



Universidad Católica de Valencia
San Vicente Mártir

TESIS DOCTORAL

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la queratosis plantar intratable de segundo *rocker*.

TESIS DOCTORAL PRESENTADA POR:

DÑA. MARÍA DEL MAR TORRES COBACHO

DIRIGIDA POR:

Dr. JORGE M. BARCIA GONZÁLEZ

Dr. JAVIER FERRER TORREGROSA

Valencia, 2021

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

**LA VERDADERA SABIDURÍA ESTÁ EN
RECONOCER LA PROPIA IGNORANCIA**

Sócrates (470 A.C. - 399 A.C.)

RESUMEN

Los gastrocnemios cortos son una alteración con consecuencias relevantes en las alteraciones de las extremidades inferiores y especialmente en el pie. El porcentaje de sujetos con gastrocnemios cortos es elevado en la población. En la actualidad, hay pocos estudios que demuestren la relación del gastrocnemio corto y alteración en el pie.

En este estudio se establece la relación entre gastrocnemios cortos, la queratosis plantar intratable (QPI) de segunda fase de apoyo o segundo *rocker* y la metatarsalgia.

Se aplicaron dos pruebas, Test de Silfverskiöld (TS) y Test de Lunge (TL), para medir la dorsiflexión del tobillo y diagnosticar gastrocnemios cortos en 122 pacientes. En el TS se utiliza un instrumento de medida para obtener un rendimiento preciso en la medición de la fuerza que se aplica, precisamente entre 1,7 - 2,0 kg (10N*m) de fuerza a la dorsiflexión de tobillo. Esto complementa el TS para el diagnóstico clínico y para obtener resultados fiables (los autores aplican la fuerza manualmente, siendo por ello tan difícil cuantificar la precisión).

Se han utilizado 74 nuevos pacientes, aparte de la muestra inicial para elaborar un modelo de predicción a partir de un análisis de regresión logística que determina la probabilidad de presentar gastrocnemios cortos en cada una de las pruebas (TL y TS) con las siguientes variables: metatarsalgia, la QPI de segundo *rocker* y presión máxima en antepié en estática (baropodometría). QPI de segundo *rocker* es la variable que juega el papel principal en la predicción de esta alteración, con los valores más altos de Wald (6.611 para TL y 5.063 para TS). La variable metatarsalgia resulta un valor algo menor (66.7% TL y 64.3% TS). La presión máxima es igualmente significativa ($p = 0.043$ LT y $p = 0.025$ ST) teniendo $\alpha = 5\%$ como nivel de significación.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

Los resultados obtenidos confirman que el modelo de informe de validación compuesto de las variables: Metatarsalgia, QPI de segundo *rocker* y presión máxima en antepié en estática actúan como un método predictivo para gastrocnemios cortos.

Palabras clave:

Gastrocnemios cortos, metatarsalgia, QPI de segunda fase de apoyo o segundo *rocker*, dinamómetro.

ABSTRACT

The percentage of subjects with gastrocnemius tightness is high in the population. At present, there are few studies that demonstrate the relationship the gastrocnemius tightness and forefoot pathology.

In this study the association between the Intractable Plantar Keratosis (IPK) of the 2nd rocker, and metatarsalgia has been established.

Two tests, the Silfverskiöld (ST) and Lunge Test (LT), for measuring ankle dorsiflexion were applied to diagnose gastrocnemius tightness in 122 patients. A measuring instrument for accurate performance and measurement of the force to be applied, precisely between 1.7 and 2.0 kg (10N*m) of force to the ankle dorsiflexion, complemented the ST for clinical diagnosis and to obtain repeatedly reliable results (the authors apply force manually, that being so difficult to quantify of accuracy).

74 patients apart of the total sample were used to devise a prediction model from a logistic regression analysis which determines the probability of presenting gastrocnemius tightness in each of the tests (LT and ST) with the following variables: metatarsalgia, IPK 2nd rocker, and maximum static pressure (baropodometry). IPK 2nd rocker is the variable that plays the principal role in predicting this pathology, with the highest Wald values (6.611 for LT and 5.063 for ST). The metatarsalgia variable induces a somewhat lower change (66.7% LT and 64.3% ST). The maximum pressure of the forefoot is equally significant ($p = 0.043$ LT and $p = 0.025$ ST) taking $\alpha = 5\%$ as the significance level.

The results obtained from validation report confirm that model composed of the variables: Metatarsalgia, IPK 2nd rocker and maximum pressure in static manages to act as a predictive method for gasctrocneuius tightness.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

Keywords:

Gastrocnemius tightness, metatarsalgia, IPK 2nd Rocker (Intractable Plantar keratosi), dynamometer.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	14
2.1. Conceptos Fundamentales	16
2.1.1. Descripción anatómica y fisiológica.....	16
2.2. Función del Músculo Tríceps Sural	22
2.3. Paleopatología.....	24
2.4. Etiología de los gastrocnemios cortos.....	25
2.5. Biomecánica estabilizadora del antepié en la fase de apoyo total.....	27
2.5.1. Biomecánica de los gastrocnemios cortos.	27
2.6. Consecuencias biomecánicas de gastrocnemios cortos en el antepié en el ciclo de la marcha: Fase de apoyo.....	32
2.6.1. Consecuencias clínicas de gastrocnemios cortos.....	35
2.7. Metatarsalgias por gastrocnemios cortos	37
2.8. Etiopatogenia	38
2.9. Manifestaciones clínicas	39
2.9.1. Tratamiento. Relación entre metatarsalgia y gastrocnemios cortos.	39
2.10. Manifestaciones cutáneas de las metatarsalgias: Queratosis plantar. Queratosis Plantar Intratable de Segundo <i>Rocker</i>	40
3. HIPÓTESIS	43
4. OBJETIVO PRINCIPAL	44
4.1. Objetivos secundarios	44
5. MATERIAL Y MÉTODOS	45
5.1. Diseño del estudio.....	45
5.1.1. Método de recogida de datos	45
5.2. Muestra	45
5.2.1. Cálculo Muestral.....	45
5.2.2. Población de estudio	46
5.2.3 Criterios de inclusión.....	47

5.2.4. Criterios de exclusión	47
5.3 Variables del estudio.....	48
5.3.1 Variables de Validación del Modelo Predictivo.....	49
5.4. Comité Ético	50
5.5. Diagnóstico clínico de gastrocnemios cortos.....	50
5.6. Baropodometría y gastrocnemios cortos.....	52
5.6.1. Observaciones relevantes en gastrocnemios cortos.....	53
5.7. Instrumentos y Tests	54
5.8. Test de Silfverskiöld	56
5.8.1. Protocolo Test de Silfverskiöld	56
5.9. Test de Lunge.....	58
5.9.1 Protocolo del Test de Lunge. Medición de flexión dorsal de tobillo con rodilla en flexión....	59
5.9.2 Protocolo del Test de Lunge. Medición de la flexión dorsal de tobillo con rodilla en extensión	60
5.10. Valoración en Plataforma de Presiones	62
5.10.1 Valoración Baropodométrica.....	63
5.10.2 Protocolo de la baropodometría en estática.....	63
5.10.3 Protocolo de la baropodometría en dinámica	65
5.11. Análisis Estadístico.....	66
6. RESULTADOS	68
6.1. Estadística descriptiva de variables cualitativas	68
6.2. Estadística descriptiva de variables cuantitativas	73
6.3. Análisis Descriptivo (Test de Lunge)	74
6.3.1 Estadística descriptiva de variables cualitativas. Gastrocnemios Cortos: SI.....	74
6.3.2. Estadística descriptiva de variables cuantitativas. Gastrocnemios Cortos: SI.....	78
6.3.3 Estadística descriptiva de variables cualitativas. Gastrocnemios Cortos: NO	79
6.3.4. Estadística descriptiva de variables cuantitativas. Gastrocnemios Cortos: NO	82
6.4. Análisis Descriptivo (Test de Silfverskiöld).....	83

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

6.4.1. Estadística descriptiva de variables cualitativas. Gastrocnemios Cortos: SI.....	83
6.4.2 Estadística descriptiva de variables cuantitativas. Gastrocnemios Cortos: SI.....	86
6.4.3 Estadística descriptiva de variables cualitativas. Gastrocnemios Cortos: NO	87
6.4.4 Estadística descriptiva de variables cuantitativas. Gastrocnemios Cortos: NO	90
6.5. Análisis estadístico.....	91
6.5.1. Pacientes reclutados y valorables	91
6.5.2. Estimación del porcentaje del problema de gastrocnemios cortos en la población.	93
6.5.3. Estadísticos de contraste. CHI-CUADRADO.....	93
6.5.4. Intervalo de Confianza al 95% para gastrocnemios cortos en la población	94
6.5.5. Concordancia entre Tests.....	94
6.6. Análisis de Regresión	94
6.6.1. Modelo de Regresión.....	94
6.7. Análisis estadístico. Pacientes reclutados y valorables.....	96
6.7.1. Estadística descriptiva de las variables del estudio	96
6.7.2. Estadística descriptiva e Inferencia de las variables según presencia de Metatarsalgia	98
6.7.3. Estadística descriptiva e Inferencia de las variables según presencia de Queratosis Plantar Intratable.....	100
6.7.4. Análisis de asociación (inferencia) de las variables con la presencia de Gastrocnemios cortos según el Test de Lunge	102
6.7.5. Análisis de asociación (inferencia) de las variables con la presencia de Gastrocnemios cortos según el Test Silfverkiöld	102
6.7.6 Análisis de Regresión Logística para la presencia de Gastrocnemios cortos.....	109
6.8. Construcción del modelo de Regresión Logística según Test Lunge.	110
6.8.1. Selección del modelo de Regresión Logística.....	115
6.8.2. Correlaciones de Pearson de las variables cuantitativas (población analizada para el Test Lunge).....	119
6.8.3. Correlaciones de Pearson de las variables cuantitativas (población analizada para el Test Silfverskiöld)	121

6.8.4. Análisis Factorial de las variables según Lunge Test.....	123
6.9. Otros Modelos de Regresión Logística para el Lunge Test	125
6.9.1. Modelo 4:.....	129
6.10. Validación del Modelo 4.....	130
6.10.1. Interpretación del Modelo Logístico para el Test de Lunge.....	130
6.10.2. Elaboración de la Curva <i>ROC</i> para el Modelo de Regresión para el Test de Lunge.....	133
6.10.3 Construcción del Modelo de Regresión Logística para Test Silverskiöld	136
6.11. Análisis de Estadística descriptiva de las variables del Modelo 4 en la muestra de validación (Test Sample). Variables cualitativas y cuantitativas	140
6.12. Análisis de asociación (inferencia) de las variables con la presencia de Gastrocnemios cortos según el Test Lunge y el Test Silfverskiöld para la muestra de validación (Test Sample).....	142
6.13. Resultados de Validación.....	143
6.13.1. Tablas de Clasificación.....	146
6.13.2. Curva <i>ROC</i>	150
7. DISCUSIÓN	152
8. CONCLUSIONES.....	164
9. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	166
10. ANEXOS.....	177
10.1. Documento (e-mail) de aprobación del Comité Científico (CEIC)	177
10.2. Documento informativo al paciente referente al estudio. Página 1/2	178
10.3. Documento informativo al paciente referente al estudio. Página 2/2	179
10.4. Documento consentimiento informado para firmar el paciente	180
10.5. Documento de exploración clínica. Página 1/3.....	181
10.6. Documento de exploración clínica. Página 2/3.....	182
10.7. Documento de exploración clínica. Página 3/3.....	183
10.8. Artículo. A predictive model for Gastrocnemius tightness in forefoot pain and intractable plantar keratosis 2 nd rocker.....	184

Índice de Tablas

Tabla 1. Componentes Tríceps Sural	17
Tabla 2. Manifestaciones Clínicas Directas	35
Tabla 3. Manifestaciones Clínicas Indirectas	36
Tabla 4. Metatarsalgia. Factores Etiológicos.....	38
Tabla 5. Diagnóstico Gastrocnemios Cortos en Test de Silfverskiöld.....	51
Tabla 6. Elementos importantes en el diagnóstico de gastrocnemios cortos.....	52
Tabla 7. Valoración Baropodométrica.....	63
Tabla 8. Tests Paramétrico/ No Paramétricos.....	67
Tabla 9. Variable Cualitativa. Sexo	68
Tabla 10. Variable Cualitativa. G.C. Unilateral/ G.C. Bilateral	68
Tabla 11. Variable Cualitativa. QPI. QPI 2° <i>ROCKER</i> . QPI 3 ^{ER} <i>ROCKER</i>	69
Tabla 12. Variable Cualitativa. Metatarsalgia.	69
Tabla 13. Variable Cualitativa. Antepié Varo. Antepié Supinado	69
Tabla 14. Variable Cualitativa. Huella Plantar del Pie.	70
Tabla 15. Variable Cualitativa. Retropié.	71
Tabla 16. Variable Cualitativa. Hallux Valgus.....	71
Tabla 17. Variable Cualitativa. GC- Lunge Test.	71
Tabla 18. Variable Cualitativa. GC- Silfverskiöld.....	72
Tabla 19. Variables Cuantitativas.....	73
Tabla 20. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Sexo	74
Tabla 21. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Unilateral/Bilateral	74
Tabla 22. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. QPI.....	75
Tabla 23. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Metatarsalgia.....	75
Tabla 24. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Antepié.....	75
Tabla 25. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Huella Plantar.	76
Tabla 26. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Retropié.....	77

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Tabla 27. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Hallux Valgus.	77
Tabla 28. Estadística Descriptiva. Variable Cuantitativa. GC- Lunge Test (SI).	78
Tabla 29. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Sexo.	79
Tabla 30. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Unilateral/Bilateral	79
Tabla 31. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. QPI.	80
Tabla 32. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Metatarsalgia.	80
Tabla 33. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Antepié.	80
Tabla 34. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Huella Plantar.	81
Tabla 35. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Retropié.	81
Tabla 36. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Hallux Valgus.	82
Tabla 37. Estadística Descriptiva. Variables Cuantitativas.	82
Tabla 38. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Sexo.	83
Tabla 39. Estadística Descriptiva. Unilateral/Bilateral.	83
Tabla 40. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. QPI.	84
Tabla 41. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Metatarsalgia.	84
Tabla 42. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Antepié.	84
Tabla 43. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Huella Plantar.	85
Tabla 44. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Retropié.	85
Tabla 45. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Hallux Valgus.	86
Tabla 46. Estadística Descriptiva. Variable Cuantitativa. GC- Silfverskiöld Test (SI).	86
Tabla 47. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Sexo.	87
Tabla 48. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Unilateral/Bilateral.	87
Tabla 49. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. QPI.	88
Tabla 50. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Metatarsalgia.	88
Tabla 51. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Antepié.	88
Tabla 52. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Huella Plantar.	89
Tabla 53. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Retropié.	90

Tabla 54. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Hallux Valgus.	90
Tabla 55. Estadística Descriptiva. Variables Cuantitativas. GC- Silfverskiöld Test (NO). ..	91
Tabla 56. Pacientes Reclutados y Valorables (<i>Training Sample</i>).	92
Tabla 57. Pacientes Reclutados y Valorables Test Sample. Validación del modelo.	92
Tabla 58. Estadísticos de Contraste. CHI-CUADRADO	93
Tabla 59. Intervalo de Confianza al 95% para los dos tests.	94
Tabla 60. Recuento.	94
Tabla 61. Nuevas variables añadidas para Análisis de Regresión.	95
Tabla 62. Pacientes reclutados y valorables.	96
Tabla 63. Descriptivos de las variables de Presión y otras variables derivadas de otras variables.	97
Tabla 64. Descriptivos de las variables de Presión según presencia de Metatarsalgia.	99
Tabla 65. Descriptivos de las variables de Presión según presencia de QPI.	101
Tabla 66. Análisis de asociación (inferencia) de las variables con la presencia de GC según el Test de Lunge	103
Tabla 67. Análisis de asociación (inferencia) de las variables con la presencia de GC según el Test de Silfverskiöld.	106
Tabla 68. Análisis de los resultados versus Probabilidad pronosticada.	115
Tabla 69. Modelo 1 de Regresión Logística para el Test Lunge.	116
Tabla 70. Resumen del modelo.	116
Tabla 71. Prueba de bondad del ajuste de Hosmer&Lemeshow.	116
Tabla 72. Clasificación de los casos.	117
Tabla 73. Modelo 1 de Regresión Logística para el Test Silfverskiöld.	117
Tabla 74. Resumen del modelo 1.	118
Tabla 75. Prueba de bondad del ajuste de Hosmer&Lemeshow.	118
Tabla 76. Clasificación de casos.	118
Tabla 77. Correlaciones. Lunge Test.	119
Tabla 78. Correlaciones 2. Test Silfverskiöld.	121

Tabla 79. Análisis Factorial. Lunge Test.	123
Tabla 80. Componentes en espacio rotado.	124
Tabla 81. Modelo 2. Otros Modelos de Regresión. Lunge Test.	125
Tabla 82. Resumen modelo 2.	125
Tabla 83. Modelo 3.	127
Tabla 84. Resumen Modelo 3.	127
Tabla 85. Modelo 4.	129
Tabla 86. Resumen modelo 4.	129
Tabla 87. Función de Regresión para el Test Lunge.	134
Tabla 88. Resumen del Modelo Logístico.	134
Tabla 89. Resumen del Modelo Logístico.	134
Tabla 90. Clasificación de los casos para el Lunge Test.	135
Tabla 91. CURVA ROC para Test de Lunge.	135
Tabla 92. Estadísticos de la Curva ROC para el Modelo del Test de Lunge.	135
Tabla 93. Función de Regresión para Test Silfverskiöld.	138
Tabla 94. Resumen del Modelo Logístico.	138
Tabla 95. Prueba de Hosmer&Lemeshow.	138
Tabla 96. Clasificación de los casos para el Test de Silfverskiöld.	139
Tabla 97. Curva ROC para el Test Silfverskiöld.	139
Tabla 98. Estadísticos de la Curva Roc para el Modelo del Test de Silfverskiöld.	139
Tabla 99. Descriptivos de las variables del Modelo para la Test Sample.	141
Tabla 100. Análisis de asociación (inferencia) de las variables con la presencia de gastrocnemios cortos según Test Lunge para la Test Sample. Estadístico exacto de Fisher-bilateral: **U de Mann Whitney Test (sig. exacta bilateral).	142
Tabla 101. Análisis de asociación (inferencia) de las variables con la presencia de gastrocnemios cortos según Test Silfverskiöld para la Test Sample. (Estadístico exacto de Fisher-bilateral): **U deMann Whitney Test (sig. exacta bilateral).	143
Tabla 102. Modelo 4 de Regresión obtenido con la Training Sample (Test Lunge) y aplicado en la Test Sample.	145

Tabla 103. Modelo 4 de Regresión Logística obtenido con la Training Sample (Test Silfverskiöld) y aplicado en la Test Sample.	145
Tabla 104. Tabla de Clasificación (Test de Lunge) de la muestra para la construcción del modelo (Training Sample) y la muestra de validación (Test Sample).....	148
Tabla 105. Tabla de Clasificación (Test de Silfverskiöld) de la muestra para la construcción del modelo (Training Sample) y la muestra de validación (Test Sample).....	149
Tabla 106. Índices estadísticos derivados de la Matriz de Confusión del Modelo 4 de Regresión Logística obtenidos para la muestra original (Training Sample) y de la de validación (Test Sample) para los Tests Lunge (TL) y Silfverskiöld (TS).....	149
Tabla 107. Estadísticos de resultados de la Curva <i>ROC</i> para la muestra de validación (Test Sample) para el Test de Lunge.....	151
Tabla 108. Estadísticos de resultados de la Curva <i>ROC</i> para la muestra de validación (Test Sample) para el Test Silfverskiöld.....	151

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Electrogoniómetro (Di Giovanni et al., 2007).	9
Ilustración 2. Test de Silfverskiöld. Uso del goniómetro en la dorsiflexión de tobillo con rodilla en flexión y en este caso en decúbito prono.	9
Ilustración 3 . Anatomía de la parte posterior de la pierna, (Golanó, 2012).....	21
Ilustración 4. Efectos de la contracción del músculo Tríceps Sural.	22
Ilustración 5. Sistema Aquileo-Calcáneo-Plantar, (Cañellas et al., 2012).....	23
Ilustración 6. Músculo Sóleo y Gastronemio, (Cañellas et al., 2012).	25
Ilustración 7. Evolución de la marcha humana, (Cañellas et al., 2012).....	25
Ilustración 8. Incremento de las fuerzas de tracción representada por (Kirby, 2012).	28
Ilustración 9. Fuerza del tendón de Aquiles y fascia plantar por Kirby (2012).....	30
Ilustración 10. Afectación del tendón de Aquiles y fascia por las fuerzas reactivas del suelo en individuos con gastrocnemios cortos, según Pascual (2012).	31
Ilustración 11. Resumen de afectación de las presiones en tendón de Aquiles y fascia plantar en gastrocnemios cortos.	32
Ilustración 12. Análisis de la dinámica y desplazamiento de las presiones, (Barouk y Barouk, 2012).	33
Ilustración 13. Análisis Electromiográfico. Modelo que presenta la actividad electromiográfica muscular en el punto "x" descrito por Cazeau (2007).	35
Ilustración 14. Los gastrocnemios pueden afectar a columna lumbar, pantorrilla, tobillo, retro y mediopié y antepié. (Barouk et al., 2012).	36
Ilustración 15. Metatarsalgia, (Besse, 2017).....	37
Ilustración 16. Presencia de hiperqueratosis (zona metatarsal 2º radio). QPI de 2º rocker (circunscrita).	41
Ilustración 17. Test de Silfverskiöld. Los gastrocnemios son cortos cuando existe una limitación de la dorsiflexión de tobillo con rodilla en extensión que desaparece con la rodilla en flexión.	50
Ilustración 18. Dinamómetro Sauter FA 30.....	55
Ilustración 19. Plato ejecutor de Fuerza.....	55
Ilustración 20. Dinamómetro Sauter FA30. Visualizador de fuerza.....	55

Ilustración 21. TiltMeter® App.	55
Ilustración 22. Test de Silfverskiöld con el uso del dinamómetro Sauter FA 30 y TiltMeter® App. con rodilla en extensión (a) y rodilla en flexión (b).....	57
Ilustración 23. Test de Silfverskiöld (Barouk y Barouk, 2012). Mide la dorsiflexión de tobillo con el único instrumento que la mano.	57
Ilustración 24. Criterio de gastrocnemios cortos.	58
Ilustración 25. Test de Lunge (Griffiths, 2010).	59
Ilustración 26. Test de Lunge. Medición con rodilla en flexión (a) y con rodilla en extensión (b).	61
Ilustración 27. Plataforma de Presiones modelo Podoprint® de Namrol.	62
Ilustración 28. Paciente en plataforma de presiones para el análisis baropodométrico en estática.	64
Ilustración 29. Baropodometría en estática. Huellas plantares que muestran color rojo que identifican la zona de hiperpresión en zona metatarsal.	64
Ilustración 30. Paciente para el análisis baropodométrico en dinámica.	65
Ilustración 31. Baropodometría en dinámica. Huellas donde la colorimetría en color rojo indica hiperpresión en zona metatarsal.	65
Ilustración 32. Relación anatómica entre el tendón de Aquiles-Calcáneo-Fascia Plantar (Sánchez, 2016).	152
Ilustración 33. Baropodometría en dinámica. Huella que identifica presencia de gastrocnemios cortos.	157

ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

App	Application (anglicismo).
AUROC	Area Under Receiver Operating Characteristic Curve (anglicismo)
CdM	Centro de Masa
CGS	Complejo Gastronemio Sóleo
cm	centímetro
cm²	centímetro cuadrado
cm³	centímetro cúbico
CoP	Centro de Presiones
EEII	Extremidades Inferiores
EMG	Electromiografía
ER	Error Estándar
FRS	Fuerza Reactiva Del Suelo
g	Gramo
IC	Intervalo de Confianza
IM	Index Minus
IP	Index Plus
IPK	Intractable Plantar Keratosi (anglicismo)
Kg	Kilogramo
Máx	Máximo
Mín	Mínimo
ml	Mililitro
mm	Milímetro
N*m	Newton metro
OR	Odds Ratio (anglicismo)

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

PLL	Peroneo Lateral Largo
PM	Plus Minus
QPI	Queratosis Plantar Intratable
RL	Regresión Logística
ROC	Receiver Operating Curve (anglicismo)
ROM	Rango de Movimiento
SACP	Sistema Aquileo Calcáneo Plantar
S1-S2	Sacro 1- Sacro 2
SD	Desviación Estándar
STJ Axis	Subtalar Joint Axis (anglicismo)
TAT	Tuberosidad Anterior de la Tibia
TL	Test de Lunge
TS	Test de Silfverskiöld

1. INTRODUCCIÓN

La biomecánica del miembro inferior es un complejo altamente sofisticado en el que la musculatura y su estado juegan un papel determinante en el correcto funcionamiento del pie. La marcha es una de las acciones más importantes y habituales del ser humano. Se trata de una locomoción bípeda con actividad alterna de los miembros inferiores, caracterizada por la sucesión de doble apoyo y apoyo unipodal, que no deja nunca el contacto con el suelo. Sin embargo, en acciones menos corrientes como la carrera o el salto, sí que se produce una desconexión con el suelo.

El ciclo de la marcha humana se divide en dos componentes principales, como son, la fase de apoyo y la de balanceo. En la fase de apoyo el pie está en contacto con el suelo (contacto del talón, apoyo plantar, apoyo medio, elevación del talón, despegue del suelo) seguidamente cuando deja de estar en contacto con el suelo, se produce la denominada fase de balanceo (aceleración, balanceo medio, desaceleración).

En términos generales podemos dividir un paso en una primera fase de apoyo (ocupará el 60% del total del paso), segunda fase de balanceo (ocupará el 40% del total del paso).

Si relacionamos el contacto de la planta del pie con el suelo y con el punto de la pierna que realiza la función de fulcro, de modo similar al que se encontraría un balancín (contacto por rodamiento), surge el concepto de *Rocker* (balancín en inglés) (Mayich, Novak, Vena, Daniels y Brodsky, 2013; Perry, 1992).

Cuando el pie acaba su fase de balanceo y empieza la fase de carga se inicia la denominada primera fase o primer *rocker* (contacto de talón con el suelo) en que se produce la flexión plantar, permitiendo así que el antepié acabe apoyando. Es en este primer *rocker* donde un acortamiento en la musculatura gastrocnemio-sóleo provocará una alteración biomecánica

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

haciendo que el contacto sea con el medio pie y no con el talón como sería la normalidad y como consecuencia de la tracción hacia arriba y atrás que ejerce el tendón de Aquiles sobre el talón. El segundo *rocker* del pie empieza cuando el pie está completamente apoyado sobre el suelo y se produce el avance de la pierna por encima del pie gracias a la articulación del tobillo. En este *rocker* es donde se produce una mayor pronación (aunque la pronación hasta cierto punto es fisiológica en este segundo *rocker*) produciéndose alteraciones en la fascia plantar. Un ejemplo de estas alteraciones es la que se produce con la queratosis plantar intratable (QPI) de segundo *rocker* que es una alteración de la piel de la planta que provoca un engrosamiento de ésta en los puntos de hiperpresión como resultado de una alteración biomecánica funcional. En el tercer *rocker* se inicia en el momento en que el talón empieza a separarse del suelo y finaliza cuando el pie se separa del suelo por la parte de los dedos para iniciar la fase de balanceo. Es importante en este tercer *rocker* el movimiento perfecto articular de la metatarsofalángica para evitar sobrecargas de apoyo.

Tanto el músculo sóleo como el músculo gastrocnemio, son músculos determinantes de la pierna. El músculo gastrocnemio, popularmente gemelos, consta de dos vientres, el vientre lateral se origina en la cara lateral del cóndilo lateral del fémur y la cabeza medial se origina en la parte posterior del cóndilo medial y cara poplíteica del fémur, por encima del cóndilo medial. Finalmente acaban insertados mediante el tendón calcáneo en la tuberosidad del hueso calcáneo. Debido a su origen e inserción es considerado un músculo biarticular. El músculo gastrocnemio es considerado un flexor de rodilla y tobillo, siendo más efectivo sobre este último cuando la rodilla se encuentra en extensión. Por otro lado, el músculo sóleo, tiene su origen en la parte posterior de la cabeza y cuello del peroné y en la línea del músculo sóleo de la tibia. El músculo sóleo acaba insertándose mediante el tendón calcáneo en la tuberosidad del calcáneo. La función del sóleo es la flexión plantar del pie. Gastrocnemios y sóleo forman parte del denominado sistema aquíleo-calcáneo-plantar

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

(S.A.C.P) (Arandes y Viladot, 1956). En concreto, dicho complejo está compuesto por el tríceps sural (gastrocnemio-sóleo), el tendón de Aquiles, la porción posteroinferior del hueso calcáneo, la fascia plantar y los músculos plantares cortos (Cañellas, Viladot y Cañellas, 2012). Así, el S.A.C.P resulta un elemento imprescindible para la propulsión del pie, como unidad dinámica importante para acciones como la carrera y el salto (Cañellas et al., 2012).

Teniendo en cuenta la aportación, Llanos y Maceira (2007) exponen que el S.A.C.P *“sirve para colocar al pie de puntillas en la fase de despegue de la marcha”* (p. 14-19). Es en el 3° rocker, donde sóleo y gastrocnemio trabajan de forma simultánea. En cambio, en el segundo rocker, es el sóleo el único encargado de desarrollar un papel determinante.

Hoy en día, se sabe que el porcentaje de individuos con gastrocnemios cortos es elevado en la población normal, y significativamente superior en sujetos con trastornos de tobillo y pie (Anderson, Bohay, Elier y Witt, 2014). DiGiovanni, et al., (2002) identificó una incidencia del 88% de pacientes con gastrocnemios cortos y que definió como aquellos con una dorsiflexión de tobillo con rodilla en extensión inferior a 10° y con sintomatología en antepié y/o mediopié; en comparación con una incidencia del 44% en un grupo de control de personas asintomáticas. Según la aportación del trabajo de DiGiovanni et al. (2002), los términos para determinar una incapacidad de la dorsiflexión de tobillo son de $\leq 5^\circ$ con extensión total de rodilla (equino por contractura en gastrocnemio), y flexión dorsal máxima de $\leq 10^\circ$ con rodilla en flexión (por retracción del tendón de Aquiles).

Asimismo, según datos de la literatura actual, los gastrocnemios cortos parecen estar íntimamente relacionado con la limitación y/o rigidez de la flexión dorsal de tobillo (DiGiovanni et al., 2002; Maskill, Bohay y Anderson, 2010; Meyer et al., 2006; Moseley, Crosbie y Adams, 2001), movimiento clave de la marcha humana. Estos componentes del

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

tríceps sural, suelen ser cortos con excesiva frecuencia; algunos datos hablan de brevedad de gastrocnemios en un 20% de la población (Barouk y Barouk, 2012).

Maskill, et al. (2010) propone que dicha deformidad en la posición equino conlleva un exceso de tensión en la totalidad del pie, lo que genera dolores de presentación diversa (fascitis plantar, metatarsalgia, osteoartritis, etc.).

De forma más concreta y barajando valores fisiológicos, buena parte de la bibliografía revisada establece un valor de 10 grados de flexión dorsal de tobillo y de 20 grados de flexión plantar, como parámetros de normalidad durante la marcha (Root, Orien y Weed, 2012).

Destaca el estudio en el que se examinaron un grupo de 88 pacientes con contractura en gastrocnemio. En este estudio se obtuvo una flexión dorsal de tobillo con rodilla en extensión menor a 10° a partir del test de Silfverskiöld (Maskill et al., 2010).

En adultos, algunos estudios demuestran una tendencia más notable a la reducción de la extensibilidad del tríceps sural en el sexo femenino respecto al masculino, que podría deberse al uso de tacones y calzado inadecuado (Rodríguez et al., 2003).

Sin embargo, ante el fenómeno del gastrocnemio corto cabe diferenciar el caso concreto del pie equino congénito, afectación propia de sujetos que presentan espasticidad; siendo esta deformidad en flexión plantar del pie con disminución de la flexión dorsal de tobillo a 90 grados (Hall, Salter, Bhalla, 1967; Miguez, 1998; Root et al., 2012) que difiere del pie equino funcional o adquirido (en este caso, los individuos que lo presentan no padecen espasticidad), y cuya limitación de la dorsiflexión de tobillo al final de la fase de apoyo de la marcha es de 10 grados (DiGiovanni et al., 2002).

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Por otro lado, se ha constatado que en función de la retracción de los gastrocnemios se pueden diferenciar dos clases de pie equino; equino de gastrocnemio, definido como 5 grados o menos de flexión dorsal de tobillo con rodilla en extensión, y equino gastrocnemio-sóleo, como 10 grados o menos de dorsiflexión de tobillo con rodilla en extensión, en el momento en el que el talón se eleva del suelo durante la marcha (DiGiovanni et al., 2002).

Según Barouk y Barouk (2012), *“los gastrocnemios son cortos cuando un equinismo, evaluado con la rodilla extendida y una presión moderada, desaparece con la rodilla flexionada”* (p. 2).

Basándose en dicha problemática, son algunos los autores que sugieren una relación directa entre el pie equino funcional y diversas alteraciones importantes del miembro inferior y, sobre todo, del pie (DiGiovanni et al., 2002; Hall et al., 1967; Miguez, 1998).

Por esa razón, cada vez es más conocido, evaluado e investigado este acortamiento del sistema aquíleo-calcáneo-plantar (S.A.C.P.). Un ejemplo importante es el grupo de investigación de Stecco (2013), quienes relacionaron la fascia plantar con el tendón calcáneo y las estructuras del tríceps sural, recalcando una posible implicación en alteraciones como la fascitis plantar. Este hecho lleva a considerar adecuada la práctica de rehabilitación específica en dichas regiones.

Por otro lado, Cañellas et al., 2012 describen que *“la brevedad del S.A.C.P. es una realidad cada vez más conocida y evaluada. Clínicamente presente en la actualidad en un elevado rango cercano al 50% de pacientes susceptibles de ser tratados”* (p. 8).

Según Amis, 2014 detalla que *“la etiología de los gastrocnemios cortos depende de cuatro factores claramente identificados: cambios de actividad, cambios fisiológicos en los músculos y en los tendones, genética y evolución”* (p. 637). Concretamente, las tres

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

primeras causas son aplicables a todos los músculos, y la cuarta en particular, a los flexores de tobillo, isquiosurales y flexores de cadera.

En cuanto a las consecuencias patológicas de este fenómeno, los gastrocnemios cortos causan un hiperapoyo anterior, con rodilla y cadera en extensión durante la fase de la marcha, es decir, en la fase final de segundo *rocker*, en el momento en el que el talón pierde su contacto con el suelo, originando un incremento de la tensión del tendón de Aquiles en condiciones de carga. De este modo, a mayor tensión en el tendón, mayores serán las fuerzas reactivas del suelo sobre las cabezas metatarsales, y mayor será además el momento de dorsiflexión del antepié sobre el retropié, incrementando también la tendencia a aplanarse el pie en el tarso medio (Charles, Scutter y Buckley, 2010). A la larga, esta situación generará un exceso de tensión en la fascia plantar y la posterior aparición de dolor e inflamación en los metatarsianos (metatarsalgia) (DiGiovanni et al., 2002; Downey y Banks, 1989), fascitis plantar (Pascual, 2014), hallux valgus (Barouk y Barouk, 2006; DiGiovanni et al., 2002), así como úlceras por presión en el paciente diabético (Lavery, Armstrong y Bulton, 2002; Maluf et al., 2004).

El tratamiento del acortamiento de gastrocnemios también es otro de los puntos controvertidos. Datos documentados científicamente sugieren que el éxito terapéutico de las medidas conservadoras (principalmente estiramientos musculares) es muy escaso y, a día de hoy, no existen suficientes datos relevantes que corroboren su eficacia. Así, buena parte de los estudios centrados en esta línea de investigación, apuestan por los resultados clínicos más prometedores de la intervención quirúrgica del tríceps sural. Sin embargo, también señalan que se requiere investigación adicional a fin de aclarar aún más los resultados a largo plazo de las diversas metodologías de alargamiento muscular (Abdulmassih, Phisitkul, Femino y Amendola, 2013).

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

En términos generales, si profundizamos en la temática del presente estudio, se puede percibir una necesidad de conocimiento más exhaustivo sobre esta entidad patológica y sus consecuencias sobre la salud de los pacientes. No obstante, a pesar de la existencia de relevantes trabajos de investigación, son pocos los estudios que hayan podido constatar de forma significativa la relación entre gastrocnemios cortos y el desarrollo de alteraciones en el antepié.

Ante lo anteriormente expuesto, este trabajo pretende cuantificar de manera objetiva y reproducible el acortamiento de los músculos gastrocnemios, así como su posible vinculación con alteraciones tales como la metatarsalgia y QPI de segundo *rocker*, a fin de mejorar la sintomatología asociada y la calidad de vida de las personas afectadas.

En los últimos años el estudio de los gastrocnemios cortos su diagnóstico y sus consecuencias ha ido ocupando puestos de actualidad (Barouk y Barouk, 2014; Malhotra et al., 2018).

Cabe destacar que la marcha humana es una acción altamente compleja debido a la dificultad para mantener el equilibrio; requiere un control de la posición y de la movilidad de varios segmentos corporales, a través de una integración basada en el control motor. Los primeros homínidos presentaban una forma de caminar con las rodillas en cierta flexión, dando lugar a una condición de pie en dorsiflexión (Aout, Aerts, Clercq, Meester y Elsacker, 2002).

Posteriormente, entrada la Edad de Bronce, es posible encontrarse con ejemplos de numerosos espolones retrocalcáneos, consecuencia directa de una excesiva sollicitación biomecánica del tríceps sural (gastrocnemios y sóleo). Hoy en día, el ser humano puede hacer una extensión de rodilla total, aunque en muchos casos haya un tendón de Aquiles acortado (Cañellas et al., 2002).

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

No es hasta la mitad del siglo pasado cuando se introduce el concepto de Sistema aquíleo-calcáneo-plantar (S.A.C.P) (Arandes et al., 1956), de la mano de los profesores Arandes y Viladot (1954), y como elemento de asociación entre las estructuras del pie y de la pierna. Concretamente, el S.A.C.P. es el elemento encargado de transmitir hacia la región más distal del pie la fuerza del tendón de Aquiles en la acción de flexión plantar (separar el dorso del pie de la cara anterior de la pierna). A partir de ese momento, comienza a prestarse especial atención a este complejo como base en los trastornos de funcionamiento que causan alteraciones en el pie.

Los primeros diagnósticos y tratamientos de brevedad de gastrocnemios se realizaron en individuos con espasticidad, Silfverskiöld (2012) (previamente al siglo XXI el acortamiento del complejo gastrocnemios-sóleo había sido valorado en sujetos espásticos y con afectación neurológica), por lo tanto, las consecuencias patológicas por presencia de gastrocnemios cortos en la población normal era una situación bastante desconocida. Asimismo, no se distinguía entre gastrocnemio corto y retracción de todo el complejo gastrocnemio- sóleo.

Este vacío de conocimiento empieza a superarse hacia el año 2000 con el estudio real de esta entidad a partir de pacientes no espásticos, así como sus secuelas patológicas, pronósticos y tratamientos (DiGiovanni et al., 2007).

La aportación que hace el grupo de investigación de DiGiovanni et al. (2002), es la de aplicar una fuerza de $10N \cdot m$ (equivale a 1.7-2.0 kg) de dorsiflexión de tobillo en la cara plantar en la zona del antepié mediante el empleo de un electrogoniómetro, aparato que presenta para su uso cierta complejidad (**Ilustración 1**).

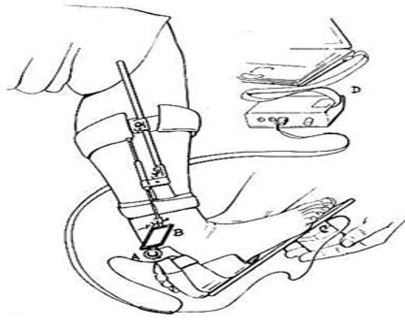


Ilustración 1. Electrogoniómetro (Di Giovanni et al., 2007).

Autores que han trabajado en la misma línea de estudio, no miden la fuerza. Intentan aplicar simplemente con la ayuda de la mano durante la dorsiflexión de tobillo una fuerza entre 1.7-2.0 kg debajo de la cabeza metatarsiana del segundo dedo; siendo así, orientativa la fuerza aplicada (Barouk y Barouk, 2014; Monteagudo, Maceira, García-Virto y Canosa, 2013).

Otros autores realizan la medición de la dorsiflexión pasiva de tobillo con rodilla en extensión y en flexión mediante el uso de un goniómetro que mide la angulación sin medición de la fuerza, fuerza que se ejerce con la mano en la cara plantar del antepié. Se utilizan como referencias anatómicas el 5º metatarsiano en el borde lateral del pie y borde del peroné en el maléolo lateral (**Ilustración 2**).



