tras el accidente, si la inestabilidad anterior de la rodilla no es revertida de forma quirúrgica o, se compensa fortaleciendo los grupos musculares encargados de la estabilidad de la articulación, los resultados en los cuestionarios funcionales no van a mejorar. Nuestros pacientes esperaron un tiempo mínimo de 4 semanas, desde que se produjo el accidente hasta la primera valoración y en algunos casos, más de un año. Sin embargo no controlamos la actividad deportiva o rehabilitadora que esos pacientes hicieron durante ese transcurso de tiempo. Quizá un programa de ejercicios orientado a la mejora de la fuerza muscular y



de la funcionalidad de la rodilla, como el que proponen Risberg *et al* (2009) o Eitzen *et al* (2010) podría en futuros estudios, proporcionarnos otros resultados. En este sentido puede ser válido el protocolo que proponen Eitzen *et al* (2010) donde intentaron demostrar la validez de un protocolo de ejercicios realizado durante 5 semanas, para la fase pre-operatoria y para los primeros estadios de la fase post-operatoria en pacientes con rotura del LCA. Los autores afirman que con la batería de ejercicio físico realizada mejoró significativamente la fuerza muscular y la funcionalidad en la articulación de la rodilla, incluso con una corta duración del programa. Lo que no pudieron concluir, por ausencia de un grupo control, es que esta intervención fuera más efectiva que otro programa de ejercicios diferente o que un programa que abarcara ambos déficits de forma separada, ejercicios orientados a mejorar la fuerza y otros a mejorar la funcionalidad.

### **E. Correlación de fuerza con resultados obtenidos en cuestionarios de valoración funcional**

Cuando se correlacionaron los resultados obtenidos en cuestionario IKDC con los valores de fuerza de flexores y extensores y ratio I/Q en el miembro sano se apreció una correlación negativa significativa entre la fuerza de los isquiotibiales y el IKDC (-0,30  $P=0,007$ ), no existiendo relación significativa con el resto. Lo mismo sucedió con los valores del Tegner, al observarse una relación negativa significativa entre la fuerza de isquios y los valores de este cuestionario (-0,36,  $P<0,001$ ). Estos valores no fueron considerados como determinantes en nuestros resultados ya que los valores de la fuerza IQ ha sido considerada en la bibliografía reciente menos determinante sobre la funcionalidad de la rodilla a largo plazo que la fuerza del Q (Eitzen *et al*, 2009). Nuestra justificación podría ir básicamente encaminada a una pérdida de fuerza de la musculatura flexora de la rodilla de carácter neural de forma bilateral. Al relacionar los valores obtenidos en ambos cuestionarios con la fuerza del cuádriceps, isquiotibiales y ratio I/Q en el miembro afecto del grupo experimental, los resultados solo mostraron una correlación negativa significativa entre el Tegner y la fuerza de isquios (-0,23  $P=0,04$ ) y entre los valores de este cuestionario y el cociente I/Q (-0,26  $P=0,02$ ). Estos resultados si han sido considerados contradictorios.

Landes *et al* (2010) obtuvieron resultados contradictorios significativos encontrando que el grupo de pacientes que mayores valores medios obtuvo en el cuestionario de valoración funcional IKDC 2000, fue a la vez el que mayores niveles de asimetría (comparando pierna sana con afecta) de fuerza isométrica de flexores de rodilla registró.

Eitzen *et al* (2009) estudiaron un grupo de 60 pacientes operados de LCA mediante H-T-H. Correlacionaron los valores de fuerza del Q e IQ con cuestionarios de valoración funcional CKRS y cuestionario de salud general SF-36. Los autores concluyen que la fuerza

del Q, las lesiones meniscales y los resultados obtenidos en SF-36 previo a cirugía (63,03;  $P=0,005$ , 55,09;  $P=0,029$  y 48,72;  $P=0,042$  respectivamente), tienen una correlación estadísticamente significativa con los resultados obtenidos en CKRS en un seguimiento a los dos años post-cirugía. Además individuos con lesión del LCA con déficits de fuerza muscular en Q de más de un 20% (en relación al miembro contralateral) tuvieron menores resultados significativos en CKRS dos años después de la cirugía ( $P=0,008$ ).

Lautamies *et al* (2008) por el contrario sí encontraron correlación entre resultados en Tegner y ratio de fuerza isocinética (lesionada vs sana) de Q a  $60^\circ/s$  ( $r=0,31$ ;  $P<0,01$ ) y  $180^\circ/s$  ( $r=0,34$ ;  $P<0,01$ ), y de IQ a  $180^\circ/s$  ( $r=0,21$ ;  $P<0,01$ ), entre ratio de fuerza isocinética de Q y escala de Lysholm a  $60^\circ/s$  ( $r=0,25$ ;  $P<0,01$ ) y a  $180^\circ/s$  ( $r=0,31$ ,  $P<0,01$ ), y de IQ a  $180^\circ/s$  ( $r=0,21$ ;  $P<0,01$ ). No encontraron correlación significativa entre resultados obtenidos en cuestionario Tegner y la fuerza muscular tras 5 años después de la cirugía de reconstrucción del LCA. Lo que sí parece estar claro es la importancia de la fuerza del Q pre y post-cirugía y su repercusión en la recuperación de los niveles de funcionalidad de la rodilla previos a la lesión. Ikeda *et al* (2004) defienden que una prevención de la pérdida de fuerza muscular del Q post-cirugía está directamente relacionado con una pronta incorporación a los niveles deportivos previos a la lesión.

Urbach *et al* (2001) encontraron correlación significativa ( $r=0,71$ ;  $p=0,009$ ) entre la recuperación de la activación muscular voluntaria tras cirugía de LCA y mejoras en los resultados funcionales en Tegner.

Ageberg *et al* (2009), al correlacionar dichas variables, concluyeron que bajos niveles de asimetría entre fuerza de Q e IQ (mayores valores en ratios I/Q y menores diferencias entre lado afecto y sano) están asociados con mejor sensación de bienestar del pacientes y seguridad en la rodilla.

Otros estudios utilizaron otros tipos de cuestionarios de funcionalidad de rodilla. Ageberg *et al* (2009) utilizaron en su estudio el cuestionario de valoración KOOS (Roos EM, *et al* 1998) y concluyeron que menores grados de asimetría o diferencia de fuerza muscular entre isquiotibiales y cuádriceps de la pierna lesionada (o mayor ratio IQ/Q), así como menores diferencias entre miembro lesionado y no lesionado, tiene una correlación directa con mejor calidad de vida del paciente en relación con la rodilla incluyendo funcionalidad y seguridad de dicha articulación. No encontraron las mismas correlaciones cuando compararon los resultados en KOOS en su versión de deporte/recreación con el ratio H/Q o con la relación de fuerza entre miembro lesionado y no lesionado, indicando esto que estos valores no guardan relación con la funcionalidad del paciente operado de LCA a la hora de hacer actividades deportivas como agacharse, saltar, girar o correr.

## Limitaciones y perspectivas de nuestra investigación

Nuestro estudio puede tener algunas limitaciones. Por un lado no hemos tenido en cuenta a la hora de analizar los resultados, aunque si lo contabilizamos al hacer las mediciones, la dominancia lateral del individuo y su posible relación con la pérdida en mayor o menor grado de fuerza de flexo - extensores de rodilla. Por otro lado, no analizamos los resultados en función del sexo y la relación del mismo con la pérdida de fuerza tanto en Q como IQ, cuestión como hicieron Schmitz y Shultz (2010).

No se controló el trabajo tanto de rehabilitación como de fuerza que los pacientes pudieron haber hecho desde el momento que se produce la lesión hasta que son valorados. Aspectos que podrían haber sido determinantes para su mejor o peor resultado al valorar la fuerza.

También se pudo haber comparado la fuerza y los resultados en cuestionarios funcionales, dentro del grupo experimental, entre aquellos sujetos que no presentaron lesión en ninguna otra estructura de la articulación de la rodilla con los pacientes que tuvieron alguna lesión condral o meniscal simultánea a la del LCA, como hicieron Eitzen *et al* (2009).

Finalmente no se tuvo en cuenta el brazo de palanca al medir la fuerza en nuestros sujetos, ni se normalizaron los datos con el índice de masa corporal, como recomienda Maffiuletti (2010). No obstante, nuestros resultados mostraron una alta reproducibilidad con claras diferencias entre pacientes y controles y en la toma de datos cuidamos que nuestras mediciones y valoraciones fuesen lo más sencillas y rápidas posibles en la práctica clínica diaria. Tampoco el momento del día en el que se hizo la valoración de la fuerza fue considerado en nuestro estudio, pese a que Guette *et al* 2005 y Maffiuletti 2010, recomiendan que sea realizado a determinadas horas. No se ha tenido en cuenta puesto que las diferencias máximas que los autores han podido informar, en determinados grupos musculares dependiendo de la hora del día no superaron el 10% y no se consideraron significativas. Sin embargo se informó a los pacientes de que evitaran hacer esfuerzos intensos en los días previos al correspondiente test.

El análisis del desarrollo y recogida de datos en este trabajo nos ha hecho plantear algunos aspectos para continuar estudiando en el futuro. Entre otras cuestiones nos hemos planteado que nuestros pacientes referían inestabilidad y ello fue la causa de que buscasen una solución quirúrgica. Sin embargo, parece evidente que un grupo control mucho mas preciso estaría constituido por pacientes con rotura demostrada del LCA (mediante RMN) y que no refiriesen inestabilidad.

Otro aspecto de gran interés sería la medición del desplazamiento anterior de la tibia, monitorizando la activación de la musculatura IQ, como hicieron Barcelona *et al* (2014). De esta manera tendríamos información sobre la acción de la musculatura flexora de la rodilla como mecanismo compensatorio en el desplazamiento anterior de la tibia.

Obviamente un aspecto de gran importancia es determinar qué sucede con la evolución de los resultados preoperatorios en los pacientes a los que se efectúa una plastia del LCA. Ello implica hacer un seguimiento de estos pacientes y comparar sus resultados antes y después de la cirugía, prolongados en el tiempo, proyecto actualmente en desarrollo en nuestro servicio.



## 5. CONCLUSIONES





## 5. CONCLUSIONES

- 1º. La fuerza isométrica de cuádriceps e isquiosurales fue significativamente menor en las rodillas con insuficiencia del LCA con respecto a las rodillas sanas de los mismos pacientes. Sin embargo, el cociente I/Q no mostró diferencias significativas entre ambas rodillas en estos pacientes.
- 2º. La fuerza isométrica de cuádriceps e isquiosurales en ambas rodillas de los sujetos lesionados fue significativamente menor que en los sujetos controles. Del mismo modo, el cociente I/Q en los afectados de rotura del LCA fue significativamente mayor que en los controles.
- 3º. Se apreció una correlación negativa significativa entre el cociente I/Q de ambas rodillas en los pacientes con el desplazamiento tibial. Sin embargo no hubo correlación significativa cuando se consideró aisladamente la fuerza del cuádriceps o de los isquiosurales y dicho desplazamiento, salvo una relación positiva entre la fuerza del cuádriceps y el desplazamiento en la rodilla sana de los pacientes.
- 4º. No hubo correlación significativa entre los valores de los cuestionarios subjetivos, Tegner-Lysholm e IKDC, con el desplazamiento anterior de la tibia en los pacientes con rotura del LCA.
- 5º. No hubo correlación significativa entre el tiempo transcurrido tras el accidente y el desplazamiento tibial anterior, la fuerza isométrica de flexo-extensores de rodilla o su cociente, y los resultados de los cuestionarios subjetivos.
- 6º. Se apreció una correlación negativa significativa entre la fuerza de los isquiosurales en la rodilla sana y ambos cuestionarios de valoración subjetiva. La misma correlación negativa se apreció sólo entre la fuerza de los isquiosurales y el cociente I/Q con el cuestionario de Tegner-Lysholm en la rodilla afecta, no observándose correlación significativa con los resultados del otro cuestionario.







## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Adachi N, Ochi M, Uchio Y, Sakai Y, Kuriwaka M, Fujihara A.** Harvesting hamstring tendons for ACL reconstruction influences postoperative hamstring muscle performance. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2003; 123:460-465.
2. **Ageberg E; Roos HP; Silbernagel KG; Thomeé R; Roos EM.** Knee extension and flexion muscle power after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon graft or hamstring tendons graft: a cross-sectional comparison 3 years post surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009; 17:162-169.
3. **Ageberg E, Thomeé R, Neeter C, Silbernagel KG, Roos EM.** Muscle Strength and Functional Performance in Patients With Anterior Cruciate Ligament Injury Treated With Training and Surgical Reconstruction or Training Only: A Two to Five-Year Followup. *Arthritis & Rheumatism (Arthritis Care & Research).* 2008; 59: 12: 1773-1779.
4. **Ahldén M, Kartus J, Ejerhed L, Karlsson J, Sernert N.** Knee laxity measurements after anterior cruciate ligamento reconstruction, using either bone-patellar-tendon-bone or hamstring tendon autografts, with special emphasis on comparison over time. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17:1117-1124.
5. **Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA.** Return to the preinjury level of competitive sport after anterior cruciate ligament reconstruction surgery: two-thirds of patients have not returned by 12 months after surgery. *Am J Sports Med.* 2011;9(3):538-43.
6. **Andersson D, Samuelsson K, Karlsson J.** Treatment of anterior cruciate ligament injuries with special reference to surgical technique and rehabilitation: an assessment of randomized controlled trials. *Arthroscopy.* 2009; 25:653-685.
7. **Asagumo H, Kimura M, Kobayashi Y, Taki M, Takagishi K.** Anatomic reconstruction of the anterior cruciate ligament using double-bundle hamstring tendons: surgical techniques, clinical outcomes, and complications. *Arthroscopy* 2007; 23:602-609.
8. **Asik M, Sen C, Tuncay I, Erdil M, Avci C, Taser OF.** The mid- to long-term results of the anterior cruciate ligamento reconstruction with hamstring tendons using Transfix technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15:965-972.
9. **Barcellona MG, Morrissey MC, Milligan P, Amis AA.** The effect of thigh muscle activity on anterior knee laxity in the uninjured and anterior cruciate ligament-injured knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014; 22(11): 2821-9.