Ilustración 2. Test de Silfverskiöld. Uso del goniómetro en la dorsiflexión de tobillo con rodilla en flexión y en este caso en decúbito prono.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Desde un punto de vista biomecánico, los estudios que han permitido recabar mayor información sobre la problemática de los gastrocnemios cortos y su posible vinculación con patologías del antepié, se han basado en el análisis cinético, cinemático, de activación muscular y del movimiento del centro de gravedad corporal, todo ello en el contexto relativo a la evaluación de la marcha. Recientemente, se ha incorporado la baropodometría como método examinador del pie y de la marcha, considerando el pie como un captor de la posición al que se adaptan estructuras suprayacentes, que permite conocer más datos sobre la distribución de las presiones en la planta del pie (Pauk, Daunoraviciene, Ihnatouski, Griskevicius y Raso, 2010).

En la actualidad, existen estudios publicados que han podido constatar que el tendón calcáneo retraído está generalmente causado por un gastrocnemio corto, aunque en determinados casos también participa el músculo sóleo. Así, en el trabajo *“Paleopatología del tendón de Aquiles corto y evolución de la marcha humana”* los autores señalan que *“en el momento de la evolución de la marcha humana, en que la rodilla se coloca en extensión completa disminuye la tensión en el músculo sóleo y aumenta la tensión en el gastrocnemio. Quizás, esto explicaría que en la actualidad existe, por lo general, un acortamiento del gastrocnemio y en menos casos del sóleo”* (Cañellas et al., 2012, p. 8-14).

En esta misma línea, Barouk y Barouk (2005), afirman que no es el tendón el que se encuentra acortado sino el complejo músculo-aponeurótico, por lo que se da especial importancia otra vez a los gastrocnemios y el sóleo. En concreto, el gastrocnemio es el músculo que en la fase final de la marcha juega un papeel importante, donde se requieren 10° de dorsiflexión con la rodilla en extensión para conseguir el desplazamiento de la tibia; y donde un acortamiento del mismo puede provocar más o menos grado de alteración en el pie.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

A partir de todas estas aportaciones, los conocimientos sobre gastrocnemios cortos han ido desarrollándose en parte, gracias al interés y la perseverancia de numerosos autores. De igual modo ha sucedido con su tratamiento, principalmente quirúrgico y ortopédico.

Actualmente en España, se ha incluido a la literatura una monografía “*Gastrocnemios cortos*”, que cuenta con expertos españoles de gran nivel (Barouk y Barouk, 2005; Barouk y Barouk, 2014).

La marcha humana, como acto común, no lineal y complejo, requiere de un estudio estricto y exhaustivo para su total comprensión. Cabe destacar que el miembro inferior actúa íntimamente ligado a fin de realizar un movimiento donde el pie es la única parte que interacciona sobre el suelo.

En esta región, una de las alteraciones más comunes es el *hallux valgus* (Barouk y Barouk, 2005; Barouk y Barouk, 2006), que es la desviación lateralizada del hallux, acompañada de una compleja alteración que incluye el bunion o exostosis de la cabeza del 1º metatarsiano, desviación en varo del 1º metatarsiano, movimiento pronatorio del 1º radio, subluxación de los huesos sesamoideos y subluxación de la articulación metatarsofalángica. Destacan los siguientes factores desencadenantes en su desarrollo: factores extrínsecos (calzado estrecho como principal causa, hiperpronación (Laffenêtre, Fourteau, Darcel y Chauveaux, 2012; Martínez, Cuevas, Sánchez, Huerta y Sánchez, 2008) pie plano (Coughlin y Jones, 2007; Mann y Coughlin, 1981), e incremento del ángulo entre el primer y segundo metatarsiano o *primus* metatarso varo es en menor grado (Antrobus, 1984). Como factores intrínsecos, Mann y Coughlin (1993) en “*Adult hallux valgus. In Surgery of the Foot and Ankle*” señalan la contractura del tendón de Aquiles, hiperlaxitud articular generalizada, hipermovilidad de la primera articulación metatarso-cuneiforme y el desorden neuromuscular (parálisis

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

cerebral y traumática); por otro lado, en algunos individuos parece haber una base hereditaria.

Contrariamente a lo que cabría esperar, encontramos que los gastrocnemios no forman parte de la etiología habitualmente descrita en la exploración clínica podológica, concretamente, en el caso del *hallux valgus*, una de las alteraciones más comunes del pie.

Por otro lado, la limitación de la flexión dorsal de tobillo es un factor importante a tener en cuenta en la problemática que nos atañe. Generalmente, las estructuras que pueden dar lugar a este déficit pueden ser de tres clases; factores óseos (choque entre la cara superior del hueso astrágalo con el margen anterior de la tibia), factores capsuloligamentosos (a partir de la tensión de la región posterior de la cápsula articular y los ligamentos laterales), y factores musculares (resistencia de los músculos flexores plantares de tobillo, en este caso, tríceps sural). Asimismo, según datos publicados recientemente, los factores óseos y capsuloligamentosos tienen un notable predominio en la dorsiflexión con rodilla en flexión y, en cambio, el factor muscular lo hace con extensión de rodilla (Rodríguez et al., 2003).

Según datos de la bibliografía revisada, este grupo muscular se ha tenido especialmente en cuenta a la hora de explicar las alteraciones del miembro inferior en pacientes con espasticidad. Sin embargo, posteriormente se ha observado cómo en otros sujetos no espásticos también parecía ser causa de problema o agravante de su clínica.

En base a lo anteriormente expuesto, cabe pensar que dicha musculatura debería jugar un papel importante en el desarrollo de la clínica propia del antepié (*hallux valgus*, metatarsalgias, QPI de segundo *rocker*, artrosis de Lisfranc...), patología del tobillo y retropié (esguinces, tendinopatía aquilea, fasciitis plantar...), e incluso en trastornos lumbares.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Por ello, hay autores que sugieren que “*las consecuencias clínicas de la brevedad de gastrocnemios se traducen en signos directos e indirectos*” (Barouk y Barouk, 2005, p. 67).

En la actualidad, el interés suscitado por los gastrocnemios y las afecciones generadas por su acortamiento (principalmente en pie y antepié), no ha hecho más que crecer exponencialmente. Así lo refrendan diversos artículos recientemente publicados (Abassian, Kohl y Solan, 2012; Chan, Malhotra y Buraimoh, 2019; Duthon, Lübbecke, Duc, Stern y Assal, 2011; Katsoulis, 2011; Petel, 2011), e importantes congresos como el Congreso Nacional de Podología de Valladolid (2012) y Logroño (2014).

Entrando en datos epidemiológicos, el gastrocnemio corto es una entidad relativamente frecuente que afecta al 10-15% de la población, con mayor predilección por el sexo femenino.

A pesar de ello, tal y como se ha explicado en líneas anteriores, su diagnóstico clínico queda dificultado por el hecho de dar principal importancia a los equinismos graves (por ejemplo, caso de pacientes espásticos), sin tener en cuenta los grados más moderados y leves.

2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El incremento de la tensión en el sistema gastrocnemio-sóleo ha sido extensamente documentado en pacientes con espasticidad y trastornos neurológicos. No obstante, y a pesar de los avances en los diferentes ámbitos médicos y terapéuticos, unos de los grandes olvidados en las exploraciones rutinarias son los músculos gastrocnemios, que constituyen un elemento comúnmente mal evaluado por los profesionales del sector.

Además, la vinculación exacta que tiene el gastrocnemio corto con estructuras importantes del pie, como es la fascia plantar, sigue siendo hoy en día un objeto de debate. Autores como Arandes y Viladot, han sido referentes clave en la descripción del sistema Aquileo-calcáneo-plantar (Espinosa y Gallart, 1998); de ellos ha surgido buena parte de las teorías sobre la conexión anatómica entre los citados elementos, cuyas ideas han estado presentes y completamente aceptadas durante años., no obstante, dicha conexión sigue sin estar del todo clara en las observaciones de los pacientes estudiados. Sin embargo, sí se ha podido constatar una conexión de tipo mecánica entre el músculo gastrocnemio, a partir del tendón de Aquiles, y la fascia plantar, que podría arrojar fuerza a la teoría de una asociación entre diversas patologías del pie y la retracción de los músculos gastrocnemios (Pascual, 2014).

A ello hay que añadir que dicha musculatura suele estar acortada, causando un fuerte impacto sobre la salud de los pacientes, desde afecciones a nivel lumbar hasta trastornos en las extremidades inferiores, especialmente en el pie.

Algunos autores han sugerido diversas causas implicadas en este fenómeno, destacando las modificaciones en la actividad, los cambios fisiológicos en la musculatura y tendones, la herencia y la propia evolución (Amis, 2014).

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

Así, dicha musculatura puede limitar la flexión dorsal de tobillo si se encuentra en un estado de espasticidad, contractura o existe una patología congénita que curse con retracción.

Por otro lado, en determinados periodos del desarrollo, el promedio de crecimiento de los huesos puede superar al crecimiento de la musculatura en algunos sujetos, y generar así un acortamiento muscular temporal en los gastrocnemios. Asimismo, este conjunto de factores llevará a una limitación de la flexión dorsal de tobillo cuando la rodilla se encuentre en extensión.

Datos históricos hablan de la primera descripción de esta problemática situándola a principios del siglo XIX y fue realizada por Delpech al detallar un alargamiento de tendón de Aquiles (Pérez, 2013). Desde entonces, la liberación de los compartimentos superficial y posterior de la pierna se ha producido de múltiples formas a fin de disminuir la contractura en equino y mejorar la amplitud articular del tobillo y del pie. Sin embargo, menor atención se ha puesto en el hecho de que un incremento de tensiones en dicho complejo provoca, evidentemente, un aumento de alteraciones en el tobillo y el pie.

Hoy en día, desechar la posibilidad de estudiar más profundamente los factores etiológicos y el manejo del diagnóstico clínico de cualquier trastorno, es sin duda alguna un atraso. Cada vez más, el empleo de nuevas tecnologías tiene un peso importante en el estudio del movimiento, tanto en personas sanas como en pacientes que sufren lesiones o alteraciones motoras.

En el estudio de la marcha, la instauración de métodos más sofisticados, junto con los novedosos programas informáticos, ha permitido un progreso notable, consiguiendo realizar investigaciones más específicas sobre los diferentes periodos de la marcha.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Con el presente trabajo de investigación, se pretende explicar la relación directa entre el fenómeno de acortamiento objetivo y cuantificable de los músculos gastrocnemios, con alteraciones tales como la metatarsalgia y QPI de segundo *rocker*. Cabe destacar que la elección de dicha temática se debe, especialmente, a la escasa bibliografía existente sobre esta entidad patológica, y a una ausencia de profundidad y detalle en la medición de variables asociadas.

Finalmente, también diremos que nos hemos inspirado en autores que han descrito los gastrocnemios cortos como causa directa o agravante de trastornos del pie y antepié, hecho que refuerza la importancia de establecer una entidad propia y aunar conocimientos en un mismo síndrome: “síndrome de los gastrocnemios cortos” (Barouk y Barouk, 2012).

2.1. Conceptos Fundamentales

2.1.1. Descripción anatómica y fisiológica.

De cara a una mejor comprensión de la problemática en torno al presente estudio, resulta imprescindible describir anatómicamente y fisiológicamente las principales estructuras protagonistas, es decir, músculos gastrocnemios y demás componentes restantes del complejo del tríceps sural (Tortora, Gerard y Reynolds, 2002).

El músculo esquelético es un gran órgano compuesto por tejido de tipo muscular esquelético, tejido conjuntivo, tejido nervioso y vasos sanguíneos. Así, todo este conjunto se dispone relacionándose entre sí, generando una configuración muy característica que depende, principalmente, de su funcionalidad y la contracción de las fibras.

El tejido muscular esquelético representa el conjunto contráctil y resulta ser el componente predominante en la estructura del órgano, llegando al 90% del total. Además, se encuentra íntimamente vinculado con el tejido conjuntivo, pues lo dota de integridad a la hora de desarrollar su función. También, se relaciona estrechamente con el tejido nervioso, ya que

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

mediante la unidad funcional que conforman (sinapsis) se consigue el trabajo muscular. Cabe destacar que el músculo esquelético requiere elevado consumo energético durante el trabajo de contracción, por lo que también dispone de una rica vascularización sanguínea; este hecho, junto con su dinamismo tisular, conlleva a una relativa debilidad y predisposición a lesiones de diferente tipo (Balius, Puyol y Casals, 2005).

Generalmente, los grupos musculares que padecen mayor afectación y de mayor nivel de gravedad son los situados en los miembros inferiores. En primer lugar, los isquiosurales, seguidos por el cuádriceps, aductores y, por último, el complejo del tríceps sural (Ekstrand, Hagglund y Waldén, 2011).

El Tríceps Sural es un conjunto muscular ubicado en el compartimento posterior superficial de la pierna, y está compuesto por los músculos (Kendall, Peterson y Geise, 2002):

Tabla 1. Componentes Tríceps Sural

COMPONENTES DEL TRÍCEPS SURAL
Músculo GASTROCNEMIO
Músculo SÓLEO
Músculo PLANTAR

En su unión distal de sóleo y gastrocnemio, se forma el tendón más largo y potente del cuerpo humano (Drake, Volg y Mitchell, 2007; Root, Orien y Weed, 2005) el tendón calcáneo (Comité federal sobre terminología anatómica, 2001) o tendón de Aquiles (**Ilustración 3**).

1. Músculo plantar:

El músculo plantar puede encontrarse en algo más del 90% de la población y se calcula que está ausente entre un 6-8% de los individuos (Comité Ferderal sobre Terminología

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

Anatómica, 2001; Nayak et al., 2010). Se encuentra funcionalmente asociado a este grupo muscular y contribuye en la formación del tendón de Aquiles.

Se trata de un músculo que está localizado en el compartimento posterior superficial de la pierna, con origen proximal superiormente al cóndilo lateral, en la línea supracondílea lateral, proximal y medialmente a la cabeza lateral del gastrocnemio, con el que se relaciona íntimamente. Su disposición es oblicua, entre sóleo y gastrocnemio (Tortora et al., 2002).

2. Músculo sóleo:

El músculo sóleo forma uno de los componentes del tríceps sural, junto con los dos vientres del músculo gastrocnemio. Se trata de una masa voluminosa y ancha ubicada profundamente en los músculos plantar y gastrocnemios, y superficialmente en los músculos del compartimento posterior profundo (tibial posterior, flexor largo de los dedos y flexor largo del dedo gordo), a los que cubre en gran parte de su trayecto (Balius et al., 2013).

En cuanto a sus orígenes, estos pueden agruparse en peroneales y tibiales; en el peroné tiene lugar en la cara posterior de su cabeza y en el cuarto superior de su diáfisis, en cambio, el origen tibial se realiza en el labio inferior de la línea del sóleo, cresta ósea de dirección oblicua de lateral-proximal a medial-distal, ubicada en el tercio superior de la tibia.

Además, como este músculo no cruza la rodilla, su función es de flexión plantar de la articulación tibioperoneastragalina con un leve componente de supinación de la subastragalina (Neiger, 1998).

3. Músculo gastrocnemio:

El músculo gastrocnemio, está formado por dos cabezas o vientres en su origen que se insertan proximalmente en la región posterosuperior del cóndilo femoral (Chow et al., 2000). De este modo, dicho músculo forma parte de los músculos bi-articulares, es decir, aquellos que cruzan dos articulaciones, en este caso rodilla y tobillo.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

La aponeurosis del gastrocnemio queda definida anatómicamente como la fascia aponeurótica, con origen debajo del punto distal de la cabeza medial del músculo, e inserción en la fusión con el sóleo (tendón de Aquiles o tendón calcáneo) (Carl y Barret, 2005). En concreto, a la región de unión se le conoce con el nombre de *conjoint junction*.

A continuación, se describen las características de cada uno de sus vientres o cabezas (Palastaga, Field y Soames, 2000):

- Cabeza medial:

La cabeza o vientre medial, tiene origen en una región de morfología triangular situada en la cara poplítea de la epífisis distal del fémur. En ella se puede diferenciar una zona de origen medial y otra lateral. En su zona medial, el origen es a través de un tendón aplanado, grueso y resistente que abarca hasta el cóndilo medial, inmediatamente por debajo de la inserción del músculo aductor mayor y en la línea supracondílea medial. En su origen lateral, de menor importancia, la inserción se produce a partir de fibras musculares y tendinosas cortas, en la cara poplítea del cóndilo femoral medial, justo donde suele ubicarse un pequeño relieve óseo llamado tubérculo supracondíleo medial, y en la cápsula de la articulación de la rodilla. (**Ilustración 3**).

La cabeza medial del músculo gastrocnemio es mayor (111 ml por término medio) que la lateral (72 ml por término medio).

Así, proximalmente, su inserción queda más alta en el fémur que la lateral. Distalmente, la inserción abarca más abajo que la del vientre lateral, en la hoja tendinosa común.

Tomando datos descriptivos de Huijing y Ettema (1989), el gastrocnemio medial consta de 17614 +/-42 sarcómeros, con una longitud media de sus fascículos de 52 mm, un ángulo de pennación de 18+/-6° y un volumen de 160 cm³.

- Cabeza lateral:

La cabeza o vientre lateral del músculo gastrocnemio tiene su origen a través de un tendón localizado en la fosa posterior al epicóndilo lateral y proximal a la inserción del tendón del músculo poplíteo, y en la línea supracondílea lateral. Fibras cortas tendinosas y fibras musculares ubicadas medialmente a dicho tendón, dan origen en la cara poplíteo, donde con menor frecuencia que en el lado medial, se puede observar un pequeño relieve óseo llamado tubérculo supracondíleo lateral, así como en la cápsula articular de la rodilla. (Ilustración 3).

El vientre lateral es casi simétrico al medial, aunque de menor dimensión (72 ml de media y 41.3 cm de media).

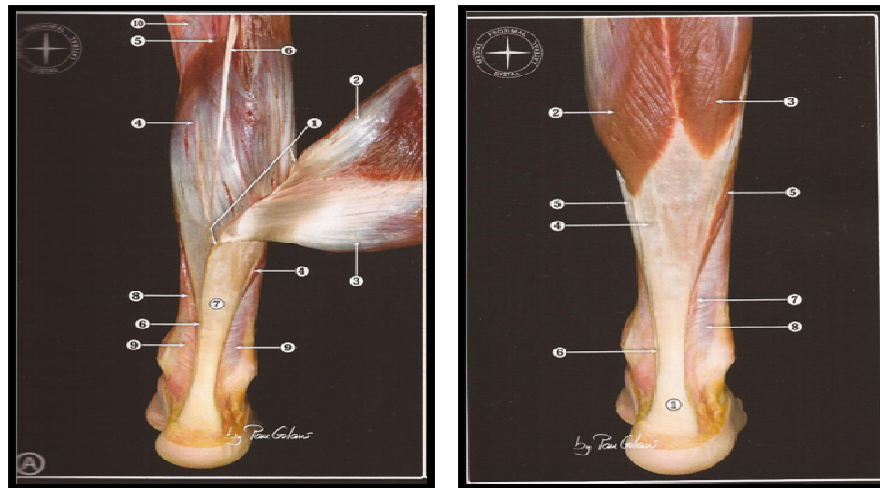
En este caso, Huijing y Ettema (1989) describen sus rasgos con un número de sarcómeros de 21371 ± 36 , una media de longitud de fascículo de 63 mm, un ángulo medio de penetración de $9 \pm 4^\circ$, volumen de 90 cm³.

4. Tendón Calcáneo (tendón de Aquiles):

De la unión tendinosa del músculo gastrocnemio y el músculo sóleo, se constituye el tendón calcáneo o tendón de Aquiles, aproximadamente a la altura media de la pierna. Cabe destacar que se trata del tendón más largo y potente del cuerpo humano (Drake, Volg y Mitchell, 2007; Olewnik, Wysiadecki, Polguy y Topol, 2017; Rouviere y Delmas, 2005).

En cuanto a su composición, Cummins, Anson, Carr y Wright (1946) determinaron que en el 52% de la población el músculo sóleo contribuye en 2/3 partes al total de dicho tendón; en el 35% tanto sóleo como gastrocnemios contribuyen un 50%, y en el 13%, son los músculos gastrocnemios los que forman 2/3 del tendón de Aquiles

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.



(a)

(b)

Ilustración 3 . Anatomía de la parte posterior de la pierna, (Golanó, 2012).

Ilustración 3 (a): Visión Posterior. 1. Inserción de la aponeurosis del gastrocnemio en el músculo sóleo (“conjoint junction”). 2. Cabeza lateral del músculo gastrocnemio. 3. Cabeza medial del músculo gastrocnemio. 4. Músculo Sóleo. 5. Arco tendinoso del músculo sóleo. 6. Músculo plantar. 7. Tendón calcáneo. 8. Septo intermuscular medial. 9. Fascia crural profunda. 10. Músculo poplíteo.

Ilustración 3 (b): Visión Posterior. 1 Tendón Calcáneo 2. Cabeza medial músculo gastrocnemio. 3. Cabeza lateral músculo gastrocnemio. 4. Lámina tendinosa o aponeurosis del músculo gastrocnemio. 5. Músculo Sóleo. 6. Tendón músculo plantar. 7. Septo intermuscular lateral. 8 Fascia Crural profunda.

2.2. Función del Músculo Tríceps Sural

En primer lugar, destacar que su función depende de la inervación que deriva de las raíces S1-S2 del plexo sacro, a partir del nervio tibial posterior.

A razón de su inserción compartida en el calcáneo mediante el tendón de Aquiles, gastrocnemios y sóleo también contribuyen con la misma función sobre el segmento pie.

De este modo, la contracción muscular del tríceps sural causa (Rouviere et al., 2005):

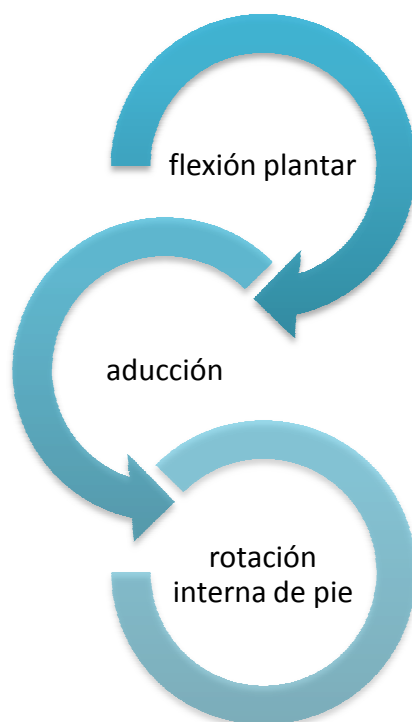


Ilustración 4. Efectos de la contracción del músculo Tríceps Sural.

Sin embargo, a pesar de compartir esta misma función, la potencia de cada músculo por separado, sóleo y gastrocnemios, difiere notablemente.

En concreto, en un experimento sobre equilibrio muscular, se constató que el sóleo resulta ser el principal músculo flexor plantar del pie, pues aporta un 29.9% de la fuerza, mientras que la cabeza medial del gastrocnemio contribuye con un 13.7% de fuerza y la lateral con un 5.5% del total (Silver, Graza y Rang, 1985).

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

Además, teniendo en cuenta que el gastrocnemio es un músculo bi-articular, cruza también la rodilla y, por lo tanto, su contracción genera una flexión de rodilla, siendo en extensión de la misma cuando el momento flexor del músculo es mayor (Landin, Grodesky y Myers, 2002).

Por otro lado, durante la marcha humana ambos músculos son los responsables de la propulsión del cuerpo hacia delante. Teniendo en cuenta la función que ejerce el gastrocnemio sobre el pie, parecería lógico imaginar que él mismo será el responsable de la posición equina del pie y, por lo tanto, de conseguir la posición de colocación “de puntillas”. No obstante, son varios los expertos que afirman que la aponeurosis plantar o fascia plantar juega un papel determinante en dicho movimiento, integrando el tendón calcáneo junto a estructuras de la planta del pie y con transmisión de fuerzas a través del hueso calcáneo. Incluso se cree que la aponeurosis plantar es la pieza clave en el sustento del arco longitudinal interno del pie, sistema descrito en 1956 por Arandes y Viladot, mediante el nombre de “Sistema Aquileo-Calcáneo-Plantar” (S.A.C.P.).



Ilustración 5. Sistema Aquileo-Calcáneo-Plantar, (Cañellas et al., 2012).

El S.A.C.P. también puede denominarse como sistema calcáneo-aquileo-plantar, suro-aquileo-calcáneo plantar o gastro-sóleo-aquileo-calcáneo-plantar (**Ilustración 5**).

Está compuesto por el tríceps sural (gastrocnemios y sóleo), el tendón de Aquiles y la región posteroinferior del hueso calcáneo, la aponeurosis y la musculatura corta plantar. Además,

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

tiene una extensión que abarca desde los cóndilos femorales hasta los dedos de los pies, de modo que su recorrido incluye las articulaciones de la rodilla y el tobillo.

Se sabe que este sistema es un elemento clave para la propulsión del pie, formando una unidad dinámica y funcional básica para la carrera y el salto. En esta misma línea de estudio, Bonnel le atribuye al S.A.C.P. funciones de suspensión, sostén del arco interno del pie, adherencia al suelo a través de la almohadilla grasa plantar y de la propulsión (Bonnel, Pilon y Claustre, 1986).

Al respecto, aunque la real existencia de continuación entre las fibras del tendón calcáneo y la aponeurosis plantar ha sido demostrada también por otros autores (Llanos y Maceira 2007; Shaw et al., 2008; Snow, Bohne, Dicarlo y Chang, 1995), ello había sido visible únicamente en el feto e iba disminuyendo con la edad, hasta que en el adulto dicha continuidad desaparecía, quedando únicamente periostio entre la inserción tendinosa y la aponeurosis plantar.

2.3. Paleopatología

Remontándonos a nuestros antepasados y las especies que nos han precedido, la marcha se realizaba habitualmente con las rodillas en flexión. En este caso, las rodillas en flexión obligan al pie a posicionarse en flexión dorsal; de este modo, el músculo sóleo adquiere un papel determinante en la marcha.

En el trabajo de Patel y DiGiovanni (2011), se constató una relación de casos que asociaban fascitis plantar y tendón de Aquiles corto. Se observó acortamiento del gastrocnemio corto y el sóleo en fascitis plantar agudas y crónicas, en un 23% de los casos agudos y 30% de los casos crónicos, siendo superior el gastrocnemio corto aislado de un 60% de los casos agudos y 52% de los casos crónicos. Por lo tanto, se podría confirmar que la retracción del tendón de Aquiles es generada por el acortamiento de gastrocnemio, aunque en determinadas circunstancias colabore también el músculo sóleo.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

A medida que fue evolucionando la marcha humana, en la rodilla se pasa a posición de extensión total, disminuyendo la tensión muscular en el sóleo e incrementándola en el gastrocnemio; este hecho podría explicar la mayor tendencia actual a tener gastrocnemios cortos en relación al sóleo (**Ilustración 6 y 7**).

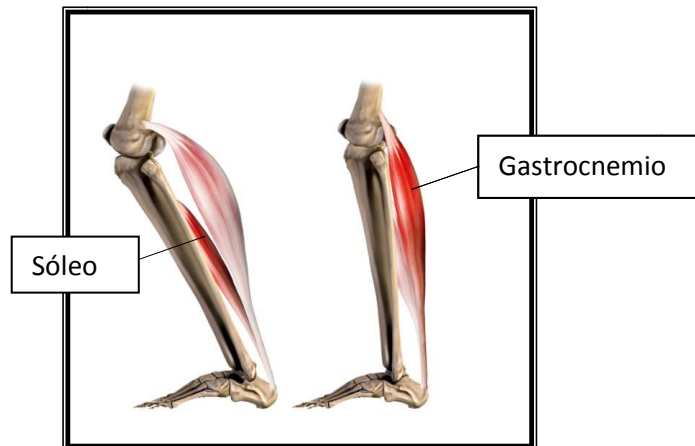


Ilustración 6. Músculo Sóleo y Gastrocnemio, (Cañellas et al., 2012).

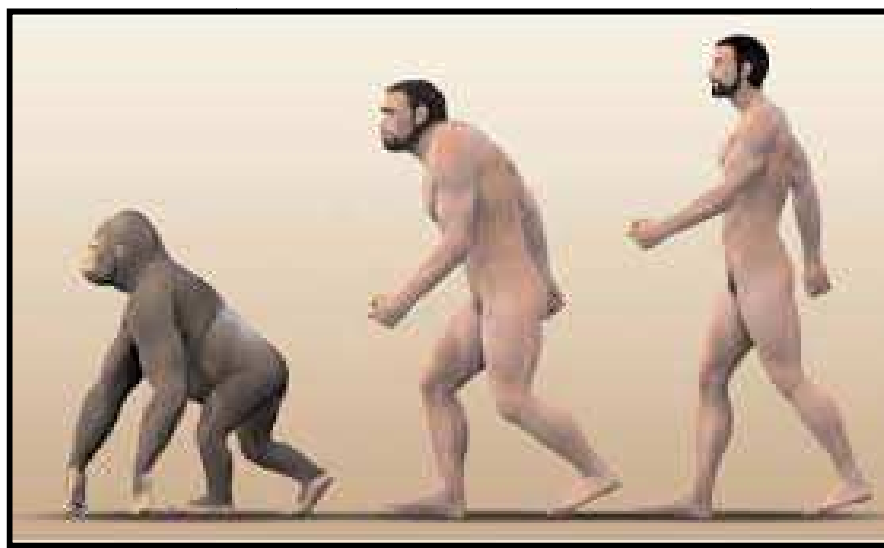


Ilustración 7. Evolución de la marcha humana, (Cañellas et al., 2012).

2.4. Etiología de los gastrocnemios cortos

Existen numerosas causas que pueden generar la retracción de gastrocnemios y tríceps sural en general; desde enfermedades neurológicas como contracturas de tipo espástico por

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

distrofia muscular, patologías relacionadas con el proceso de crecimiento infantil (pie cavo varo o equino varo), y trastornos traumatológicos (contractura por incremento de actividad física, empleo de calzado inadecuado, tacones, realización de prácticas deportivas y estiramientos ineficaces) (Pascual, 2014).

Amis (2014), en la investigación "*The gastrocnemius: a new paradigm for the human foot and Ankle*", es uno de los expertos que se han centrado en evidenciar las causas del acortamiento de esta musculatura, señala cuatro factores etiológicos implicados: cambios de actividad, cambios fisiológicos en músculos y tendones, herencia y evolución. Destaca que las tres primeras causas son aplicables a toda la musculatura y, el cuarto caso, sólo a flexores de tobillo, isquiosurales y flexores de cadera.

Uno de los cambios en la actividad más importantes no es otro que el propio proceso de envejecimiento de las personas. En dicha situación, las unidades músculo-tendinosas no llegan a su extensión máxima con regularidad.

Cuando el cambio en la actividad afecta a personas jóvenes (por ejemplo, en situación de sedentarismo), y estos hábitos de vida perduran en el tiempo, dichas unidades también podrían padecer retracción.

Por otro lado, es evidente el caso de los deportistas, cuyas sollicitaciones repetitivas de la musculatura causan también una mayor predisposición a dicha retracción. Un ejemplo claro es el acto de correr; en esta situación el gastrocnemio y los isquiosurales no se elongan de forma completa y, con el tiempo, la musculatura acaba adaptándose a esta posición de retracción (Amis, 2014).

Volviendo al proceso de envejecimiento natural de los seres humanos, en realidad lo que sucede es una disminución de fibras de elastina del tejido conjuntivo y, en consecuencia, una reducción de la flexibilidad de los músculos y tendones, que a la larga genera un estado de retracción (Amis, 2014).

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Tal y como señala Amis (2014), la genética también parece jugar un papel determinante en la brevedad de gastrocnemios; podría explicar una tendencia familiar a la retracción de una clase de grupo muscular.

Finalmente, Cañellas, Viladot y Cañellas (2012), también destacaron la importancia de la propia evolución, la cual ha llevado a una situación frecuente de tendón de Aquiles corto, consecuencia de la marcha humana desde el inicio de la posición bípeda hasta nuestros días.

2.5. Biomecánica estabilizadora del antepié en la fase de apoyo total

2.5.1. Biomecánica de los gastrocnemios cortos.

El gastrocnemio juega un papel indispensable durante la marcha; es durante la fase de apoyo plantígrado y justo antes del despegue del talón del suelo, cuando más relevancia adquiere la relación entre longitud relativa del gastrocnemio y longitud relativa de la tibia, pues es aquí el instante en el que ésta se desplaza hacia delante pivotando alrededor del astrágalo, estructura ósea que se mantiene como punto fijo de giro.

En ese momento es cuando se requieren los grados suficientes de flexión dorsal de tobillo (10°) para poder hacer adecuadamente este movimiento con la rodilla en extensión y así facilitar el adelantamiento del centro de masas por delante del tobillo.

En las líneas siguientes, se tiene en cuenta la descripción de Kirby (2012), representada en la fase de apoyo total (comportamiento sagital del pie y biomecánica de estabilización del antepié), y la fuerza de la tracción del tendón de Aquiles imprescindible para la comprensión de las consecuencias de los gastrocnemios cortos (**Ilustración 8**).

Durante el período de apoyo total de la marcha, la fuerza de reacción del suelo (FRS) se desplaza desde su ubicación inicial en la cara plantar del retropié, durante el inicio del periodo, hasta la cara plantar del antepié, durante el inicio del despegue.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

Concretamente, existen dos factores que favorecen dicha progresión suave de la FRS:

- En primer lugar, el Centro de masa (CdM) corporal: se desplaza de posterior a anterior durante la fase de apoyo total.
- En segundo término, pie y tobillo poseen mecanismos internos que ayudan al antepié a desarrollar suficiente resistencia a la dorsiflexión en relación a la tibia, de modo que el antepié es lo suficientemente estable como para soportar el aumento de las fuerzas plantares de la FRS cuando el apoyo total progresa (Kirby, 2012).

También disponemos de un mecanismo eficaz que colabora con el retropié en la dorsiflexión en relación a la tibia; es la actividad del complejo gastrocnemio-sóleo (CGS), que provoca un momento de flexión plantar en el tobillo durante toda la fase de apoyo total.

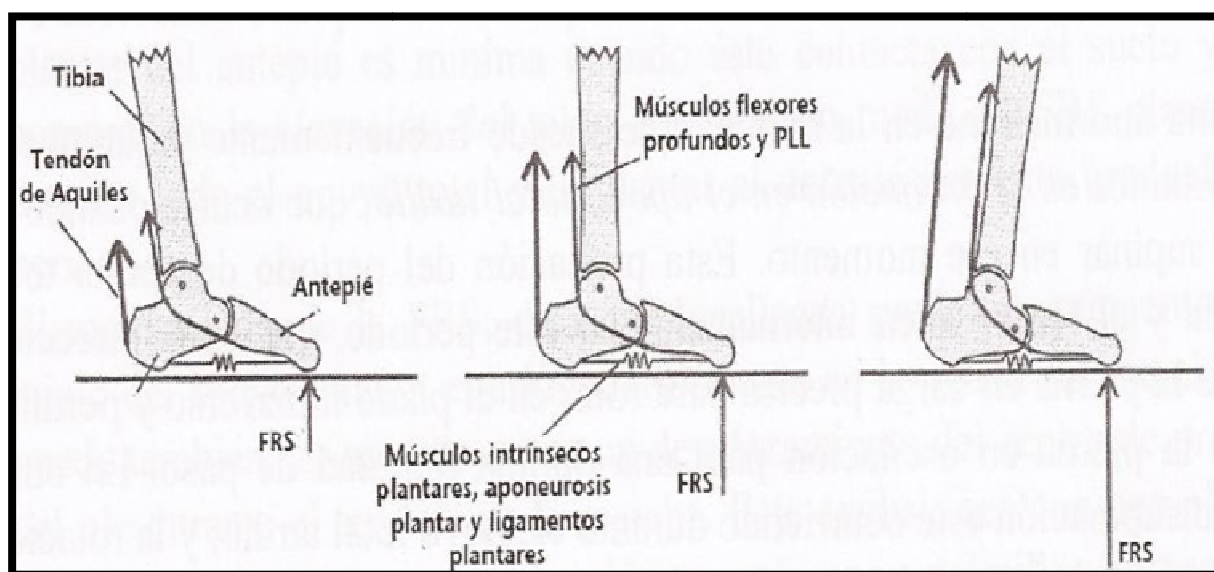


Ilustración 8. Incremento de las fuerzas de tracción representada por (Kirby, 2012).

En este modelo se muestra el incremento de las fuerzas de tracción en el conjunto gastrocnemio-sóleo y el tendón de Aquiles durante toda la fase de apoyo; inicio (izquierda) medio apoyo (centro) final de apoyo (derecha). En Kirby, 2012.

El CGS, su inserción en el tendón calcáneo en la cara posterior del calcáneo, genera un brazo de palanca causando un momento de flexión plantar en la articulación del tobillo. Si realizamos una comparativa con los brazos de palanca de otros flexores plantares más cortos

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

como el tibial posterior, flexor largo de los dedos, flexor largo del primer dedo, peroneo lateral largo, peroneo lateral corto observaremos que estos con acción en el tobillo resultan ser más débiles que el CGS. Por otro lado, la capacidad de los flexores profundos y el peroneo lateral largo, favorecen la dorsiflexión en relación a la tibia, provocando la flexión plantar en el antepié.

Otro mecanismo estabilizador del antepié es el conjunto formado por la fascia plantar y ligamentos plantares, estos cruzan mediotarso y mediopié. Aportan unos momentos plantarflexores pasivos sobre el antepié durante la fase del apoyo total.

El tercer sistema estabilizador interno está compuesto por la musculatura intrínseca de la planta del pie; se trata de unos músculos cortos que cruzan el mediotarso y/o mediopié en el arco plantar. De superficial a profundo son:

- Flexor corto de los dedos
- Abductor del quinto dedo
- Abductor del primer dedo
- Cuadrado plantar
- Flexor corto del primer dedo
- Fascículo oblicuo del aductor del primer dedo
- Flexor del quinto dedo

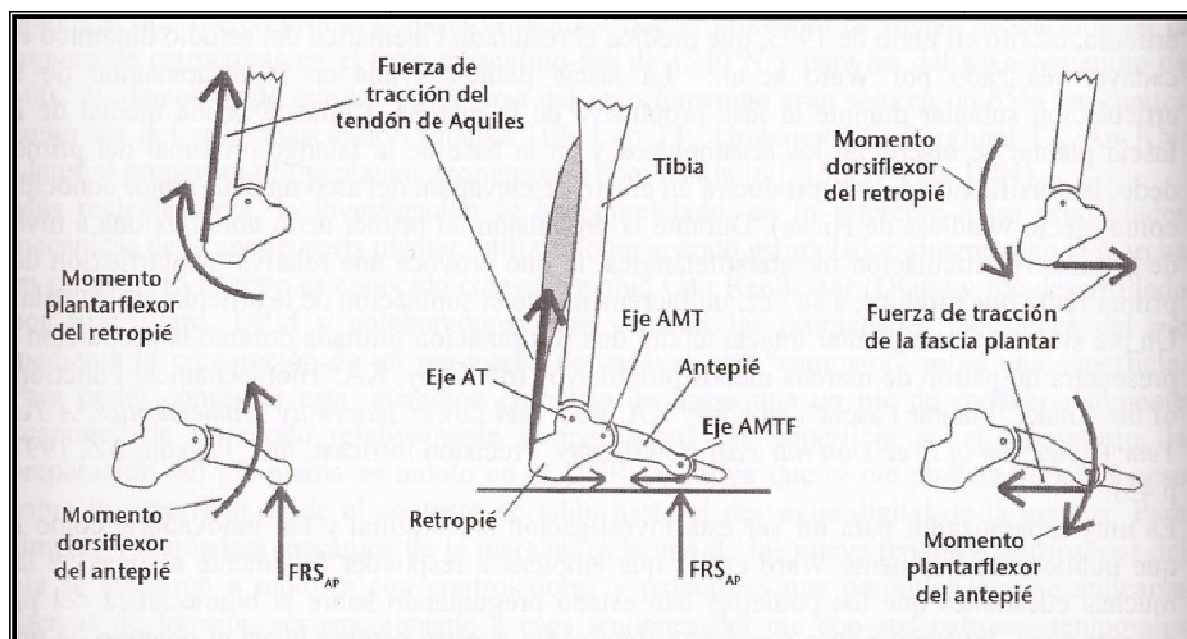


Ilustración 9. Fuerza del tendón de Aquiles y fascia plantar por Kirby (2012).

En la imagen superior (**Ilustración 9**) del pie y la extremidad inferior distal (centro), cuando se incrementa la fuerza de tracción en el tendón de Aquiles aumenta el momento plantarflexor del retropié (arriba izquierda). Así, el aumento resultante de la fuerza de reacción del suelo que se aplica al antepié (FRS) causará un incremento del momento dorsiflexor en el antepié (abajo izquierda). Para poder resistir el momento plantarflexor del antepié que tienden a provocar el aplanamiento del arco longitudinal, la fascia plantar desarrollará unas mayores tensiones en su interior que causarán un incremento del momento dorsiflexor del retropié (arriba derecha) y un aumento del momento plantarflexor del antepié (abajo derecha). Por lo tanto, este modelo proporciona una explicación mecánica coherente para el incremento de tensión en la fascia plantar que sucede al aumentar la tensión en el tendón de Aquiles durante las actividades en carga (Kirby, 2012, p. 100).