10. **Barenus B, Webster WK, McClelland J, Feller J.** Hamstring tendon anterior cruciate ligament reconstruction: does gracilis tendon harvest matter?. *International Orthopaedics (SICOT)* 2013; 37:207-212.
11. **Biau DJ, Tournoux C, Katsahian S, Schranz PJ, Nizard RS.** Bone-patellar tendon-bone autografts versus hamstring autografts for reconstruction of anterior cruciate ligament: meta-analysis. *Br Med J* 2006; 332:995-1001.
12. **Bizzini M, Gorelick M, Munzinger U, Drobny T.** Joint laxity and isokinetic thigh muscle strength characteristics after anterior cruciate ligament reconstruction: bone patellar tendon bone versus quadrupled hamstring autografts. *Clin J Sports Med.* 2006; 16:4-9.
13. **Bohannon RW1, Kindig J, Sabo G, Duni AE, Cram P.** Isometric knee extension force measured using a handheld dynamometer with and without belt-stabilization. *Physiother Theory Pract.* 2012;28(7):562-8.
14. **Briggs KK, Steadman JR, Hay CJ, Hines SL.** Lysholm score and Tegner activity level in individuals with normal knees. *Am J Sports Med.* 2009; 37(5):898-901.
15. **Brown CH Jr, Carson EW.** Revision anterior cruciate ligament surgery. *Clin Sports Med.* 1999;18:109-171.
16. **Bryant AL, Creaby MW, Newton RU, Steele JR.** Hamstring antagonist torque generated in vivo following ACL rupture and ACL reconstruction. *Knee.* 2010; 17: 287-290.
17. **Button K, Van Deursen R, Price P.** Measurement of functional recovery in individuals with acute anterior cruciate ligament rupture. *Br J Sports Med.* 2005;39:866-871.
18. **Cervero F, Schaible HG, Schmidt RF.** Tonic descending inhibition of spinal cord neurones driven by joint afferents in normal cats and in cats with an inflamed knee joint. *Exp Brain Res.* 1991;83:675-8.
19. **Chmielewski, TL.; Myer, GD.; Kauffman, D.; Tillman, SM.** Plyometric exercise in the rehabilitation of athletes: physiological responses and clinical application. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006; 36(5): 308-319.
20. **Click Fenter P, Bellew JW, Pitts TA, Kay RE.** Reliability of stabilised commercial dynamometers for measuring hip abduction strength: a pilot study. *Br J Sports Med.* 2003;37:331-4.

21. **Cohen SB, Sekiya JK.** Allograft safety in anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Sports Med* 2007;26:597-605.
22. **Cooper RL, Taylor NF, Feller JA.** A systematic review of the effect of proprioceptive and balance exercises on people with an injured or reconstructed anterior cruciate ligament. *Res Sports Med.* 2005; 13:163-178.
23. **Czuppon S, Racette BA, Klein SE, Harris-Hayes M.** Variables associated with return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Br J Sports Med.* 2014; 48:356-364.
24. **Dauty M, Tortellier L, Rochongar P** (2005) Isokinetic and anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings or patella tendon graft: analysis of literature. *Int J Sports Med.* 2005; 26:599-606.
25. **de Jong SN, van Caspel DR, van Haeff MJ, Saris DB.** Functional assessment and muscle strength before and after reconstruction of chronic anterior cruciate ligament lesions; *Arthroscopy.* 2007; 23(1):21-8.
26. **Dejour D, Vanconcelos W, Bonin N, Fernandes Saggin PR.** Comparative study between mono-bundle bone-patellar tendon-bone, double-bundle hamstring and mono-bundle bone-patellar tendon-bone combined with a modified Lemaire extra-articular procedure in anterior cruciate ligament reconstruction. *International Orthopaedics (SICOT).* 2013; 37:193-199.
27. **Dekker R, Kingma J, Groothoff JW, Eisma WH, Ten Duis HJ.** Measurement of severity of sports injuries: an epidemiological study. *Clin Rehabil* 2000; 14:651-656.
28. **Dekker R, Groothoff J, Sluis C Van der, Eisma W, Ten Duis H.** Longterm disabilities and handicaps following sports injuries: outcome after outpatient treatment. *Disabil Rehabil.* 2003; 25:1153-1157.
29. **Douma R KW, Soer R, Krijnen WP, Reneman M, van der Schans CP.** Reference values for isometric muscle force among workers for the Netherlands: a comparison of reference values. *BMC Sports Science, Medicine, and Rehabilitation.* 2014; 6 (1):10.
30. **Drogset JO, Grontvedt T, Robak OR, et al.** A sixteen-year follow-up of three operative techniques for the treatment of acute ruptures of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am.* 2006; 88:944-952.

31. **Drogset JO, Strand T, Uppheim G, Ødegård B, Bøe A, Grøntvedt T.** Autologous patellar tendon and quadrupled hamstring grafts in anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized multicenter review of different fixation methods. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18:1085-1093.
32. **Duquin TR, Wind WM, Fineberg MS, Smolinski RJ, Buyea CM.** Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. *J Knee Surg.* 2009; 22(1): 7-12.
33. **Dye SF, Wojtyś EM, Fu FH, Fithian DC, Gillquist I.** Factors contributing to function of the knee joint after injury or reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Instr Course Lect.* 1999;48:185-98.
34. **Eitzen, I, Holm, I, Risberg, MA.** Preoperative quadriceps strength is a significant predictor of knee function two years after anterior cruciate ligament reconstruction; *Br J Sports Med.* 2009; 43(5): 371-376.
35. **Eitzen, I.; Moksnes, H.; Snyder-Mackler, L.; and Risberg, MA.** A Progressive 5-Week Exercise Therapy Program Leads to Significant Improvement in Knee Function Early After Anterior Cruciate Ligament Injury. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010; 40(11): 705-721.
36. **Elmlinger B, Nyland J, Tillett E.** Knee flexor function 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction with semitendinosus-gracilis autografts. *Arthroscopy.* 2006; 22:650-655.
37. **Fernandes TL, Prota TR, Fregni F, Neto RB, Pedrinelli A, Camanho GL, Hernandez AJ.** Isokinetic muscle strength and knee function associated with double femoral pin fixation and fixation with interferente screw in anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012; 20:275-280.
38. **Ferrari JD, Bach BR Jr, Bush-Joseph CA, Wang T, Bojchuk J.** Anterior cruciate ligament reconstruction in men and women: an outcome analysis comparing gender. *Arthroscopy.* 2001; 17:588-596.
39. **Fitzgerald GK, Axe MJ, Snyder-Mackler L.** The efficacy of perturbation training in nonoperative anterior cruciate ligament rehabilitation programs for physical active individuals. *Phys Ther.* 2000; 80:128-140.
40. **Forsblad M, Valentin A, Engström B, Werner S.** ACL reconstruction: patellar tendon versus hamstring grafts-economical aspects. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006; 14: 536-541.

41. **Frank CB, Jackson DW.** The science of reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg [Am]*. 1997;79-A:1556-76.
42. **Fransen M, Crosbie J, Edmonds J.** Isometric muscle force measurement for clinicians treating patients with osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum*. 2003;49:29-35.
43. **Freedman KB, D'Amato MJ, Nedeff DD, Kaz A, Bach BR Jr.** Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Metaanalysis Comparing Patellar Tendon and Hamstring Tendon Autografts. *American Journal of Sports Medicine*. 2003; 31(1):2-11.
44. **Frobell RB, Roos EM, Roos HP et al.** A randomized trial of treatment for acute anterior cruciate ligament tears. *N Engl J Med*. 2010; 22:331-42.
45. **Gabriel MT, Wong EK, Woo SL, Yagi M, Debski RE.** Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotatory loads. *J Orthop Res*. 2004; 22:85-9.
46. **Gardinier ES, Manal K, Buchanan TS, Snyder-Mackler L.** Gait and Neuromuscular Asymmetries after Acute ACL Rupture. *Med Sci Sports Exerc*. 2012; 44(8): 1490-1496.
47. **Granat LP, Bahr R, Steindal K, Furnes O, Engebretsen L.** Development of a national cruciate ligament surgery registry: the Norwegian National Knee Ligament Registry. *Am J Sports Med*. 2008;36(2):308-15.
48. **Greco NJ, Anderson AF, Mann BJ, et al.** Responsiveness of the International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form in comparison to the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index, modified Cincinnati Knee Rating System and Short Form 36 in patients with focal art. *Am J Sports Med*. 2010;38(5):891-902.
49. **Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, et al.** Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *Am J Sports Med*. 2005; 34:1512-1532.
50. **Gobbi A, Domzalski M, Pascual J, Zanazzo M.** Hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: is it necessary to sacrifice the gracilis? *Arthroscopy*. 2005;21:275-80.
51. **Gobbi A, Domzalski M, Pascual J.** Comparison of anterior cruciate ligament reconstruction in male and female athletes using the patellar tendon and hamstring autografts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2004;12:534-539.

52. **Guette M, Gondin J, Martin A.** Time-of-day effect on the torque and neuromuscular properties of dominant and non-dominant quadriceps femoris. *Chronobiol Int.* 2005; 22:541-58.
53. **Harmon KG, Ireland ML.** Gender differences in noncontact anterior cruciate ligament injuries. *Clin Sports Med.* 2000; 19:287-302.
54. **Hartigan, E.; Axe, MJ.; Snyder-Mackler, L.** Perturbation training prior to ACL reconstruction improves gait asymmetries in non-copers; *J Orthop Res.* 2009; 27(6):724-9.
55. **Heijne A, Ang BO, Werner S.** Predictive factors for 12-month outcome after anterior cruciate ligament reconstruction. *Scand J Med Sci Sports.* 2009; 19:842-849.
56. **Herrington L, Wrapson C, Matthews M, Matthews H.** (2005) Anterior cruciate ligament reconstruction, hamstring versus bone patella tendon-bone grafts: a systematic literature review of outcome from surgery. *Knee* 2005; 12:41-50.
57. **Hiemstra LA, Webber S, MacDonald PB, Kriellaars DJ.** Hamstring and Quadriceps Strength Balance in Normal and Hamstring Anterior Cruciate Ligament-Reconstructed Subjects. *Clin J Sport Med.* 2004; 14:274-280.
58. **Hiemstra LA, Gofton WT, Kriellaars DJ.** Hip Strength Following Hamstring Tendon Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Clin J Sport Med* 2005;15:180-182.
59. **Hiroshi Ikeda H, Kurosawa H, Takazawa S, Kim SG, Nakagawa T, Nozawa M, Takazawa Y.** Eccentric contraction strength of knee extensor before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2004; 14: 107-111.
60. **Higgins LD, Taylor MK, Park D, Ghodadra N, Marchant M, Pietrobon R, Cook C.** Reliability and validity of the International Knee Documentation Committee (IKDC) Subjective Knee Form. *Joint Bone Spine.* 2007; 74: 594-9.
61. **Hughes G, Watkins J.** A risk-factor model for anterior cruciate ligament injury. *Sports Med.* 2006; 36:411-428.
62. **Hurd WJ, Snyder-Mackler L.** Knee instability after acute acl rupture affects movement patterns during the mid-stance phase of gait. *J Orthop Res.* 2007; 25:1369-77.
63. **Hurley MV, Jones DW, Wilson D, Newham DJ.** Rehabilitation of quadriceps inhibited due to isolated rupture of the anterior cruciate ligament. *J Orthop Rheum.* 1992;5:145-54.



64. **Hurley MV, Jones DW, Newham DJ.** Arthrogenic quadriceps inhibition and rehabilitation of patients with extensive traumatic knee injuries. *Clin Sci (Lond.)* 1994;86(3):305-10.
65. **Ikeda H, Kurosawa H, Kim SG.** Quadriceps torque curve pattern in patients with anterior cruciate ligament injury. *International Orthopaedics (SICOT)*. 2002; 26:374-376.
66. **Ikeda H, Kurosawa H, Takazawa S, Kim SG, Nakagawa T, Nozawa M, Takazawa Y.** Eccentric contraction strength of knee extensor before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2004; 14: 107-111.
67. **Inagaki Y, Kondo E, Kitamura N, Onodera J, Yagi T, Tanaka Y, Yasuda K.** Prospective clinical comparisons of semitendinosus versus semitendinosus and gracilis tendon autografts for anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sci*. 2013; 18:754-761.
68. **Ingersoll CD, Grindstaff TL, Pietrosimone BG, Hart JM.** Neuromuscular consequences of anterior cruciate ligament injury. *Clin Sports Med*. 2008; 27(3): 383-404.
69. **Iriuchishima T, Shirakura K, Horaguchi T, Wada N, Sohmiya M, Tazawa M, Fu FH.** Age as a predictor of residual muscle weakness after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012;20:173-178.
70. **Irrgang JJ, Anderson AF, Boland AL, Harner CD, Kurosaka M, Neyret P, Richmond JC, Shelborne KD.** Development and validation of the international knee documentation committee subjective knee form. *Am J Sports Med*. 2001; 29: 600-13.
71. **Katoh M, Yamasaki H.** Comparison of reliability of isometric leg muscle strength measurements made using a hand-held dynamometer with and without a restraining belt. *J Phys Ther Sci*. 2009; 21: 37-42.
72. **Katoh M, Yamasaki H.** Test-retest reliability of isometric leg muscle strength measurements made using a hand-held dynamometer restrained by a belt: comparisons during and between sessions. *J Phys Ther Sci*. 2009; 21: 239-243.
73. **Katoh M, Hiiragi Y, Uchida M.** Validity of isometric muscle strength measurements of the lower limbs using a hand-held dynamometer and belt: a comparison with an isokinetic dynamometer. *J Phys Ther Sci*. 2011; 23: 553-557.

74. **Katoh M, Kaneko Y.** An investigation into reliability of knee extension muscle strength measurements, and into the relationship between muscle strength and means of independent mobility in the ward: examinations of patients who underwent femoral neck fracture surgery. *J Phys Ther Sci.* 2014; 26: 15-19.
75. **Katoh M, Isozaki K.** Reliability of Isometric Knee Extension Muscle Strength Measurements of Healthy Elderly Subjects Made with a Hand-held Dynamometer and a Belt. *J. Phys. Ther. Sci.* 2014; 26: 1855-1859.
76. **Kartus J, Movin T, Karlsson J.** Donor-site morbidity and anterior knee problems after anterior cruciate ligament reconstruction using autografts. *Arthroscopy.* 2001; 17:971-980.
77. **Keays SL, Bullock-Saxton J, Keays AC.** Strength and function before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Relat Res.* 2000; 373:174-183.
78. **Keays, SL.; Bullock-Saxton, JE.; Newcombe, P.; Keays, AC.** The relationship between knee strength and functional stability before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Res.* 2003; 21(2):231-237.
79. **Keays, SL.; Bullock-Saxton, JE.; Keays, AC.; Newcombe, PA.; Bullock, MI.** A 6-year follow-up of the effect of graft site on strength, stability, range of motion, function, and joint degeneration after anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendon graft. *Am J Sports Med.* 2007; 35(5): 729-739.
80. **Keays SL, Bullock-Saxton JE, Keays AC, et al.** A 6-year follow-up of the effect of graft site on strength, stability, range of motion, function, and joint degeneration after anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon versus semitendinosus and Gracilis tendon graft. *Am J Sports Med.* 2007;35:729-39.
81. **Kobayashi A, Higuchi H, Terauchi M, Kobayashi F, Kimura M, Takagishi K.** Muscle performance after anterior cruciate ligament reconstruction. *International Orthopaedics (SI-COT).* 2004; 28:48-51.
82. **Konishi Y, Fukubayashi T, Takeshita D.** Mechanism of quadriceps femoris muscle weakness in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Scand J Med Sci Sports.* 2002a; 12: 371-375
83. **Konishi Y, Fukubayashi T, Takeshita D.** Possible mechanism of quadriceps femoris weakness in patients with ruptured anterior cruciate ligament. *Med Sci Sports Exerc.* 2002b; 34: 1414-1418.