Ante lo anteriormente descrito, cualquier anomalía en cualquier de estos sistemas podría alterar las fuerzas, momentos y movimientos inherentes para un buen apoyo total del pie.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

Sin duda alguna cualquier anomalía de gran o pequeña índole provocaría alteraciones de la marcha o una función biomecánica anormal patológica.

Otros autores relevantes, como Pascual (2012) se han cuestionado lo siguiente y así lo han plasmado en “*Gastrocnemios cortos. De la anatomía al tratamiento*” (en Barouk (2012)):

¿Qué sucede en el fenómeno de retracción de gastrocnemios y/o sóleo? (**Ilustración 10**).

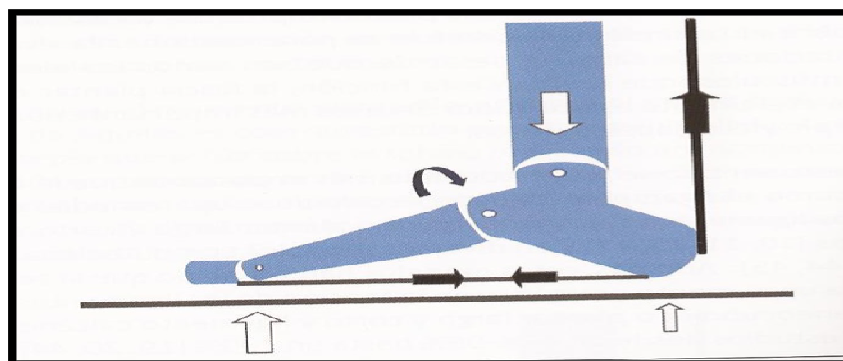


Ilustración 10. Afectación del tendón de Aquiles y fascia por las fuerzas reactivas del suelo en individuos con gastrocnemios cortos, según Pascual (2012).

El incremento de tensión en el tendón de Aquiles aumenta en situación de carga (por retracción de gastrocnemio y/o sóleo). Así, cuanto mayor sea dicha tensión en el tendón en carga, mayores serán también las fuerzas reactivas del suelo sobre las cabezas metatarsales y, por lo tanto, mayor será el momento dorsiflexor del antepié ante el retropié, superando la tendencia a aplanar el pie en el tarso medio (Pascual, 2012).

Por otro lado, un elemento importante como la fascia plantar se encarga de contrarrestar el exceso de tensión empleando un momento plantarflexor que estabiliza el arco interno del pie.

En resumen:

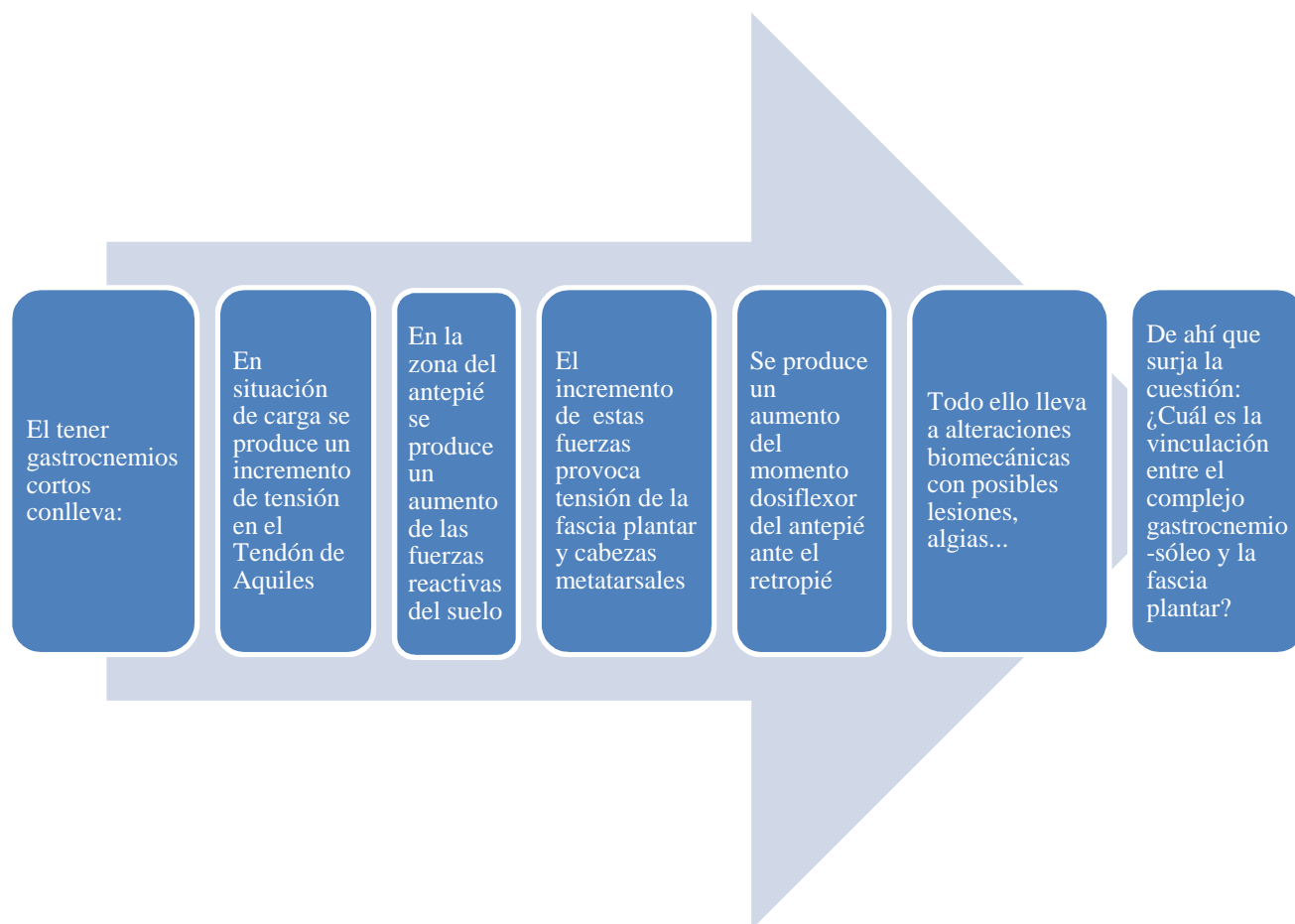


Ilustración 11. Resumen de afectación de las presiones en tendón de Aquiles y fascia plantar en gastrocnemios cortos.

2.6. Consecuencias biomecánicas de gastrocnemios cortos en el antepié en el ciclo de la marcha: Fase de apoyo

El fundamento de este apartado es analizar cómo un trastorno estructural en el músculo gastrocnemio conlleva repercusiones biomecánicas en el antepié, además de múltiples consecuencias a diversos niveles y de diferente gravedad.

En el caso de la retracción de gastrocnemios, existe un riesgo de algias en el antepié por hiperpresión, que se da cuando dichos músculos se encuentran en posición de estiramiento máximo (Barouk y Barouk, 2012).

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

Entonces, es el análisis cinemático el que ayuda a determinar de forma más precisa esta fase crítica caracterizada por la posición de la cadera en flexión, rodilla en extensión y tobillo cerca de 0°.

Por este motivo, cabe señalar que el periodo de mayor interés se sitúa justo antes y después del momento en el que el tobillo está en ángulo recto. Se determina este momento en el punto X, y para dicho instante ha progresado el 70.6% del apoyo. Asimismo, en esta zona que denominamos zona C (**Ilustración 12**), el efecto combinado de la extensión de rodilla y la flexión dorsal de tobillo, causa tensión de gastrocnemio, provocado por su condición de músculo bi-articular (Barouk y Barouk, 2012).

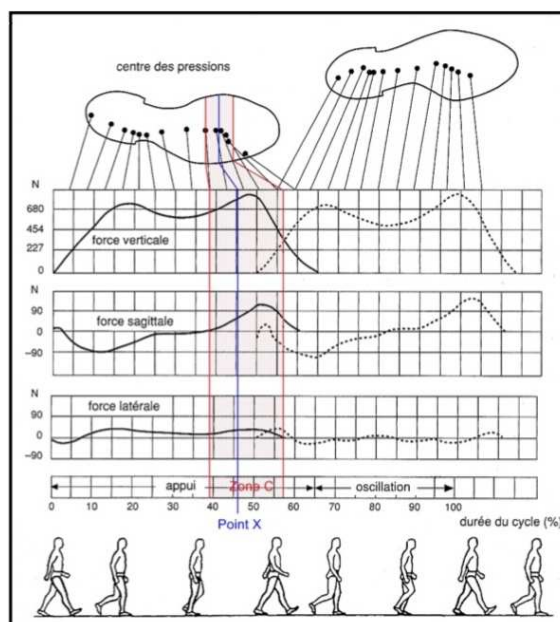


Ilustración 12. Análisis de la dinámica y desplazamiento de las presiones, (Barouk y Barouk, 2012).

El funcionamiento del centro de gravedad en la fase C se corresponde anatómicamente con el antepié, y se caracteriza en el plano dinámico, por una disminución del centro de gravedad, seguida de una propulsión. Sin embargo, durante la repartición de los centros de presión en la fase C, representado en el desplazamiento de presiones, se puede observar que éstas están centradas en el antepié, a nivel de las cabezas metatarsales. De este modo, se

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

puede predecir que el incremento de la flexión dorsal podría conllevar una reducción de las presiones en el antepié (Cazeau, 2007).

Por otro lado, en el análisis electromiográfico (EMG), se mide la actividad electromiográfica (micro voltios) de los músculos gastrocnemio, sóleo y sus antagonistas a partir del empleo de electrodos de superficie.

En el punto X, la rodilla se encuentra en extensión máxima, el tobillo a 0° (neutro) y el gastrocnemio en tensión casi máxima. El centro de presiones se ubica sobre las cabezas de los metatarsianos. El pico de EMG aparece justamente en este momento, incrementando de forma importante la eficacia contráctil (Cazeau, 2007).

Así, describimos a continuación el momento de la fase C en la que actúa la oleada de actividad del gastrocnemio: después de la puesta en tensión del músculo debido a la extensión de rodilla, e incrementando la eficacia de la flexión plantar de tobillo, se termina pronto para permitir la flexión dorsal del tobillo, colaborando así con la flexión de rodilla (Cazeau, 2007).

Entonces, se mide la actividad EMG de gastrocnemios, sóleo y sus antagonistas mediante los electrodos de superficie; el primer pico se produce durante el cambio de peso del suelo al principio del apoyo, el segundo, aparece durante la fase C y eso lo hace interesante corresponde al periodo de aceleración del miembro y dónde toma papel principal el gastrocnemio, sobre todo la cabeza medial (Cazeau, 2007) (**Ilustración 13**).

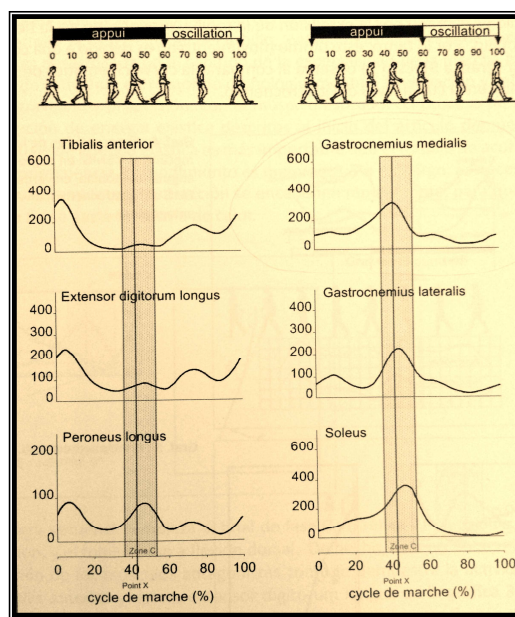


Ilustración 13. Análisis Electromiográfico. Modelo que presenta la actividad electromiográfica muscular en el punto "x" descrito por Cazeau (2007).

2.6.1. Consecuencias clínicas de gastrocnemios cortos

En este apartado, cabe mencionar como base de conocimiento la revisión realizada por Barouk y Barouk (2012) “*las consecuencias clínicas de los gastrocnemios cortos se traducen en signos directos e indirectos*” (p.8).

A continuación, se clasifican las principales manifestaciones clínicas asociadas a esta problemática:

Tabla 2. Manifestaciones Clínicas Directas

MANIFESTACIONES CLÍNICAS DIRECTAS

Tensión o calambres en la pantorrilla relacionados con un deterioro de la marcha sin tacón, siempre causados a un déficit de la flexión dorsal de tobillo, que se pone de manifiesto en la evaluación.

Tabla 3. Manifestaciones Clínicas Indirectas

MANIFESTACIONES CLÍNICAS INDIRECTAS
Lumbalgias: 70% de estas afecciones están relacionadas con la presencia de gastrocnemios cortos. Suele desaparecer después del tratamiento de alargamiento.
Inestabilidad de EEII: en un 52% va acompañado de de gastrocnemios cortos. Suele desaparecer después del tratamiento de alargamiento.
Alteraciones en tobillo y pie
Alteraciones en retropié: ejemplo varo/valgo de tobillo y retropié (siendo el valgo más común, y comportándose como una adaptación al equinismo).
Tendinopatías aquileas, insercionales o del cuerpo tendinoso.
Antepié: metatarsalgia, neuroma de Morton, dedos en martillo, hallux limitus, hallux rigidus.

Por último, destacar una asociación muy importante demostrada en el estudio del autor, pues al parecer, la vinculación hallux valgus/metatarsalgia se da en un 39% de los casos de gastrocnemios cortos (Barouk y Barouk, 2012).



Ilustración 14. Los gastrocnemios pueden afectar a columna lumbar, pantorrilla, tobillo, retro y mediopié y antepié. (Barouk et al., 2012).

2.7. Metatarsalgias por gastrocnemios cortos

Una de las lesiones más frecuentes en la región anterior del pie es la metatarsalgia. En concreto, constituye la principal causa de dolor en el pie en los adultos.

Sin embargo, se le considera un término vago, pues no define un proceso determinado, sino un síntoma (dolor en las cuñas de los pies), que puede presentarse como consecuencia de múltiples factores etiológicos, no siempre con origen local. A menudo, puede estar generado por modificaciones en la actividad, cambio de superficie o empleo de calzado inadecuado.



Ilustración 15. Metatarsalgia, (Besse, 2017).

Además, para autores como Strauss (1985), este fenómeno afecta con mayor frecuencia al sexo femenino, el calzado inadecuado y el tacón alto podrían explicar esta predisposición por la mujer.

Así, dicha alteración puede ser un problema primario de origen mecánico, causado por enfermedades de tipo sistémico, o bien, asociada a una dolencia secundaria con etiología yatrogénica.

Entrando más detalladamente en su definición, la metatarsalgia es la presencia de dolor en la región plantar y anterior del pie, comúnmente asociado a trastornos de apoyo en las cabezas metatarsales, y en la que se constata un signo de especial importancia, la QPI plantar bajo

las cabezas de los huesos metatarsianos; alteraciones clínicas que se ven agravadas en presencia de gastrocnemios cortos (Cortina, Morris y Vopat, 2018).

2.8. Etiopatogenia

El origen de las metatarsalgias ocurre como resultado de la deformidad o mala alineación metatarsal en las articulaciones metatarsofalángicas menores (de segunda a quinta) (Besse, 2017; Miguez, 1998).

Es conocido que determinadas asimetrías estructurales o deformidades funcionales con involucración anatómica o biomecánica sobre los metatarsianos menores, pueden causar exceso de presión debajo de las cabezas metatarsales. De este modo, esta hiperpresión generaría metatarsalgia, hiperqueratosis o ambas afecciones a la vez (Miguez, 1998).

Las causas implicadas en las metatarsalgias forman tres grandes grupos etiológicos, que describimos a continuación en la siguiente tabla (De Prado, Ripoll y Golanó, 2005):

Tabla 4. Metatarsalgia. Factores Etiológicos.

Grupos de factores etiológicos
Metatarsalgias secundarias a enfermedades generales: <ul style="list-style-type: none">- Inflamatorias (enfermedades reumáticas).- Metabólicas (gota, diabetes).- Neurológicas (parálisis espástica).- Congénitas (alteraciones que cursan con deformidades polisistémicas).
Metatarsalgias secundarias a trastornos anatomofuncionales. Se trata de metatarsalgias de tipo mecánico, en las que diferenciamos dos clases: <ul style="list-style-type: none">- Metatarsalgias estáticas: cuando se produce un descenso de uno o varios metatarsianos respecto al resto, generando a su vez una hiperpresión.- Metatarsalgias de propulsión: cuando uno o varios metatarsianos presentan mayor longitud que el resto, causando una marcha con hiperpresión.
Metatarsalgias secundarias a problemas yatrogénicos o traumáticos: <p>Se producen tras una intervención quirúrgica, o fractura con resultado de consolidación viciosa. En estos casos se genera un cambio en la anatomía normal de los metatarsianos, condicionando el reparto armónico del peso corporal a lo largo de las cabezas metatarsales.</p>

2.9. Manifestaciones clínicas

La clínica de las metatarsalgias gira, principalmente, en torno al dolor y la inflamación en el antepié, destacando los siguientes signos y síntomas:

- Dolor de las cabezas metatarsales.
- Presencia de hiperqueratosis bajo las cabezas metatarsales alteradas.
- Trastornos de la marcha.
- Diagnóstico diferencial con otros procesos del pie: verrugas plantares, neuroma de Morton, enfermedad de Frieberg, tendinitis en antepié, etc.

2.9.1. Tratamiento. Relación entre metatarsalgia y gastrocnemios cortos.

En la práctica clínica habitual, la ausencia o disminución de la flexión dorsal de uno o más metatarsianos al hacer presión en la cabeza desde la planta (causada por rigidez de la articulación de Lisfranc), conlleva una imposibilidad de tratamiento de tipo ortopédico.

Hay que destacar que cuando existe protrusión de las cabezas metatarsales menores se genera la metatarsalgia y, ésta no se podrá solventar a partir de métodos incruentos, es decir, habrá que realizar una intervención quirúrgica de reparación (Migues, 1998).

Ante lo anteriormente descrito, cabe preguntarse:

¿Existe una relación directa entre el trastorno de la metatarsalgia y los gastrocnemios cortos?

En el acortamiento de gastrocnemio, cada vez que se produce su tensión, se genera una limitación de la dorsiflexión de tobillo que, a su vez, causa la reducción de la capacidad de amortiguación del sistema aquíleo-calcáneo-plantar en la transición del paso.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

Dicho acortamiento incrementa la necesidad de mayor sollicitación en el antepié, con resultado de hiperapoyo anterior en la fase del paso con rodilla y cadera en extensión (Barouk y Barouk, 2005). Según Kowalski, Diebold y Pennecot (2004), además de la hipertensión, el antepié toma contacto con el suelo mucho antes, acelerándose la velocidad de impacto, aumento de la hiperpresión centralizada en la zona de 2º, 3º y 4º metatarsianos. (Keijsers et al., 2013).

Por otro lado, tal y como hemos descrito en apartados anteriores, el incremento de presiones sobre el antepié durante los dos últimos tiempos de la marcha, conlleva una sobrecarga de las estructuras anatómicas del arco interior: piel, almohadilla plantar, placa plantar, tendones, conjuntos de ligamento y hueso, y en algunos casos, metatarsalgias centrales. Se cree que dicha ubicación podría estar vinculada con la presencia de la aponeurosis o fascia plantar que anatómicamente queda situada como último eslabón del sistema gastrocnemio-aquíleo-calcáneo-plantar (la fascia queda insertada terminalmente a nivel de las placas plantares, justo debajo de las cabezas metatarsales medias). Por consiguiente, si cambia el eje del retropié en varus o valgus, dichas cabezas pueden abandonar su carácter central y alterar al primer o quinto radio.

2.10. Manifestaciones cutáneas de las metatarsalgias: Queratosis plantar. Queratosis Plantar Intratable de Segundo *Rocker*

Teniendo en cuenta la temática que nos concierne en el presente trabajo, destacamos la relevancia de las queratosis plantares intratables, por su relación en el acortamiento de gastrocnemios, tal y como se describe a continuación.

Las queratosis plantares intratables son la respuesta de la piel normal a un exceso de sollicitación de compresión-cizallamiento. Es importante identificar la causa y el momento de la marcha en el que se produce la metatarsalgia para llevar a la comprensión de la

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

etiología. Cuando los metatarsianos tienen una inclinación plantar pronunciada se genera una metatarsalgia de segundo *rocker* que se caracteriza por la presencia de una hiperqueratosis bien definida, de forma circular y menor dimensión (Hermida, 2012). En concreto, la piel situada en la zona digito-plantar sometida a una mayor carga durante el segundo *rocker* (fase de apoyo intermedio) es la estrictamente plantar a las cabezas metatarsales (circunscrita) puede verse en la **Ilustración 16**, mientras que en el “tercer *rocker*” (fase propulsiva) es la plano distal, más próxima a los dedos (difusa) (Firpo, 2010).

Por otro lado, durante el apoyo, en la que el tarso prona y arrastra la pierna en rotación interna, la pierna va rotando externamente en el plano transversal, pasando por la posición neutra mediante el apoyo, para finalmente situarse en rotación externa.

De esta manera, el pie llega a rotar externamente sobre el suelo provocando un cizallamiento en el “tercer *rocker*”, de aquí la explicación la forma redondeada común de las fases propulsivas:



Ilustración 16. Presencia de hiperqueratosis (zona metatarsal 2º radio). QPI de 2º *rocker* (circunscrita).

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

También se observa que, durante el “segundo *rocker*”, el pie no gira sobre el suelo, de modo que las hiperqueratosis se generan circunscritas una por cada cabeza metatarsal afectada (comúnmente la segunda).

Veamos entonces, cuál es la posible relación entre gastrocnemios cortos y la queratosis plantar intratable de “segundo *rocker*” y la pronación de antepié:

En primer lugar, se sabe que el acortamiento de estos músculos causará sobrecarga en el antepié dando lugar a una marcha de puntillas. La rodilla estará en extensión, desde el mediado segundo *rocker* con tibia vertical, así hasta que el pie contralateral haga contacto con el suelo, ejerciendo su acción adversa durante el “segundo *rocker*” (anteriormente a la fase propulsiva del “tercer *rocker*”).

Nester, Bowker y Bowden (2002), señalan que cuando la articulación subtalar prona, el eje de rotación de la articulación mediotarsiana cambia su orientación espacial, aumentando su angulación sobre el plano sagital y ayudando el movimiento de pronación de dicha articulación, por lo menos en lo que a su componente de flexión dorsal se refiere. Por lo tanto, el incremento de pronación de la articulación subastragalina, da lugar a una mayor pronación en la mediotarsiana, siendo en ésta donde se da el movimiento de flexión dorsal que no puede producirse en el mismo tobillo, a causa de la retracción de la musculatura de los gastrocnemios durante el segundo *rocker*.

3. HIPÓTESIS

En esta tesis se ponen a prueba las siguientes hipótesis:

Los gastrocnemios cortos:

- Provocan una disminución de la dorsiflexión de tobillo durante la marcha, tal efecto provoca una alteración biomecánica en el pie durante el segundo *rocker* e inicio del tercer *rocker*, dando como resultado alteraciones en el antepié; entre ellas, las queratosis plantares intratables de segundo *rocker* y las metatarsalgias.
- Aumentan las presiones máximas y medias de apoyo, así como la fuerza de apoyo del antepié.
- Aumentan las fuerzas y los tiempos de apoyo del retropié dando paso a un patrón de marcha característico en pacientes con gastrocnemios cortos.
- El Test de Silfverskiöld y el Test de Lunge permiten la valoración de gastrocnemios cortos.

4. OBJETIVO PRINCIPAL

I. Establecer y validar un modelo predictivo que relacione los gastrocnemios cortos con las alteraciones clínicas del pie, la metatarsalgia y queratosis plantar intratable de segundo *rocker*, para cada test; Test de Silfverskiöld y Test de Lunge.

4.1. Objetivos secundarios

II- Confirmar la relación directa entre gastrocnemios cortos y alteraciones del antepié como la metatarsalgia según el modelo predictivo.

III- Confirmar la relación directa entre gastrocnemios cortos y alteraciones del antepié como la QPI de segundo *rocker* según el modelo predictivo.

IV- Confirmar si las medidas de presión máxima en el antepié en posición estática son un valor predictivo significativo con respecto a la presencia o no de gastrocnemios cortos.

V- Determinar el porcentaje de gastrocnemios cortos en la población estudiada.

VI- Determinar si la presencia de gastrocnemios cortos agrava la clínica de ambas alteraciones del pie, metatarsalgia y QPI de segundo *rocker*.

VII- Desarrollar un método de medición reproducible para ejercer la fuerza de 10N*m equivalente a 1.7 kg-2.0 kg en el Test de Silfverskiöld.

VIII- Determinar la habilidad del Test de Silfverskiöld y del Test de Lunge para discriminar correctamente los casos diagnosticados de gastrocnemios cortos de los que no.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. Diseño del estudio

Se trata de un estudio epidemiológico observacional-transversal y analítico.

Por otro lado se trata de un estudio no invasivo, prospectivo, unicéntrico, donde la selección de los participantes ha sido de base poblacional.

El estudio fue llevado a cabo durante los meses de julio a octubre del 2016 con pacientes y trabajadores pertenecientes al Hospital Corporación Parc Taulí de Sabadell. Las exploraciones siempre fueron realizadas por el mismo equipo de trabajo, siguiendo la metodología exploratoria y los protocolos anteriormente explicados.

5.1.1. Método de recogida de datos

La recogida de todos los datos se cumplimentó en un documento de Excel, anotando los procedimientos realizados en el cuestionario de exploración clínica (ver anexos: documentos 10.5/10.6/10.7) para posteriormente ser analizados con el programa SPSS.

El control de datos, seguimiento inmediato y revisiones posteriores, fueron formalizadas por el mismo equipo de trabajo.

5.2. Muestra

5.2.1. Cálculo Muestral

Se realizó el cálculo muestral con el software Ene 3.0- <http://www.e-biometria.com/>, mediante estimación poblacional. Se fijó una población de referencia infinita, una estimación de la proporción en la población del 0,5 (50%) y una precisión de la estimación del 10% para el nivel de confianza seleccionado (95%). Se utilizaron los artículos de

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

Cañellas et al. (2012) y Maestro et al. (2013) para justificar la proporción esperada en la población. El resultado obtenido fue de una muestra mínima de 122 individuos experimentales en el estudio. Se llevó a cabo un estudio con metodología cuantitativa-cualitativa en una serie prospectiva de pacientes estudiados por una misma podóloga.

De la misma forma, se calculó una nueva muestra de 74 pacientes para llevar a cabo la segunda parte del estudio, validación del modelo predictivo para cada uno de los tests; Test de Silfverskiöld y Test de Lunge.

5.2.2. Población de estudio

Se dispuso de una muestra representativa para poder generalizar de forma válida los hallazgos hallados con los pacientes reclutados en el Hospital Parc Taulí de Sabadell durante el periodo comprendido de Julio a Octubre del 2016.

○ Población diana:

1. Pacientes del Consorcio Hospital Parc Taulí de Sabadell
2. Hombres y mujeres mayores de 18 años.
3. Una muestra de 122 pacientes se analizaron para determinar la prevalencia de gastrocnemios cortos en la población y su relación con la metatarsalgia y QPI de segundo *rocker*.

Asimismo, esta muestra de 122 pacientes se utiliza para la construcción de un modelo de predicción que determine la probabilidad de presentar gastrocnemios cortos para cada uno de los Test (Test de Lunge Test y Test de Silfverskiöld).

4. Una nueva población de 74 pacientes se analiza para validar el modelo predictivo para los dos test, Test de Lunge y Test de Silfverskiöld.

5.2.3 Criterios de inclusión

Todos los pacientes fueron reclutados en el Consorcio Hospitalario Parc Taulí de Sabadell convenida para tal fin. Fueron informados por escrito del protocolo de investigación y firmaron el consentimiento informado (ver anexos: documento 10.4).

Como requisito de inclusión, los participantes debían tener más de 18 años y referir un buen estado de salud general.

5.2.4. Criterios de exclusión

El motivo por el cual fueron definidos los siguientes criterios de exclusión radica en que todos ellos afectan limitando la dorsiflexión de tobillo, por lo que generarían resultados poco fiables, falseando el resultado final.

Fueron excluidos en la participación del ensayo todos aquellos pacientes que presentaban las siguientes características descritas:

1. Intervenidos quirúrgicamente en la extremidad inferior
2. No haber sufrido lesiones en los 12 meses últimos en la extremidad inferior
3. Enfermedad Neurológica
4. Hallux Limitus/rigidus
5. Dolor dorsal en la articulación Chopart/Lisfranc
6. Enfermedad reumatoide
7. Heel Rise Test (negativo). Disfunción Tibial Posterior
8. Impingement

5.3 Variables del estudio

Para obtener los análisis estadísticos y comprobar la hipótesis y objetivos de este estudio la muestra está compuesta de 122 pacientes pertenecientes al estudio Podológico. Se recogieron los datos de la información relativa a las variables cualitativas de inspección clínica (anexo 10.6)

- Sexo
- Edad
- Peso
- Altura
- Tipo de huella plantar: plano, cavo, neutro
- Tipo de antepié : supinado, varo , neutro
- Tipo de retropié: varo, valgo, neutro
- Presencia de metatarsalgia
- Presencia de QPI: 2º *rocker* y/o 3er *rocker*.
- Presencia de hallux valgus (escala Manchester)
- Fórmula metatarsal: Index plus, Index plus minus, Index minus
- Tipo de pie : plano, neutro, cavo
- Fórmula digital: egipcio, griego, cuadrado
- Dorsiflexión de tobillo de cada pie que permita evaluar la presencia de gastrocnemios cortos según dos tipos de tests (Test de Lunge y Test de Silfverkiöld).

En el estudio baropodométrico se escogieron las siguientes variables

. Como variables cualitativas:

- Presión Máxima de Antepié en Estática Bilateral

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

- Presión Máxima de Retropié en Estática Bilateral
- Presión Media Dinámica Bilateral

Como variables numéricas:

- Presión Máxima de Antepié en Estática (g/cm²). ((1) pie derecho)
- Presión Máxima de Antepié en Estática (g/cm²). ((2) pie izquierdo)
- Presión Máxima de Retropié en Estática (g/cm²). ((1) pie derecho)
- Presión Máxima de Retropié en Estática (g/cm²). ((2) pie izquierdo)
- Presión Máxima Dinámica (g/cm²). ((1) pie derecho)
- Presión Máxima Dinámica (g/cm²). ((2) pie izquierdo)

5.3.1 Variables de Validación del Modelo Predictivo

Se construyeron cuatro modelos donde se observaron la variabilidad de cada modelo acorde a las variables escogidas.

Tras la exhaustiva metodología de análisis de los coeficientes de cada uno de los modelos de Regresión Logística se seleccionó el que cumplía el principio de Parsimonia (mínimo número de variables y máxima variabilidad explicada), que correspondía al MODELO 4 y que además era congruente e interpretable. Las variables consideradas para la Validación del modelo, son aquellas que conformaban el propio Modelo 4:

-Metatarsalgia

-QPI de segundo *rocker*

-Presión Máxima en Antepié en Estática

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Con una muestra nueva de 74 pacientes se realiza un análisis descriptivo de las variables del modelo para la muestra de validación para cada Test, así como un análisis de Inferencia de las mismas variables con la presencia o no de gastrocnemios cortos para cada test.

5.4. Comité Ético

CEIC (2016/600). En primer lugar, el protocolo del estudio fue revisado y aprobado por el comité de ética del Consorcio Hospitalario Parc Taulí de Sabadell (ver anexos, documento 10.1). Además, dicha investigación se realizó conforme a las bases de la Declaración de Helsinki. Todos los participantes intervinieron de forma voluntaria y firmando previamente al inicio del estudio un consentimiento informado.

5.5. Diagnóstico clínico de gastrocnemios cortos

Partiendo de forma concreta de la definición de gastrocnemios cortos:

Un equino con la rodilla en extensión que desaparece con la rodilla en flexión, ofreciendo una presión moderada en el antepié

Podemos destacar que dicho diagnóstico depende en exclusiva del examen clínico, como parte esencial, a partir del Test de Silfverskiöld (**Ilustración 17**).



Ilustración 17. Test de Silfverskiöld. Los gastrocnemios son cortos cuando existe una limitación de la dorsiflexión de tobillo con rodilla en extensión que desaparece con la rodilla en flexión.

Se considera gastrocnemios cortos en los siguientes supuestos:

Tabla 5. Diagnóstico Gastrocnemios Cortos en Test de Silfverskiöld.

<i>¿Cuándo podemos decir que existen gastrocnemios cortos?</i>
- Cuando la flexión dorsal pasiva de tobillo es negativa o igual a 0° en rodilla en extensión, aunque haciendo una presión moderada debajo del antepié.
- Cuando dicha flexión se normaliza en rodilla en flexión, con un mínimo de 13° de diferencia. (Barouk et al., 2014) Para algunos autores, la presión es superior, considerando que hay retracción de gastrocnemios cuando la flexión dorsal en extensión de rodilla es igual o menor a 0° y la diferencia con la flexión de rodilla es 15° según Maceira (Barouk et al., 2012, p. 211) y entre 15-20° según De los Santos (De los Santos et al., 2011).

De este modo, son destacables algunas diferencias de grado de flexión dorsal de tobillo, rodilla extendida, entre autores.

Si hay gastrocnemios cortos la flexión dorsal de tobillo casi nunca es positiva con extensión de rodilla.. En el caso de que la retracción de gastrocnemios se una al músculo sóleo, la flexión dorsal de tobillo con rodilla extendida es muy negativa, y sigue siendo negativa con la rodilla en flexión. No obstante, si la diferencia de dorsiflexión de tobillo es relevante cuando la rodilla está tanto en extensión como en flexión, podemos decir que los gastrocnemios son cortos.

A continuación, se señalan algunas observaciones importantes a tener en cuenta en el diagnóstico clínico de este fenómeno:

Tabla 6. Elementos importantes a tener en cuenta en el diagnóstico de gastrocnemios cortos.

<p>➤ <u>Elementos para la corrección de la desviación del retropié y evitar resultados erróneos:</u></p> <p>El observador debe corregir el valgo de retropié neutralizando la articulación subtalar, ya que la pronación tarsiana falsearía el resultado (aumentándolo).</p> <p>➤ <u>Presión a ejercer en la dorsiflexión de tobillo:</u></p> <p>Debe ser moderada entre 1.7 y 2.0 Kg (10 N*m), a diferencia de la ejercida en la valoración de un equinismo, que resulta superior.</p>

El valgo de retropié y presión ejercida en la dorsiflexión de tobillo son factores importantes a corregir para una correcta valoración de los gastrocnemios cortos.

5.6. Baropodometría y gastrocnemios cortos

Tal y como hemos venido repitiendo en líneas anteriores, unos gastrocnemios cortos causan una limitación de la dorsiflexión de tobillo, cuando la rodilla está en extensión. Asimismo, dicha alteración mecánica está presente en modificaciones del desarrollo de la marcha, tanto en el plano sagital como en el frontal.

A fin de resolver la problemática en torno al diagnóstico clínico, entre los sistemas de valoración de la marcha disponibles, junto con los análisis clínicos, la baropodometría adquiere un interés notable, sobre todo, si lo unimos a la información obtenida con el examen clínico completo.

En concreto, la baropodometría dinámica permite obtener datos sobre una patología de funcionalidad de la marcha, ya que el análisis estático sirve de poca ayuda (aunque se ve un incremento en el apoyo del antepié si la flexión dorsal del tobillo es menor a 0°).

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Se emplea una plataforma integrada en una pista de caminar para así compensar la altura de la plataforma (modelo Podoprint de Namrol) de 2 cm.

Además, en este estudio, el registro de algunos pasos es indispensable para la reproductibilidad (por lo menos 3-5 pasos), porque en determinadas ocasiones existen dos tipos de impresiones para la misma clase de inestabilidades de tobillo como consecuencia, por ejemplo, de una marcha compensatoria. Ambos pies se registran de forma sistemática, ya que los gastrocnemios cortos pueden ser unilaterales o bilaterales.

Se dedica un tiempo de evaluación que oscila entre los 10-15 minutos, al que hay que sumar el tiempo de interpretación de los datos.

5.6.1. Observaciones relevantes en gastrocnemios cortos

- **Análisis de presiones:** el análisis de las presiones muestra una zona de ligero apoyo en el talón si la dorsiflexión de tobillo es inferior a 0° , o una ausencia del eje de apoyo en caso de varo/valgo de talón.

En el antepié, la presión incrementa en la zona central (metatarsalgia sin causa evidente), o en las regiones internas/externas, como consecuencia del empeoramiento del varo/valgo preexistente.

Además, la reducción o falta de apoyo en el talón tiene como rasgo principal la presencia de una línea adelantada de los centros de presión.

- **Efectos en la estabilidad:** suele presentar efectos, resultado de la ausencia o disminución de apoyo del talón y una duración del apoyo en el suelo acortada.

- **Efectos en la pronosupinación:** a este nivel, los efectos se producen con un probable papel de timón, en el cual el músculo acortado orienta el retropié a interno/externo, aumentando la deformidad inicial.

Ante lo anteriormente descrito, cabe suponer la importancia de la baropodometría en la obtención de resultados diagnósticos y en la comprensión de la biomecánica de los miembros inferiores.

5.7. Instrumentos y Tests

Durante el estudio se utilizaron los siguientes instrumentos y métodos de valoración:

- El medidor **dinamómetro, (Sauter FA30. Capacidad 30N. d=0.0200N)** instrumento para medir la fuerza exacta aplicada en el Test de Silfverskiöld. Gracias a su pantalla podemos hacer una lectura rápida y exacta de la fuerza de compresión realizada a través del plato ejecutor de fuerza que es el accesorio de medición de fuerza (**Ilustración 18, 19 y 20**).

El dinamómetro fue validado con certificación TÜV. Se realizó estudio intra-observador con 12 pacientes.

- **Test de Silfverskiöld**, se ejerce exactamente entre 1.7 Kg-2.0 Kg (10N*m) de fuerza en la dorsiflexión de tobillo en decúbito supino como proponen diferentes autores (Barouk y Barouk ,2014; DiGiovanni, et al. 2002). La medición del ángulo de dorsiflexión se realiza con el inclinómetro TiltMeter® aplicación (App.) de Iphone 5s (Williams, Caserta y Haines, 2013), (**Ilustración 21**).
- **Test de Lunge**, medición del ángulo de dorsiflexión en bipedestación. Se empleó el inclinómetro TiltMeter® App. de Iphone 5s (Williams et al., 2013).

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

- **Estudio de biomecánica.** Para la medición de las presiones en estática y en dinámica se utilizó la Plataforma de Presiones de Podoprint®. Namrol.

A continuación presentamos los instrumentos utilizados en el Test de Silfverskiöld:



Ilustración 18. Dinamómetro Sauter FA 30



Ilustración 19. Plato ejecutor de Fuerza.



Ilustración 20. Dinamómetro Sauter FA 30.

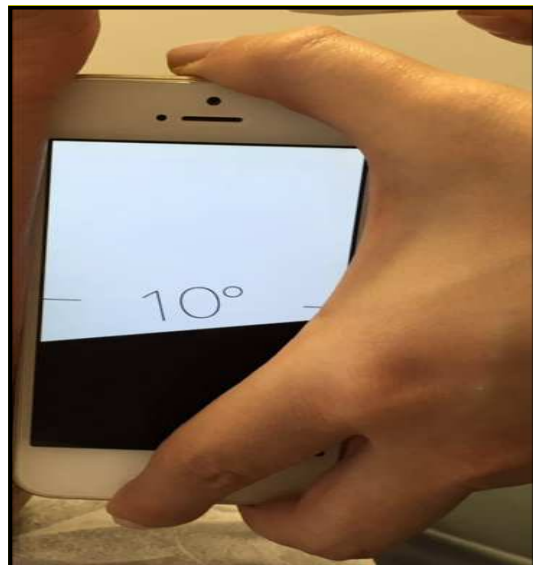


Ilustración 21. TiltMeter® App.

5.8. Test de Silfverskiöld

5.8.1. Protocolo Test de Silfverskiöld

Para efectuar el Test de Silfverskiöld, se tuvo en cuenta la consideración de efectuarla en flexión y extensión de rodilla con el paciente en decúbito supino.

Con el paciente con la rodilla en extensión se realizó la neutralización del tobillo, bloqueando la articulación subastragalina. De esta forma corregimos la posible pronación que nos falsearía el resultado.

Seguidamente, se aplicó una fuerza exacta de $10\text{N}\cdot\text{m}$ (1.7 Kg-2.0 Kg) visualizándolo en el visualizador del dinamómetro (**Ilustración 22 (a)**) para valorar la dorsiflexión de tobillo; para ello nos ayudamos del dinamómetro, colocando el plato ejecutor de fuerza en cabeza de segundo metatarsiano. De este modo, al usar el dinamómetro obtuvimos un resultado fiable al aplicar la fuerza exacta en dicho momento, y que evita el diagnóstico orientativo que se produce cuando la fuerza se realiza con la mano (**Ilustración 23**).

Para obtener los grados de la dorsiflexión utilizamos el inclinómetro App TiltMeter® del iPhone 5s (Williams et al., 2013). Se sitúa en el borde externo del pie sobre el eje del 5° metatarsiano, fácilmente palpable (**Ilustración 22 (a)**).

Repetimos la misma operación de protocolo con la rodilla en flexión (**Ilustración 22 (b)**).

Con el paciente con la rodilla en flexión se realizó la neutralización del tobillo, bloqueando la articulación subastragalina. De esta forma corregimos la posible pronación que nos falsearía el resultado.

Seguidamente, se aplicó una fuerza exacta de $10\text{N}\cdot\text{m}$ (1.7 Kg-2.0 Kg) visualizándolo en el visualizador del dinamómetro para valorar la dorsiflexión de tobillo; para ello nos ayudamos

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

del dinamómetro, colocando el plato ejecutor de fuerza en cabeza de segundo metatarsiano (**Ilustración 22 (b)**).

Para obtener los grados de la dorsiflexión utilizamos el inclinómetro App TiltMeter® del iPhone 5s (Williams et al., 2013). Se sitúa en el borde externo del pie sobre el eje del 5° metatarsiano, fácilmente palpable (**Ilustración 22 (a) y (b)**).

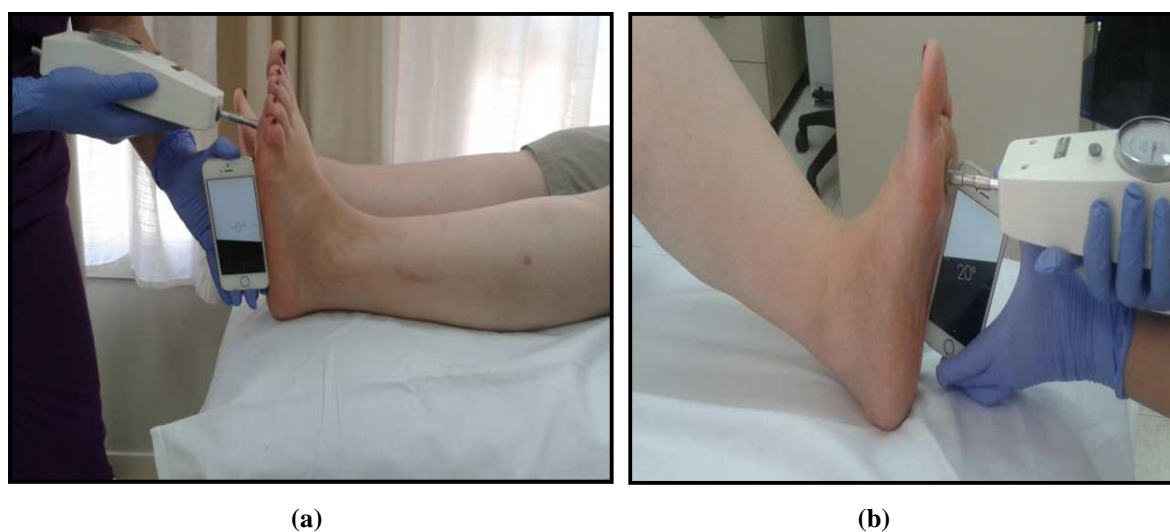


Ilustración 22. Test de Silfverskiöld con el uso del dinamómetro Sauter FA 30 y TiltMeter® App. con rodilla en extensión (a) y rodilla en flexión (b).

Test de Silfverskiöld (Barouk y Barouk, 2012) donde ejerce la fuerza de 1.7 kg-2.0 Kg en la valoración de la dorsiflexión de tobillo de manera manual y orientativa (**Ilustración 23**).

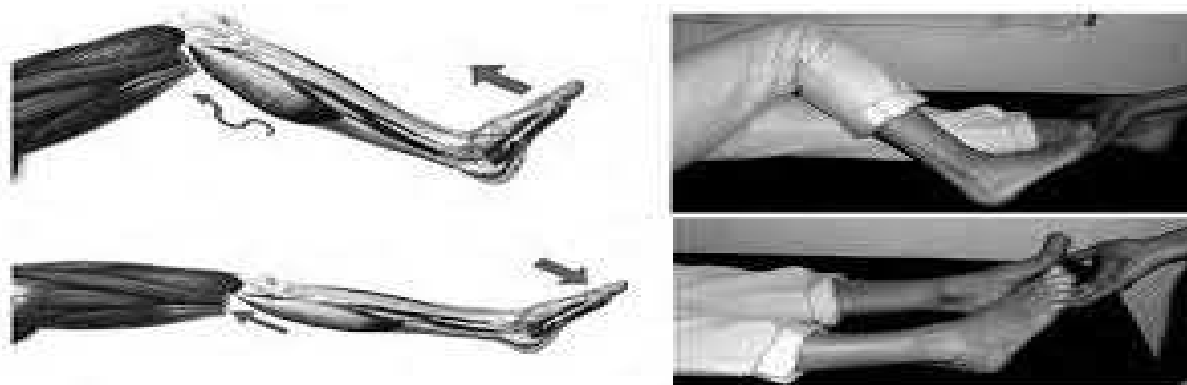


Ilustración 23. Test de Silfverskiöld (Barouk y Barouk, 2012). Mide la dorsiflexión de tobillo con el único instrumento que la mano.

Resumen del criterio de la presencia de gastrocnemios cortos en nuestro estudio:

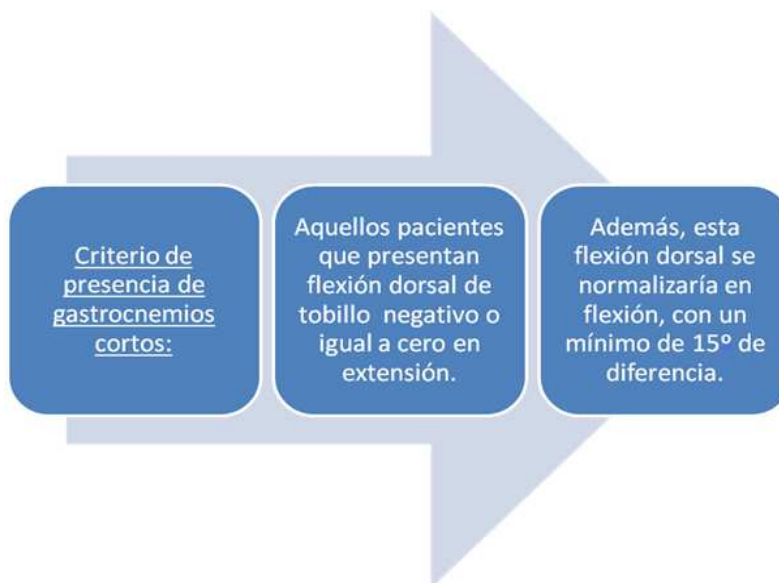


Ilustración 24. Criterio de gastrocnemios cortos.

5.9. Test de Lunge

La valoración mediante el Test de Lunge (Bennell, Talbot, Wajswelner, Techovanich y Kelly, 1998) (**Ilustración 25**), se efectuó en flexión y extensión de rodilla con el paciente en bipedestación. El paciente colocado con la pierna a valorar adelantada.

Se sitúa el segundo dedo del pie y el centro del talón de la extremidad a valorar sobre una línea trazada en el suelo, la cual fue orientada también perpendicularmente a la pared (el trazado de líneas en el suelo y pared consigue neutralizar la articulación tibio-peroneo-astragalina, y así evitar la pronación, ya que falsearía el resultado).

En este caso, para la medición de la dorsiflexión se empleó el inclinómetro TiltMeter® (Williams et al., 2013), situándolo debajo de la tuberosidad de la tibia.

En concreto, se pide al paciente que aproxime la rodilla flexionada/extendida a la pared, en dirección a la línea perpendicular hasta sentir el estiramiento muscular máximo en la parte

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

posterior de la pierna. Justo antes de elevar el calcáneo del suelo se midió el ángulo (el resultante entre la superficie anterior de la tibia y la vertical).

Se consideró que el ROM era reducido en aquellos pacientes que presentaban un ángulo inferior a 35° .

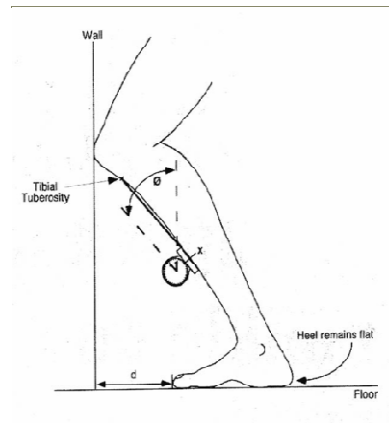


Ilustración 25. Test de Lunge (Griffiths, 2010).

5.9.1 Protocolo del Test de Lunge. Medición de flexión dorsal de tobillo con rodilla en flexión

Ver la **ilustración 26 (a)**.

1. Posición del paciente: La medición comienza con el sujeto descalzo en bipedestación frente a la pared.

2. El paciente se coloca con la pierna a valorar adelantada.

Colocaremos el segundo dedo del pie y centro del talón de la extremidad a valorar sobre una línea trazada en el suelo, la cual fue orientada también perpendicular a la pared.

3. Calibrar a cero el TiltMeter[®] app de Iphone. Se coloca debajo de la tuberosidad anterior de la tibia.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

4. Se trata de que el paciente acerque lo máximo su rodilla flexionada a la pared, hacia la línea perpendicular a la del suelo que hemos trazado, sin levantar el calcáneo del suelo.

El trazado de estas líneas en el suelo y pared nos ayudan a neutralizar el pie y evitar la pronación que nos pueda falsear el resultado.

5. Se mide el ángulo que de la tibia izquierda hace respecto a la vertical del suelo, la cual se mide mediante un inclinómetro (TiltMeter[®] app de Iphone 5s).

6. Se repite el proceso con la otra extremidad

Importante: Ángulo entre la superficie anterior de la tibia y la vertical es inferior a 35 grados se considera que el ROM es reducido.

5.9.2 Protocolo del Test de Lunge. Medición de la flexión dorsal de tobillo con rodilla en extensión

Ver la **Ilustración 26 (b)**.

1. Posición del paciente: La medición comienza con el sujeto descalzo en bipedestación frente a la pared, coloca su pierna izquierda detrás de la pierna derecha.

2. La rodilla izquierda se extiende completamente (el pie izquierdo fue colocado en paralelo a una cinta de línea en el suelo y orientado perpendicular a la pared).

El segundo dedo del pie y el centro del talón, se colocan directamente sobre la línea de la cinta.

3. Calibrar a cero el TiltMeter[®] app de iphone 5s. Lo colocamos debajo de la tuberosidad anterior de la tibia.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

4. El paciente se inclina hacia delante hasta sentir el estiramiento máximo en la parte posterior de la pierna izquierda (es justo antes de elevar el talón del suelo), manteniendo la rodilla izquierda completamente extendida y el talón izquierdo en contacto con el suelo.

La pierna derecha queda en una posición confortable para mantener el equilibrio y no limitar la flexión dorsal del tobillo izquierdo.

5. Se mide el ángulo que de la tibia izquierda hace respecto a la vertical del suelo, la cual se mide mediante un inclinómetro (TiltMeter[®] app de Iphone).

6. En todos los casos para verificar los grados alcanzados se utilizará un inclinómetro, el cual será ubicado en la región anterior de la tibia, justo debajo de la tuberosidad anterior de la tibia.

7. Se repite el mismo proceso con la otra extremidad.

Importante: El ángulo entre la superficie anterior de la tibia y la vertical es inferior a 35 grados se considera que el ROM es reducido.



(a)

(b)

Ilustración 26. Test de Lunge. Medición con rodilla en flexión (a) y con rodilla en extensión (b).

5.10. Valoración en Plataforma de Presiones

La baropodometría es un tipo de análisis que permite la medición de la presión recibida en cada zona del pie a través de una plataforma de registro electrónico.

La plataforma de baropodometría (**Ilustración 27**) es una superficie en la que se yuxtaponen captadores de fuerza con una intensidad eléctrica proporcional a la fuerza que se aplica. Esta señal eléctrica se transmite a continuación a un aparato informático que realiza la síntesis de las medidas del conjunto de captadores durante un período de tiempo y posteriormente lo registra en un soporte magnético (Maestro et al., 2013).

-Instrumento de medición empleado: Plataforma Podoprint®. Namrol (**Ilustración 27**).



Ilustración 27. Plataforma de Presiones modelo Podoprint® de Namrol.

5.10.1 Valoración Baropodométrica

Tabla 7. Valoración Baropodométrica.

<u>Valoración en Plataforma de Presiones</u>
a. Valoración en estática y dinámica.
b. Tipo de pie: huella (neutro/cavo/plano).
c. Se debe encontrar una falta de apoyo de talón y una duración del apoyo en el suelo demasiado corta y adelantada.
d. Mayor apoyo en antepié que en talón.
e. Zona de hiperpresión en antepié (metatarsalgia).

A continuación, se muestra un ejemplo. Se trata de la estática y la dinámica de uno de los pacientes participantes con presencia de gastrocnemios cortos.

5.10.2 Protocolo de la baropodometría en estática

Se pide al paciente que se coloque sobre la plataforma en posición relajada (Ilustración 24).

- Ángulo de Fick propio.
- Brazos a lo largo del cuerpo.
- Pies aproximadamente a la misma altura.
- Mirando al frente.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.



Ilustración 28. Paciente en plataforma de presiones para el análisis baropodométrico en estática.

A continuación, analizamos el resultado de la huella:

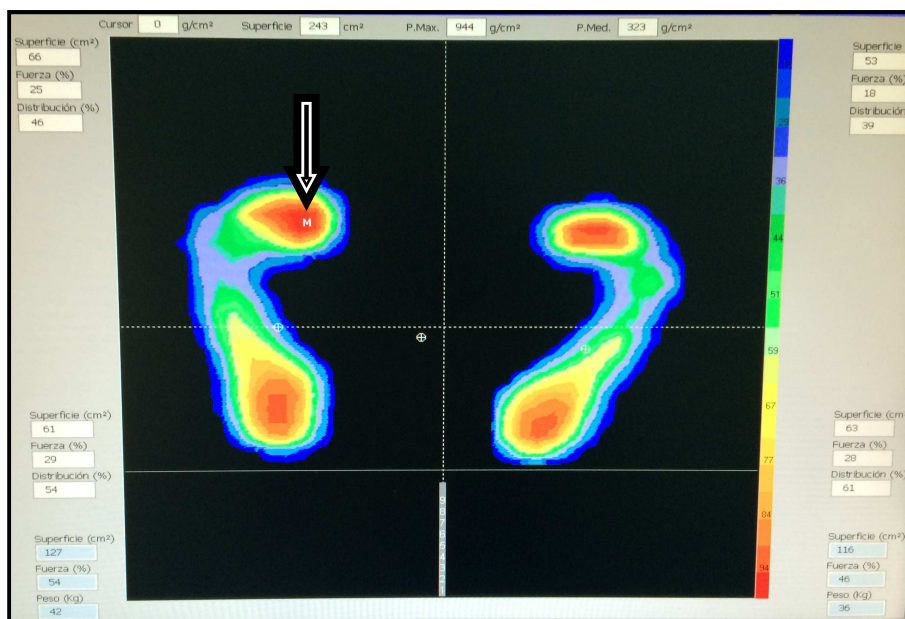


Ilustración 29. Baropodometría en estática. Huellas plantares que muestran color rojo que identifican la zona de hiperpresión en zona metatarsal.

5.10.3 Protocolo de la baropodometría en dinámica

Pedimos al paciente que camine haciendo coincidir uno de los pasos sobre la plataforma. Si comienza el primer paso con izquierda registraremos el siguiente apoyo izquierdo.

Repetiremos el estudio hasta obtener los dos pies. Si no se puede hacer sin condicionar al paciente se le sugerirá de hacer un cálculo para pisar con el pie que no tenemos registrado.



Ilustración 30. Paciente para el análisis baropodométrico en dinámica.

A continuación, analizamos la pisada:

Presión máxima antepié/retropié (g/cm^2), presiones medias dinámicas (CoP, g/cm^2).

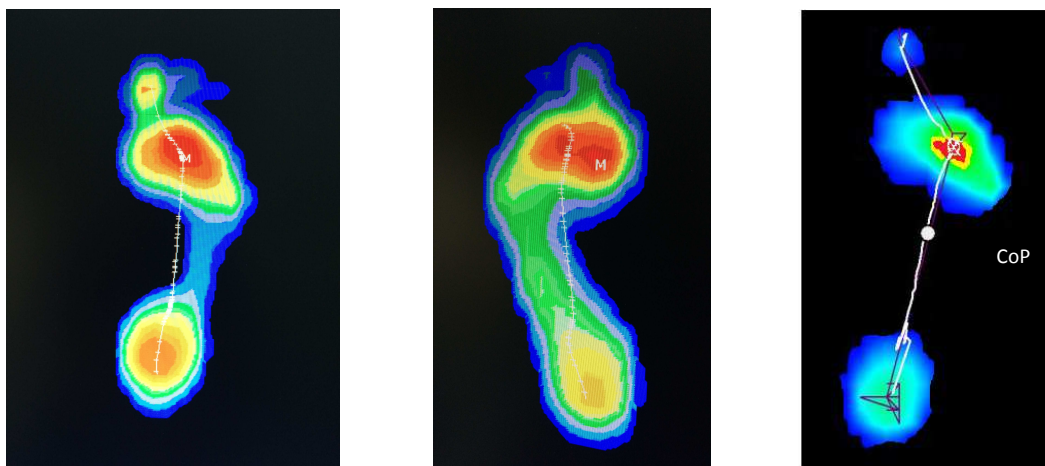


Ilustración 31. Baropodometría en dinámica. Huellas donde la colorimetría en color rojo indica hiperpresión en zona metatarsal.

5.11. Análisis Estadístico

En este punto importante de Análisis de Resultados, se va presentar y desgarnar los resultados del análisis final de los datos obtenidos mediante el estudio podológico, sobre la valoración de gastrocnemios cortos.

Se realizó un análisis descriptivo de todos los factores que podían influir en la presencia de gastrocnemios cortos. Un análisis bivalente mediante contraste de hipótesis que determinara la asociación de los factores con la alteración clínica fue llevado a cabo para cada uno de los tests (Silfverskiöld y Lunge), obteniendo la Odds ratio y su intervalo de confianza del 95%. El contraste se realizó mediante test paramétricos (T-test) y no paramétricos (Chi-cuadrado de Pearson, U de Mann Whitney) según la escala de la variable y su ajuste a una distribución normal. Se llevó a cabo un análisis de independencia de los factores mediante Técnicas factoriales de componentes principales y Correlación de Pearson con el objetivo de no violar las asunciones básicas que rigen la Regresión Logística. Se aplicó el modelo multivariante de Regresión logística binaria incluyendo aquellos factores independientes estadísticamente significativos. El modelo de Regresión logística se construyó para cada test con 122 pacientes y posteriormente fue validado con una muestra prospectiva de 74 pacientes. Curvas ROC y estadísticos de Bondad de ajuste de la función de Regresión Logística se obtuvieron para cada modelo con los datos de evaluación de la patología mediante los Test de Lunge y Silfverskiöld.

En todos los análisis realizados, se utilizó un nivel de significación del 5% ($\alpha < 0,05$), una Potencia del 80% ($\beta = 0,20$) y aproximación bilateral.

A fin de desarrollar este análisis de validación, se integraron toda la base de datos (196 individuos) creando el Modelo 4 de predicción con la muestra original (*Training simple_122* casos) para posteriormente analizar los parámetros de validación del/los modelo/os con la

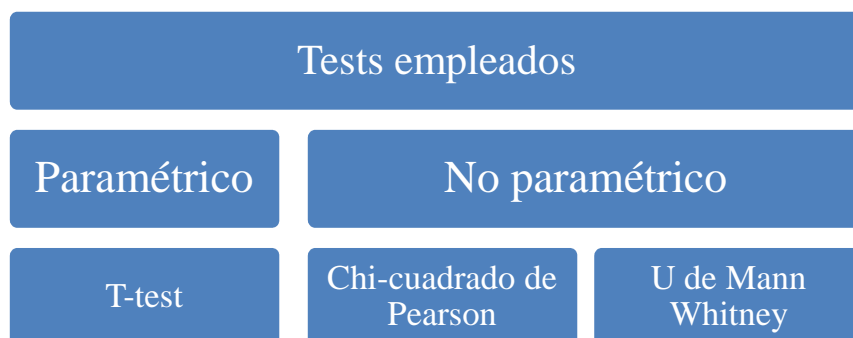
Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

muestra prospectiva (*Test sample_74* casos) para cada Test utilizado (Test de Lunge y Test de Silfverkiöld).

Teniendo en cuenta que el objetivo principal era identificar los factores que influían en la presencia de gastrocnemios cortos según los dos tipos de Tests exploratorios y su vinculación con las afecciones del pie metatarsalgia e QPI de 2° *rocker*, también se efectuó un análisis descriptivo de las variables del modelo para la muestra de validación de cada uno de los tests, así como un análisis de Inferencia de las mismas variables con la presencia o no de gastrocnemios cortos.

Con este fin, se aplicaron tests paramétricos (T-test) y no paramétricos (Chi-cuadrado de Pearson, U de Mann Whitney) teniendo en cuenta la escala de cada una de las variables y su ajuste a una distribución normal:

Tabla 8. Tests Paramétrico/ No Paramétricos



Seguidamente, se aplicaron técnicas multivariantes (permiten generar un modelo de Regresión Logística Binaria y su consiguiente validación con la muestra prospectiva).

Asimismo, en la todo y cada uno de los análisis efectuados, se empleó un nivel de significación del 5% ($\alpha < 0.05$), una Potencia del 80% ($\beta = 0.20$) y aproximación bilateral.

6. RESULTADOS

Análisis Descriptivo (Total de la Muestra)

6.1. Estadística descriptiva de variables cualitativas

SEXO

Tabla 9. Variable Cualitativa. Sexo

	FRECUENCIA	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
HOMBRES	37	29.9	29.9
MUJERES	85	70.1	100.0
TOTAL	122	100.0	

GASTROCNEMIOS CORTOS (G.C.) UNILATERAL / GASTROCNEMIOS CORTOS (G.C.) BILATERAL

Tabla 10. Variable Cualitativa. G.C. Unilateral/ G.C. Bilateral

	FRECUENCIA	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
G.C. UNILATERAL	79	61.9	61.9
G.C. BILATERAL	43	38.1	100.0
TOTAL	122	100.0	

QUERATOSIS PLANTAR INTRATABLE (QPI)

Tabla 11. Variable Cualitativa. QPI. QPI 2° *ROCKER*. QPI 3^{ER} *ROCKER*.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
NO QPI	45	36.6	36.6
QPI 2° <i>ROCKER</i>	40	32.8	69.4
QPI 3 ^{ER} <i>ROCKER</i>	37	30.6	100.0
TOTAL	122	100.0	

METATARSALGIA

Tabla 12. Variable Cualitativa. Metatarsalgia.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
SI	39	33.6	33.6
METATARSALGIA			
NO	83	66.4	100.0
METATARSALGIA			
TOTAL	122	100.0	

ANTEPIÉ

Tabla 13. Variable Cualitativa. Antepié Varo (estructurado). Antepié Supinado (reductible).

	FRECUENCIA	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VARO	49	39.6	39.6
SUPINADO	7	8.2	47.8
NEUTRO	66	52.2	100.0
TOTAL	122	100.0	

HUELLA PLANTAR

Tabla 14. Variable Cualitativa. Huella Plantar del Pie.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
NEUTRA	48	36.6	36.6
CAVO 1	6	5.2	41.8
CAVO 2	3	3.0	44.814
CAVO 3	13	10.4	55.2
CAVO 4	21	17.2	72.4
PLANO 1	9	8.2	80.6
PLANO 2	5	4.5	85.1
PLANO 3	5	4.5	89.6
PLANO 4	12	10.4	100.0
TOTAL	122	100.0	

Cavo 1 (Grado 1): Disminución del istmo del pie. Cavo 2 (Grado 2): Disminución Severa del istmo del pie. Cavo 3 (Grado 3): Desaparición completa del istmo del pie. Cavo 4 (Grado 4): Desaparición completa del istmo del pie sin huella de los dedos.

Plano 1 (Grado 1): Moderado aplanamiento del arco longitudinal medial del pie. Plano 2 (Grado 2): Aplanamiento del arco longitudinal del pie. Plano 3 (Grado 3): Aplanamiento del arco longitudinal medial del pie, aparece prominencia plantar del astrágalo, se mantiene la huella en el arco longitudinal lateral. Plano 4 (Grado 4): Aplanamiento del arco longitudinal medial del pie, aparece mayor prominencia plantar del astrágalo, arco longitudinal lateral del pie desaparece parcial o totalmente de la huella.

RETROPIÉ

Tabla 15. Variable Cualitativa. Retropié.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VALGO 0°-5°	85	66.4	66.4
VALGO 6°-10°	28	23.9	90.3
VARO 0°-5°	9	9.7	100.0
TOTAL	122	100.0	

HALLUX VALGUS

Tabla 16. Variable Cualitativa. Hallux Valgus.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
SI	43	36.6	36.6
NO	79	63.4	100.0
TOTAL	122	100.0	

GASTROCNEMIOS CORTOS (G.C.) EN TEST DE LUNGE

Tabla 17. Variable Cualitativa. GC- Lunge Test.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
SI	48	40.2	39.3	39.3
NO	74	59.8	60.7	100.0
TOTAL	122	100.0	100.0	

Pacientes con gastrocnemios cortos hallados en el Test de Lunge

GASTROCNEMIOS CORTOS (G.C.) EN TEST DE SILFVERSKIÖLD

Tabla 18. Variable Cualitativa. GC- Silfverskiöld

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
SI	42	37.4	34.4	34.4
NO	80	62.6	65.6	100.0
TOTAL	122	100.0	100.0	

Pacientes con gastrocnemios cortos hallados en el Test de Silfverskiöld

6.2. Estadística descriptiva de variables cuantitativas

Tabla 19. Variables Cuantitativas.

	N	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV.TÍP.
EDAD	122	24	65	46.78	9.079
PESO (KG)	122	49	96	67.78	10.796
ALTURA (CM)	122	156	181	168.29	5.976
TEST LUNGE EXTENSIÓN DERECHA	122	26	42	35.25	4.485
TEST LUNGE FLEXIÓN DERECHA	122	35	43	37.84	2.748
TEST LUNGE EXTENSION IZQUIERDA	122	27	42	36.72	3.173
TEST LUNGE FLEXIÓN IZQUIERDA	122	35	42	38.08	2.298
TEST SILFVERSKIÖLD EXTENSIÓN DERECHA	122	4	22	15.82	5.007
TEST SILFVERSKIÖLD FLEXIÓN DERECHA	122	19	35	28.29	4.916
TEST SILFVERSKIÖLD EXTENSIÓN IZQUIERDA	122	5	22	16.46	4.635
TEST SILFVERSKIÖLD FLEXIÓN IZQUIERDA	122	18	33	28.23	4.658

Resumen de los resultados estadísticos de las variables cuantitativas para el Test de Lunge y el Test de Silfverskiöld.

6.3. Análisis Descriptivo (Test de Lunge)

6.3.1 Estadística descriptiva de variables cualitativas. Gastrocnemios Cortos: SI

A continuación se detallan las variables cualitativas para la población que presentaba Gastrocnemios cortos: Sexo, Gastrocnemios cortos unilateral/bilateral, QPI, Metatarsalgia, Antepié, Huella plantar, Retropié, Hallux valgus.

SEXO

Tabla 20. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Sexo

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
HOMBRES	13	27.1	27.1	27.1
MUJERES	35	72.9	72.9	100.0
TOTAL	48	100.0	100.0	

GASTROCNEMIOS CORTOS (G.C.) UNILATERAL / GASTROCNEMIOS CORTOS (G.C.) BILATERAL

Tabla 21. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Unilateral/Bilateral

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
G.C. UNILATERAL	48	100.0	100.0	100.0

QUERATOSIS PLANTAR INTRATABLE (QPI)

Tabla 22. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. QPI.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
QPI 2° <i>ROCKER</i>	32	66.7	66.7	66.7
QPI 3 ^{er} <i>ROCKER</i>	16	33.3	33.3	100.0
TOTAL	48	100.0	100.0	

METATARSALGIA

Tabla 23. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Metatarsalgia.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
SI	32	66.7	66.7	66.7
NO	16	33.3	33.3	100.0
TOTAL	48	100.0	100.0	

ANTEPIÉ

Tabla 24. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Antepié.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VARO	43	89.6	89.6	89.6
SUPINADO	5	10.4	10.4	100.0
TOTAL	48	100.0	100.0	

HUELLA PLANTAR

Tabla 25. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Huella Plantar.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
CAVO 1	1	2.1	2.1	2.1
CAVO 2	2	4.2	4.2	6.3
CAVO 3	8	16.7	16.7	22.9
CAVO 4	18	37.5	37.5	60.4
PLANO 2	1	2.1	2.1	62.5
PLANO 3	6	12.5	12.5	75.0
PLANO 4	12	25.0	25.0	100.0
TOTAL	48	100.0	100.0	

Cavo 1 (Grado 1): Disminución del istmo del pie. Cavo 2 (Grado 2): Disminución Severa del istmo del pie. Cavo 3 (Grado 3): Desaparición completa del istmo del pie. Cavo 4 (Grado 4): Desaparición completa del istmo del pie sin huella de los dedos.

Plano 1 (Grado 1): Moderado aplanamiento del arco longitudinal medial del pie. Plano 2 (Grado 2): Aplanamiento del arco longitudinal del pie. Plano 3 (Grado 3): Aplanamiento del arco longitudinal medial del pie, aparece prominencia plantar del astrágalo, se mantiene la huella en el arco longitudinal lateral. Plano 4 (Grado 4): Aplanamiento del arco longitudinal medial del pie, aparece mayor prominencia plantar del astrágalo, arco longitudinal lateral del pie desaparece parcial o totalmente de la huella.

RETROPIÉ

Tabla 26. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Retropié.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VALGO 0°-5°	16	33.3	33.3	33.3
VALGO 5°-10°	25	52.1	52.1	85.4
VARO 0°-5°	7	14.6	14.6	100.0
TOTAL	48	100.0	100.0	

HALLUX VALGUS

Tabla 27. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Hallux Valgus.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
SI	29	60.4	60.4	60.4
NO	19	39.6	39.6	100.0
TOTAL	48	100.0	100.0	

6.3.2. Estadística descriptiva de variables cuantitativas. Gastrocnemios Cortos: SI

TEST DE LUNGE. GASTROCNEMIOS CORTOS: SI

A continuación se presentan las variables cuantitativas: Edad, Peso, Altura, Dorsiflexión de tobillo en pie izquierdo y derecho con rodilla en flexión y extensión.

Tabla 28. Estadística Descriptiva. Variable Cuantitativa. GC- Lunge Test (SI).

	N	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV.TÍP.
EDAD	48	36	63	48.94	6.660
PESO (KG)	48	49	96	66.88	15.731
ALTURA (CM)	48	156	181	166.40	6.367
TEST LUNGE EXTENSIÓN DERECHA	48	26	40	31.62	4.296
TEST LUNGE FLEXIÓN DERECHA	48	36	41	38.19	1.439
TEST LUNGE EXTENSIÓN IZQUIERDA	48	27	41	35.35	3.862
TEST LUNGE FLEXIÓN IZQUIERDA	48	35	42	38.56	1.636

6.3.3 Estadística descriptiva de variables cualitativas. Gastrocnemios Cortos: NO

A continuación se presenta la estadística descriptiva de las variables cualitativas: Sexo, Gastrocnemios cortos unilateral / Gastrocnemios cortos bilateral, QPI, Metatarsalgia, Antepié, Huella plantar, Retropié, Hallux valgus.

SEXO

Tabla 29. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Sexo.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VÁLIDOS	22	29.7	29.7	29.7
HOMBRE				
VÁLIDOS	52	70.3	70.3	100.0
MUJER				
TOTAL	74	100.0	100.0	

GASTROCNEMIOS CORTOS (G.C.) UNILATERAL / GASTROCNEMIOS CORTOS (G.C.) BILATERAL

Tabla 30. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Unilateral/Bilateral

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
G.C.	25	33.8	33.8	33.8
UNILATERAL				
G.C.	49	66.2	66.2	100.0
BILATERAL				
TOTAL	74	100.0	100.0	

QUERATOSIS PLANTAR INTRATABLE (QPI)

Tabla 31. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. QPI.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
NO QPI	49	66.2	66.2	66.2
QPI 2° <i>ROCKER</i>	5	6.8	6.8	73.0
QPI 3 ^{er} <i>ROCKER</i>	20	27.0	27.0	100.0
TOTAL	74	100.0	100.0	

METATARSALGIA

Tabla 32. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Metatarsalgia.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
SI	6	8.1	8.1	8.1
NO	68	91.9	91.9	100.0
TOTAL	74	100.0	100.0	

ANTEPIÉ

Tabla 33. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Antepié.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
SUPINADO	4	5.4	5.4	5.4
NEUTRO	70	94.6	94.6	100.0
TOTAL	74	100.0	100.0	

HUELLA PLANTAR

Tabla 34. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Huella Plantar.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
NEUTRA	49	66.2	66.2	66.2
CAVO 1	6	8.1	8.1	74.3
CAVO 2	1	1.4	1.4	75.7
CAVO 3	2	2.7	2.7	78.4
PLANO 1	11	14.9	14.9	93.2
PLANO 2	5	6.8	6.8	100.0
TOTAL	74	100.0	100.0	

Cavo 1 (Grado 1): Disminución del istmo del pie. Cavo 2 (Grado 2): Disminución Severa del istmo del pie. Cavo 3 (Grado 3): Desaparición completa del istmo del pie. Cavo 4 (Grado 4): Desaparición completa del istmo del pie sin huella de los dedos.

Plano 1 (Grado 1): Moderado aplanamiento del arco longitudinal medial del pie. Plano 2 (Grado 2): Aplanamiento del arco longitudinal del pie. Plano 3 (Grado 3): Aplanamiento del arco longitudinal medial del pie, aparece prominencia plantar del astrágalo, se mantiene la huella en el arco longitudinal lateral. Plano 4 (Grado 4): Aplanamiento del arco longitudinal medial del pie, aparece mayor prominencia plantar del astrágalo, arco longitudinal lateral del pie desaparece parcial o totalmente de la huella.

RETROPIÉ

Tabla 35. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Retropié.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VALGO 0°-5°	69	33.3	33.3	33.3
VALGO 5°-10°	4	52.1	52.1	85.4
VARO 0°-5°	1	14.6	14.6	100.0
TOTAL	74	100.0	100.0	

HALLUX VALGUS

Tabla 36. Estadística Descriptible. Variable Cualitativa. Hallux Valgus.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
SI	12	16.2	16.2	16.2
NO	62	83.8	83.8	100.0
TOTAL	74	100.0	100.0	

6.3.4. Estadística descriptiva de variables cuantitativas. Gastrocnemios Cortos: NO

TEST DE LUNGE. GASTROCNEMIOS CORTOS: NO

A continuación se presentan las variables cuantitativas: Edad, Peso, Altura, Test de Lunge en dorsiflexión de tobillo de ambos pies, derecho e izquierdo con rodilla en flexión y extensión.

Tabla 37. Estadística Descriptiva. Variables Cuantitativas.

	N	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV. TÍP.
EDAD	74	24	65	44.82	10.016
PESO (KG)	74	52	82	68.65	6.580
ALTURA (CM)	74	157	181	169.43	5.535
TEST LUNGE EXTENSIÓN DERECHA	74	35	42	38.14	1.897
TEST LUNGE FLEXIÓN DERECHA	74	35	43	38.53	1.852
TEST LUNGE EXTENSIÓN IZQUIERDA	74	35	42	37.96	1.708
TEST LUNGE FLEXIÓN IZQUIERDA	74	35	42	38.23	1.840

6.4. Análisis Descriptivo (Test de Silfverskiöld)

6.4.1. Estadística descriptiva de variables cualitativas. Gastrocnemios Cortos: SI

A continuación se describen las variables cualitativas: Sexo, Gastrocnemios cortos unilateral/ Gastrocnemios cortos bilateral, QPI, Metatarsalgia, Antepié, Huella plantar, Retropié, Hallux Valgus.

SEXO

Tabla 38. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Sexo.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
HOMBRE	13	31.0	31.0	31.0
MUJER	29	69.0	69.0	100.0
TOTAL	42	100.0	100.0	

GASTROCNEMIOS CORTOS (G.C.) UNILATERAL / GASTROCNEMIOS CORTOS (G.C.) BILATERAL

Tabla 39. Estadística Descriptiva. Unilateral/Bilateral.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
G.C.	42	100.0	100.0	100.0
UNILATERAL				

QUERATOSIS PLANTAR INTRATABLE (QPI)

Tabla 40. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. QPI.

		FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
QPI	2°	27	64.3	64.3	64.3
<i>ROCKER</i>					
QPI	3 ^{er}	15	35.7	35.7	100.0
<i>ROCKER</i>					
TOTAL		42	100.0	100.0	

METATARSALGIA

Tabla 41. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Metatarsalgia.

		FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VÁLIDOS SI		27	64.3	64.3	64.3
VÁLIDOS NO		15	35.7	35.7	100.0
TOTAL		42	100.0	100.0	

ANTEPIÉ

Tabla 42. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Antepié.

		FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VARO		37	88.1	88.1	88.1
SUPINADO		5	11.9	11.9	100.0
TOTAL		42	100.0	100.0	

HUELLA PLANTAR

Tabla 43. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Huella Plantar.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
CAVO 1	1	2.4	2.4	2.4
CAVO 2	2	4.8	4.8	7.1
CAVO3	8	19.0	19.0	26.2
CAVO4	14	33.3	33.3	59.5
PLANO2	1	2.4	2.4	61.9
PLANO3	5	11.9	11.9	73.8
PLANO4	11	26.2	26.2	100.0
TOTAL	42	100.0	100.0	

Cavo 1 (Grado 1): Disminución del istmo del pie. Cavo 2 (Grado 2): Disminución Severa del istmo del pie. Cavo 3 (Grado 3): Desaparición completa del istmo del pie. Cavo 4 (Grado 4): Desaparición completa del istmo del pie sin huella de los dedos.

Plano 1 (Grado 1): Moderado aplanamiento del arco longitudinal medial del pie. Plano 2 (Grado 2): Aplanamiento del arco longitudinal del pie. Plano 3 (Grado 3): Aplanamiento del arco longitudinal medial del pie, aparece prominencia plantar del astrágalo, se mantiene la huella en el arco longitudinal lateral. Plano 4 (Grado 4): Aplanamiento del arco longitudinal medial del pie, aparece mayor prominencia plantar del astrágalo, arco longitudinal lateral del pie desaparece parcial o totalmente de la huella.

RETROPIÉ

Tabla 44. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Retropié.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VALGO 0° - 5°	14	33.32	33.3	33.3
VALGO 5°-10°	21	50.0	50.0	83.3
VARO 0° - 5°	7	16.7	16.7	100.0
TOTAL	42	100.0	100.0	

HALLUX VALGUS

Tabla 45. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Hallux Valgus.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
SI	25	59.5	59.5	59.5
NO	17	40.5	40.5	100.0
TOTAL	42	100.0	100.0	

6.4.2 Estadística descriptiva de variables cuantitativas. Gastrocnemios Cortos: SI

TEST DE SILFVERSKIÖLD. GASTROCNEMIOS CORTOS: SI

A continuación se presentan las variables cuantitativas: Edad, Peso, Altura, Silfverskiöld
Test: dorsiflexión de tobillo de ambos pies, derecho e izquierdo con rodilla en extensión y flexión.

Tabla 46. Estadística Descriptiva. Variable Cuantitativa. GC- Test de Silfverskiöld (SI)

	N	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV.TÍP.
EDAD	42	36	63	48.98	6.342
PESO (KG)	42	49	160	67.17	16.700
ALTURA (CM)	42	156	181	166.81	6.436
TEST SILFVERSKIÖLD EXTENSIÓN DERECHA	42	4	21	11.45	5.483
TEST SILFVERSKIÖLD FLEXIÓN DERECHA	42	19	35	25.14	5.502
TEST SILFVERSKIÖLD EXTENSIÓN IZQUIERDA	42	5	19	13.36	5.212
TEST SILFVERSKIÖLD FLEXIÓN IZQUIERDA	42	18	33	26.60	5.142

6.4.3 Estadística descriptiva de variables cualitativas. Gastrocnemios Cortos: NO

A continuación se presentan las variables cualitativas: Sexo, Gastrocnemios cortos unilateral/ Gastrocnemios cortos bilateral, QPI, Metatarsalgia, Antepié, Huella plantar, Retropié, Hallux valgus.