84. **Konishi Y, Ikeda K, Nishino A, Sunaga M, Aihara Y, Fukubayashi T.** Relationship between quadriceps femoris muscle volume and muscle torque after anterior cruciate ligament repair. *Scand J Med Sci Sports*. 2007; 17: 656-661.
85. **Konishi Y, Oda T, Tsukazaki S, Kinugasa R, Fukubayashi T.** Relationship between quadriceps femoris muscle volume and muscle torque at least 18 months after anterior cruciate ligament reconstruction. *Scand J Med Sci Sports*. 2012; 22: 791-796.
86. **Konishi Y, Oda T, Tsukazaki S, Kinugasa R, Hirose N, Fukubayashi T.** Relationship between quadriceps femoris muscle volumen and muscle torque after anterior cruciate ligament rupture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011; 19:641-645.
87. **Kouzaki M, Shinohara M, Fukunaga T.** Decrease in maximal voluntary contraction by tonic vibration applied to a single synergist muscle in humans. *J Appl Physiol*. 2000; 89: 1420-1424.
88. **Krause DA, Schlagel SJ, Stember BM, Zoetewey JE, Hollman JH.** Influence of lever arm and stabilization on measures of hip abduction and adduction torque obtained by hand-held dynamometry. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88:37-42.
89. **Krosshaug T, Slauterbeck JR, Engebretsen L, Bahr R.** *Scand J Med Sci Sports*. 2007;17(5):508-19.
90. **Kvist J.** Rehabilitation following anterior cruciate ligamento injury: current recommendations for sports participation. *Sports Med*. 2004; 34:269-280.
91. **Lam MH, Fong DTP, Yung PSH, Ho EPY, 1, Chan WY, and Chan KM.** Knee stability assessment on anterior cruciate ligament injury: Clinical and biomechanical approaches. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology*. 2009; 1(1):20.
92. **Landes S, Nyland J, Emlinger B, Tillett E, Caborn D.** Knee flexor strength after ACL reconstruction: comparison between hamstring autograft, tibialis anterior allograft, and non-injured controls. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010; 18:317-324.
93. **Lautamies R, Harlilainen A, Kettunen J, Sandelin J, Kujala UM.** Isokinetic quadriceps and hamstring muscle strength and knee function 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction: comparison between bone-patellar tendon-bone and hamstring tendon autografts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2008;16:1009-1016.

94. **Laxdal G, Sermert N, Ejerhed L, Karlsson J, Kartus JT.** A prospective comparison of bone-patella tendon-bone and hamstring tendon grafts for anterior cruciate ligament reconstruction in male patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007; 15:115-125.
95. **Lee DH, Han SB, Lee JH, P, Lee SJ, Suh DW, Jeong HJ.** Quadriceps Strength and Endurance After Posterior Cruciate Ligament Tears Versus Matched Group With Anterior Cruciate Ligament Tears. *Arthroscopy.* 2015; 31(6):1097-101.
96. **Lee HM, Cheng CK, Liu JJ.** Correlation between proprioception, muscle strength, knee laxity, and dynamic standing balance in patients with chronic anterior cruciate ligament deficiency. *Knee* 2009; 16:387-391.
97. **Lewis PB, Parameswaran AD, Rue J-PH, et al.** Systematic review of single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction outcomes: a baseline assessment for consideration of double-bundle techniques. *Am J Sports Med.* 2008; 36:2028-36.
98. **Li RC, Maffulli N, Hsu YC, Chan KM.** Isokinetic strength of the quadriceps and hamstrings and functional ability of anterior cruciate deficient knees in recreational athletes. *Br J Sports Med.* 1996; 30:161-164.
99. **Linko E, Harilainen A, Malmivaara A, Seitsalo S.** Surgical versus conservative interventions for anterior cruciate ligament ruptures in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2005; 18(2): CD001356.
100. **Lohmander LS, Osterberg A, Englund M, Roos H.** High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. *Arthritis Rheum.* 2004; 50(10):3145-3152.
101. **Lohmander LS, Englund PM, Dahl LL, Roos EM.** The longterm consequence of anterior cruciate ligament and menisc injuries: osteoarthritis. *Am J Sports Med.* 2007;35:1756-69.
102. **Lyman S, Koulouvaris P, Sherman S, Do H, Mandl LA, Marx RG.** Epidemiology of anterior cruciate ligament reconstruction: trends, readmissions, and subsequent knee surgery. *J Bone Joint Surg Am.* 2009; 91:2321-2328.
103. **Maffiuletti NA.** Assessment of Hip and Knee Muscle Function in Orthopaedic Practice and Research. *J Bone Joint Surg Am.* 2010; 92:220-9.

104. **Malinzak RA, Colby SM, Kirkendall DT, Yu B, Garrett WE.** A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2001;16(5): 438-445.
105. **Ma'nsson O, Sernert, N, Rostgard-Christensen L, and Kartus J.** Long-term Clinical and Radiographic Results After Delayed Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Adolescents. *Am J Sports Med.* 2015; 43: 138.
106. **Marralle J, Morrissey M, Haddad F.** A literature review of autograft and allograft anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15:690-704.
107. **Marx RG, Stump TJ, Jones EC, Wickiewicz TL, Warren RF.** Development and evaluation of an activity rating scale for disorders of the knee. *Am J Sports Med.* 2001; 29:213-218.
108. **Mastrokalos DS, Springer J, Siebold R, Paessler HH.** Donor site morbidity and return to the preinjury activity level after anterior cruciate ligament reconstruction using ipsilateral and contralateral patellar tendon autograft: a retrospective, non-randomized study. *Am J Sports Med.* 2005; 33:85-93.
109. **McHugh MP, Tyler TF, Browne MG, Gleim GW, Nicholas SJ.** Electromyographic predictors of residual quadriceps muscle weakness after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2002;30:334-339.
110. **Moebius UG, Georgoulis AD, Papageorgiou CD, Papadonikola-kis A, Rossis J, Soucacos PN.** Alterations of the extensor apparatus after anterior cruciate ligament reconstruction using the medial third of the patellar tendon. *Arthroscopy.* 2001;17:953-959.
111. **Mohammadi F, Salavati M, Akhbari B, Mazaheri M, Mohsen Mir S, Etemadi Y.** Comparison of Functional Outcome Measures After ACL Reconstruction in Competitive Soccer Players. A Randomized Trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95:1271-7.
112. **Moksnes H, Snyder-Mackler L, Risberg MA.** Individuals with an anterior cruciate ligament-deficient knee classified as noncopers may be candidates for nonsurgical rehabilitation. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008; 38(10): 586-595.
113. **Muellner T, Bugge W, Johansen S, Holtan C, Engebretsen L.** Inter and intra-tester comparison of the Rolimeter knee tester: effect of tester's experience and the examination technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2001;9(5):302-306.