SEXO

Tabla 47. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Sexo.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
HOMBRE	24	30.0	30.0	30.0
MUJER	56	70.0	70.0	100.0
TOTAL	80	100.0	100.0	

GASTROCNEMIOS CORTOS (G.C.) UNILATERAL / GASTROCNEMIOS CORTOS (G.C.) BILATERAL

Tabla 48. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Unilateral/Bilateral.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
G.C. UNILATERAL	31	38.8	38.8	38.8
G.C. BILATERAL	49	61.3	61.3	100.0
TOTAL	80	100.0	100.0	

QUERATOSIS PLANTAR INTRATABLE (QPI)

Tabla 49. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. QPI.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
NO QPI	49	61.3	61.3	61.3
QPI 2° <i>ROCKER</i>	8	10.0	10.0	71.3
QPI 3 ^{er} <i>ROCKER</i>	23	28.8	28.8	100.0
TOTAL	80	100.0	100.0	

METATARSALGIA

Tabla 50. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Metatarsalgia.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
SI	10	12.5	12.5	12.5
NO	70	87.5	87.5	100.0
TOTAL	80	100.0	100.0	

ANTEPIÉ

Tabla 51. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Antepié.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VARO	5	6.3	6.3	6.3
SUPINADO	5	6.3	6.3	12.5
NEUTRO	70	87.5	87.5	100.0
TOTAL	80	100.0	100.0	

HUELLA PLANTAR

Tabla 52. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Huella Plantar.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
NEUTRA	49	61.3	61.3	61.3
CAVO 1	6	7.5	7.5	68.8
CAVO 2	1	1.3	1.3	70.0
CAVO 3	5	6.3	6.3	76.3
CAVO 4	3	3.8	3.8	80.0
PLANO 1	11	13.8	13.8	93.8
PLANO 2	5	6.3	6.3	100.0
TOTAL	80	100.0	100.0	

Cavo 1 (Grado 1): Disminución del istmo del pie. Cavo 2 (Grado 2): Disminución Severa del istmo del pie. Cavo 3 (Grado 3): Desaparición completa del istmo del pie. Cavo 4 (Grado 4): Desaparición completa del istmo del pie sin huella de los dedos.

Plano 1 (Grado 1): Moderado aplanamiento del arco longitudinal medial del pie. Plano 2 (Grado 2): Aplanamiento del arco longitudinal del pie. Plano 3 (Grado 3): Aplanamiento del arco longitudinal medial del pie, aparece prominencia plantar del astrágalo, se mantiene la huella en el arco longitudinal lateral. Plano 4 (Grado 4): Aplanamiento del arco longitudinal medial del pie, aparece mayor prominencia plantar del astrágalo, arco longitudinal lateral del pie desaparece parcial o totalmente de la huella.

RETROPIÉ

Tabla 53. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Retropié.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VALGO 0°-5°	70	87.5	87.5	87.5
VALGO 5°-10°	6	7.5	7.5	95.0
VARO 0°-5°	4	5.0	5.0	100.0
TOTAL	80	100.0	100.0	

HALLUX VALGUS

Tabla 54. Estadística Descriptiva. Variable Cualitativa. Hallux Valgus.

	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
VÁLIDOS SI	15	18.8	18.8	18.8
VÁLIDOS NO	65	81.3	81.3	100.0
TOTAL	80	100.0	100.0	

6.4.4 Estadística descriptiva de variables cuantitativas. Gastrocnemios Cortos: NO

A continuación se presentan las variables cuantitativas: Edad, Peso, Altura, Silfverskiöld Test: dorsiflexión de tobillo de ambos pies, derecho e izquierdo con rodilla en extensión y flexión.

GASTROCNEMIOS CORTOS SILFVERSKIÖLD TEST: NO

Tabla 55. Estadística Descriptiva. Variables Cuantitativas. GC- Silfverskiöld Test (NO).

	N	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESV.TÍP.
EDAD	80	24	65	45.06	9.796
PESO (KG)	80	50	82	68.27	6.823
ALTURA (CM)	80	156	181	169.19	5.580
TEST SILFVERSKIÖLD EXTENSIÓN DERECHA	80	16	22	18.55	1.475
TEST SILFVERSKIÖLD FLEXIÓN DERECHA	80	27	33	30.30	1.436
TEST SILFVERSKIÖLD EXTENSIÓN IZQUIERDA	80	16	22	18.91	1.632
TEST SILFVERSKIÖLD FLEXIÓN IZQUIERDA	80	19	33	30.04	1.817

6.5. Análisis estadístico

6.5.1. Pacientes reclutados y valorables

A continuación, se muestra la **Tabla 56**, que describe el número de sujetos reclutados durante el estudio podológico, para la construcción del Modelo de predicción anteriormente mencionado (*Training Sample* N=122).

Así mismo, mediante el Test de Lunge se pudo constatar un total de 48 individuos con gastrocnemios cortos, mientras que el Test de Silfverskiöld determinó 42 pacientes.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Tabla 56. Pacientes Reclutados y Valorables (Training Sample).

	N (%)
TOTAL	122 (100%)
TEST LUNGE	122 (100%)
Gastrocnemios cortos SI	48 (39.3%)
Gastrocnemios cortos NO	74 (60.7%)
TEST SILFVERSKIÖLD	122 (100%)
Gastrocnemios cortos SI	42 (34.4%)
Gastrocnemios cortos NO	80 (65.6%)

El Test de Silfverskiöld constata 42 individuos con G.C. El Test de Lunge constata 48 individuos con G.C.

En la siguiente tabla, **Tabla 57**, se procede a describir la muestra prospectiva a partir de la cual se ha llevado a cabo la Validación del modelo (*Test Sample* N=74).

Tabla 57. Pacientes Reclutados y Valorables Test Sample. Validación del modelo.

	N (%)
TOTAL	74(100%)
TEST LUNGE	74 (100%)
Valores perdidos	4 (5.4%)
Gastrocnemios cortos SI	41(55.4%)
Gastrocnemios cortos NO	29 (39.2%)
TEST SILFVERSKIÖLD	74(100%)
Gastrocnemios cortos SI	45 (60.8%)
Gastrocnemios cortos NO	29 (39.2%)

En la Validación del modelo se constatan 41 sujetos con G.C. para el Test de Lunge y 45 sujetos con G.C. para el Test de Silfverskiöld.

6.5.2. Estimación del porcentaje del problema de gastrocnemios cortos en la población.

De 122 pacientes evaluados, 48 pacientes tenían gastrocnemios cortos según la prueba Test de Lunge y 42 pacientes mediante Silfverskiöld Test.

Se realizó el test de Chi-cuadrado sobre la hipótesis nula (los dos parámetros son independientes el uno del otro) que la proporción entre los sujetos con gastrocnemios cortos y los que no los presentan es del 50% (igual de probable tenerlos que no), se consiguieron los siguientes resultados para cada Test:

Tabla 58. Estadísticos de Contraste. CHI-CUADRADO

6.5.3. Estadísticos de contraste. CHI-CUADRADO.

	GASTROCNEMIOS CORTOS TEST LUNGE	GASTROCNEMIOS CORTOS TEST SILFVERSKIÖLD
CHI-CUADRADO	5.541 ^a	11.836 ^a
GI	1	1
Sig. Asintót	.019	.001

a. 0 casillas (.0%) tienen frecuencias esperadas menores que 5. La frecuencia de cada casilla esperada mínima es 61.0.

Las frecuencias menores de 5 (0.019 TL/0.001 TS) evidencian la asociación entre las dos variables para la aplicación de la prueba.

6.5.4. Intervalo de Confianza al 95% para gastrocnemios cortos en la población

El Intervalo de Confianza al 95% para la proporción de gastrocnemios cortos dentro de la población fue:

Tabla 59. Intervalo de Confianza al 95% para los dos tests.

TEST DE LUNGE	0.3113 (31.1%)-0.4821 (48.2%)
TEST DE SILFVERSKIÖLD	0.2659 (26.6%)-0.4322 (43.2%)

6.5.5. Concordancia entre Tests

La valoración de la concordancia entre Tests se realizó mediante el estadístico Kappa a partir de una tabla de contingencia sobre la muestra total de pacientes del estudio.

Tabla 60. Recuento.

Recuento				
	Gastrocnemios cortos Silfverskiöld test			Total
		Si	No	
Gastrocnemios cortos	Si	42	0	42
Test Lunge	No	0	52	52
Total		42	52	94

Valor obtenido Kappa= 1.000 (valor entre 0.8-1.0: concordancia casi perfecta)

6.6. Análisis de Regresión

6.6.1. Modelo de Regresión

El objetivo principal es determinar los factores que influían en la presencia de gastrocnemios cortos según los dos tipos de tests (Test de Lunge y Test de Silfverskiöld). Para ello se llevó a cabo un análisis descriptivo de todos los parámetros en los que se detectasen posibles errores, así como de las variables nuevas. Se llevó a cabo un análisis inferencial de los factores asociados a la presencia de gastrocnemios cortos para cada test.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Como objetivo secundario se realizó un análisis inferencial para determinar la asociación de las variables de Presión estática y dinámica tanto de tipo cuantitativo como cualitativo con la presencia de Metatarsalgia y QPI.

Se aplicaron test paramétricos (T-test) y no paramétricos (Chi-cuadrado de Pearson, U de Mann Whitney) según la escala de la variable y su ajuste a una distribución normal.

Posteriormente se aplicaron técnicas multivariantes, obteniendo un modelo de regresión logística para cada Tests sobre los factores que mostraron significación estadística ($p \leq 0.05$) con la presencia de gastrocnemios cortos en el análisis univariante.

En todos los análisis realizados, se utilizó un nivel de significación del 5% ($\alpha < 0.05$), una Potencia del 80% ($\beta = 0.20$) y aproximación bilateral.

En primer lugar, destacar que para llevar a cabo los análisis de Regresión, se añadieron cuatro variables más a las anteriormente mencionadas.

Tabla 61. Nuevas variables añadidas para Análisis de Regresión.

Variabes cualitativas	-PRESION MÁXIMA DE ANTEPIÉ EN ESTÁTICA
	-PRESION MÁXIMA DE RETROPIÉ EN ESTÁTICA
	- PRESION MEDIA EN DINÁMICA
Variabes cuantitativas	- PRESIÓN MÁXIMA DE ANTEPIÉ EN ESTÁTICA 1 (g/cm2)
	- PRESIÓN MÁXIMA DE ANTEPIÉ EN ESTÁTICA 2 (g/cm2)
	- PRESIÓN MÁXIMA DE RETROPIÉ EN ESTÁTICA 1 (g/cm2)
	- PRESIÓN MÁXIMA EN DINÁMICA 1 (g/cm2)
	- PRESIÓN MÁXIMA EN DINÁMICA 2 (g/cm2)

6.7. Análisis estadístico. Pacientes reclutados y valorables

A continuación, la **Tabla 62** describe el número de pacientes totales reclutados durante el estudio (122). A los 122 pacientes se les aplicó ambos Tests. El Test de Lunge determinó gastrocnemios cortos a 48 pacientes, mientras que el Test de Silfverskiöld lo hizo para 42 pacientes.

Tabla 62. Pacientes reclutados y valorables.

	N (%)
TOTAL	122 (100 %)
TEST LUNGE	122 (100 %)
gastrocnemios cortos SI	48 (39,3%)
gastrocnemios cortos NO	74 (60,7%)
TEST SILFVERSKIÖLD	122 (100 %)
gastrocnemios cortos SI	42 (34,4%)
gastrocnemios cortos NO	80 (65,6%)

6.7.1. Estadística descriptiva de las variables del estudio

Estadística descriptiva de la Historia Clínica de paciente

Seguidamente, la **Tabla 63** muestra los descriptivos de la Historia Clínica del Paciente. Los descriptivos para variables cualitativas se definen con el número de casos y su porcentaje (N, %). Las variables cuantitativas que sigan una distribución normal se describen con

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

losvalores mínimos (Min), máximo (Max), media y desviación ($M \pm SD$) y la mediana (Mediana) y los percentiles (25/50/75) en caso de no presentar una distribución normal.

Tabla 63. Descriptivos de las variables de Presión y otras variables derivadas de otras variables.

	TEST LUNGE		TEST SILFVERSKIÖLD	
	Gastrocnemios SI	Gastrocnemios NO	Gastrocnemios SI	Gastrocnemios NO
	N (%)	N(%)	N (%)	N (%)
PRESION MÁX. ANTEPIÉ ESTÁTICA				
SI	26 (54,2%)	10 (13,5%)	23 (54,8%)	12 (15,%)
NO	22 (45,8%)	64 (86,5%)	19 (45,2%)	68 (85,0%)
PRESION MÁX. RETROPIÉ ESTÁTICA				
SI	11 (22,9%)	15 (20,3%)	10 (23,8%)	16 (20,0%)
NO	37 (77,1%)	59 (79,7%)	32 (76,2%)	64 (80,0%)
PRESION MEDIA DINAMICA				
SI	16 (33,3%)	18 (24,3%)	14 (33,3%)	21 (26,3%)
NO	21 (43,8%)	56 (75,7%)	18 (42,9%)	59 (73,8%)
SI ADELANTADO	11 (22,9%)	-	10 (23,8%)	-
PRESENCIA QPI				
SI	48 (100,0%)	25 (33,8%)	42 (100,0%)	31 (38,8%)
NO	-	49 (66,2%)	-	49 (61,3%)
PRESENCIA QPI 2º ROCKER				
SI	32 (66,7%)	5 (6,8%)	27 (64,3%)	8 (10,0%)
NO	16 (33,3%)	69 (93,2%)	15 (35,7%)	72 (90,0%)
	$M \pm SD$	$M \pm SD$	$M \pm SD$	$M \pm SD$
PESO	$64,8 \pm 7,7$	$68,6 \pm 6,6$	$64,8 \pm 8,0$	$68,3 \pm 6,8$

PRESIÓN MÁX. ANTEPIÉ ESTÁTICA (g/cm ²)	685,7 ± 61,3	611,9 ± 62,8	683,5 ± 61,6	613,4 ± 62,6
PRESIÓN MÁX. RETROPIÉ ESTÁTICA (g/cm ²)	626,1 ± 82,1	637,4 ± 67,8	627,2 ± 83,3	637,1 ± 68,6
PRESIÓN MÁX. DINÁMICA (g/cm ²)	717,6 ± 73,7	652,6 ± 61,3	717,6 ± 75,6	654,5 ± 61,4

6.7.2. Estadística descriptiva e Inferencia de las variables según presencia de Metatarsalgia

La **Tabla 64** muestra los descriptivos para variables cualitativas (N, %) y cuantitativas (Media ± Desviación estándar SD) de las variables de Presión estática y dinámica según presenten o no Metatarsalgia. Además se muestran las Odds ratio (OR) con un Intervalo de Confianza del 95% y la significación estadística (p-valor) de la diferencia de proporciones o de la media según tipo de variable. Para las variables Policotómicas (con más de dos categorías) no se calcula la Odds Ratio (OR).

De los resultados obtenidos, se observa que tanto valores cualitativos como cuantitativos de las variables de Presión estática y dinámica aparecen como significativos (p-valor <0,05) con relación a la presencia de Metatarsalgia.

Se destaca la importancia de la variable *Presión Máxima en Antepié en Estática* cuyo OR indica que la probabilidad de tener Metatarsalgia es 11,68 veces mayor si el paciente muestra *Presión Máxima en Antepié en Estática*. Sin embargo, la variable *Presión Máxima en Retropié en Estática* indica que la de tener *Metatarsalgia* es un 25% (o 4 veces inferior) menor si el paciente muestra *Presión Máxima en Retropié en Estática*. Esta interpretación queda justificada con un valor medio mayor en aquellos pacientes que no presentan Gastrocnemios cortos de la misma variable cuantitativa *Presión Máxima en Retropié en Estática g(cm²)*.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

La variable *Presión Máxima en Dinámica* aún apareciendo estadísticamente significativa, se evaluó su OR mediante Regresión Logística (RL), observándose que su IC 95% contiene el 1 por lo que no es una buena variable de asociación con la *Metatarsalgia*.

Tabla 64. Descriptivos de las variables de Presión según presencia de Metatarsalgia.

	Metatarsalgia		OR (IC 95%)	p valor*
	Metatarsalgia SI	NO		
	N (%)	N (%)		
PRESION MÁX. ANTEPIÉ ESTÁTICA			11,68 (4,88 ; 27,95)	0,000
SI	28 (62,2%)	11 (12,4%)		
NO	17 (37,8%)	78 (87,6%)		
PRESION MÁX RETROPIÉ ESTÁTICA			0,25 (0,08 ; 0,77)	0,014
SI	4 (8,9%)	25 (28,1%)		
NO	41 (91,1%)	64 (71,9%)		
PRESION MÁX. DINAMICA			-	0,000
SI	19 (42,2%)	19 (21,3%)		
NO	15 (33,3%)	70 (78,7%)		
SI ADELANTADO	11 (24,4%)	-		
	M ± SD	M ± SD	Diferencia (M ± SD)	p-valor
PRESIÓN MÁX. ANTEPIÉ ESTÁTICA (g/cm2)	692,2 ± 66,2	615,1 ± 58,1	77,1 ± 8,1	0,000***
PRESIÓN MÁX. RETROPIÉ ESTÁTICA (g/cm2)	599,6 ± 68,9	650,3 ± 72,7	50,7 ± 3,8	0,000**
PRESIÓN MÁX. DINÁMICA (g/cm2)	734,5 ± 62,8	650,0 ± 58,8	84,5 ± 4,1	0,000**

* χ^2 (Estadístico exacto de Fisher-bilateral-); **T-Test (sig. bilateral); ***U deMann Whitney Test (sig.exacta bilateral)

Presión Máxima en Antepié en Estática cuyo OR indica que la probabilidad de tener Metatarsalgia es 11,68 veces mayor si el paciente muestra Presión Máxima en Antepié en Estática. Sin embargo, la variable Presión

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Máxima en Retropié en Estática indica que la de tener Metatarsalgia es un 25% (o 4 veces inferior) menor si el paciente muestra Presión Máxima en Retropié en Estática.

6.7.3. Estadística descriptiva e Inferencia de las variables según presencia de Queratosis Plantar Intratable

La **Tabla 65** muestra los descriptivos y asociación de las variables de presión con la presencia de QPI. Se desprende que la *QPI* tiene una probabilidad mayor (3,62 veces más) si el paciente muestra *Presión Máxima en Antepié en Estática*. Las variables de *Presión Máxima de Retropié en Estática* tanto cualitativa como cuantitativa no son estadísticamente significativas. La variable cualitativa de *Presión Máxima en Dinámica* muestra, mediante una valoración realizada con Regresión Logística, un IC95% que contiene el 1 por lo que no es una variable que represente correctamente la QPI, no así su variante cuantitativa que aparece significativa con valores de diferencia de 41,7 g/cm².

Tabla 65. Descriptivos de las variables de Presión según presencia de QPI.

	QPI SI	QPI NO	OR (IC 95%)	p-valor*
	N (%)	N (%)		
PRESIÓN MÁX. EN ANTEPIÉ EN ESTÁTICA			3,62 (1,45 ; 9,02)	0,005
SI	32 (37,6%)	7 (14,3%)		
NO	53 (62,4%)	42 (85,7%)		
PRESIÓN MÁX. EN RETROPIÉ EN ESTÁTICA			0,93 (0,40 ; 2,17)	1,000
SI	18 (21,2%)	11 (22,4%)		
NO	67 (78,8%)	38 (77,6%)		
PRESIÓN MÁX. EN DINÁMICA			-	0,008
SI	26 (30,6%)	12 (24,5%)		
NO	48 (56,5%)	37 (75,5%)		
SI ADELANTADO	11 (12,9%)	0 (0,0%)		
	M ± SD	M ± SD		p-valor
PRESIÓN MAX. EN ANTEPIÉ EN ESTÁTICA (g/cm2)	656,1 ± 72,0	614,9 ± 61,1	41,2 ± 10,9	0,001***
PRESIÓN MAX. EN RETROPIÉ EN ESTÁTICA (g/cm2)	631,7 ± 79,6	636,1 ± 67,4	4,4 ± 12,2	0,748**
PRESIÓN MÁX. EN DINÁMICA (g/cm2)	693,6 ± 72,7	651,9 ± 63,4	41,7 ± 9,2	0,001**

* χ^2 (Estadístico exacto de Fisher-bilateral-); **T-Test (sig. bilateral); ***U deMann Whitney Test (sig.exacta bilateral)

La variable QPI tiene una probabilidad mayor (3,62 veces más) si el paciente muestra Presión Máxima en Antepié en Estática

6.7.4. Análisis de asociación (inferencia) de las variables con la presencia de Gastrocnemios cortos según el Test de Lunge

La **Tabla 66** presenta los descriptivos (N %) de la muestra para los dos grupos según presencia de gastrocnemios cortos o no definidos por el Test Lunge, además de la Odds Ratio (OR), su Intervalo de Confianza al 95% y la significación estadística (p-valor) de la diferencia de medias o proporciones según escala de la variable. No se calculan las OR para variable Policotómicas.

Excepto la variable *Sexo* y la *Presión Máxima en Retropié en Estática*, tanto cualitativa como cuantitativa, el resto de variables muestran significación estadística con la presencia de gastrocnemios.

El resto de variables estadísticamente significativas fueron analizadas para establecer un modelo de Regresión Logística.

6.7.5. Análisis de asociación (inferencia) de las variables con la presencia de Gastrocnemios cortos según el Test de Silfverkiöld

La **Tabla 67** presenta los descriptivos (N %) de la muestra para los dos grupos según muestran gastrocnemios cortos o no definidos por el Test de Silfverskiöld además de la Odds Ratio (OR), su Intervalo de Confianza al 95% y la significación estadística (p-valor) de la diferencia de medias o proporciones según escala de la variable.

Al igual que en la **Tabla 66**, las variables *Sexo* y *Presión Máxima en Retropié en Estática* cuantitativa y cualitativa no muestran significación estadística con la presencia de gastrocnemios cortos según el Test de Silfverskiöld. El resto de variables fueron analizadas para poder ser incluidas en el modelo de Regresión Logística.

Tabla 66. Análisis de asociación (inferencia) de las variables con la presencia de GC según el Test de Lunge.

TEST LUNGE	Gastrocnemios		Gastrocnemios		OR (IC 95%)	P-valor*
	cortos	SI	cortos	NO		
	N (%)		N (%)			
SEXO					0,88 (0,39 ; 1,97)	0,839
HOMBRE	13 (27,1%)		22 (29,7%)			
MUJER	35 (72,9%)		52 (70,3%)			
METATARSALGIA					22,67 (8,11 ; 63,37)	0,000
SI	32 (66,7%)		6 (8,1%)			
NO	16 (33,3%)		68 (91,9%)			
ANTEPIÉ					-	0,000
VARO	43 (89,6%)		0 (0,0%)			
SUPINADO	5 (10,4%)		4 (5,4%)			
NEUTRO	0 (0,0%)		70 (94,6%)			
HUELLA PLANTAR	3				-	0,000
CATEGORIAS						
NEUTRA	0 (0,0%)		49 (66,2%)			
CAVO	29 (60,4%)		9 (12,2%)			
PLANO	19 (39,6%)		16 (21,6%)			
INDEX PLUS/MINUS/PLUS					-	0,000
MINUS						
IM	28 (58,3%)		10 (13,5%)			
IP	18 (37,5%)		9 (12,2%)			
PM	2 (4,2%)		55 (74,3%)			
PIE					-	0,000
EGIPCIO/GRIEGO/CUADRADO						
GRIEGO	30 (62,5%)		10 (13,5%)			
EGIPCIO	18 (37,5%)		15 (20,3%)			
CUADRADO	0 (0,0%)		49 (66,2%)			

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

RETROPIÉ 3 CATEGORIAS			-	0,000
NORMAL	16 (33,3%)	69 (93,2%)		
PRONADO	25 (52,1%)	4 (5,4%)		
SUPINADO	7 (14,6%)	1 (1,4%)		
HALLUX VALGUS			-	0,000*
SI	29 (60,4%)	12 (16,2%)		
NO	19 (39,6%)	62 (83,8%)		
PRESIÓN MÁX. EN ANTEPIÉ EN ESTÁTICA			7,56 (3,15 ; 18,15)	0,000*
SI	26 (54,2%)	10 (13,5%)		
NO	22 (45,8%)	64 (86,5%)		
PRESIÓN MAX. EN RETROPIÉ EN ESTÁTICA			1,17 (0,49 ; 2,82)	0,822*
SI	11 (22,9%)	15 (20,3%)		
NO	37 (77,1%)	59 (79,7%)		
PRESIÓN MÁX. EN DINÁMICA			-	0,000
SI	16 (33,3%)	18 (24,3%)		
NO	21 (43,8%)	56 (75,7%)		
SI ADELANTADO	11 (22,9%)	0 (0,0%)		
PRESENCIA QPI			-	0,000*
SI	48 (100,0%)	25 (33,8%)		
NO	0 (0,0%)	49 (66,2%)		
PRESENCIA QPI 2° <i>ROCKER</i>			27,60 (9,30 ; 81,94)	0,000*
SI	32 (66,7%)	5 (6,8%)		
NO	16 (33,3%)	69 (93,2%)		
	M ± SD	M ± SD	Diferencia (M ± SD)	p
EDAD	48,9 ± 6,7	44,8 ± 10,0	4,1 ± 3,4	0,007**
PESO (kg)	64,8 ± 7,7	68,6 ± 6,6	3,9 ± 1,1	0,004**
ALTURA (cm)	166,4 ± 6,4	169,4 ± 5,5	3,0 ± 0,8	0,006**

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

PRESIÓN MÁX. EN ANTEPIÉ EN ESTÁTICA (g/cm ²)	685,7 ± 61,3	611,9 ± 62,8	73,8 ± 1,4	0,000***
PRESIÓN MAX. EN RETROPIÉ EN ESTÁTICA (g/cm ²)	626,1 ± 82,1	637,4 ± 67,8	11,3 ± 14,3	0,410**
PRESIÓN MÁX. EN DINÁMICA (g/cm ²)	717,6 ± 73,7	652,6 ± 61,3	64,9 ± 12,5	0,000**

* χ^2 (Estadístico exacto de Fisher-bilateral-); **T-Test (sig. bilateral); ***U deMann Whitney Test (sig. exacta bilateral)

Las variables Sexo y Presión Máxima en Retropié en Estática (g/cm²) no son significativas (p-valor).

Tabla 67. Análisis de asociación (inferencia) de las variables con la presencia de GC según el Test de Silfverskiöld.

TEST	Gastrocnemios		Gastrocnemios		OR (IC 95%)	p-valor*
	SILFVERSKIÖLD	cortos N (%)	SI	cortos N (%)		
SEXO					1,05 (0,47 ; 2,35)	1,000
HOMBRE		13 (31,%)		24 (30,%)		
MUJER		29 (69,%)		56 (70,%)		
METATARSALGIA					12,60 (5,05 ; 31,46)	0,000
SI		27 (64,3%)		10 (12,5%)		
NO		15 (35,7%)		70 (87,5%)		
ANTEPIÉ					-	0,000
VARO		37 (88,1%)		5 (6,3%)		
SUPINADO		5 (11,9%)		5 (6,3%)		
NEUTRO		0 (0,0%)		70 (87,5%)		
HUELLA						
PLANTAR	3				-	0,000
CATEGORIAS						
NEUTRA		0 (0,%)		49 (61,3%)		
CAVO		25 (59,5%)		15 (18,8%)		
PLANO		17 (40,5%)		16 (20,%)		
INDEX						
PLUS/MINUS/PLUS					-	0,000
MINUS						
IM		24 (57,1%)		12 (15,%)		
IP		16 (38,1%)		11 (13,8%)		
PM		2 (4,8%)		57 (71,3%)		
PIE						
EGIPCIO/GRIEGO/ CUADRADO					-	0,000

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

GRIEGO	25 (59,5%)	12 (15,%)		
EGIPCIO	17 (40,5%)	19 (23,8%)		
CUADRADO	0 (0,0%)	49 (61,3%)		
RETROPIÉ	3		-	0,000
CATEGORIAS				
NORMAL	14 (33,3%)	70 (87,5%)		
PRONADO	21 (50,%)	6 (7,5%)		
SUPINADO	7 (16,7%)	4 (5,%)		
HALLUX VALGUS			-	0,000
SI	25 (59,5%)	15 (18,8%)		
NO	17 (40,5%)	65 (81,3%)		
PRESIÓN MÁX. EN ANTEPIÉ EN ESTÁTICA			6,86 (2,89 ; 16,27)	0,000
SI	23 (54,8%)	12 (15,%)		
NO	19 (45,2%)	68 (85,%)		
PRESIÓN MÁX. EN RETROPIÉ EN ESTÁTICA			1,25 (0,51 ; 3,06)	0,647
SI	10 (23,8%)	16 (20,%)		
NO	32 (76,2%)	64 (80,%)		
PRESIÓN MAX. EN DINÁMICA			-	0,000
SI	14 (33,3%)	21 (26,3%)		
NO	18 (42,9%)	59 (73,8%)		
SI	10 (23,8%)	0 (0,0%)		
ADELANTADO				
PRESENCIA QPI			-	0,000
SI	42 (100,%)	31 (38,8%)		
NO	0 (0,%)	49 (61,3%)		

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

PRESENCIA QPI 2° <i>ROCKER</i>			16,20 (6,17 ; 42,54)	0,000
SI	27 (64,3%)	8 (10,%)		
NO	15 (35,7%)	72 (90,%)		
	M ± SD	M ± SD	Diferencia (M ± SD)	p
EDAD	49,0 ± 6,3	45,1 ± 9,8	3,9 ± 3,5	0,009**
PESO (kg)	64,8 ± 8,0	68,3 ± 6,8	3,5 ± 1,2	0,013**
ALTURA (cm)	166,8 ± 6,4	169,2 ± 5,6	2,4 ± 0,9	0,036**
PRESIÓN MAX. EN ANTEPIÉ EN ESTÁTICA (g/cm ²)	683,5 ± 61,6	613,4 ± 62,6	70,1 ± 1,0	0,000***
PRESIÓN MAX. EN RETROPIÉ EN ESTÁTICA (g/cm ²)	627,2 ± 83,3	637,1 ± 68,6	9,9 ± 14,8	0,482**
PRESIÓN MAX DINÁMICA (g/cm ²)	717,6 ± 75,6	654,5 ± 61,4	63,1 ± 14,1	0,000**

* χ^2 (Estadístico exacto de Fisher-bilateral-); **T-Test (sig. bilateral); ***U deMann Whitney Test (sig.exacta bilateral)

Las variables *Sexo* y *Presión Máxima en Retropié en Estática* cuantitativa y cualitativa no muestran significación estadística con la presencia de gastrocnemios cortos según el Test de Silfverskiöld

6.7.6 Análisis de Regresión Logística para definir la presencia de Gastrocnemios cortos

6.7.6.1 Análisis de Independencia de las variables predictoras o explicativas

➤ **Correlación de Pearson:**

Para llevar a cabo los modelos de Regresión Logística se analizó primero la posible colinealidad (independencia) de las variables explicativas. Para ello se llevó a cabo un análisis de correlación de Pearson entre las variables cuantitativas que permitiera determinar posibles dependencias entre ellas para las poblaciones de gastrocnemios cortos según el Test de Lunge (**Tabla 77**) y el Test de Silfverskiöld (**Tabla 78**).

Algunas variables Policotómicas con gran número de categorías como las variables Huella Plantar y Retropié se transformaron en dos variables donde se agruparon sus categorías hasta obtener *Huellaplantar_3categorias* y *Retropié_3categorias* con un máximo de 3 categorías. Se trabajó en el análisis de Regresión con las variables transformadas.

De los resultados de las **Tablas 77 y 78** se desprendieron una clara correlación entre los pares de variables *Peso-Altura* y *Presión máxima en antepié en estática- Presión máxima en dinámica* con valores de R de Pearson $> 0,60$ y $> 0,8$ respectivamente.

➤ **Análisis Factorial de Componentes Principales:**

En la **Tabla 80** se muestra la figura resultado del análisis factorial de Componentes Principales, así como la Matriz de Componentes rotados con el peso de cada una de las variables. Es un gráfico de dos componentes en espacio rotado (según rotación Varimax). La distribución de las variables en este espacio permitió determinar la colinealidad entre algunas de ellas, así como la influencia que tienen a la hora de discriminar entre tipos de gastrocnemios (Si/No). En la matriz de 3 componentes se ha destacó en negrita las variables que mostraban un peso superior a 0,5. Se confirmó la relación entre las variables *altura* y

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

peso, muy próximas en el centro de la gráfica. Esto indicó, conjuntamente con la *Edad* que no son variables con influencia a la hora de explicar la presencia de gastrocnemios. Por ello estas variables no fueron entradas en el análisis de Regresión. Igualmente se evidenció la relación entre el par de variables *Presión Máxima en Antepié en Estática* y la *Presión Máxima en Dinámica*. Éstas aparecen muy próximas en el eje 2 pero alejadas del centro de la gráfica. Esto indicó que sí son representativas a la hora de explicar la presencia de gastrocnemios, pero se seleccionó una de las dos variables debido a su colinealidad.

6.8. Construcción del modelo de Regresión Logística según Test Lunge.

Selección de variables:

Se llevó a cabo un análisis de Regresión Logística binaria, variable dependiente que se trata de explicar mediante factores con la presencia o no de gastrocnemios cortos (GASTROCNEMIOS CORTOS SI/NO). Se utilizó el método de pasos hacia delante (*Forward stepwise*) para la inclusión de las variables independientes o explicativas. Informar que se utilizó toda la muestra (pacientes que tengan la variable dependiente – gastrocnemios- según cada tipo de Test) para construir el modelo de Regresión para cada Test. Todas aquellas variables dicotómicas o policotómicas fueron transformadas por el sistema a variables dummy, definiéndose tantas nuevas variables como categorías tenga la variable original.

Las variables explicativas finales que se analizaron fueron:

1. METATARSALGIA
2. ANTEPIÉ
3. HUELLA PLANTAR

4. INDEX PLUS - MINUS - PLUSMINUS
5. PIE EGIPCIO – GRIEGO - CUADRADO
6. RETROPIÉ VALGO
7. HALLUX VALGUS
8. PRESIÓN MÁXIMA EN ANTEPIÉ EN ESTÁTICA
9. PRESIÓN MÁXIMA EN DINÁMICA
10. QPI
11. QPI DE SEGUNDO *ROCKER*

Se mostrarán los cuatro modelos para poder observar cómo interaccionaron las anteriores variables y así extraer el mejor modelo que favoreció la presencia de gastrocnemios cortos y el por qué, en este caso fue el **Modelo 4**.

La **Tabla 73** muestra el resultado del Modelo 1 de Regresión Logística para los casos evaluados por el Test de Lunge. En esta tabla se muestran los coeficientes del modelo (B), su Error estándar (ET); el estadístico de Wald de contraste de hipótesis (siendo $H_0: B=0$), los grados de libertad y el valor de p asociado al contraste (Sig.), seguida de Exp (B) que corresponde a la Odds Ratio (OR) de la variable analizada. Finalmente se muestran el Intervalo de Confianza al 95% (inf-sup) de Exp (B).

El modelo 1 incluyó 4 variables: **PRESIÓN MÁXIMA EN ANTEPIE EN ESTÁTICA, QUERATOSIS PLANTAR INTRATABLE DE SEGUNDO *ROCKER*, INDEX PLUS-MINUS-PLUSMINUS, RETROPIÉ VALGO.**

Interpretación del Modelo:

Los coeficientes del modelo indicaron si las variables favorecen la presencia o no de gastrocnemios cortos. Según la clasificación interna hecha por el sistema sobre los valores de la variable Gastrocnemios cortos (si/no), en este caso, los coeficientes negativos indicaron que existía una influencia positiva sobre la presencia de gastrocnemios cortos; mientras que los coeficientes positivos se interpretaron de forma inversa, no favorecían la presencia de gastrocnemios. Así, las variables *Presión máxima en antepié en estática*, la *QPI de 2º Rocker* y la variable de *Index Plus-Minus-PlusMinus* favorecían la predicción de la presencia de Gastrocnemios Cortos. La variable *Retropié valgo* con las 3 categorías no predecía la presencia de Gastrocnemios cortos.

Considerando la última categoría como la de referencia en las variables cualitativas, se pudo interpretar que la probabilidad de presentar gastrocnemios cortos si se tiene *QPI de 2º rocker* es 20,8 veces más que si no se tiene *QPI de 2º rocker*, asumiendo que el resto de variables permanecen constantes.

Los pacientes con *Index IM* tenían una probabilidad de 1,10 veces mayor que aquellos que tenían un *Index PM*; los que presentaban un *Index IP* tenían una probabilidad 45 veces mayor de mostrar Gastrocnemios cortos con relación a aquellos que tenían un *Index PM*. Sin embargo, indicaba que la categoría *Index IM* no mostraba una significación estadística (Sig. 0,913) con IC 95% que incluyen el valor 1, indicando que no discriminaban bien las poblaciones de Gastrocnemios cortos.

La interpretación del coeficiente de regresión y la OR (Exp (B)) en el caso de variables continuas era algo peculiar. De hecho, el modelo calculaba una OR para evaluar la asociación entre una variable categórica (Gastrocnemios) y una variable continua (Presión), lo cual podía parecer un error. En realidad, lo que hacía el programa es calcular una OR

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo *rocker*.

promedio para cada cambio unitario en la variable independiente, esto es, 0,985 es la OR o el riesgo de tener Gastrocnemios cortos de un paciente con una presión determinada con respecto a otro con una unidad de presión mayor, asumiendo que este riesgo es constante para cada par de valores de presión considerados, al menos en el rango explorado en el estudio. Dado que su IC95% es muy próximo a 1, parecía indicar que no existía una influencia en la discriminación de las poblaciones de estudio y podría ser eliminada del modelo de Regresión (ver Modelo 2).

La variable *retropié*, sin embargo, es la única que parecía no favorecer la presencia de Gastrocnemios cortos. Los pacientes que mostraban Retropié normal tienen 69 veces menor probabilidad de presentar Gastrocnemios cortos con relación a aquellos que tenían Retropié supinado. La probabilidad de tener Gastrocnemios cortos en pacientes con retropié pronado era 4,5 veces menor que aquellos que lo tenían Supinado. Igualmente indicar que esta categoría (Retropié Pronado) no parecía tener significación estadística en el modelo.

En la **Tabla 81** se muestran otros modelos de Regresión Logística con el objetivo de seleccionar el que cumpla con el principio de parsimonia (mínimo número de variables y máxima variabilidad explicada) y que además sea clínicamente congruente e interpretable. En el Modelo 4, por ejemplo, la presencia de Metatarsalgia al igual que la presión y la presencia de QPI de 2º *rocker* parecen ser variables que favorecen la presencia de Gastrocnemios cortos. Así, un paciente con Metatarsalgia tiene una probabilidad mayor (20,1 %) de tener Gastrocnemios cortos que aquellos que no padecen Metatarsalgia.

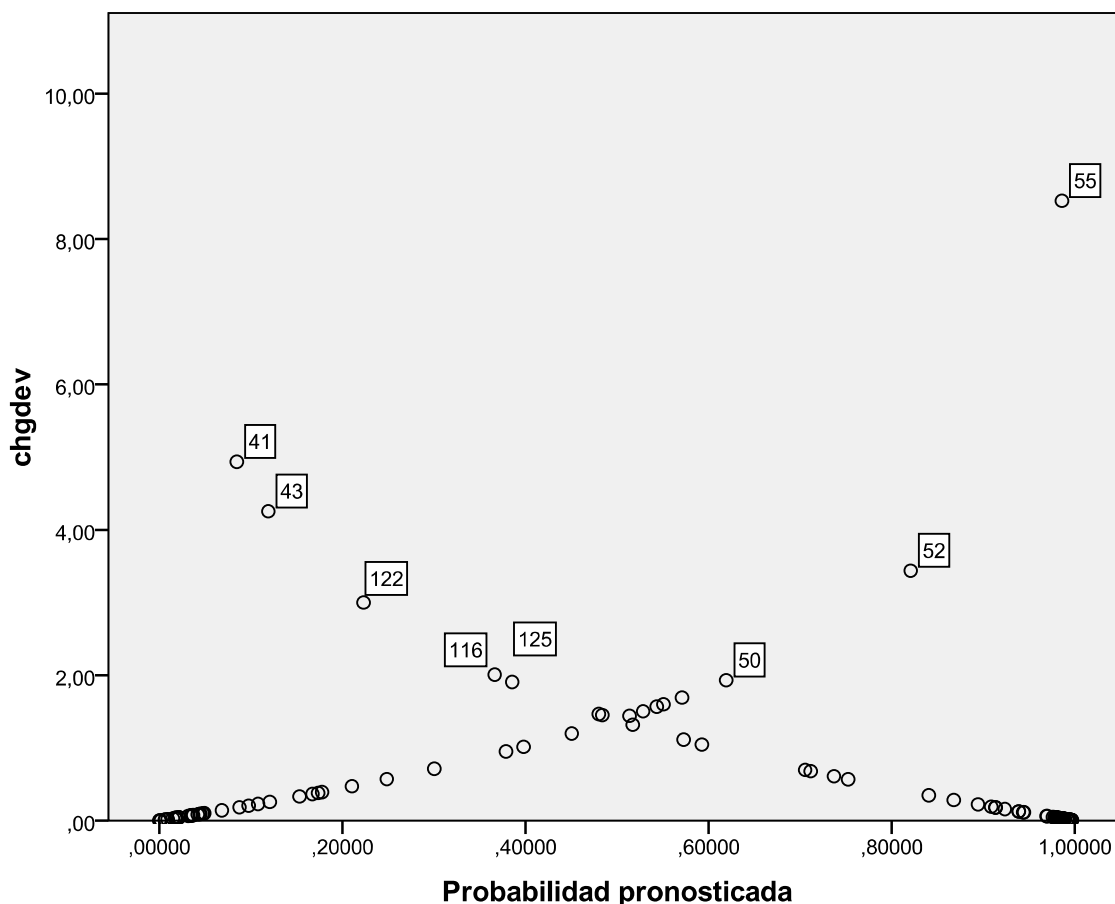
En este modelo, la variable de Presión máx.en antepié en estática aunque es significativa (Sig. 0.043), su IC 95% está muy próximo al 1 indicando que no es una variable de interés para discriminar la presencia o no de Gastrocnemios.

Bondad de ajuste del Modelo:

La **Tabla 70** mostraba la variabilidad explicada por el modelo, alcanzando un 78% según el valor de R^2 de Nagelkerke (corrección de R^2 de Cox y Snell para una escala 0-1). La **Tabla 71** muestra la bondad de ajuste del modelo sobre los datos utilizados. Para ello se utilizó la prueba de Hosmer & Lemeshow. Esta prueba es útil cuando el modelo incluye al menos una variable cuantitativa. Valores de significación $>0,05$ (en este modelo $p = 0.748$) indicaron que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los valores observados y predichos, por lo que el modelo puede considerarse aceptable. Finalmente, la **Tabla 73** presenta los datos de clasificación obtenidos por el modelo. En esta se observaron los casos predichos (o pronosticados) y los observados, obteniendo una clasificación parcial para la variable Gastrocnemios SI/NO y una clasificación global. Mediante el Modelo 1 de Regresión con 4 variables predictoras, la clasificación global es de 87,8%. La *sensibilidad* es del 83,3% (proporción de Gastrocnemios cortos SI correctamente clasificados) y la especificidad es de 90,5% (proporción de Gastrocnemios cortos NO correctamente clasificados). Se detectan 7 Falsos positivos (Gastrocnemios NO que han sido clasificados como Gastrocnemios SI) y 8 Falsos negativos (Gastrocnemios SI que han sido clasificados como Gastrocnemios NO).

La **Tabla 68** muestra los residuos derivados del modelo versus la probabilidad pronosticada. Mediante este gráfico se pudieron identificar (encuadrados) los casos mal clasificados y que influían en los resultados de ajuste del modelo.

Tabla 68. Análisis de los resultados versus Probabilidad pronosticada.



Mediante este gráfico se pueden identificar (encuadrados) los casos mal clasificados y que influyen en los resultados de ajuste del modelo.

6.8.1. Selección del modelo de Regresión Logística

Tras la construcción de diferentes modelos de Regresión, la selección debe hacerse y así se hizo mediante la comparación de los datos obtenidos sobre la bondad del ajuste, la variabilidad explicada y la tabla de clasificación, evaluando minuciosamente los falsos positivos y negativos fundamentalmente. En los casos donde obtuvimos datos prospectivos con los que validar la función, se evaluaron los diferentes modelos mediante los resultados de la Curva *COR*.

Modelo 1:

Tabla 69. Modelo 1 de Regresión Logística para el Test Lunge.

Variables en la ecuación									
		B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
								Inferior	Superior
Paso 1 ^a	PRESIÓN MAX EN ANTEPIE EN ESTÁTICA	-.015	,006	5,300	1	,021	,985	,973	,998
	QPI DE 2 ^o ROCKER_S(1)	-3,038	1,511	4,042	1	,044	,048	,002	,926
	INDEXPLUSMINUSPLUSMINUS_N			16,687	2	,000			
	INDEXMINUS_N(1)	-.092	1,610	,003	1	,955	,913	,039	21,398
	INDEXPLUS_N(2)	-3,837	1,011	14,401	1	,000	,022	,003	,156
	RETROPIE_3CAT			11,939	2	,003			
	RETROPIE_3CAT(1) NORMAL	4,238	1,566	7,323	1	,007	69,239	3,217	1490,446
	RETROPIE_3CAT(2) VALGO	1,512	1,589	,906	1	,341	4,537	,201	102,198
	Constante	9,048	4,306	4,414	1	,036	8497,351		

a. Variable(s) introducida(s) en el paso 1: PRESIÓN MAX. EN ANTEPIE EN ESTÁTICA, QPI DE 2^oROCKER, INDEXPLUS-MINUS-PLUSMINUS_N, RETROPIE_3CATEGORIAS

Tabla 70. Resumen del modelo.

Resumen del modelo			
Paso	-2 log de la verosimilitud	R cuadrado de Cox y Snell	R cuadrado de Nagelkerke
1	58,816 ^a	,576	,780

La variabilidad del modelo alcanzada es del 78.0%

Tabla 71. Prueba de bondad del ajuste de Hosmer&Lemeshow.

Prueba de Hosmer y Lemeshow			
Paso	Chi cuadrado	Gl	Sig.
1	5,086	8	,748

Valores de Sig. >0.05 lo que indica que el modelo es aceptado

Tabla 72. Clasificación de los casos.

Tabla de clasificación ^a					
	Observado		Pronosticado		
			GASTROCNEMIOS CORTOS LUNGES TEST		Porcentaje correcto
	SI	NO			
Paso 1	GASTROCNEMIOS	SI	40	8	83,3
	CORTOS TEST LUNGE	NO	7	67	90,5
	Porcentaje global				87,7

a. El valor de corte es ,500

A continuación presentamos el Análisis de Regresión Logística para el Test Silfverskiöld.

Modelo 1:

Tabla 73. Modelo 1 de Regresión Logística para el Test Silfverskiöld.

	Variables en la ecuación							
	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
							Inferior	Superior
PRESIÓN MÁX. EN ANTEPIE EN ESTÁTICA	-.013	,006	5,788	1	,016	,987	,976	,998
QPI 2ROCKER(1)	-1,695	1,055	2,582	1	,108	,184	,023	1,452
INDEXPLUSMINUS PLUSMINUS_N			14,546	2	,001			
INDEXMINUS_N(1)	-1,301	1,248	1,086	1	,297	,272	,024	3,145
INDEXPLUS_N(2)	-3,292	,895	13,529	1	,000	,037	,006	,215
RETROPIE_3CAT			6,525	2	,038			
RETROPIE_3CAT(1)NORMAL	1,742	1,018	2,930	1	,087	5,711	,777	41,982
RETROPIE_3CAT(2)VALGO	-.019	1,022	,000	1	,985	,981	,132	7,275
Constante	10,287	3,577	8,269	1	,004	29346,662		

a. Variable(s) introducida(s) en el paso 1: PRESIÓN MÁXIMA EN ANTEPIE EN ESTÁTICA, QPI 2ROCKER, INDEXPLUS MINUS PLUSMINUS_N,

RETROPIE VALGO_3CATEGORIAS.

Tabla 74. Resumen del modelo 1.

Resumen del modelo			
Paso	-2 log de la verosimilitud	R cuadrado de Cox y Snell	R cuadrado de Nagelkerke
1	74,617 ^a	,491	,679
La variabilidad del modelo alcanzada es del 67.9%			

Tabla 75. Prueba de bondad del ajuste de Hosmer&Lemeshow.

Prueba de Hosmer y Lemeshow			
Paso	Chi cuadrado	gl	Sig.
1	5,933	8	,655

Valores de Sig. >0.05 lo que indica que el modelo es aceptado

Tabla 76. Clasificación de casos.

Tabla de clasificación ^a					
	Observado	Pronosticado			
		GASTROCNEMIOS CORTOS		Porcentaje correcto	
		TEST SILFVERSKIÖLD	TEST SILFVERSKIÖLD		
		SI	NO		
Paso 1	GASTROCNEMIOS	SI	33	9	78,6
	CORTOS - TEST SILFVERSKIÖLD	NO	9	71	88,8
	Porcentaje global				85,2

a. El valor de corte es ,500

La clasificación global es de 85.2% correctamente clasificados

6.8.2. Correlaciones de Pearson de las variables cuantitativas (población analizada para el Test Lunge)

Tabla 77. Correlaciones. Test Lunge.

		Correlaciones				
		EDAD	PESO (kg)	ALTURA (cm)	PRESIÓN MÁX ANTEPIÉ ESTÁTICA (g/cm2)	PRESIÓN MÁX DINÁMICA (g/cm2)
EDAD	Correlación de	1	,071	,007	,028	,007
	Pearson					
	Sig. (bilateral)		,632	,964	,852	,961
	N	48	48	48	48	48
PESO (kg)	Correlación de	,071	1	,754**	-,069	-,080
	Pearson					
	Sig. (bilateral)	,632		,000	,642	,590
	N	48	48	48	48	48
ALTURA (cm)	Correlación de	,007	,754**	1	-,204	-,192
	Pearson					
	Sig. (bilateral)	,964	,000		,164	,192
	N	48	48	48	48	48
PRESIÓN MÁX. EN ANTEPIÉ EN ESTÁTICA (g/cm2)	Correlación de	,028	-,069	-,204	1	,829**
	Pearson					
	Sig. (bilateral)	,852	,642	,164		,000
	N	48	48	48	48	48
PRESIÓN MÁX. EN DINÁMICA (g/cm2)	Correlación de	,007	-,080	-,192	,829**	1
	Pearson					
	Sig. (bilateral)	,961	,590	,192	,000	
	N	48	48	48	48	48

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

GASTROCNEMIOS CORTOS TEST LUNGE = SI

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

		Correlaciones				
		EDAD	PESO (kg)	ALTURA (cm)	PRESIÓN MÁX ANTEPIÉ ESTÁTICA (g/cm2)	PRESIÓN MÁX DINÁMICA (g/cm2)
EDAD	Correlación de	1	-,036	,020	,091	,095
	Pearson					
	Sig. (bilateral)		,760	,863	,439	,421
	N	74	74	74	74	74
PESO (kg)	Correlación de	-,036	1	,607**	,025	,149
	Pearson					
	Sig. (bilateral)	,760		,000	,831	,205
	N	74	74	74	74	74
ALTURA (cm)	Correlación de	,020	,607**	1	,044	,114
	Pearson					
	Sig. (bilateral)	,863	,000		,712	,336
	N	74	74	74	74	74
PRESIÓN MÁX. EN ANTEPIÉ EN ESTÁTICA (g/cm2)	Correlación de	,091	,025	,044	1	,873**
	Pearson					
	Sig. (bilateral)	,439	,831	,712		,000
	N	74	74	74	74	74
PRESIÓN MÁX. EN DINÁMICA (g/cm2)	Correlación de	,095	,149	,114	,873**	1
	Pearson					
	Sig. (bilateral)	,421	,205	,336	,000	
	N	74	74	74	74	74

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

GASTROCNEMIOS CORTOS TEST LUNGE = NO

6.8.3. Correlaciones de Pearson de las variables cuantitativas (población analizada para el Test Silfverskiöld)

Tabla 78. Correlaciones 2. Test Silfverskiöld.

		Correlaciones				
		EDAD	PESO (kg)	ALTURA (cm)	PRESIÓN MÁX ANTEPIÉ ESTÁTICA (g/cm2)	PRESIÓN MÁX DINÁMICA (g/cm2)
EDAD	Correlación de	1	,170	,036	-,060	-,080
	Pearson					
	Sig. (bilateral)		,281	,819	,707	,613
	N	42	42	42	42	42
PESO (kg)	Correlación de	,170	1	,793**	-,066	-,069
	Pearson					
	Sig. (bilateral)	,281		,000	,678	,666
	N	42	42	42	42	42
ALTURA (cm)	Correlación de	,036	,793**	1	-,182	-,191
	Pearson					
	Sig. (bilateral)	,819	,000		,249	,225
	N	42	42	42	42	42
PRESIÓN MÁX. EN ANTEPIÉ EN ESTÁTICA (g/cm2)	Correlación de	-,060	-,066	-,182	1	,819**
	Pearson					
	Sig. (bilateral)	,707	,678	,249		,000
	N	42	42	42	42	42
PRESIÓN MÁX. EN DINÁMICA (g/cm2)	Correlación de	-,080	-,069	-,191	,819**	1
	Pearson					
	Sig. (bilateral)	,613	,666	,225	,000	
	N	42	42	42	42	42

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

GASTROCNEMIOS CORTOS TEST SILFVERSKIÖLD = SI

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

		Correlaciones				
		EDAD	PESO (kg)	ALTURA (cm)	PRESIÓN MÁX ANTEPIÉ ESTÁTICA (g/cm2)	PRESIÓN MÁX DINÁMICA (g/cm2)
EDAD	Correlación de	1	-,061	-,009	,131	,129
	Pearson					
	Sig. (bilateral)		,589	,937	,246	,253
	N	80	80	80	80	80
PESO (kg)	Correlación de	-,061	1	,639**	-,006	,130
	Pearson					
	Sig. (bilateral)	,589		,000	,959	,250
	N	80	80	80	80	80
ALTURA (cm)	Correlación de	-,009	,639**	1	,000	,075
	Pearson					
	Sig. (bilateral)	,937	,000		,998	,509
	N	80	80	80	80	80
PRESIÓN MÁX. EN ANTEPIÉ EN ESTÁTICA (g/cm2)	Correlación de	,131	-,006	,000	1	,866**
	Pearson					
	Sig. (bilateral)	,246	,959	,998		,000
	N	80	80	80	80	80
PRESIÓN MÁX. EN DINÁMICA (g/cm2)	Correlación de	,129	,130	,075	,866**	1
	Pearson					
	Sig. (bilateral)	,253	,250	,509	,000	
	N	80	80	80	80	80

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

GASTROCNEMIOS CORTOS TEST SILFVERSKIÖLD = NO

6.8.4. Análisis Factorial de las variables según Test de Lunge

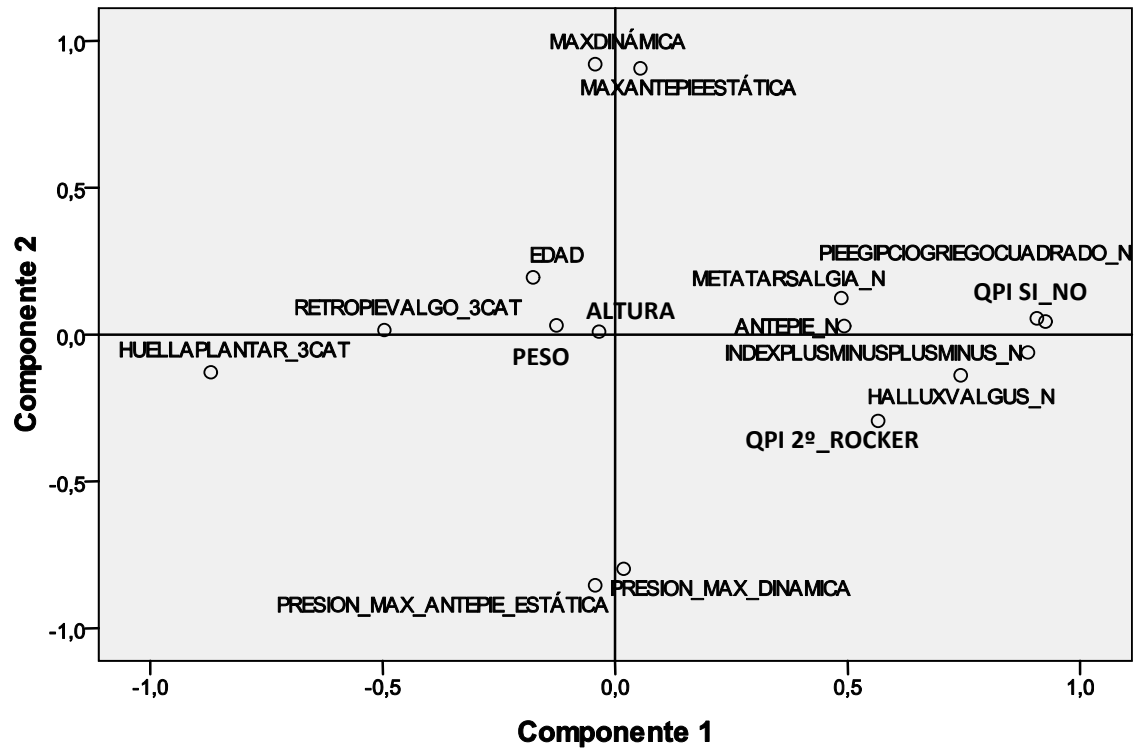
Tabla 79. Análisis Factorial. Test de Lunge.

Matriz de componentes rotados			
	Componente		
	1	2	3
METATARSALGIA	,489	-,110	-,032
ANTEPIÉ	,491	-,014	-,167
HUELLAPLANTAR 3CATEGORIAS (normal-plano-cavo)	-,873	,105	-,003
INDEX PLUS/MINUS/PLUS MINUS	,887	,085	,064
PIE EGIPCIO/GRIEGO/CUADRADO	,907	-,030	-,077
RETROPIEVALGO 3CATEGORIAS (valgo-normal-varo)	-,494	-,030	,163
HALLUX VALGUS	,740	,158	,149
PRESIÓN MÁX. EN ANTEPIÉ EN ESTÁTICA	-,065	,851	,158
PRESIÓN MÁX. EN DINAMICA	-,004	,798	-,065
PRESENCIA DE QPI	,926	-,019	-,029
PRESENCIA DE QPI DE 2° <i>ROCKER</i>	,561	,306	,349
EDAD	-,172	-,199	-,055
PESO (kg)	-,116	-,041	,851
ALTURA (cm)	-,025	-,017	,865
PRESIÓN MÁX. EN ANTEPIÉ EN ESTÁTICA (g/cm2)	,079	-,905	,023
PRESIÓN MÁX. EN DINÁMICA (g/cm2)	-,016	-,923	,165

Se muestra el resultado de la Matriz de 3 Componentes rotados con las variables que muestran tener mayor peso, superior a 0.5, valores señalados en *negrita*.

Tabla 80. Componentes en espacio rotado.

Gráfico de componentes en espacio rotado



Se evidencia la relación entre el par de variables *Presión Máxima en Antepié en Estática* y la *Presión Máxima en Dinámica*. Éstas aparecen muy próximas en el eje 2 pero alejadas del centro de la gráfica. Esto indica que sí son representativas a la hora de explicar la presencia de gastrocnemios cortos.

6.9. Otros Modelos de Regresión Logística para el Test de Lunge

Modelo 2:

Tabla 81. Modelo 2. Otros Modelos de Regresión. Lunge Test.

		Variables en la ecuación							I.C. 95% para	
		B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	EXP(B)		
									Inferior	Superior
Paso	QPI_2°ROCKER(1)	-	1,474	8,103	1	,004	,015	,001	,271	
1 ^a		4,196								
	INDEXPLUS_ MINUS PLUSMINUS_N			17,507	2	,000				
	INDEX MINUS_N(1)	,123	1,561	,006	1	,937	1,130	,053	24,095	
	INDEX PLUS_N(2)	-	,944	15,029	1	,000	,026	,004	,164	
		3,661								
	RETROPIE_3CAT			12,135	2	,002				
	RETROPIE_3CAT(1)NORMAL	3,971	1,561	6,472	1	,011	53,022	2,488	1129,796	
	RETROPIE_3CAT(2)VALGO	1,512	1,610	,882	1	,348	4,537	,193	106,463	
	Constante	-,200	1,524	,017	1	,896	,819			

a. Variable(s) introducida(s) en el paso 1: QPI DE_2°ROCKER, INDEXPLUS _MINUS PLUS _MINUS_N, RETROPIE_3CATEGORIAS.

Tabla 82. Resumen modelo 2.

resumen del modelo			
Paso	-2 log de la verosimilitud	R cuadrado de Cox y Snell	R cuadrado de Nagelkerke
1	65,371 ^a	,553	,749

a. La estimación ha finalizado en el número de iteración 6 porque las estimaciones de los parámetros han cambiado en menos de ,001.

La variabilidad del modelo alcanzada es del 74.9%

Prueba de Hosmer y Lemeshow			
Paso	Chi cuadrado	gl	Sig.
1	,690	4	,953

Valores de Sig. >0.05 lo que indica que el modelo es aceptado

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Tabla de clasificación^a					
Observado			Pronosticado		
			GASTROCNEMIOS CORTOS TEST LUNGE		Porcentaje correcto
			SI	NO	
Paso 1	GASTROCNEMIOS	SI	38	10	79,2
	CORTOS_ TEST LUNGE	NO	7	67	90,5
Porcentaje global					86,1

a. El valor de corte es ,500

La clasificación global es de 86.1% correctamente clasificados

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Modelo 3:

Tabla 83. Modelo 3.

		Variables en la ecuación							
		B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
								Inferior	Superior
Paso	PRESIÓN MÁX. EN ANTEPIÉ EN	-,012	,005	5,506	1	,019	,988	,978	,998
1 ^a	ESTÁTICA								
	QPI DE 2ºROCKER(1)	-2,261	1,235	3,353	1	,067	,104	,009	1,172
	INDEXPLUS_MINUS_PLUSMINUS_N			19,892	2	,000			
	INDEX_MINUS_N(1)	-2,177	1,355	2,579	1	,108	,113	,008	1,616
	INDEX PLUS_N(2)	-3,841	,877	19,176	1	,000	,021	,004	,120
	Constante	11,097	3,508	10,008	1	,002	65991,213		

a. Variable(s) introducida(s) en el paso 1: PRESIÓN MÁXIMA EN ANTEPIE EN ESTÁTICA, QPI DE 2ºROCKER, INDEXPLUS_MINUSPLUS_MINUS_N

Tabla 84. Resumen Modelo 3.

Resumen del modelo			
Paso	-2 log de la verosimilitud	R cuadrado de Cox y Snell	R cuadrado de Nagelkerke
1	74,459 ^a	,518	,702

Variabilidad del modelo alcanzada es del 70.2%

Prueba de Hosmer y Lemeshow			
Paso	Chi cuadrado	gl	Sig.
1	5,491	8	,704

Valores de Sig. >0.05 lo que indica que el modelo es aceptado

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Tabla de clasificación^a					
Observado			Pronosticado		Porcentaje correcto
			GASTROCNEMIOS CORTOS TEST LUNGE		
			SI	NO	
Paso 1	GASTROCNEMIOS	SI	45	3	93,8
	CORTOS_ TEST LUNGE	NO	8	66	89,2
Porcentaje global					91,0
a. El valor de corte es ,500					

La clasificación global es de 91% correctamente clasificados

6.9.1. Modelo 4:

Tabla 85. Modelo 4

		Variables en la ecuación							
		B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
								Inferior	Superior
Paso	METATARSALGIA_N(1)	-1,603	,677	5,598	1	,018	,201	,053	,760
1 ^a	PRESIÓN MÁX. EN ANTEPIE EN ESTÁTICA	-,008	,004	4,091	1	,043	,992	,984	1,000
	QPI DE_2°ROCKER(1)	-1,813	,705	6,611	1	,010	,163	,041	,650
	Constante	6,909	2,637	6,863	1	,009	1001,587		

a. Variable(s) introducida(s) en el paso 1: METATARSALGIA_N, PRESIÓN DE MÁX. EN ANTEPIE EN ESTÁTICA, QPI DE_2°ROCKER.

Modelo de Regresión Logística. Se efectuó el **test de Wald** para cada una de las variables que intervenían en el modelo. Si la *Sig.* del estadístico o p-valor era inferior a 0.05 se rechazaba el H0 al nivel alfa del 5%. Caso contrario se aceptaba.

El modelo calcula una OR (Exp (B)) en Regresión Logística. Presión Máxima de antepié en estática aparecía como significativa en la función *Sig.* pero su IC95% contiene el valor 1, lo que su influencia era nula o muy baja a la hora de discriminar las poblaciones con presencia de gastrocnemios cortos. Las variables METATARSALGIA y la de QUERATOSIS PLANTAR INTRATABLE DE SEGUNDO *ROCKER* sí eran significativas.

Tabla 86. Resumen modelo 4.

Resumen del modelo			
Paso	-2 log de la verosimilitud	R cuadrado de Cox y Snell	R cuadrado de Nagelkerke
1	99,755 ^a	,407	,552

Variabilidad explicativa del modelo alcanzado: 55.2%

Prueba de Hosmer y Lemeshow			
Paso	Chi cuadrado	gl	Sig.
1	12,759	8	,120

Valores de Sig. >0.05 lo que indica que el modelo es aceptado

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Tabla de clasificación ^a					
	Observado	Pronosticado			
		GASTROCNEMIOS CORTOS		Porcentaje correcto	
		LUNGE TEST			
		SI	NO		
Paso 1	GASTROCNEMIOS	SI	33	15	68,8
	CORTOS LUNGE TEST	NO	5	69	93,2
	Porcentaje global				83,6

a. El valor de corte es ,500

La clasificación global es de 83.6% correctamente clasificados

A partir de los resultados que se obtuvieron se llevó a cabo la validación del Modelo 4

6.10. Validación del Modelo 4

6.10.1. Interpretación del Modelo Logístico para el Test de Lunge.

A continuación, en la **Tabla 87** que sigue, se representaron el resultado del **Modelo 4 de Regresión Logística** para los pacientes valorados mediante el Test de Lunge.

En concreto se muestran los coeficientes del modelo (B), su Error estándar (ET); el estadístico de Wald de contraste de hipótesis (siendo H: B=0), los grados de libertad y el valor de p asociado al contraste (Sig.), seguida de Exp (B) que corresponde a la Odds Ratio (OR) de la variable estudiada.

Por último, se determinó el Intervalo de Confianza al 95% (inf-sup) de Exp (B).s

Así, al **Modelo 4** lo formaron las siguientes variables:

- **METATARSALGIA_N** (categórica: presencia o no de metatarsalgia).
- **PRESIÓN MÁX. EN ANTEPIÉ EN ESTÁTICA** (cuantitativa: presión máxima en estática)

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

- **QPI DE 2°ROCKER** (categórica: presencia o no de queratosis plantar intratable de segundo *rocker*).

De este modo, los coeficientes del modelo llevaron a identificar si las variables favorecen la presencia o no de brevedad de gastrocnemios en los pacientes.

Asimismo, teniendo en cuenta la clasificación interna hecha por el sistema sobre los valores de la variable Gastrocnemios cortos (si/no), los coeficientes negativos indicarían la existencia de una influencia favorable sobre la presencia de gastrocnemios cortos. Sin embargo, contrariamente los positivos no favorecen su presencia.

Se detallan todas las variables con coeficiente (B) negativo:

- Presencia de metatarsalgia (METATARSALGIA_N) con p-valor=0.018
- Existencia de presión estática (PRESIÓN MÁXIMA EN ANTEPIE EN ESTÁTICA) con p-valor=0.043
- Presencia de QPI de segundo *rocker* (QPI DE_2°ROCKER) con p-valor=0.010

(Siendo éstas las que favorecen la brevedad de gastrocnemios cortos y son estadísticamente significativas en cuanto a la presencia de acortamiento de gastrocnemios).

Se valoró la última categoría como la de referencia en las variables cualitativas, se pudo sugerir lo siguiente:

- La probabilidad de tener gastrocnemios cortos si existe QPI de segundo *rocker* es 6.1 veces superior que en los casos sin afectación (asumiendo la constancia del resto de variables).
- La probabilidad de tener gastrocnemios cortos presentando metatarsalgia es 5 veces mayor que los individuos que no la padecen.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

En cuanto a la interpretación de variables cuantitativas mediante OR (Exp (B)) en Regresión Logística, se consideró diferente al caso de las cualitativas.

En ellas, el modelo calcula una OR para determinar la relación entre una variable categórica (Gastrocnemios) y una variable continua (Presión Máxima en Antepié en Estática), mediante una OR promedio para cada cambio unitario de la variable independiente (Presión Máxima en Estática), de tal forma que:

0.992 es la OR o el riesgo de padecer gastrocnemios cortos de un sujeto con una presión determinada con respecto a otro con una unidad de presión superior, asumiendo que dicho riesgo es constante para cada par de valores de presión considerados, al menos en el rango explorado en el estudio.

Por ende, está indicando que entre dos unidades de presión, la diferencia es un valor de 1.01, es decir, que a pesar de ser significativa en la función, prácticamente no influye en la respuesta o la probabilidad de identificar si existe o no gastrocnemios cortos tal y como se establece en el Intervalo de Confianza.

Aunque esta variable (Presión máxima en antepié en estática), apareció como significativa en la función, su IC95% contiene el valor 1, lo que determinó que su influencia en el modelo para discriminar las poblaciones que presentan o no gastrocnemios cortos era muy baja o prácticamente nula.

Bondad del ajuste

A continuación, la **Tabla 88** muestra la variabilidad explicada por el modelo, en el que se alcanza un 55% según el valor de R^2 de Negelkerke (corrección de R^2 de Cox y Snell para la escala 0-1).

También se representa en la **Tabla 89**, la bondad de ajuste del modelo sobre los datos empleados. Con dicho fin, se utilizó la prueba de Hosmer & Lemeshow. Valores de

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

significación a $\alpha > 0.05$ (en este modelo $p = 0.120$) denotan que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores observados y predichos, de tal modo que el modelo puede ser aceptado totalmente.

Es en la **Tabla 90**, donde se pasa a presentar los datos de clasificación obtenidos por dicho modelo; se puede observar los casos predichos (o pronosticados) y los casos observados, consiguiendo así una clasificación parcial de la variable Gastrocnemios SI/NO y una clasificación global.

A partir del Modelo Logístico seleccionado (3 variables explicativas), vemos que la clasificación global es de 83.6% correctamente clasificados.

La sensibilidad, (proporción de Gastrocnemios cortos SI correctamente clasificados) corresponde al 68.8%, siendo éste un valor bastante menor a la especificidad (proporción de Gastrocnemios cortos NO correctamente clasificados) con valor del 93.2%.

Además, se detectan 5 Falsos Positivos (Gastrocnemios NO que han sido clasificados como Gastrocnemios SI) y 15 Falsos negativos (Gastrocnemios SI que han sido clasificados como Gastrocnemios NO).

6.10.2. Elaboración de la Curva ROC para el Modelo de Regresión para el Test de Lunge

La **Tabla 91** muestra la curva ROC (Receiver Operating Characteristic) del Modelo Logístico para Test de Lunge.

Normalmente, este modelo fue utilizado para determinar el nivel de acierto del modelo predictivo; así, valores del área bajo la curva entre 0.5 y 1, indicarían un buen ajuste del modelo a los datos observados, y por debajo de 0.5, señalaría un ajuste al azar.

Asimismo, el modelo escogido para las tres variables explicativas alcanza un valor del Área bajo la curva de 0.861 con un límite inferior de IC 95% de 0.791 y superior de 0.930 con un nivel de significación < 0.001 . Ver **Tabla 92**.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Los valores de la curva *ROC* indican de la Función Logística discrimina correctamente la presencia o no de gastrocnemios cortos a partir de la muestra analizada.

Tabla 87. Función de Regresión para el Test Lunge.

	Variables en la ecuación							I.C. 95% para	
	B	E.T.	Wald	G	Sig.	Exp(B)	EXP(B)		
				1			Inferior	Superior	
Metatarsalgia_ N(1)	-1.603	.667	5.598	1	.018	.201	.053	.760	
Presión máx. en antepié en estática	-.008	.004	4.091	1	.043	.992	.984	1.000	
QPI_ 2° rocker(1)	-1.813	.705	6.611	1	.010	.163	.041	.650	
Constante	6.909	2.637	6.863	1	.009	1001.587			

p-valores 0.18/0.43/0.09 indican que las variables a las que representan favorecen la presencia de gastrocnemios cortos. IC 95%

Tabla 88. Resumen del Modelo Logístico.

RESUMEN DEL MODELO			
PASO	-2 log de la verosimilitud	R cuadrado de Cox y Snell	R cuadrado de Negelkerke
1	99.755 ^a	.407	.552

La variabilidad explicada por el modelo alcanza el 55% según el valor de R2 de Negelkerke

Tabla 89. Resumen del Modelo Logístico.

Prueba de Hosmer y Lemeshow			
PASO	Chi cuadrado	Gl	Sig.
1	12.759	8	.120

El valor de Sig.0.120 (alfa>0.05) denota que el modelo es aceptado

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Tabla 90. Clasificación de los casos para el Test de Lunge.

Tabla de clasificación					
Observado		Pronosticado			
		Gastrocnemios cortos Test Lunge		Porcentaje correcto	
		Si	No		
Paso 1	Gastrocnemios cortos	Si	33	15	68.8
	Test Lunge	No	5	69	93.2
Porcentaje global					83.6

La Clasificación Global es de 83.6% correctamente clasificados

Tabla 91. CURVA ROC para Test de Lunge

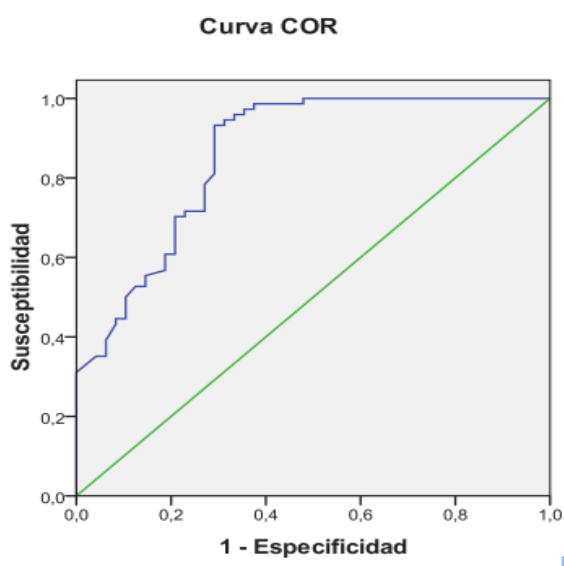


Tabla 92. Estadísticos de la Curva ROC para el Modelo del Test de Lunge.

Área bajo la curva				
Área	Error típ. ^a	Sig. Asintótica ^b	Intervalo de confianza asintótico al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
.861	.035	.000	.791	.930

El área de la curva (0.861(entre 0.5-1)) indica buen ajuste del modelo a los datos observados. El valor del Área bajo la curva de 0.791 con límite inferior y de 0.930 con límite superior indican de la Función Logística que discrimina correctamente la presencia o no de Gastrocnemios Cortos.

Función de Probabilidad

Teniendo en cuenta los valores obtenidos de Metatarsalgia SI (1) y NO (2) y QPI de 2° *rocker* SI (1) y NO (2), se consiguió la siguiente ecuación de Regresión Logística del modelo:

$$\text{Logit (p)} = 6.909 - 1.603 (\text{Metatarsalgia}) - \\ 0.008 (\text{Presión máxima en antepié en estática}) - 1.813 \\ (\text{QPI de 2}^\circ \text{ rocker})$$

6.10.3 Construcción del Modelo de Regresión Logística para Test Silverskiöld

6.10.3.1 Interpretación del Modelo logístico para el Test de Silfverskiöld

Partiendo de los pasos anteriormente comentados en el apartado de Interpretación del Modelo de Regresión Logística para el Test de Lunge, se resume a continuación el modelo para los casos según Test de Silfverskiöld.

Considerando la última categoría como referencia de las variables cualitativas, podemos interpretar lo siguiente:

- La probabilidad de presentar gastrocnemios cortos si se tiene **QPI de segundo rocker** es 4.5 veces mayor que aquellos pacientes que no la manifiestan, asumiendo que el resto de variables permanecen constantes.
- La probabilidad de presentar gastrocnemios cortos si el paciente presenta **Metatarsalgia** es 3 veces mayor que los sujetos que no la manifiestan.
- La probabilidad de presentar gastrocnemios cortos para una unidad de presión determinada es de 1.01 veces mayor que para una unidad de presión menor. Del mismo modo que en el modelo del Test de Lunge, dicha variable, aunque

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

estadísticamente significativa tiene una influencia muy limitada corroborado por su IC95% muy cercano al valor 1.

6.10.3.2. Bondad del ajuste

La **Tabla 93** muestra el resultado del Modelo 4 de Regresión Logística para los casos evaluados por el Test de Silfverskiöld.

La siguiente **Tabla 94**, muestra la variabilidad explicada por el modelo, alcanzando un 46% según el valor R^2 de Negelkerke (corrección de R^2 de Cox y Snell para una escala 0-1).

La **Tabla 95**, representa la bondad de ajuste del modelo sobre los datos empleados, utilizando la prueba de Hosmer & Lemeshow.

Valores de significación $\alpha > 0.05$ (en este modelo $p = 0.283$) indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores observados y predichos, siendo aceptado el modelo obtenido.

La **Tabla 96**, muestra los datos de clasificación del modelo. Así, la clasificación global ha sido de 82% de casos correctamente clasificados, mientras que en la sensibilidad continua siendo bastante menor (64.3%) que la especificidad (91.3%).

Elaboración de la Curva *ROC* para el Modelo de Regresión para el Test Silfverskiöld

La **Tabla 97** representa la Curva *ROC* del modelo para los casos de Test de Silfverskiöld y la **Tabla 98**, los datos conseguidos del área bajo la curva (0.838).

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Tabla 93. Función de Regresión para Test Silverskiöld.

	Variables en la ecuación							I.C. 95% para	
	B	E.T.	Wald	G	Sig.	Exp(B)	EXP(B)		
				1			Inferior	Superior	
Metatarsalgia_N(1)	-1.101	.645	2.910	1	.038	.333	.074	0.778	
Presión máx.en antepié en estática	-.009	.004	4.991	1	.025	.991	.983	.999	
QPI_2ºrocker(1)	-1.497	.665	5.063	1	.024	.224	.061	.824	
Constante	7.326	2.555	8.218	1	.004	1518.805			

p-valores 0.038/0.025/0.024 indican que las variables a las que representan favorecen la presencia de gastrocnemios cortos. IC 95%

Tabla 94. Resumen del Modelo Logístico.

Resumen del Modelo			
PASO	-2 log de la verosimilitud	R cuadrado de Cox y Snell	R cuadrado de Negelkerke
1	107.759 ^a	.333	.459

La variabilidad explicada por el modelo alcanza el 46% según el valor de R2 de Negelkerke

Tabla 95. Prueba de Hosmer&Lemeshow.

Prueba de Hosmer y Lemeshow			
PASO	Chi cuadrado	Gl	Sig.
1	9.752	8	.283

El valor de Sig.0.283 (alfa>0.05) denota que el modelo es aceptado

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Tabla 96. Clasificación de los casos para el Test de Silfverskiöld.

Tabla de clasificación					
Observado		Pronosticado			
		Gastrocnemios cortos Test Silfverskiöld		Porcentaje correcto	
		Si	No		
Paso 1	Gastrocnemios cortos	Si	27	15	64.3
	Test Silfverskiöld	No	7	73	91.3
Porcentaje global					82.0

La Clasificación Global es de 82.0% correctamente clasificados.

Tabla 97. Curva ROC para el Test Silfverskiöld.

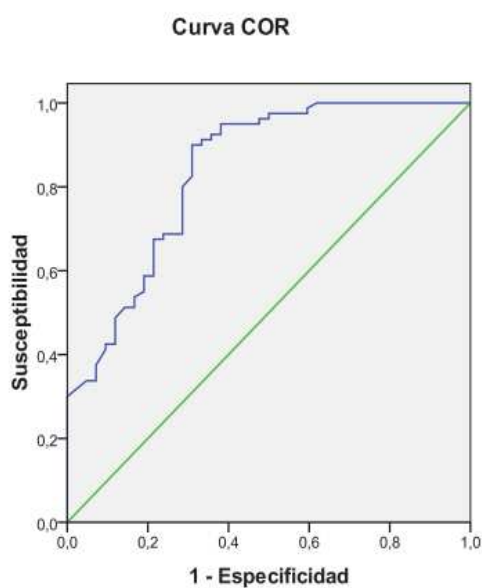


Tabla 98. Estadísticos de la Curva Roc para el Modelo del Test de Silfverskiöld.

Área bajo la curva				
Área	Error típ. ^a	Sig. Asintótica ^b	Intervalo de confianza asintótico al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
.838	.039	.000	.761	.915

El área de la curva (0.838 (entre 0.5-1)) indica buen ajuste del modelo a los datos observados. El valor del Área bajo la curva de 0.761 con límite inferior y de 0.915 con límite superior indican de la Función Logística que discrimina correctamente la presencia o no de Gastrocnemios Cortos.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

6.10.3.3. Función de Probabilidad

Siguiendo los mismos pasos realizados para el Modelo del Test de Lunge, en este caso también se emplearon los mismos valores que para las variables Metatarsalgia SI (1) NO (2) y QPI de 2° *rocker* SI (1) NO (2).