114. **Myer GD, Paterno MV, Ford KR, Quatman CE, Hewett TE.** Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: criteria-based progression through the return-to-sport phase. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006; 36(6):385-402.
115. **Myklebust G, Holm I, Maehlum S, Engebretsen L, Bahr R.** Clinical, functional, and radiologic outcome in team handball players 6 to 11 years after anterior cruciate ligament injury: a follow-up study. *Am J Sports Med.* 2003;31(6):981-989.
116. **Niki Y, Matsumoto H, Hakozaki A, Kanagawa H, Toyama Y, Suda Y.** Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using bone-patellar tendon-bone and gracilis tendon graft: a comparative study with 2-year follow-up results of semitendinosus tendon grafts alone or semitendinosus-gracilis tendon grafts. *Arthroscopy* 2011;27(9):1242-51.
117. **Noh JH, Yi SR, Song SJ, Kim SW, Kim W.** Comparison between hamstring autograft and free tendon Achilles allograft: minimum 2-year follow-up after anterior cruciate ligament reconstruction using Endobutton and Intrafix. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011; 19:816-822.
118. **Noojin FK, Barrett GR, Hartzog CW, Nash CR.** Clinical comparison of intraarticular anterior cruciate ligament reconstruction using autogenous semitendinosus and gracilis tendons in men versus women. *Am J Sports Med.* 2000; 28:783-789.
119. **Östenberg A, Roos H.** Injury risk factors in female European football. A prospective study of 123 players during one season. *Scand J Med Sci Sports.* 2000; 10 (5):279-285.
120. **Palmieri-Smith, RM.; Thomas, AC.** A neuromuscular mechanism of posttraumatic osteoarthritis associated with ACL injury; *Exerc Sport Sci Rev.* 2009; 37(3): 147-153.
121. **Palmieri-Smith RM, Thomas AC, Wojtys EM.** Maximizing quadriceps strength after ACL reconstruction. *Clin Sports Med.* 2008;27(3):405-24, vii-ix.
122. **Papadonikolakis A, Cooper L, Stergiou N, Georgoulis AD, Soucacos PN.** Compensatory mechanisms in anterior cruciate ligament deficiency. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2003; 11:235-243.
123. **Petersen W, Zantop T.** Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to its two bundles. *Clin Orthop Relat Research.* 2007; 454:35-47.

124. **Pinczewski LA, Deehan DJ, Salmon LJ, Russell J, Clingeleffer A.** A five-year comparison of patellar tendon versus four-strand hamstring tendon autograft for arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med.* 2002; 30:523-536.
125. **Pinczewski LA, Lyman J, Salmon LJ, Russell VJ, Roe J, Linklater J.** A 10-year comparison of anterior cruciate ligament reconstructions with hamstring tendon and patellar tendon autograft: a controlled, prospective trial. *Am J Sports Med.* 2007; 35(4):564-574.
126. **Poulsen E, Christensen HW, Penny JO, Overgaard S, Vach W, Hartvigsen J.** Reproducibility of range of motion and muscle strength measurements in patients with hip osteoarthritis - an inter-rater study. *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2012; 13:242.
127. **Pua YH, Bryant AL, Steele JR, Newton RU, Wrigley TV.** Isokinetic dynamometry in anterior cruciate ligament injury and reconstruction. *Ann Acad Med Singapore.* 2008; 37:330-340
128. **Risberg M, Lewek M, Snyder-Mackler L.** A systematic review of evidence for anterior cruciate ligament rehabilitation: how much and what type? *Phys Ther Sports.* 2004; 5:125-145.
129. **Risberg MA, Holm I, Myklebust G, et al.** Neuromuscular training versus strength training during first 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized clinical trial. *Phys Ther.* 2007; 87:737-50.
130. **Risberg MA, Holm I.** The long-term effect of 2 postoperative rehabilitation programs after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled clinical trial with 2 years of follow-up. *Am J Sports Med.* 2009; 37(10):1958-66.
131. **Roos EM, Roos HP, Ekdahl C, Lohmander LS.** Knee injury and osteoarthritis outcome score (KOOS)-validation of a Swedish version. *Scand J Med Sci Sports.* 1998; 8:439-448.
132. **Roos EM, Roos HP, Lohmander LS, Ekdahl C, Beynonn BD.** Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): Development of a self-administered outcome measure. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998; 28: 88-96.
133. **Rowe J, Shafer L, Kelley K, West N, Dunning T, Smith R, Mattson Dj.** Hip Strength and knee pain in females. *North America Journal of Sports physical therapy.* 2007; 2(3):164-9.

134. **Rudolph KS, Axe MJ, Buchanan TS, Scholz JP, Snyder-Mackler L.** Dynamic stability in the anterior cruciate ligament deficient knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2001; 9:62-71.
135. **Sadoghi P, Müller PE, Jansson V, van Griensven M, Kröpfl A, Fischmeister MF.** Reconstruction of the anterior cruciate ligament: a clinical comparison of bone-patellar tendon-bone single bundle versus semitendinosus and gracilis double bundle technique. *International Orthopaedics (SICOT)* 2011; 35:127-133.
136. **Samuelsson K.** Anatomic ACL reconstruction-current evidence and future directions. PhD thesis, Göteborg University, Sweden, 2012.
137. **Sáez-Sáez de Villarreal E, Requena B, Newton RU.** Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *J Sci Med Sport.* 2010; 13(5):513-22.
138. **Schaible HG, Neugebauer V, Cervero F, Schmidt RF.** Changes in tonic descending inhibition of spinal neurons with articular input during the development of acute arthritis in the cat. *J Neurophysiol* 1991; 66:1021-32.
139. **Scheffler SU, Schmidt T, Gangey I, Dustmann M, Unterhauser F, Weiler A.** Fresh-frozen free-tendon allografts versus autografts in anterior cruciate ligament reconstruction: delayed remodeling and inferior mechanical function during long-term healing in sheep. *Arthroscopy* 2008;24:448-458.
140. **Schmitz RJ, Shultz SJ.** Contribution of Knee Flexor and Extensor Strength on Sex-Specific Energy Absorption and Torsional Joint Stiffness During Drop Jumping. *Journal of Athletic Training.* 2010; 45(5):445-452.
141. **Segawa H, Omori G, Koga Y, Kameo T, Iida S, Tanaka M.** Rotational muscle strength of the limb after anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus and gracilis tendon. *Arthroscopy.* 2002; 18:177-182.
142. **Sernert N, Kartus JT Jr, Ejerhed L, Karlsson J.** Right and left knee laxity measurements: a prospective study of patients with anterior cruciate ligament injuries and normal control subjects. *Arthroscopy* 2004; 20:564-571.
143. **Shaieb M, Kan D, Chang S, Marumoto J, Richardson A.** A prospective randomized comparison of patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2002; 30(2):214-220.



144. **Shelbourne KD, Gray T.** Results of anterior cruciate ligament reconstruction based on meniscus and articular cartilage status at the time of surgery. Five- to fifteen-year evaluations. *Am J Sports Med.* 2000; 28:446-452.
145. **Simonsen EB, Magnusson SP, Bencke J, et al.** Can the hamstring muscles protect the anterior cruciate ligament during a side-cutting maneuver? *Scand J Med Sci Sports.* 2000;10(2):78-84.
146. **Snyder-Mackler L, De Luca PF, Williams PR, Eastlack ME, Bartolozzi AR 3rd.** Reflex inhibition of the quadriceps femoris muscle after injury or reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am.* 1994; 76(4): 555-60.
147. **Söderman K, Alfredson H, Pietilä T, Werner S.** Risk factors for leg injuries in female soccer players: a prospective investigation during one out-door season. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2001; 9:313-321.
148. **Spindler KP, Kuhn JE, Freedman KB, Matthews CE, Dittus RS, Harrell FE Jr.** Anterior cruciate ligament reconstruction autograft choice: bone-tendon-bone versus hamstring: does it really matter? A systematic review. *Am J Sports Med.* 2004; 32:1986-1995.
149. **Stergiou N, Ristanis S, Moraiti C, Georgoulis AD.** Tibial rotation in anterior cruciate ligament (ACL)-deficient and ACL reconstructed knees: a theoretical proposition for the development of osteoarthritis. *Sports Med.* 2007; 37:601-613.
150. **Svensson M, Sernert N, Ejerhed L, Karlsson J, Kartus JT.** A prospective comparison of bone-patellar tendon-bone and hamstring grafts for anterior cruciate ligament reconstruction in female patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006; 14: 278-286.
151. **Tagesson S, Oberg B, Good L, Kvist J.** A comprehensive rehabilitation program with quadriceps strengthening in closed versus open kinetic chain exercise in patients with anterior cruciate ligament deficiency: a randomized clinical trial evaluating dynamic tibial translation and muscle function. *Am J Sports Med.* 2008; 36(2): 298-307.
152. **Tashiro T, Kurosawa H, Kawakami A, Hikita A, Fukui N.** Influence of medial hamstring tendon harvest on knee flexor strength after anterior cruciate ligament reconstruction, a detailed evaluation with comparison of single- and double-tendon harvest. *Am J Sports Med.* 2003; 31:522-9.

153. **Thomas AC, Villwock M, Wojtys EM, Palmieri-Smith RM.** Lower extremity muscle strength after anterior cruciate ligament injury and reconstruction. *Journal of Athletic training.* 2013; 48(5): 610-620.
154. **Thomeé P, Währborg P, Börjesson M, Thomeé R, Eriksson BI, Karlsson J.** Self-efficacy of knee function as a pre-operative predictor of outcome 1 year after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008;16(2):118-27.
155. **Thorstensson CA, Petersson IF, Jacobsson LT, Boegard TL, Roos EM.** Reduced functional performance in the lower extremity predicted radiographic knee osteoarthritis five years later. *Ann Rheum Dis.* 2004;63:402-7.
156. **Torry MR, Decker MJ, Jockel JR, Viola R, Sterett WI, Steadman JR.** Comparison of tibial rotation strength in patients' status after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring versus patellar tendon autografts. *Clin J Sports Med.* 2004; 14(6): 325-331.
157. **Tow BP, Chang PC, Mitra AK, Tay BK, Wong MC.** Comparing 2-year outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction using either patella-tendon or semitendinosus-tendon autografts: a non-randomised prospective study. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2005;13(2):139-146.
158. **Trees AH, Howe TE, Dixon J, White L.** Exercise for treating isolated anterior cruciate ligament injuries in adults; *Cochrane Database Syst Rev.* 2005; 19(4):CD005316.
159. **Urbach D, Nebelung W, Becker R, Awiszus F.** Effects of reconstruction of the anterior cruciate ligament on voluntary activation of quadriceps femoris. A prospective twitch interpolation study. *J Bone Joint Surg Br.* 2001; 83(8):1104-1110.
160. **Urbach D, Awiszus F.** Impaired ability of voluntary quadriceps activation bilaterally interferes with function testing after knee injuries. A twitch interpolation study. *Int J Sports Med.* 2002; 23: 231-236
161. **Vleriani M, Restuccia D, DiLazzaro V, et al.** Central nervous system modifications in patients with lesion of the anterior cruciate ligament of the knee. *Brain.* 1996; 119:1751-62.
162. **Williams GN, Buchanan TS, Barrance PJ, Axe MJ, Snyder - Mackler L.** Quadriceps weakness, atrophy, and activation failure in predicted noncopers after anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med.* 2005; 33(3):402-407.

163. **Wright R.** Knee Injury Outcomes Measures. *Journal of the American Academy of Orthopedic Surgeons*. 2009; 17(1):31-39.
164. **Xergia SA, McClelland JA, Kvist J, Vasiliadis HS, Georgoulis AD.** The influence of graft choice on isokinetic muscle strength 4-24 months after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011; 19 (5):768-780.
165. **Yosmaoglu HB, Baltaci G, Kaya D, Özer H, Atay A.** Comparison of functional outcomes of two anterior cruciate ligament reconstruction methods with hamstring tendon graft. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2011; 45(4):240-247.
166. **Zazulak BT, Paterno M, Myer GD, et al.** The effects of the menstrual cycle on anterior knee laxity: a systematic review. *Sports Med*. 2006; 36(10):847-62.
167. **Zebis MK, Andersen LL, Bencke J, Kjær M, Aagaard P.** Identification of Athletes at Future Risk of Anterior Cruciate Ligament Ruptures by Neuromuscular Screening. *Am J Sports Med*. 2009; 37(10): 1967-73.
168. **Zebis MK, Skotte J, Andersen CH, Mortensen P, Petersen MH, Viskær TC, Jensen TL, Bencke J, Andersen LL.** Kettlebell swing targets semitendinosus and supine leg curl targets biceps femoris: an EMG study with rehabilitation implications. *Br J Sports Med*. 2013; 47(18): 1192-8.





# 7. ANEXOS



## 7. ANEXOS

### 7.1. Anexo 1: Tegner Lysholm Knee Scoring Scale.

#### CUESTIONARIO

Este cuestionario ha sido diseñado para dar a su información terapeuta en cuanto a como su dolor de rodilla afecta su capacidad de manejar la vida cotidiana. Por favor, responda a todas las preguntas, colocando una marca en la casilla que mejor describa su condición actual.

**APELLIDOS:** \_\_\_\_\_ **NOMBRE:** \_\_\_\_\_

**HISTORIA CLÍNICA:**

**Durante las últimas 4 semanas...**

#### PUNTO 1 - COJEO

- o Ninguno. (5 puntos)
- o Leve o periódico. (3 puntos)
- o Severa y constante. (0 puntos)

#### PUNTO 2 - APOYO

- o Ninguno. (5 puntos)
- o Bastón o muleta. (2 puntos)
- o Imposible levantar el peso importante. (0 puntos)

#### PUNTO 3 - DOLOR

- o Ninguno. (25 puntos)
- o Inconstante y ligero durante un esfuerzo intenso. (20 puntos)
- o Marcado durante un esfuerzo intenso. (15 puntos)
- o Marcado después de caminar más de 2 Km. (10 puntos)
- o Marcado después de caminar menos de 2 Km. (5 puntos)
- o Constante. (0 puntos)

#### PUNTO 4 - INESTABILIDAD

- o Nunca caminando. (25 puntos)
- o En raras ocasiones durante la carrera o en otro tipo de esfuerzo severo. (20 puntos)

- o Con frecuencia durante la carrera o en otro tipo de esfuerzo severo (incapaz de participar). (15 puntos)
- o De vez en cuando en las actividades diarias. (10 puntos)
- o A menudo, en las actividades diarias. (5 puntos)
- o Constante al caminar. (0 puntos)

### **PUNTO 5 - BLOQUEO**

- o No existe sensación de bloqueo. (15 puntos)
- o Sensación de compromiso articular, pero sin bloqueo. (10 puntos)
- o Bloqueo ocasional. (5 puntos)
- o Frecuentemente. (2 puntos)
- o Imposible realizar exploración. (0 puntos)