De este modo, la ecuación de Regresión Logística del modelo fue la resultante:

$$\text{Logit (p)} = 7.326 - 1.101 (\text{Metatarsalgia}) - \\ 0.009 (\text{Presión máxima en antepié en estática}) - \\ 1.497 (\text{QPI de 2° } \textit{rocker})$$

6.11. Análisis de Estadística descriptiva de las variables del Modelo 4 en la muestra de validación (Test Sample). Variables cualitativas y cuantitativas

En la tabla presentada seguidamente, **Tabla 99**, se reflejan los descriptivos para variables cualitativas de Metatarsalgia y QPI de 2° *rocker* (N, %) y cuantitativa de Presión máxima en antepié en estática (M+-SD) para cada uno de los Tests (Lunge y Silfverskiöld).

En cuanto a los estadísticos, estos se presentan estratificados en función de la presencia o no de gastrocnemios cortos para cada Test.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Tabla 99. Descriptivos de las variables del Modelo para la Test Sample.

	Test Lunge		Test Silfverskiöld	
	Gastrocnemios SI	Gastrocnemios NO	Gastrocnemios SI	Gastrocnemios NO
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
Metatarsalgia				
SI	30(73.2%)	4 (13.8%)	32 (71.1%)	4 (13.8%)
NO	11 (26.8%)	25 (86.2%)	13 (28.9%)	25 (86.2%)
Presencia QPI				
<i>2º rocker</i>				
SI				
NO	27 (65.9%)	3 (10.3%)	29 (64.4%)	3 (10.3%)
	14 (34.1%)	26 (89.7%)	16 (35.6%)	26 (89.7%)
	M+-SD	M+-SD	M+-SD	M+-SD
Presión máxima en antepié en estática (g/cm2)	728.9 +-62.8	601.9+-68.4	730.8+- 60.6	601.9 +- 68.4

Descriptivo de las variables cualitativas: Metatarsalgia/ Presencia de QPI de segundo *rocker*

Descriptivo de la variable cuantitativa: Presión máxima en antepié en estática.

6.12. Análisis de asociación (inferencia) de las variables con la presencia de Gastrocnemios cortos según el Test Lunge y el Test Silfverskiöld para la muestra de validación (Test Sample)

Tabla 100. Análisis de asociación (inferencia) de las variables con la presencia de gastrocnemios cortos según Test Lunge para la Test Sample. Estadístico exacto de Fisher-bilateral: **U de Mann Whitney Test (sig. exacta bilateral).

Test Lunge	Gastrocnemios cortos SI N (%)	Gastrocnemios cortos NO N (%)	OR (IC 95%)	P
METATARSALGIA			17.05 (4.83; 60.18)	0.000*
SI	30 (73.2%)	4 (13.8%)		
NO	11 (26.8%)	25 (86.2%)		
PRESENCIA DE QPI 2° ROCKER			16.71 (4.30; 65.01)	0.000*
SI	27 (65.9%)	3 (10.3%)		
NO	14 (34.1%)	26 (89.7%)		
	M+-SD	M+-SD	Diferencia M+-SD	P
PRESIÓN MÁX. EN ANTEPIÉ EN ESTÁTICA (g7cm2)	728.9 +- 62.8	601.9 +- 68.4	127.06 +- 5.67	0.000*

Las **Tablas 100 y 101**, presentan los descriptivos (n%) de la muestra de validación para los dos grupos según presencia o no de gastrocnemios cortos definidos mediante Test de Lunge y Test de Silfverskiöld. También, se reflejan los resultados de la Odds Ratio (OR), su Intervalo de Confianza al 95% y la significación estadística (p-valor) de la diferencia de medias o proporciones según escala de la variable.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Asimismo, todas las variables del Modelo 4 en la muestra de validación son claramente significativas ($p < 0.001$) y con valores semejantes de Odds Ratio (OR) y diferencia de medias para ambos tests, en cada una de las variables.

Tabla 101. Análisis de asociación (inferencia) de las variables con la presencia de gastrocnemios cortos según Test Silfverskiöld para la Test Sample. (Estadístico exacto de Fisher-bilateral): **U deMann Whitney Test (sig. exacta bilateral).

Test Silfverskiöld	Gastrocnemios cortos SI N (%)	Gastrocnemios cortos NO N (%)	OR (IC 95%)	P
METATARSALGIA			15.38 (4.47; 52.99)	0.000*
SI	32 (71.1%)	4 (13.8%)		
NO	13 (28.9%)	25 (86.2%)		
PRESENCIA DE QPI 2° ROCKER			15.71 (4.11; 60.11)	0.000*
SI	29 (64.4%)	3 (10.3%)		
NO	16 (35.6%)	26 (89.7%)		
	M+-SD	M+-SD	Diferencia M+-SD	P
PRESIÓN MÁX. EN ANTEPIÉ EN ESTÁTICA (g7cm2)	730.8 +- 60.6	601.9 +- 68.4	128.89 +- 7.88	0.000*

6.13. Resultados de Validación

En este punto del trabajo, una vez conseguido establecer el modelo de predicción, se hizo necesario realizar la validación del mismo.

Concretamente, se llevó a cabo mediante la aplicación del modelo de predicción, obtenido a partir de la muestra para su construcción (*Training Sample*), a una nueva (*Test Sample*); esta última muestra, se trataba de una nueva prospectiva, con nuevos casos y a partir de los cuales

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

conseguieron todos los parámetros necesarios para determinar la presencia de gastrocnemios cortos.

A partir de este proceso, aplicando el *Test Sample*, resultó una matriz de confusión de la que derivaron índices estadísticos que fueron los encargados de informar del comportamiento de la muestra de validación (*Test Sample*). Asimismo, se llevó a cabo la construcción de la curva *ROC* y la estimación del Área bajo la Curva (*AUROC*).

A continuación, se presentan las **Tablas 102 y 103** donde se muestran los modelos de Regresión Logística conseguidos a partir de la muestra original (*Training Sample*) para cada uno de los Tests (Lunge y Silfverskiöld) y que han sido validados con la muestra Test (*Test Sample*).

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Tabla 102. Modelo 4 de Regresión obtenido con la Training Sample (Test Lunge) y aplicado en la Test Sample.

VARIABLES EN LA ECUACIÓN										
			B	E.T	Wald	g	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
						1			INFERIOR	SUPERIOR
METATARSALGIA_N(1)			-1.603	.677	5.598	1	.018	.201	.053	.760
PRESIÓN MÁXIMA. EN ANTEPIE EN ESTÁTICA			-.008	.004	4.091	1	.043	.992	.984	1.000
QPI_2°ROCKER (1)			-1.813	.705	6.611	1	.010	.163	.041	.650
CONSTANTE			6.909	2.637	6.863	1	.009	1001.587		
A. Variable (s) introducida (s) en el paso 1: METATARSALGIA_N, PRESIÓN MÁX. EN ANTEPIE EN ESTÁTICA, QPI DE_2°ROCKER										

La variable Presión máxima en antepié en estática es la menos significativa

Tabla 103. Modelo 4 de Regresión Logística obtenido con la Training Sample (Test Silfverskiöld) y aplicado en la Test Sample.

VARIABLES EN LA ECUACIÓN								
	B	E.T	Wald	g	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
							INFERIOR	SUPERIOR
METATARSALGIA_N(1)	-1.101	.645	2.910	1	.038	.333	.074	0.778
PRESIÓN MÁX. EN ANTEPIE EN ESTÁTICA	-.009	.004	4.991	1	.025	.991	.983	.999
QPI_2°ROCKER (1)	-1.497	.665	5.063	1	.024	.224	.061	.824
CONSTANTE	7.326	2.555	8.128	1	.004	1518.805		
A. Variable (s) introducida (s) en el paso 1: METATARSALGIA_N, PRESIÓN MÁX. EN ANTEPIE EN ESTÁTICA, QPI_2°ROCKER								

La variable Presión máxima en antepié en estática es la menos significativa

6.13.1. Tablas de Clasificación

En las siguientes **Tablas 104 y 105**, se presentan los resultados de clasificación correcta del modelo sobre la muestra original a partir de la cual se llevó a cabo la elaboración (*Training Sample*), así como los propios sobre la muestra de validación (*Test Sample*).

También se realizaron para los valores de cada uno de los Test exploratorios de gastrocnemios cortos (Lunge y Silfverskiöld), dando como resultado las siguientes 4 tablas de Clasificación.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

A partir de éstas, se procedió a la construcción de una tabla que presentó los *índices estadísticos* derivados de la Matriz de Confusión del Modelo (4) de Regresión Logística conseguidos para la muestra original (*Training Sample*) y la de Validación (*Test Sample*) para ambos Tests exploratorios Test de Lunge y Test de Silfverskiöld.

Asimismo, *la clasificación global* correcta del Modelo 4 para la muestra de validación (*Test Sample*), para el Test de Lunge y el Test de Silfverskiöld alcanza el 81.4% y 82.4% respectivamente, porcentaje similar a los datos de Clasificación de la muestra original (*Training Sample*).

Además, en la **Tabla 106**, la *sensibilidad* de la muestra de Validación alcanza valores superiores a 73% para ambos tests. Por lo tanto, ante lo expuesto, identifica mejor los casos que no están aún diagnosticados con presencia de gastrocnemios cortos.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Tabla 104. Tabla de Clasificación (Test de Lunge) de la muestra para la construcción del modelo (Training Sample) y la muestra de validación (Test Sample).

TABLA DE CLASIFICACIÓN							
OBSERVADO		PRONOSTICADO					
		Casos seleccionados (a)			Casos no seleccionados (b, c)		
		Gastrocnemios cortos Test Lunge			Gastrocnemios cortos Test Lunge		
		SI	NO	Porcentaje correcto	SI	NO	Porcentaje correcto
GASTROCNEMIOS CORTOS_ TEST LUNGE	SI	33	15	68.8	31	10	75.6
	NO	5	69	93.2	3	26	89.7
Porcentaje global				83.6			81.4

- a- Casos seleccionados (Training Sample)
- b- Casos no seleccionados (Test Sample)
- c- No se han clasificados algunos de los casos seleccionados debido a perdidos en las variables independientes, o bien, a variables categóricas con valores fuera del rango de los casos seleccionados.
- d- El valor de corte es .500

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Tabla 105. Tabla de Clasificación (Test de Silfverskiöld) de la muestra para la construcción del modelo (Training Sample) y la muestra de validación (Test Sample).

TABLA DE CLASIFICACIÓN							
OBSERVADO		PRONOSTICADO					
		Casos seleccionados (a)			Casos no seleccionados (b)		
		Gastrocnemios cortos Test Silfverskiöld			Gastrocnemios cortos Test Silfverskiöld		
		SI	NO	Porcentaje correcto	SI	NO	Porcentaje correcto
GASTROCNEMIOS CORTOS_ Test Silfverskiöld	SI	27	15	64.3	33	12	73.3
	NO	7	73	91.3	1	28	96.6
Porcentaje global				82.0			82.4

a- Casos seleccionados (Training Sample)

b- Casos no seleccionados (Test Sample)

c- El valor de corte es .500

Tabla 106. Índices estadísticos derivados de la Matriz de Confusión del Modelo 4 de Regresión Logística obtenidos para la muestra de validación para los Tests Lunge (TL) y Silfverskiöld (TS).

Índices estadísticos	Tests Sample TL/TS (%)
Sensibilidad- Proporción de casos con Gastrocnemios cortos predichos correctamente	75.6/73.3
Especificidad - Proporción de casos sin Gastrocnemios cortos predichos correctamente	89.7/96.6
Clasificación Global – Proporción correcta de clasificados considerando todos los casos	81.4/82.4

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

A continuación hacemos referencia a la Frecuencia de la variable de predicción.

En este punto, los gráficos de frecuencia de los valores de probabilidad predichos obtenidos del Modelo (4) para los dos Tests (Lunge y Silfverskiöld), diferenciarían los casos diagnosticados con (S)/sin (N) Gastrocnemios cortos.

Así, dichos gráficos representan la separación entre las poblaciones (S/N) en función de los valores de predicción.

Empleamos el valor 0.5 como punto de corte que sirve para discriminar las poblaciones, cuanto más concentrados estén los casos con Gastrocnemios cortos (S) en valores altos de predicción, mejor modelo resulta. Entonces, cuantos más concentrados en valores bajos de predicción estén los casos no diagnosticados con Gastrocnemios cortos (N), mejor modelo será.

Por ende, estas figuras muestran de forma gráfica lo anteriormente cuantificado con valores de clasificación; se identifica una concentración de cada población en los extremos de la figura.

6.13.2. Curva ROC

En este caso, la Curva *ROC* y el área bajo la Curva (*AUROC*), pretenden ser una alternativa a todos los estadísticos anteriores, y dependen de los valores preestablecidos de corte para su cálculo.

El rango de valores de *AUROC* para un buen ajuste del modelo se considera entre 0.5-1.

Asimismo, los resultados conseguidos en los Tests Lunge y Silfverskiöld para la muestra de validación, fueron de 0.950 y 0.962, respectivamente. Ver Tabla 107 y Tabla 108.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Así, estos valores indican la buena habilidad de ambos modelos para discriminar correctamente los casos diagnosticados, mediante observación, de los casos de gastrocnemios cortos, de los que no lo son.

Tabla 107. Estadísticos de resultados de la Curva ROC para la muestra de validación (Test Sample) para el Test de Lunge.

Área	Error típ.	Sig. asintótica	Intervalo de confianza asintótico al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
.950	.024	.000	.903	.997

El valor del Área 0.950 (entre 0.5-1) indica buena habilidad de discriminar correctamente los casos diagnosticados, de los que no lo son.

Tabla 108. Estadísticos de resultados de la Curva ROC para la muestra de validación (Test Sample) para el Test Silfverskiöld.

Área	Error típ.	Sig. asintótica	Intervalo de confianza asintótico al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
.962	.020	.000	.922	1.000

El valor del Área 0.962 (entre 0.5-1) indica buena habilidad de discriminar correctamente los casos diagnosticados, de los que no lo son.

7. DISCUSIÓN

En podología la valoración de la amplitud articular del tobillo, en concreto, de la dorsiflexión, es una práctica muy habitual. En esta línea de trabajo, son varios los expertos que abordan la relación entre gastrocnemios cortos y la limitación de la dorsiflexión de tobillo (DiGiovanni et al., 2002; Maskill et al., 2010; Meyer et al., 2006).

Al parecer, se ha sugerido que un inadecuado grado de movilidad causaría el aumento de probabilidad de padecer numerosas afecciones del tobillo y pie, provocando alteraciones en el apoyo, y grandes problemas y deficiencias durante la marcha, que cursarían con dolor e inflamación (Abdulmassih et al., 2013; DiGiovanni et al., 2002.; Gómez et al., 2015).

En nuestro trabajo, se ha tratado la particularidad del acortamiento de los músculos gastrocnemios. Esta problemática, tal y como se ha venido demostrando en recientes estudios, puede generar trastornos sobre diferentes estructuras corporales (lumbar, pantorrilla, pie y antepié principalmente).

De hecho, son varios los autores que han destacado el desconcierto general en referencia al papel de la retracción de esta musculatura sobre estructuras funcionalmente importantes como es la fascia plantar. En esta línea, Javier Pascual Huerta (2014) advierte que la conexión anatómica del músculo gastrocnemio con la fascia plantar es una controversia y, al parecer, varía con el paso de los años.



Ilustración 32. Relación anatómica entre el tendón de Aquiles-Calcáneo-Fascia Plantar (Sánchez, 2016).

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Al contrario de lo que podríamos esperar, esta musculatura prácticamente no forma parte de la etiología habitualmente descrita en la exploración clínica podológica. Sin ir más lejos, en el caso del hallux valgus, una de las patologías más comunes del pie, las menciones a una posible relación con los gastrocnemios cortos son escasas.

Asimismo, la metatarsalgia y queratosis plantar intratable de segundo *rocker*, son dos patologías que resultan de la sobrepresión en la fase de máximo apoyo del pie durante la marcha y con posible relación con la presencia de gastrocnemios cortos. Esta posible relación, nos ha servido de base para desarrollar el presente trabajo de investigación.

Gastrocnemios cortos en la población.

Los hallazgos de los resultados sobre el porcentaje de gastrocnemios cortos en la población estudiada nos han parecido destacables; (N=122) para cada test, el 34.4% presentaba gastrocnemios cortos (TS) y 39.3% (TL).

Cabe señalar como antecedentes de esta investigación las aportaciones de diversos autores donde describen que el porcentaje de individuos con gastrocnemio corto es elevado (población normal), y significativamente superior en sujetos con afecciones de tobillo y pie. Di Giovanni et al. 2002 identificó una incidencia de un 88% de gastrocnemios cortos (<10° de dorsiflexión de tobillo) en pacientes con síntomas en antepié u /o mediopié en comparación con una incidencia del 44% en un grupo control de personas asintomáticas. Barouk y Barouk, 2012 describe que la presencia de gastrocnemios cortos en la población es frecuente, del 20% y con mayor predisposición en mujeres.

Otro antecedente importante a discutir, evidenció la relación entre casos que asociaban fascitis plantar y tendón de Aquiles corto (Patel et al., 2011). El estudio observó una contractura del gastrocnemio y el sóleo en fascitis plantar agudas y crónicas, en un 23-30%

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

respectivamente, siendo superior la contractura aislada de gastrocnemio, entre 60% y 52%. Por ende, se pudo confirmar que la retracción del tendón de Aquiles es generada por el acortamiento muscular de gastrocnemio, aunque en determinadas circunstancias colabore también el músculo sóleo.

Importante también ha sido el trabajo de Maskill et al., (2010) en cuya investigación se centraron en el examen de un grupo de 88 pacientes con contractura en gastrocnemio y en él se obtuvo una flexión dorsal de tobillo con rodilla en extensión menor a 10°. En el estudio emplearon uno de los tests utilizados en nuestro estudio, el test de Silfverskiöld.

Barouk y Barouk (2012), uno de los principales expertos en gastrocnemios cortos, confirma que ésta es causa directa o agravante de trastornos del pie y antepié; este hecho sugiere la importancia de establecer una entidad propia y aunar conocimientos creando un único síndrome que englobe todo: “síndrome de los gastrocnemios cortos”.

Sin embargo, la situación actual no hace otra cosa que demostrar una clara ineficacia en el diagnóstico clínico, que queda dificultado por el hecho de dar prioridad y centrar la atención en los equinismos más graves (caso de pacientes espásticos), sin detenerse en primer lugar en lo más común (acortamiento muscular sin origen neurológico), es decir, los grados más moderados y leves.

Es por ello que se ha llevado a cabo un estudio con metodología cuantitativa-cualitativa, cuya hipótesis principal es relacionar la presencia de gastrocnemios cortos con las alteraciones del pie como son la metatarsalgia y queratosis plantar intratable de segundo *rocker*.

Esto se ha conseguido siguiendo la metodología que incluye una exploración física completa valorando el patrón hiperqueratósico y la presencia o no de metatarsalgia (dolor a la hiperpresión en cabezas metatarsales) y queratosis plantar intratable de segundo *rocker*.

Valoración Test de Silfverskiöld y Test de Lunge.

Existen publicados numerosos estudios cuyo objetivo es la búsqueda del método de valoración fiable para medir la dorsiflexión de tobillo, aunque no se ha llegado a un consenso estandarizado por los profesionales sanitarios (Meyer et al., (2006); Moseley et al., (2001)).

A la muestra también se les evaluó la dorsiflexión de tobillo con la rodilla en flexión y en extensión para el diagnóstico de gastrocnemios cortos mediante dos test, Test de Silfverskiöld y Test de Lunge.

En este estudio, en el Test de Silfverskiöld, se prueba con éxito el dinamómetro de fuerza para ejercer los 10N (1.7-2.0 Kg). A través de los años se han utilizado algunos instrumentos de valoración de gran complejidad que los hacen poco útiles en la práctica clínica. DiGiovanni et al. (2002), utilizaba un instrumento de medición complejo, electrogoniómetro (equinómetro), Meyer et al. (2006) propone como trabajo futuro la necesidad estandarizar el método de evaluación del rango de movimiento del tobillo. Por su parte, Charles et al. (2010) utilizan un instrumento complejo que se compone de dos parelogramos móviles. Otros autores en cambio como Barouk, Maceira (Barouk y Barouk, 2014); De los Santos (2012) realizan la dorsiflexión de tobillo con la mano sin instrumento de medición de la fuerza, lo que provocaría una variabilidad de resultados, ya que, es difícil que todos los examinadores realicen una fuerza uniforme de manera repetitiva y entre examinadores, por lo que los valores no serían fiables.

En esta investigación se utilizó el dinamómetro de fuerza para ejercer los 10Nm (1.7-2.0 Kg), instrumento simple y de fácil manejo, obteniéndose resultados repetitivamente fiables y exactos en la medición de la dorsiflexión de tobillo y la aplicación TiltMeter[®] (Williams et al., 2013) para medir la angulación.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Algunos estudios sugieren que las mediciones de la dorsiflexión de tobillo en carga tienen mayor fiabilidad y reflejan con más precisión la dorsiflexión de tobillo (O'shea et al., 2013; Sidaway et al., 2012).

No obstante, en el Test de Lunge se observan ciertas limitaciones que podrían debatir la práctica de esta prueba en la clínica. Por un lado, se trata de un test cuya duración de tiempo de análisis es relativamente largo, y por otro lado, el examinador debe mantener firmemente el talón del paciente en contacto con el suelo leyendo la distancia métrica en una posición poco ergonómica. Además, no se puede determinar con precisión el momento justo en el que el talón deja de contactar con el suelo, ya que al tratarse de un tejido blando lo dificulta (O'shea et al., 2013).

Fenómenos baropodométricos cualitativos en los gastrocnemios cortos y metatarsalgia.

El estudio en posición estática de pacientes con presencia de gastrocnemios cortos y con metatarsalgia (Cortina et al., 2018) presentaron un aumento significativo de la queratosis plantar intratable en la zona de antepié, con un aumento de la hiperpresión centralizada en la zona de 2º, 3º y/o 4º metatarsianos. (Keijsers et al., 2013) y con presencia de queratosis plantar intratable de segundo *rocker* bien definida (circunscrita) justo en las cabezas metatarsales (Hermida, 2012).

El estudio baropodométrico en posición dinámica se pudo observar también una forma de “v” en la línea de presiones. El antepié toca antes el suelo que el retropié, signo indirecto de gastrocnemios cortos; el antepié y/o mediopié contacta con el suelo antes que el retropié y tiene antes una progresión de apoyo hacia atrás antes que la progresión hacia delante del apoyo del antepié. El patrón de normalidad del apoyo no es el normal: *rocker1-rocker2-rocker3*; sino que es: *rocker 2/3- rocker1-rocker2/3* (**Ilustración 33**).

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Se observó un aumento de la velocidad de progresión de los centros de presión sobre retropié, despegue precoz del talón (Barouk y Barouk, 2012).

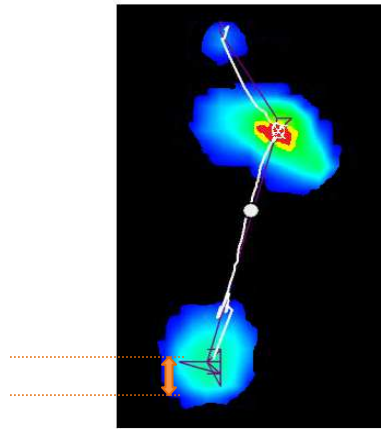


Ilustración 33. Baropodometría en dinámica. Huella que identifica presencia de gastrocnemios cortos.

Observamos hiperpresión en antepié, zona metatarsal central. Falta de apoyo en el retropié, despegue precoz (signo de gastrocnemios cortos) (**Ilustración 33**).

Relación de resultados.

122 sujetos analizados para cada uno de los test han servido para la construcción del modelo de predicción mediante las variables cualitativas y variable cuantitativa: metatarsalgia, QPI de segundo *rocker* y presión máxima en antepié en estática. Con este fin se aplicaron los test paramétricos (T-test) y no paramétricos (Chi-cuadrado de Pearson, U de Mann Whitney). En todos los análisis realizados se ha utilizado el grado de significación del 5% ($\alpha < 0.05$).

Teniendo en cuenta los datos obtenidos a partir de la prueba Test de Lunge (N=122), de los pacientes evaluados el 72.9% que han mostrado acortamiento de gastrocnemios resulta ser mujer, dato que también comparte Barouk y Barouk (2012). Se obtiene un 100% con gastrocnemio corto unilateral, siendo la hiperqueratosis plantar intratable más frecuente la de 2º *rocker* (66.7%). La metatarsalgia aparece en el 66.7% de los casos estudiados (Cortina et al., 2018).

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Según lo evaluado a partir de la prueba Test de Silfverskiöld (N=122), se obtiene un 69% de mujeres con gastrocnemios cortos, por lo que en este caso también son mayoría, dato compartido por Barouk et al. (2012). El 100% con manifestación unilateral, siendo la QPI de segundo *rocker* la más frecuente (64.3%). Aparece Metatarsalgia en el 64.3% de los casos estudiados (Cortina et al., 2018).

Grado de confianza y concordancia para el Test de Lunge y Test de Silfverskiöld.

A través del Chi-cuadrado de Pearson (**Tabla 58**) con un nivel de confianza del 95% obtenemos un p-valor de $0.019 < 0.05$ para el Test de Lunge y $0.001 < 0.005$ para el Test de Silfverskiöld.

Resultados que nos indican que hay asociación entre las dos variables la detección de la presencia de gastrocnemios para cada uno de los test, Lunge y Silfverskiöld.

Además, no hay frecuencias menores de 5 y el valor de la frecuencia esperada mínima es 61.0 (>1) cosa que nos permite validar las condiciones aplicadas en la chi-cuadrado de Pearson.

Así, Con un Intervalo de confianza del 95%, los intervalos de confianza para el porcentaje (%) de personas con gastrocnemios cortos para cada uno de los tests estarían entre el 31.1% y 48.2% para el Test de Lunge y entre 26.6% y 43.2% para el Test de Silfverskiöld.

Otro resultado importante es el obtenido del análisis del grado concordancia entre Test de Silfverskiöld y Test de Lunge, donde reflejan un acuerdo del 100% sobre la muestra (N=94) con un valor de Kappa de 1.000. (**Tabla 60**).

Análisis de Asociación (inferencia) de las variables con la presencia de gastrocnemios cortos según Test de Lunge y Test de Silfverskiöld.

En el siguiente paso de la investigación a partir del análisis de regresión se han determinado las variables que influyen en la presencia de gastrocnemios cortos para cada uno de los test, se aplican test paramétricos (T-test) y no paramétricos (Chi-cuadrado de Pearson, U de Mann Whitney) y aplicando posteriormente técnicas multivariantes entre las variables con significación estadística ($p \leq 0.05$) (**Tablas 66 y Tabla 67**). En ambos test las variables sexo y presión máxima retropié estática (g/cm^2), cuantitativa y cualitativa son las únicas variables que no muestran significación estadística ($p\text{-valor} > 0.05$) con la presencia de gastrocnemios cortos. El resto de variables son las incluidas para el modelo de Regresión Logística.

Modelo de Regresión (Modelo 4).

Tras la exhaustiva metodología de análisis de los coeficientes de cada uno de los modelos de Regresión Logística se selecciona el que cumple el principio de Parsimonia (mínimo número de variables y máxima variabilidad explicada) y que además es congruente e interpretable, el Modelo 4. El Modelo 4 con las variables: metatarsalgia, máxima presión en antepié en estática y queratosis plantar intratable de segundo *rocker* presenta variables que predicen la presencia de gastrocnemios cortos con una probabilidad 5 veces mayor en los casos que presentan metatarsalgia y 6.1 veces mayor en los casos que presentan queratosis plantar intratable de segundo *rocker*.

La variable máxima presión de antepié en estática con un IC 95% que incluye el valor 1, no discrimina bien los casos con gastrocnemios cortos.

Se utiliza la prueba de Hosmer & Lemeshow. Esta prueba es útil cuando el modelo incluye al menos una variable cuantitativa. Valores de significación > 0.05 (en este modelo $p = 0.0748$)

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los valores observados y predichos, por lo que el modelo es válido.

Asimismo los valores obtenidos de la curva *ROC* reflejan que este modelo con las tres variables explicativas discrimina correctamente la presencia o no de gastrocnemios cortos. El valor del área bajo la curva es de 0.861 con un límite inferior de IC 95% de 0.791 y superior de 0.930 con un nivel de significación <0.001.

Validación del Modelo 4.

Se realiza la validación del Modelo 4 con una nueva muestra prospectiva de 74 nuevos pacientes.

Interpretación de la validación del Modelo 4 Logístico para el Test de Lunge.

Estas tres variables son estadísticamente significativas con valores de (p) asociados al estadístico de Wald inferiores a 0.05 para cada población analizada a partir de Lunge test. De modo que, si los coeficientes de la función indican la relación con la presencia de gastrocnemios cortos, el análisis de las Odds Ratio (Exp (B)), como medida de riesgo, informan que la probabilidad de tener gastrocnemios cortos, en el caso de presentar queratosis plantar intratable de segundo *rocker* resulta 6.1 veces mayor que aquellos pacientes que no la padecen, y 5 veces mayor si presenta metatarsalgia.

Interpretación de la validación del Modelo 4 Logístico para el Test de Silfverskiöld.

En cuanto al modelo para los casos valorados mediante el Test de Silfverskiöld, señalan que la variable metatarsalgia es significativa (p valor=0.038) siendo 3 veces mayor la probabilidad de tener gastrocnemios cortos. No obstante, se observa que la presencia de QPI

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

de segundo *rocker* es una variable significativa ($p=0.024$), mostrando una probabilidad de manifestar gastrocnemios cortos 4.5 veces mayor.

Variable Presión Máxima Presión en Antepié en Estática.

En el caso de la variable de máxima presión en antepié en estática se obtiene una relación estadísticamente significativa, a nivel univariante, con valores de presión superiores para la población gastrocnemios cortos, siendo la magnitud de la diferencia de medias superior a 70g/cm^2 . A pesar de ello, en ambos modelos logísticos (poblaciones Lunge y Silfverskiöld) dicha variable aporta una información muy limitada ($\text{OR}=0.99$ e $\text{IC } 95\% = 0.983-0.999$ valores muy cercanos a 1) a la hora de discriminar las poblaciones y, por lo tanto, conlleva un valor predictivo escaso y una influencia nula en la detección de gastrocnemios cortos; por lo tanto queda descartada.

También, para ambos modelos, se ha realizado un análisis de la bondad de ajuste para los datos obtenidos, cuyos valores conseguidos en las pruebas Hosmer & Lemeshow, indican que se ajustan correctamente a los datos predichos ya que su porcentaje para el Test de Lunge y Test de Silfverskiöld es de 83.6% y 82% (valores de significatividad $\alpha > 0.05$ y $p=0.120$), de tal modo que el modelo puede ser aceptado totalmente.

Las clasificaciones derivadas de la tabla cruzada entre datos observados y predichos, consiguen un porcentaje de clasificación correcta global superior al 82%. La especificidad (proporción de pacientes Gastrocnemios cortos NO, correctamente clasificados), con valores de 91% y 93% (Test de Silfverskiöld y Test de Lunge respectivamente).

Curva ROC para el Modelo de Regresión para el Test de Lunge y Test de Silfverskiöld.

Otro valor relevante es la curva *ROC* donde los resultados para el Test de Lunge y Test de Silfverskiöld son 0.950 y 0.960 (un buen ajuste se considera entre 0.5-1.0) indicadores de la

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

buena habilidad de ambos modelos para discriminar correctamente los casos diagnosticados de gastrocnemios cortos, de los que no lo son.

Finalmente, cabe destacar que se ha conseguido un modelo que sigue el principio de parsimonia, definido únicamente por tres variables, todas ellas de fácil obtención y, por consiguiente, que cumplen su objetivo clínico de aplicabilidad en el diagnóstico de gastrocnemios cortos.

Hay que concretar que el Modelo 4 ha estado compuesto por las variables: METATARSALGIA, MÁXIMA PRESIÓN EN ANTEPIÉ EN ESTÁTICA, QUERATOSIS PLANTAR INTRATABLE DE SEGUNDO *ROCKER*.

En definitiva, de los resultados obtenidos en el informe de validación, se puede señalar que el Modelo (4) es fiable, robusto y adecuado de cara a la predicción del problema de gastrocnemios cortos.

Propuestas y perspectivas de futuro.

El estudio establece la relación de los gastrocnemios cortos con las alteraciones del antepié como son la metatarsalgia y la queratosis plantar intratable de segundo *rocker*; por lo tanto, la inclusión del diagnóstico de gastrocnemios cortos dentro de la rutina de evaluación clínica, permitiría un diagnóstico temprano en la presencia de gastrocnemios cortos, y ello supondría un beneficio notable en el manejo de las alteraciones del antepié descritas.

También, resultaría interesante valorar si ello supondría un mejor tratamiento de los problemas de metatarsalgias y queratosis intratable plantar de segundo *rocker*.

Sería recomendable el estudio y más publicaciones de las presiones plantares por parte del colectivo científico para conocer el reparto de las presiones plantares en el pie normal,

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

pudiendo comparar de esta forma, los cambios de presiones plantares en diversas alteraciones del pie. De esta forma podríamos elaborar un diagnóstico más exacto.

La fiabilidad intraobservador utilizando el dinamómetro ha sido buena, se sugeriría la realización de un futuro estudio interobservador.

8. CONCLUSIONES

1. El Modelo Predictivo es fiable, robusto congruente, interpretable y adecuado para predecir la presencia de gastrocnemios cortos. Modelo definido por tan sólo tres variables (metatarsalgia, queratosis plantar intratable de 2º *rocker* y máxima presión en antepié en estática) que cumplen el principio de Parsimonia (mínimo de variables y máxima variabilidad) siendo además todas ellas de fácil obtención y por tanto útil en su objetivo clínico de aplicabilidad en la detección de gastrocnemios cortos.

Los valores de la curva *ROC* de este modelo confirman que éste discrimina correctamente la presencia o no de gastrocnemios cortos. Alcanza un valor del área bajo la curva de 0.861 con un límite inferior de IC 95% de 0.791 y superior de 0.930 (nivel de significación de <0.001).

2. Se confirma que existe una relación directa entre gastrocnemios cortos y alteraciones del pie como la metatarsalgia.

3. La probabilidad de presentar gastrocnemios cortos si el sujeto presenta metatarsalgia, es 3 veces mayor que los sujetos que no la manifiestan según el Test de Silfverskiöld.

Según el El Test de Lunge la probabilidad de presentar gastrocnemios cortos si el sujeto presenta metatarsalgia es 5 veces mayor que los sujetos que no la manifiestan.

4. Se confirma que existe una relación directa entre los gastrocnemios cortos y alteraciones del pie como la queratosis plantar intratable de segundo *rocker*.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

5. La probabilidad según el Test de Silfverskiöld de presentar gastrocnemios cortos si se padece queratosis plantar intratable de segundo *rocker* es 4.5 veces mayor que los sujetos no la manifiestan.

En el Test de Lunge la probabilidad de presentar gastrocnemios cortos si el sujeto presenta queratosis plantar intratable de segundo *rocker* es 6.1 veces mayor que los sujetos que no la manifiestan.

6. La tercera variable analizada del modelo predictivo que hace referencia a la máxima presión en el antepié no influye en la probabilidad de presentar gastrocnemios cortos.

7. La población estudiada en el presente estudio concluye el importante porcentaje de individuos con gastrocnemios cortos, 39.3% individuos detectados en el Test de Lunge y 34.4 % individuos detectados en el Test de Silfverskiöld.

8. El uso del dinamómetro ha proporcionado la exactitud en la medición de la fuerza exacta de 1.7-2.0 Kg en la dorsiflexión de tobillo en el Test de Silfverskiöld, proporcionándonos valores fiables.

El dinámometro ha representado ser una herramienta sencilla y útil en la medición de la dorsiflexión de tobillo (Test de Silfverskiöld).

9. Se confirma que ambos modelos, Test de Lunge y Test de Silfverskiöld discriminan correctamente los casos diagnosticados de gastrocnemios cortos de los que no son.

9. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

1. Abassian, A., Kohl-Katsoulis, J., Solan, M. C. (2012). Proximal medial Gastrocnemius release in the treatment of recalcitrant plantar fasciitis. *Foot and Ankle International*, 33(1), 14-19.
2. Abdulmassih, S., Phisitkul, P., Femino, J. E., Amendola, A. (2013). Triceps surae contracture: implications for foot and Ankle surgery. *Journal American Academy Orthop Surgery*, 21(7), 398-407.
3. Amis, J. (2014). The gastrocnemius: a new paradigm for the human foot and ankle. *Foot and Ankle Clinics*, 19(4), 637-647.
4. Anderson, J. G., Bohay D. R., Eller, E. B., Witt, B. L. (2014). Gastrocnemius recession. *Foot and Ankle Clinic North America*, 19, 767-786.
5. Antrobus J. N. (1984). The primary deformity in Hallux Valgus and metatarsus primus varus. *Clinic Orthopedic Related Research.*, 184, 251-255.
6. Aout, K., Aerts, P., Clercq, D., Meester, K., Elsacker, L. (2002). Segment and joint angles of hind limb during bipedal and quadrupedal walking of the bonobo (*pan paniscus*). *Journal Physical Anthropology*, 119, 37-51.
7. Arandes, R., Viladot, A. (1956). Biomecánica del calcáneo. *Medicina Clínica*, 21(1), 25.
8. Balius, R. (2005). Cicatrices fibrosas. En Balius (Ed.), *Patología muscular en el deporte*, (pp.103-108). Barcelona: Masson.
9. Balius, R., Alomar, X., Rodas, G., Miguel-Pérez, M., Pedret, C., Dobado, M. (2013). The Soleus muscle: MRI, anatomic and histologic finding in cadavers with clinical correlation of strain injury distribution. *Skeletal Radiology*, 42, 521-530.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

10. Barouk, L. S., Diebold, P., Chiappara, P., Goldcher, A., Maestro, M., Themar-Noël, C. (1991). Hallux valgus congénital, symposium Médecine et chirurgie du Pied. Expansion scientifique française, 16, 7-23.
11. Barouk, L. S., (2005). Liberation proximale de gastrocnémiens. Reconstructions de l'avant pied (pp. 158-167). Paris: Ed. Springer-Verlag.
12. Barouk, L. S., Barouk, P. (2006). Brièveté des Gastrocnémiens. Compte rendu du symposium Congrès AFCP, SFMCP. Maitrise Orthopedique, 159, 21-28.
13. Barouk, L. S. (2006). The main forefoot pathologies. En L.S. Barouk (Ed.), Forefoot reconstruction, (pp.179-282). París: Springer.
14. Barouk, L. S., Barouk, P. (2012). Introducción General. En L.S. Barouk y P. Barouk (Eds.), Gastrocnemios cortos: De la anatomía al tratamiento, (pp.19-21). Francia: Sauramps Medical.
15. Barouk, L. S., Barouk, P. (2012). Gastrocnemios cortos. Revista del Pie y Tobillo, 26(2), 7-13.
16. Barouk, L.S., Barouk, P. (2014). Clinical Diagnosis of Gastrocnemius Tightness. Foot Ankle Clinic, 19, 659–667.
17. Bauman, I. U., Koch, H. G. (1989). Ventrale aponeurostische verlängerung der musculus gastrocnemius. Arthropology Traumatology, 1, 254-258.
18. Bennell, K. L., Talbot, R., Wajswelner, H., Techovanich, W., Kelly, D. (1998). Intra-rater and Inter-tester reliability of a weightbearing lunge measure of ankle dorsiflexion. Australian Physiotherapy, 24(2), 211-217.
19. Bonnel, F., Pilon, F., Claustre, J. (1986). Le talon: structure et biomécanique. En Claustre (Ed.), Pathologie du talon, (pp.156-158). París: Masson.
20. Cañellas, A., Viladot, R., Cañellas, A. (2012). Paleopatología del tendón de Aquiles corto y evolución de la marcha humana. Medicina Balear, 27(3), 8-14.