### **PUNTO 6 - HINCHAZÓN**

- o Ninguno. (10 puntos)
- o En un esfuerzo intenso. (5 puntos)
- o En un esfuerzo ordinario. (2 puntos)
- o Constante. (0 puntos)

### **PUNTO 7 - SUBIR ESCALERAS**

- o No hay problemas. (10 puntos)
- o Acción un poco deteriorada. (6 puntos)
- o Subir con apoyos en mismo escalón. (2 puntos)
- o Imposible realizar acción. (0 puntos)

### **PUNTO 8 - AGACHARSE**

- o No hay problemas (5 puntos)
- o Acción un poco deteriorada. (4 puntos)
- o No más allá de 90°. (2 puntos)
- o Imposible realizar acción. (0 puntos)

Firmado:

DNI:



## 7.2. Anexo 2: International Knee Documentation Comittee (IKDC).

### CUESTIONARIO

Este cuestionario ha sido diseñado para pedir información desde el punto de vista de su rodilla. Esta información le ayudará a llevar un registro de cómo se siente con su rodilla y lo bien que es capaz de realizar sus actividades habituales. Por favor, responda a todas las preguntas, colocando una marca en la casilla que mejor describa su condición actual.

**APELLIDOS:** \_\_\_\_\_ **NOMBRE:** \_\_\_\_\_

**HISTORIA CLÍNICA:**

**SINTOMAS. Estas preguntas deben ser contestadas pensando en sus síntomas en la rodilla durante la última semana.**

1. ¿Cuál es el mayor nivel de actividad que puede realizar sin dolor significativo en su rodilla?
  - o Actividades muy agotadoras, tales como saltar o pivotar en deportes como baloncesto o fútbol.
  - o Actividades vigorosas como trabajo físico pesado, jugar al tenis o hacer esquí.
  - o Actividades físicas moderadas como correr o trotar.
  - o Actividades ligeras como caminar, tareas domésticas o trabajos de jardinería.
  - o No puedo realizar cualquiera de las actividades antes mencionadas, debido al dolor de mi rodilla.
  
2. Durante las últimas cuatro semanas, o desde su lesión ¿cuántas veces ha tenido dolor?
 

Nunca	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Constante
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------
  
3. Si tiene dolor, ¿cuánto de grave es?
 

No Dolor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Peor Dolor
----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	------------
  
4. Durante las últimas cuatro semanas, o desde su lesión ¿cómo de rígida o hinchada ha estado su rodilla?
 

Nunca	Levemente	Moderadamente	Muy moderado	Extremadamente
-------	-----------	---------------	--------------	----------------
  
5. ¿Cuál es el mayor nivel de actividad que puede realizar sin hinchazón significativa en su rodilla?
  - o Actividades muy agotadoras, tales como saltar o pivotar en deportes como baloncesto o fútbol.
  - o Actividades vigorosas como trabajo físico pesado, jugar al tenis o hacer esquí.
  - o Actividades físicas moderadas como correr o trotar.

- o Actividades ligeras como caminar, tareas domésticas o trabajos de jardinería.
- o No puedo realizar cualquiera de las actividades antes mencionadas, debido a la inflamación de mi rodilla.

6. Durante las últimas 4 semanas o desde su lesión ¿se ha recuperado del bloqueo de su rodilla o no?

- o SI
- o NO

7. ¿Cuál es el mayor nivel de actividad que puede realizar sin que tenga sensación de que su rodilla cede o se siente inestable?

- o Actividades muy agotadoras, tales como saltar o pivotar en deportes como baloncesto o fútbol.
- o Actividades vigorosas como trabajo físico pesado, jugar al tenis o hacer esquí.
- o Actividades físicas moderadas como correr o trotar.
- o Actividades ligeras como caminar, tareas domésticas o trabajos de jardinería.
- o No puedo realizar cualquiera de las actividades antes mencionadas, debido a que mi rodilla cede.

## ACTIVIDADES DEPORTIVAS

8. ¿Cuál es el mayor nivel de actividad que puede realizar de forma regular?

- o Actividades muy agotadoras, tales como saltar o pivotar en deportes como baloncesto o fútbol.
- o Actividades vigorosas como trabajo físico pesado, jugar al tenis o hacer esquí.
- o Actividades físicas moderadas como correr o trotar.
- o Actividades ligeras como caminar, tareas domésticas o trabajos de jardinería.
- o No puedo realizar cualquiera de las actividades antes mencionadas, debido a que mi rodilla cede.

9. ¿cómo afecta su lesión de rodilla en habilidades como... ?

9.1. Subir escaleras.

Ninguna dificultad   Dificultad mínima   Dificultad moderada   Dificultad extrema   Incapaz de hacer

9.2. Bajar las escaleras.

Ninguna dificultad   Dificultad mínima   Dificultad moderada   Dificultad extrema   Incapaz de hacer

9.3. Arrodillarse apoyado en parte frontal de la rodilla.

Ninguna dificultad Dificultad mínima Dificultad moderada Dificultad extrema Incapaz de hacer

9.4. Sentadilla.

Ninguna dificultad Dificultad mínima Dificultad moderada Dificultad extrema Incapaz de hacer

9.5. Sentarse doblando rodillas sin apoyo de manos.

Ninguna dificultad Dificultad mínima Dificultad moderada Dificultad extrema Incapaz de hacer

9.6. Levantarse de una silla.

Ninguna dificultad Dificultad mínima Dificultad moderada Dificultad extrema Incapaz de hacer

9.7. Correr en línea recta.

Ninguna dificultad Dificultad mínima Dificultad moderada Dificultad extrema Incapaz de hacer

9.8. Saltar y caer sobre pierna afectada.

Ninguna dificultad Dificultad mínima Dificultad moderada Dificultad extrema Incapaz de hacer

9.9. Pararse y arrancar rápidamente.

Ninguna dificultad Dificultad mínima Dificultad moderada Dificultad extrema Incapaz de hacer

**FUNCIÓN Y AVD, ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA. Las siguientes preguntas se refieren a su estado físico en un nivel superior. Para cada una de las siguientes preguntas, por favor indique el grado de dificultad que ha experimentado en la última semana...**

10. ¿Cómo calificaría la función de su rodilla en una escala de 0 a 10 siendo 10 excelente función normal y 0 es la incapacidad para realizar cualquiera de las actividades diarias habituales, donde se pueden incluir los deportes.

Función antes de la lesión de su rodilla

No puedo realizar AVD 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Sin problema

Función actual de su rodilla

No puedo realizar AVD 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Sin problema

Firmado:

DNI:

### 7.3. Anexo 3: Abreviaturas.

CCI: coeficiente de correlación intra-clase

CCP: coeficiente de correlación de Pearson

CF: cuádriceps femoral

CKRS: Cincinnati Knee Ligament Rating System

H-T-H: hueso tendón hueso

IKDC: International Knee Documentation Committee

IQ: isquiotibiales

I/Q: isquiotibiales/cuádriceps

KGF: kilogramos-fuerza

KOOS: Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score

LCA: ligamento cruzado anterior

LOA: límites de acuerdo

MMI: miembros inferiores

Q: cuádriceps

RMN: resonancia magnética nuclear

ROM: rango de movimiento

SG: semitendinoso-gracilis

David Álvarez Santana  
davidalvarez@taosl.es

Imágenes portadas capítulos: [Freepik.com](https://www.freepik.com)



**TESIS DOCTORAL**

**D. David Álvarez Santana**

Las Palmas de Gran Canaria, *Octubre de 2015*