21. Carlt, T., Barrett, S. L. (2005). Cadaveric assessment of the gastrocnemius aponeurosis to assist in the preoperative planning for two portal endoscopic gastrocnemius recession (ERG). *The foot*, 15(3), 137-140.
22. Cazeau, C. (2007). Analyse biomécanique d'une spécificité de la bipédie humaine: la mise en flexion dorsale de la cheville à l'appui. *Biométrie Humaine et Anthropologie*, 31-39.
23. Chan, O., Malhotra K., Buraimoh, O., Cullen, N., Welck, M., Goldberg, A.,... Singh, D. (2019). Gastrocnemius tightness: A population based observational study. *Foot and Ankle Surgery*, 25(4), 517-522.
24. Charles, J., Scutter, S. D., Buckley, J. (2010). Static ankle joint equinus: toward a standard definition and diagnosis. *Journal American Podiatric Medical Association*, 100, 195–203.
25. Chow, R. S., Medri, M. K., Martin, D. C., Leekam, R. N., Agur, A. M., McKee, N. H. (2000). Sonographic Studies of human soleus and gastrocnemius muscle architecture: gender variability. *European Journal Applied Physiology*, 82(3), 236-244.
26. Comité Federal sobre Terminología Anatómica, Sociedad Anatómica Española. (2001). Terminología anatómica: terminología anatómica internacional. Médica Panamericana.
27. Cortina, R. E., Morris, B. L., Vopat, B. G. (2018). Gastrocnemius Recession for Metatarsalgia. *Foot and Ankle Clinical*, 23(1), 57-68.
28. Coughlin, M. J., Jones, C. P. (2007). Hallux valgus: Demographics, etiology and radiographic assessment. *Foot and Ankle International*, 28(7), 759-777.
29. Cummins, E. J., Anson, B. J., Carr B. W., Wright, R. R. (1946). The structure of the calcaneal tendón (of Achilles) in relation to orthopedic surgery. *Surgical Gynecol Obstetrics*, 83, 107-156.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

30. De los Santos, R., Morales, P., Payo, J., Escalera, J. (2011). Liberación proximal del gastrocnemio medial por mínima incisión. *Revista del Pie y Tobillo*, 25(1), 42-46.
31. De Prado, M., Ripoll, P. L., Golano, P. (2005). *Cirugía percutánea del pie. Técnicas quirúrgicas. Indicaciones. Bases anatómicas*. Barcelona: Elsevier Masson.
32. DiGiovanni, C. W., Kuo, R., Tejwani, N., Price, R., Hansen, S. T., Cziernecki, J. (2002). Isolated gastrocnemius tightness. *Journal Bone Joint Surgery*, 84(6), 962–970.
33. Di Giovanni, C. W., Langer, P. (2007). The role of isolated gastrocnemius and combined Achilles contractures in the flatfoot. *Foot and Ankle Clinics*, 12, 363-379.
34. Downey, M. S., Banks, A. S. (1989) Gastrocnemius recession in the treatment of nonspastic ankle equinus. A retrospective study. *Journal American Podiatric Medical Association*, 79, 159–174.
35. Drake, R. L, Volg, W., Mitchell, A. W. N. (2007). *Gray Anatomía para estudiantes*. España: Elsevier.
36. Duthon, V. B., Lübbeke, A., Duc, S. R., Stern, R., Assal, M. (2001). Non Insertional Achilles tendinopathy treated with gastrocnemius lengthening. *Foot and Ankle International*, 32(4), 375-379.
37. Ekstrand, J., Hagglund, M., Waldén, M. (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *American Journal Sports Medicine*, 39(6), 1226-1232.
38. Espinosa, C., Gallart, J. (1998). Sistema Aquileo-calcáneo-plantar. *Revista Española de Podología*, 9(6), 283-298.
39. Firpo, C. A. N. (2010). *Sociedad Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología (SECOT). Manual de Cirugía Ortopédica y Traumatología*. 2ª edición. Argentina: Panamericana.
40. Giannestras, N. J. (1954). Shortening of the metatarsal Shaft for the correction of plantar queratosis. *Clinic Orthopedic*, 4, 225-231.

41. Golanó, P., Dalmau, A. M., Vega, J. (2012). Anatomía general y quirúrgica del músculo tríceps sural. En L.S. Barouk y P. Barouk (Eds.), *Gastrocnemios cortos* (pp.25-55). Paris: Medical Sauramps.
42. Gómez, F., Ayala, F., Cejudo, A., Sainz, P., Santoja, F. (2015). Efecto del nivel de experiencia clínica del examinador sobre la validez de criterio y fiabilidad inter-sesión de cinco medidas del rango de movimiento de la flexión dorsal del tobillo. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(3), 123-134.
43. Griffiths, I. (2010). The Lunge Test; forget ankle range, think ankle stiffness. *SportsPodiatry*. Recuperado en:
<https://sportpodiatryinfo.wordpress.com/2010/02/28/the-lunge-test-forget-ankle-range-think-ankle-stiffness/>
44. Hall, J. E., Salter, R. B., Bhalla, S. K. (1967). Congenital short tendo calcaneus. *Journal Bone Joint Surgery*, 49, 695–697.
45. Haro, A., Didomenico, L. (2007). Frontal Plane-Guided Percutaneous Tendo Achilles' Lengthening. *Foot and Ankle Surgery*, 46(1), 55-61.
46. Hermida, L. F. (2012). Metatarsalgia propulsiva. Tratamiento con la osteotomía triple de Maceira. *Anales Médicos*, 57(2), 118-122.
47. Hill, R. S. (1995). Ankle equinus. Prevalence and linkage to common foot pathology. *Journal American Podiatric Medical Association*, 85, 295–300.
48. Huijing, P. A., Ettema, J. C. (1989). Length force characteristics of aponeurosis in passive muscle and during isometric and slow dynamic contractions of rat gastrocnemius muscle. *Acta Morphologica Neerando-l Scandinavica*, 26, 51-62.
49. Besse, J. L. (2017). Metatarsalgia. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 103(1), 29-39.

50. Kapandji, I. A. (1997). Cuadernos de Fisiología Articular. Barcelona: Masson.
51. Keijsers, N. L. W., Stolwijk N. M., Louwerens J. W. K., Duysens J. (2013). Classification of forefoot pain based on plantar pressure measurements. *Clinical Biomechanics*, 28(3), 350-356.
52. Kendall, E., Peterson, F., Geise, P. (2000). Músculos: pruebas, funciones y dolor postural. Madrid: Marban.
53. Kilmartin, T. E., Wallace, W. A. (1992). The significance of pes planus in juvenile hallux valgus. *Foot and Ankle*, 13, 53-56.
54. Kirby, K. (2012). Biomecánica del pie y la extremidad inferior III: Artículos del 2002-2008. En K. Kirby (Ed.), *Biomecánica del Hallux Limitus* (pp.142-145). Estados Unidos: Precision Intricast.
55. Kowalski, C., Diebold, P., Pennecot, G.F. (1999). Le tendon calcanéen court. París: Elsevier Masson.
56. Kowalski, C. (2004). Rôle pathogénique de la brevité du gastrocnémien dans les métatarsalgies. *Médecine et chirurgie du pied*, 20(1), 3-5.
57. Laffenêtre, O., Fourteau, C., Darcel, V., Chauveaux, D. (2012). Hallux valgus: definición, fisiopatología, exploración física y radiográfica, principios del tratamiento. *EMC-Podología*, 14(1), 1-11.
58. Landin, D., Grodesky, J., Myers, J. (2002). The function of gastrocnemius as a Knee flexor at selected Knee and ankle angles. *Journal Electromyography Kinesiology*, 12(5), 385-390.
59. Lavery, L. A., Armstrong, D. G., Boulton, A. J. (2002). Ankle equinus deformity and its relationship to high plantar pressure in a large population with diabetes mellitus. *Journal American Podiatric Medicine Association*, 92, 479-482.

60. Leal, V. (2011). Sistema Aquileo Calcáneo Plantar. *Biomecánica*, 19(1), 35-43.
61. Llanos Alcázar, L. F., Maceira, E. (2007). En Nuñez-Samper, M, Llanos Alcázar LF. *Biomorfología. Biomecánica, medicina y cirugía el pie*. Barcelona: Editorial Masson.
62. Maceira, E. (2003). Aproximación al estudio del paciente con metatarsalgia. *Revista del Pie y tobillo*, 17(2), 14-19.
63. Maestro, M., Kowalski, C., Ferre, B., Bonnel, F. (2013). Músculos gastrocnemios cortos. *EMConsulte-Podología*, 15(4), 1-17.
64. Malhotra, K., Chan, O., Cullen, M., Welck, M., Goldberg, A. J., Cullen, N., Singh, D. (2018). Gastrocnemius tightness in patients with foot and ankle pathology. *Bone Joint Journal*, 100(B), 945-952.
65. Maluf, K. S., Mueller, M. J., Strube, M. J., Engsborg, J. R., Johnson, J. E. (2004). Tendon Achilles lengthening for the treatment of neuropathic ulcers causes a temporary reduction in forefoot pressure associated with changes in plantar flexor power rather than ankle motion during gait. *Journal Biomechanics*, 37, 897–906.
66. Mann, R. A., and Coughlin, M. J. (1981). Hallux valgus - etiology, anatomy, treatment and surgical considerations. *Clinical Orthopaedics*, 157, 31-41.
67. Mann, R. A., and Coughlin, M. J. (1993). Adult hallux valgus. En R. A. Mann y M. J. Coughlin (Eds.), *Surgery of the Foot and Ankle*, (pp. 167-296). St. Louis: Mosby-Year Book.
68. Martínez, A., Cuevas, J. C., Sánchez, R., Pascual, J., Sánchez, E. (2008). *Revista Española de Cirugía Ortopedia y Traumatología*, 52(2), 94-98.
69. Maskill, J. D., Bohay, D. R., Anderson, J. G. (2010). Gastrocnemius recession to treat isolated foot pain. *Foot and Ankle International*, 31, 19–23.

70. Mayich, J., Novack, A., Vena, D., Daniels, T. R., Brodsky, J. W. (2013). Gait analysis in orthopedic foot and ankle surgery-topical review. *Foot and Ankle International* 35(1), 80-90.
71. Meyer, D. C., Werner, C. M., Wyss, T., Vienne, P. (2006). A mechanical equinometer to measure the range of motion of the ankle joint: interobserver and intraobserver reliability. *Foot and Ankle International*, 27, 202–205.
72. Miguez, A. (1998). Osteotomía metatarsiana distal en el tratamiento de las metatarsalgias centrales. *Revista de la Asociación Argentina de Ortopedia y Traumatología*, 59(3), 272-280.
73. Monteagudo, M., Maceira, E., Garcia-Virto, V., Canosa, R. (2013). Chronic plantar fasciitis: Plantar fasciotomy versus gastrocnemius recession. *International Orthopedics*, 37, 1845–50.
74. Moseley, A. M., Crosbie, J., Adams, R. (2001). Normative data for passive ankle plantarflexion-dorsiflexion flexibility. *Clinical Biomechanics*, 16, 514-521.
75. Nayak, S. R., Krishnamurthy, A., Ramanathan, L., Ranade, A. V., Prabhu, L. V., Jiji, P. J., Rai. R., et al. (2010). Anatomy of plantaris muscle. *Clinical Therapeutics*, 161(3), 249-252.
76. Neiger, H. (1998). Estiramientos analíticos manuales. Técnicas pasivas. Madrid: Panamericana.
77. Nester, C., Bowker, P., Bowden, P. (2002). Kinematics of the midtarsal joint during standing leg rotation. *Journal American Podiatric Medical Association*, 92(2), 77-81.
78. Olewnik, L., Wysiadecki, G., Polguy, M., Topol, M. (2017). Anatomic study suggest that the morphology of the plantaris tendon may be related to Achilles tendonitis. *Surgery Radiology Anatomy*, 39(1), 69-75.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

79. O'shea, S., Grafton, K. (2013). The intra and inter-rater reliability of a modified weight-bearing lunge measure of ankle dorsiflexion. *Manual Therapy*, 18, 264-268.
80. Palastaga, N., Field, D., Soames, R. (2000). *Anatomía y Movimiento Humano: Estructura y funcionamiento*. Argentina: Paidotribo.
81. Palazzi, F., Cibeira, J. L., Dib, O., Viso, R., Medina, J. R. (1998). Alargamiento del gastrocnemio según la técnica de Vulpius para corrección del equino en el espástico. *Revista Española Ciugar Osteoarticular*, 33, 109-113.
82. Pascual, J. (2014). The gastrocnemius: The effect of the gastrocnemius on the plantar fascia. *Foot and Ankle Clinics*, 19(4), 701-718.
83. Patel, A., DiGiovanni, B. (2011). Association between Plantar Fasciitis and Isolated contracture of the Gastrocnemius. *Foot and Ankle International*, 32(1), 5-8.
84. Pauk, J., Daunoraviciene, K., Ihnatouski, M., Griskevicius, J., Raso, J. V. (2010). Analysis of the plantar pressure distribution in children with foot deformities. *Acta Bioengineering Biomechanics*, 12(1), 29-34.
85. Pérez, F. (2013). Fasciotomía gemelar en el tratamiento de la talalgia. Trabajo de Investigación. Universidad Autónoma de Barcelona. Indicaciones. Bases anatómicas. Barcelona: Masson.
86. Perry J. (1992). Gait analysis, normal and pathological function. *Journal Sports Science and Medicine*, 9(2), 353.
87. Rabat, E., Escolá, J., Solan, A. (2008). Alargamiento Endoscópico del Gastrocnemio. XVIII Congreso de la SECMPT. Tenerife.
88. Rodríguez, A. L., Nectalí, M. A. de Cea R., Martín, J., Benito, A., Álvarez, L. (2003). Datos normativos para la elongación del músculo tríceps sural mediante goniometría. *Fisioterapia*, 25(1), 35-43.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

89. Root, M. L., Orien, W. P., Weed, J. H. (2012). *Función normal y anormal del pie*. Barcelona: Base.
90. Rouviere, H., Delmas, A. (2005). *Anatomía Humana*. Barcelona: Masson.
91. Shaw, H. M., Vázquez, O. T., McGonagle, D., Bydder, G., Santer, R. M., Benjamin, M. (2008). Development of the human Achilles tendon enthesis organ. *Journal Anatomy*, 213(6), 718-724.
92. Sidaway, B., Enloth, T., Caron, H., Piskura, M., Clancy, J., Aide A. (2012). Comparing thereability of a trigonometric technique to goniometry and inclinometry in measuring ankle dorsiflexion. *Gait Posture*. 36, 335-339.
93. Silfverskiöld, N. (2012). Reduction of the uncrossed two joints muscles of the leg to one-joint muscles in spastic conditions. *Revista del Pie y Tobillo*, 26(2), 7-13.
94. Silver, R. L., Garza, J., Rang, M. (1985). The myth of muscle balance. *Journal Bone Joint Surgery British*, 67(3), 432-437.
95. Snow, S. W., Bohne, W. H. O., Dicarolo, E., Chang, N. K. (1995). Anatomy of the Achilles tendon and plantar fascia in relation to the calcaneus in various age groups. *Foot and Ankle International*, 16(7), 418-421.
96. Stecco, C., Corradin, M., Macchi, V., Morra, A., Porzionato, A., Biz, C., De Caro, R. (2013). Plantar fascia anatomy and its relationship with Achilles tendon and paratenon. *Journal Anatomy*, 223(6), 665-676.
97. Strauss, R. J. (1985). Minimal incision closing base Hedges. *Clinic Podiatry*, 2(3), 477-482.
98. Sun, J. S., Hou S. M., Lu, K. S., Hang, Y. S., Liu, T. K., Cheng, C. K. (1995). Biomechanical properties of the triceps surae muscle after limb lengthening. *Clinical Biomechanics*, 10(5), 263-267.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

99. Tortora, J., Gerard, G., Reynolds, G. (2002). Principios de anatomía y fisiología. Músculos que mueven el pie y sus dedos. EEUU: Oxford University Press.
100. Viladot, R., Cañellas, A., Cañellas, A. (2012). Paleopatología del sistema gastro-soleo-aquíleo-calcaneo-plantar. Gastrocnemios cortos. De la anatomía al tratamiento. Montpellier: Sauramps Medical, 67-75.
101. Williams, C. M., Caserta, A. J., Haines, T. P. (2013). The TiltMeter app is a novel and accurate measurement tool for the weight bearing lunge test. Journal Science Medicine Sport, 16(5), 392–395.
102. Ziltener, J. L., Allet, L., Monnin, D. (2005). Le stretching, un mythe et des constats. Journal Traumatology Sport, 22(2), 112-115.

10. ANEXOS

10.1. Documento (e-mail) de aprobación del Comité Científico (CEIC)

De: Valentin Freijo Gutierrez <vfreijo@tauli.cat>
Enviado: jueves, 22 de septiembre de 2016 13:21
Para: Mar Torres
Asunto: Env: Resultat sessió CEIC dia 13/9/2016 (2016/600)

Assumpte: Avaluació de modificació rellevant

2016/600 aprovat el 8/07/2016

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia, queratosis plantar intratable de 2º rocker, hallux valgus y la pronación.

Promotor: Mar Torres Cobacho.

Benvolgut/da,

El Comitè Ètic d'Investigació Clínica, en la seva sessió del 26 de juliol de 2016, va avaluar la modificació substancial del projecte a dalt referenciat, del qual ets investigador/a principal, d'acord amb el previst al Reial Decret 1090/2015 i del reglament (UE) 536/2014 i va decidir donar la seva aprovació.

Cordialment,

Coloma Moreno.

Antònia Farré

Unitat de Suport a la direcció

Institut d'Investigació i Innovació Parc Taulí



10.2. Documento informativo al paciente referente al estudio. Página 1/2



HOJA DE INFORMACIÓN AL PACIENTE

TÍTULO DEL ESTUDIO

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia, IPK de 2º Rocker, Hallux Valgus y la pronación

PROMOTOR

Dña. Mar Torres Cobacho, podóloga y doctoranda en la Universidad Católica de Valencia.

INVESTIGADOR PRINCIPAL

Dr. Valentín Freijo Gutiérrez, Servicio de Medicina Física y Rehabilitación. Tel 937231010 (extensión: 24003). Hospital Sabadell. Servicio ubicado en edificio Albada planta 0

INTRODUCCIÓN

Nos dirigimos a usted para informarle sobre un estudio de investigación en el que se le invita a participar. El estudio ha sido aprobado por el Comité ético de Investigación Clínica de la Corporación Hospitalaria Parc Taulí de Sabadell de acuerdo con la legislación vigente.

Nuestra intención, es tan sólo que usted reciba la información correcta y suficiente para que pueda evaluar y juzgar si quiere o no participar en este estudio. Para ello lea ésta hoja informativa con atención y nosotros le aclararemos las dudas que le puedan surgir después de la explicación. Además, puede consultar con las personas que considere oportuno.

PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA

Debe saber que su participación en este estudio es voluntaria y que puede decidir no participar o cambiar su decisión y retirar el consentimiento, en cualquier momento, sin que por ello se altere la relación con su médico o fisioterapeuta, ni se produzca perjuicio alguno en su tratamiento.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO

El acortamiento de los gemelos (músculo en la parte posterior de la pierna) puede verse por una flexión del tobillo limitada, y puede estar relacionada con la adquisición de diferentes patologías del pie y de la rodilla.

El objetivo de este estudio es valorar si el acortamiento de los gemelos puede favorecer algunas alteraciones en el pie, como el hallux valgus (juanete) o dolores en el pie.

Si usted participa en el estudio le realizaremos una exploración de su pie con pruebas no invasivas que nos permitirán conocer el estado de los gemelos y de los pies. Las pruebas tendrán una duración total de 15-20 minutos.

10.3. Documento informativo al paciente referente al estudio. Página 2/2



BENEFICIOS Y RIESGOS DERIVADOS DE SU PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO

No existe ningún riesgo para usted el hecho de participar en el estudio, ya que será realizado por personal adecuado y especializado en la materia y habituado a tratar con pacientes como usted.

Es posible que no obtenga ningún beneficio para su salud por participar en este estudio pero por otra parte, es importante destacar que su colaboración aportará beneficios a la sociedad y avances en el diagnóstico, tratamiento y pronóstico de las lesiones del pie.

CONFIDENCIALIDAD

El tratamiento, la comunicación y la cesión de los datos de carácter personal de todos los sujetos participantes se ajustará a lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, del 13 de Diciembre, de protección de datos de carácter personal. De acuerdo a lo que establece la legislación mencionada, usted puede ejercer los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación de datos, para lo cual deberá dirigirse a la persona de referencia del estudio.

Los datos recogidos para el estudio estarán identificados mediante un código y sólo su investigador principal del estudio/colaboradores podrá relacionar dichos datos con usted y con su historia clínica. Por lo tanto, su identidad no será revelada a persona alguna salvo excepciones, en caso de urgencia médica o requerimiento legal. Los resultados del estudio pueden aparecer publicados en bibliografía médica, en ese caso su identidad no será de ninguna manera revelada.

COMPENSACION ECONOMICA

El promotor del estudio es el responsable de gestionar la financiación del mismo, no existiendo en este caso ningún tipo de compensación económica. Como única compensación se entiende la publicación del artículo derivado de dicho estudio.

- Su participación en el estudio no le supondrá ningún gasto, ni tampoco será compensada su participación de manera económica.

OTRA INFORMACIÓN RELEVANTE

Al firmar la hoja de consentimiento adjunta, se compromete a cumplir con los procedimientos del estudio que se le han expuesto.

Si desea más información no dude en contactar con el Dr. Valentín Freijo Gutiérrez al teléfono **937231010** (extensión: **24003**).

10.4. Documento consentimiento informado para firmar el paciente

HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA FIRMAR EL PACIENTE

Código/Título del estudio

Yo, (nombre y apellidos)

He leído la hoja de información que se me ha entregado.
He podido hacer preguntas sobre el estudio.

He recibido suficiente información sobre el estudio.

He hablado con:
(nombre del investigador).

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

1. Cuando quiera.
2. Sin tener que dar explicaciones.
3. Sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio y doy mi consentimiento para el acceso y utilización de mis datos en las condiciones detalladas en la hoja de información

Firma del paciente	Firma del Investigador
Nombre	Nombre
Fecha (<i>escrita por el paciente</i>)	Fecha


Este documento se firmará por duplicado quedándose una copia el investigador y otra el paciente

10.5. Documento de exploración clínica. Página 1/3

CUESTIONARIO DE EXPLORACIÓN CLÍNICA			
A	NÚMERO DE PACIENTE	FECHA:	
B	DATOS PERSONALES		
PESO	ALTURA	SEXO	FECHA NACIMIENTO
		H <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	
C	CUMPLE CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN		
CRITERIOS DE INCLUSIÓN		CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	
<input type="checkbox"/> PERSONAS MAYORES DE EDAD QUE FIRMAN EL CONSENTIMIENTO INFORMADO		<input type="checkbox"/> ENFERMEDAD NEUROLÓGICA <input type="checkbox"/> INTERVENIDOS QUIRÚRGICAMENTE DE LA EXTREMIDAD INFERIOR <input type="checkbox"/> HALLUX LIMITUS/ HALLUX RIGIDUS <input type="checkbox"/> DOLOR DORSAL ARTICULACIÓN ASTRAGALO ESCAFOIDEA <input type="checkbox"/> ENFERMEDAD REUMATOIDE <input type="checkbox"/> HEEL RISE TEST (NEGATIVO). DISFUNCIÓN TIBIAL POSTERIOR. <input type="checkbox"/> NO HABER SUFRIDO LESIONES DE CADERA, RODILLA, TOBILLO, PIE EN UN PERIODO DE 12 MESES ANTES DE LAS PRUEBAS. <input type="checkbox"/> IMPINGEMENT	
D	EXPLORACIÓN DEL PIE		
HALLUX VALGUS: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			
PIE DERECHO <input type="checkbox"/> PIE IZQUIERDO <input type="checkbox"/>			
FORMULA METATARASAL: PLUS <input type="checkbox"/> PLUS MINUS <input type="checkbox"/> MINUS <input type="checkbox"/>			
METATARSALGIA: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			
PIE DERECHO <input type="checkbox"/> PIE IZQUIERDO <input type="checkbox"/>			
IPIK 2º ROCKER: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			
PIE DERECHO <input type="checkbox"/> PIE IZQUIERDO <input type="checkbox"/>			
IPIK 3er ROCKER: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			
PIE DERECHO <input type="checkbox"/> PIE IZQUIERDO <input type="checkbox"/>			
PIE: PLANO <input type="checkbox"/> NEUTRO <input type="checkbox"/> CAVO <input type="checkbox"/>			
EGIPCIO <input type="checkbox"/> GRIEGO <input type="checkbox"/> CUADRADO <input type="checkbox"/>			


10.6. Documento de exploración clínica. Página 2/3

PIE CAVO (huella): GRADO 1 GRADO 2 GRADO 3 GRADO 4



GRADO 4 GRADO 3 GRADO 2 GRADO 1

PIE PLANO (huella): GRADO 1 GRADO 2 GRADO 3 GRADO 4



GRADO 1 GRADO 2 GRADO 3 GRADO 4

ANTEPIÉ: SUPINADO VARO NEUTRO

RETROPIÉ: VARO VALGO NEUTRO (FPI)

E VALORACIÓN FLEXIÓN DORSAL DE TOBILLO (LUNGE TEST)

GRADOS DE F.D EN FLEXIÓN DE RODILLA (<35° ACORTAMIENTO) DRCHO: IZDO:

GRADOS DE F.D EN EXTENSIÓN DE RODILLA (<35° ACORTAMIENTO) DRCHO: IZDO:

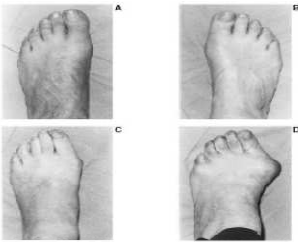
F VALORACIÓN FLEXIÓN DORSAL DE TOBILLO (SILFVERSKIÖLD)

GRADOS DE F.D DE TOBILLO EN FLEXIÓN DE RODILLA DRCHO: IZDO:

GRADOS DE F.D DE TOBILLO EN EXTENSIÓN DE RODILLA DRCHO: IZDO:

G	ESTUDIO BAROPODOMÉTRICO	ESTÁTICA	DINÁMICA
	HIPERPRESIÓN EN ANTEPIÉ SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	DRCHO <input type="checkbox"/> IZDO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> DRCHO <input type="checkbox"/> IZDO <input type="checkbox"/>
	FALTA DE APOYO RETROPIÉ SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	DRCHO <input type="checkbox"/> IZDO <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> DRCHO <input type="checkbox"/> IZDO <input type="checkbox"/>
	ADJUNTAR COPIA DE HUELLA Y MEDIDAS DE LAS PRESIONES		ADJUNTAR COPIA DE HUELLA Y MEDIDAS DE LAS PRESIONES

10.7. Documento de exploración clínica. Página 3/3

H	ESCALA MANCHESTER (VISUAL)
	<p data-bbox="220 376 735 499">- A. Normal (Grado 1. Sin deformidad). - B. Medio (Grado 2. Deformidad leve). - C. Moderado (Grado 3. Deformidad moderada). - D. Severo (Grado 4. Deformidad severa).</p> <div data-bbox="831 360 1129 600"></div> <p data-bbox="252 544 660 589">A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/></p>
I	OBSERVACIONES

3/3

10.8. Artículo. A predictive model for Gastrocnemius tightness in forefoot pain and intractable plantar keratosis 2nd rocker.

Abstract

The percentage of subjects with gastrocnemius tightness is high in the population. At present, there are few studies that demonstrate the relationship the gastrocnemius tightness and forefoot pathology.

In this study the association between the Intractable Plantar Keratosis of the second rocker (IPK2) (also known like well localized intractable plantar Keratosis or Discrete Keratosis), metatarsalgia has been established.

Two tests, the Silfverskiöld (ST) and Lunge Test (LT), for measuring ankle dorsiflexion were applied to diagnose gastrocnemius tightness in 122 patients. A measuring instrument for accurate performance and measurement of the force to be applied, precisely between 1.7 – 2.0 kg of force to the ankle dorsiflexion, complemented the ST for clinical diagnosis and to obtain repeatedly reliable results (the authors apply force manually, that being so difficult to quantify of accuracy).

74 patients apart of the total sample were used to devise a prediction model from a logistic regression analysis which determines the probability of presenting gastrocnemius tightness in each of the tests (LT and ST) with the following variables: metatarsalgia, IPK2, and maximum static pressure (baropodometry). IPK2 is the variable that plays the principal role in predicting this pathology, with the highest Wald values (6.611 for LT and 5.063 for ST). The metatarsalgia variable induces a somewhat lower change (66.7% LT and 64.3% ST). The maximum pressure of the forefoot is equally significant ($p = 0.043$ LT and $p = 0.025$ ST) taking $\alpha = 5\%$ as the significance level.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

The results obtained from validation report confirm that model composed of the variables: Metatarsalgia, IPK2 and maximum pressure in static manages to act as a predictive method for gasctrocnemius tightness.

Keywords: Logistic regression; gastrocnemius tightness; metatarsalgia; IPK of the second rocker; dynamometer.

Introduction

Gastrocnemius tightness (GT) consists on excessive gastrocnemius muscle shortening and it is associated to reduced ankle dorsiflexion range or even equine foot (EF). GT is a relatively common issue with a 20% prevalence¹. Commonly present in spastic and neurological patients, congenital EF can be defined as plantar flexion deformity with limited ankle dorsiflexion of 90 degrees. However, some evidences give support to the existence of a functional EF in non spastic subjects with a limited ankle dorsiflexion^{2,3}

Some studies relate equine ankle with foot and lower limb pathologies². Normal gait generally includes from 10 degrees dorsiflexion to 20 degrees plantar flexion^{2,3}. On this sense, DiGiovanni et al.² described two types of equines depending on the muscular tightening: Gastrocnemius Equine, defined by dorsiflexion of 5 degrees or less with extended knee and Gastrocnemius-Soleus Equine, defined by dorsiflexion of 10 degrees or less with extended knee, just when the heel leaves the floor (Heel Off).

GT cause tensile forces on the calcaneus tendon lead to reactive forces in metatarsal heads leading to heel flattening⁴ and resulting in metatarsal pain^{2,5,6}.

ST⁷ and LT^{8,9} are two validated scientific tests. LT is frequently used to assess the dorsiflexion range of movement at the ankle joint.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

ST⁷ is used to assess whether the isolated contracture of the soleus muscle can reduce ankle dorsiflexion with either extended or flexed knee¹⁰.

Little is known about the relations between GT and forefoot alterations. On this line, Di Giovanni et al. (2002) applied a force of 10N (1.7-2.0 KG) with the help of an electrogoniometer. Others, such as Barouk and Maceira^{11,12} apply a slight force, using the hand under the head of the second metatarsal, but they did not measure the force, so this value is only indicative.

So, this study aims to quantify the tightness on gastrocnemius muscle and to establish its connection with metatarsalgia and IPK2 as a feasible and reproducible tool to identify the presence of GT in the initial phases of forefoot alterations.

The IPK is a focused, painful lesion that commonly takes the form of a discrete, focused callus, on the plantar aspect of the forefoot (under a metatarsal head) in response increased shearing forces applied to the skin¹³.

Materials and methods

This is a level 2 investigational diagnostic study adopting a case-control design study in which patient groups are separated by presence or absence of gastrocnemius tightness. The study protocol was reviewed and approved by the Ethics Committee of Clinical Research of the Health Corporation of the Parc Taulí Hospital in Sabadell, file number 2016/600, at the 26th July 2016 session; the study was performed in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki and all the participants signed an informed consent document.

122 patients were analysed (range 24 – 65 years old), 37 men and 85 women with a mean weight of 67.03 kg (range 49 – 92 kg).

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

All the patients were recruited from the Parc Taulí Hospital in Sabadell. They were informed, in writing, of the research protocol and they signed an informed consent document. They had to be over 18 years old and healthy.

Patients under 18 years old, patients who had undergone surgery of a lower limb, who had a neurological disease, Diabetes Mellitus, STJA (Subtalar Joint Axis) medialized or lateralized^{14,15,16}, hallux limitus/rigidus, dorsal pain in the Chopart and Lisfranc joint (rheumatoid disease, impingement) or tibialis posterior muscle dysfunction, were excluded from the study because these pathologies limit the windlass mechanism and may distort the results.

The patients were given a full physical examination on an exam where hyperkeratosis pattern and the presence or not of metatarsalgia and IPK2 were observed. Ankle dorsiflexion with the knee flexed and extended was evaluated for the diagnosis of GT using the ST and the LT.

The pressure centres (CoP) and hyper pressures (maximum hyper pressure forefoot/hindfoot in static posture and medium hyper pressure in dynamic posture) were studied when the subjects were stationary and in movement by means of computerised digital baropodometry. A digital pressure-plate system named the Podoprint platform (Medicapeurs Co. France). In static baropodometric we studied the footprint (hyper pressures); the patient stands on the platform in a relaxed position with own Fick angle. In dynamic baropodometric, we studied the footprint (hyper pressures); the patient starts the first step with the left we will record the next left support. We will repeat the protocol with the right foot. Unit of measurement used was (g/cm²).

Instruments

A measuring instrument, a dynamometer (Sauter FA30. Capacity 30N. d=0.0200N) (Figure 1) was used to verify the ST applying exactly 10N (1.7 kg – 2.0 kg) of force to the ankle dorsiflexion as proposed by different authors^{2,11} and the Iphone 5s TiltMeter App clinometer was used to measure the dorsiflexion angle¹⁷.

Protocol

The ST⁷ was performed with the patient in the supine position, flexing and extending the knee. Although patients had a neutral STJA, those patients with slightly pronation the ankle was neutralized by slightly inversion of the foot especially by blocking the tibiofibular - astragalar joint, thereby correcting the pronation which would give a false result (Figure 2).

We applied an exact force of 10N (1.7 – 2.0 kg) to evaluate dorsiflexion (Figure 3). For this we used a dynamometer, positioning the pressure plate on the head of the second metatarsal. Thus we obtained a reliable result of ankle dorsiflexion since applying different forces would change the diagnosis.

To obtain the degrees of dorsiflexion, we used the Iphone 5s TiltMeter App clinometer¹⁸ by placing it on the exterior edge of the foot on the axis of the fifth metatarsal which can easily be located.

Patients who presented negative dorsal flexion of the ankle or equal to zero when extended were deemed to present GT. This dorsal flexion normalised when flexed, with a minimum of a 15 degrees difference.

The LT⁹ was performed with the patient standing with the knee flexed and extended (Figure 4). The patient stood with the leg that was to be evaluated in a forward position. The second

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

toe and the centre of the heel of the limb to be evaluated were positioned on a line drawn on the floor and which was also perpendicular to the wall (drawing these lines on the floor and wall helped to neutralise the tibiofibular - astragalar joint, thereby avoiding pronation which would give a false result).

In this case, a TiltMeter clinometer¹⁷ was used to measure dorsiflexion, positioning it under the tuberosity of the tibia. The patient was asked to put the flexed/extended knee towards the wall in the direction of the perpendicular line until feeling maximum tightness at the back of the leg. Just before lifting the calcaneus off the floor, the angle between the anterior surface of the tibia and the vertical surface was measured.

The patients who presented an angle lower than 35 degrees were considered to have a reduced range of motion.

Statistical analysis

A descriptive analysis was made of all the factors that could bear an influence on the presence of GT (gastrocnemius recession). A bivariate analysis was performed by contrasting hypotheses that would determine the association of the factors with the pathology for both tests (LT and ST), thereby obtaining the odds ratio (OR) and a confidence interval of 95%. Contrasting was carried out by parametric tests (T-test) and non-parametric tests (Pearson's chi-squared test and the Mann Whitney U test) according to the scale of the variable and its fit to a normal distribution. An independence analysis of the factors was performed by factorial techniques of principal components and Pearson's correlation so as not to impinge upon the basic assumptions that rule logistic regression (LR). The binary LR of the multivariate model was applied including the independent factors that were statistically significant. The LR model was built for each test with 122 patients and subsequently validated with a prospective sample of 74 patients. Receiver operating characteristic (ROC)

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

curves and statistical goodness of fit of the LR function were obtained for each model with the evaluation data of the pathology by using the LT and ST.

A 5% ($\alpha < 0.05$) significance level, an 80% ($\beta = 0.20$) power, and bilateral approximation were used in all the analyses.

Results

The prevalence of GT was 39.3% measured by Lunge test and 34.3% by ST. Despite the fact that 70% of the cases were women no statistically significant differences could be set on gender ($p = 0.839$ LT; $p = 1.000$ ST) and GT presence (Table 1).

Forefoot pain was statistically significant ($p < 0.001$). The Odds ratio presented differences depending on the test used: OR by LT was 22.67 versus 12.60 OR by ST.

IPK2 promotes the presence (66.7%) of GT. In contrast, GT was absent in 93.2% of the subjects without hyperkeratosis.

Static and dynamic forefoot pressure were both statistically significant ($p = 0.006$ and $p < 0.001$ resp.). Greater pressure values were found in subjects with GT ($685.7 \text{ g/cm}^2 \pm 61.3 \text{ g/cm}^2$ LT vs. $683.5 \text{ g/cm}^2 \pm 61.6 \text{ g/cm}^2$ ST). Subjects without GT presented lower scores ($611.9 \text{ g/cm}^2 \pm 62.8 \text{ g/cm}^2$ Lunge test vs. $613.4 \text{ g/cm}^2 \pm 62.6 \text{ g/cm}^2$ ST).

The multivariate model of logistic regression (LR) was used to identify the biomechanical parameters involved in the development of GT. The variables with statistical significance in the bivariate analysis were included in the regression model are shown in Table 2. Forefoot pain, IPK2 and maximal static forefoot pressure were finally selected. Hyperkeratosis was the most relevant variable predicting GT, independently of the test, showing Wald values ranging from 6.611 to 5.063 (LT and ST resp.). In summary, the probability to present GT in subjects

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

with hyperkeratosis is from 4.46 to 6.1 fold higher than subjects without this alteration. In addition, the probability to present GT and forefoot pain resulted from 4.46 to 5 fold higher than control subjects.

The validation of the LR was performed in order to assess the quality of both tests. The accuracy statistics indicated an overall agreement of 83.6 % on the LT and 82%% on ST and as shown in Table 2 and Figure 5 through the construction and analysis of ROC Curves (used method for measuring of the predicative functioning model^{18,19}) the sensibility and specificity statistics indicate a good capacity of both predictive models LT or ST for GT diagnosis.

Discussion

It is known that the percentage of individuals with GT is high and significantly higher in subjects with ankle and foot impairment. GT is a relatively common issue with a 20% prevalence¹. Although in our data herein indicate a prevalence of 34%.

As previous consideration, we have developed a reliable method in order to apply a force of 10N (1.7 – 2 kg) by using a dynamometer with the Tiltmeter application¹⁷, avoiding intra-operator variability. This new proceeding (force and angle) could be a reliable solution to the indicated limitations previously reported by several authors^{2,3,4,11}. Typically the ST¹¹ is the most used test for GT diagnose however the LT can be also used in view of the differences found between tests ($\pm 2\%$).

About the association forefoot alterations and GT, Di Giovanni et al.² observed 65% of the cases associated with metatarsalgia. Fitting with this, we have found 66.7% -64.3% of the cases associated with metatarsalgia measured by LT and ST respectively. This research work establishes the direct relationship between GT and metatarsalgia, being three-fold greater than subjects without this alteration. This report confirms a direct connection between GT

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

and the presence of metatarsalgia. Likewise, the probability of presenting GT in subjects with IPK of the second rocker is 4.5-fold greater than the probability of not manifesting it. This study confirms that there is a direct connection between GT and the presence of IPK of the second rocker.

Conclusions

The test results confirm that the model presented acts as a prediction method of GT; the model comprises the following variables: metatarsalgia, hyperkeratosis of the second rocker, and maximum pressure when static.

Therefore, the possibility of determining the probability of presenting GT is confirmed by the prediction model.

In short, the results obtained in the test report indicate that the model is reliable, robust, and suitable for predicting the problem of GT.

Nevertheless, the present situation only shows an obvious ineffectiveness in clinical diagnosis which is hindered by the fact that priority and focusing is given to more serious equinus conditions (the case of patients with cerebral palsy) without first addressing the more common issue (muscular tightness of a non-neurological cause), i.e., the most moderate and minor degrees.

Conflicts of interest

The Authors disclose that there are no financial and personal relationships with other people or organizations which could inappropriately influence this work.

Conflict of interest statement

There are no potential conflict of interest related to this article.

Acknowledgements

The Authors would like to thank to Parc Taulí Hospital.

References

1. Barouk LS, Barouk P: Gastrocnemios cortos, *Revista del Pie y Tobillo* 26(2):7, 2012.
2. DiGiovanni CW, Kuo R, Tejwani N, et al: Isolated gastrocnemius tightness, *J. Bone Joint Surg. Am* 84: 962, 2002.
3. Meyer DC, Werner CM, Wyss T, et al: A mechanical equinometer to measure the range of motion of the ankle joint: interobserver and intraobserver reliability, *Foot Ankle Int* 27: 202, 2006.
4. Charles J, Scutter SD, Buckley J: Static ankle joint equinus: toward a standard definition and diagnosis, *J. Am. Podiatr. Med. Assoc* 100: 195, 2010.
5. Downey MS, Banks AS: Gastrocnemius recession in the treatment of nonspastic ankle equinus. A retrospective study, *J. Am. Podiatr. Med. Assoc* 79(4): 159, 1989.
6. Hill RS: Ankle equinus. Prevalence and linkage to common foot pathology, *J. Am. Podiatr. Med. Assoc* 85: 295, 1995.
7. Singh D: Nils Silfverskiöld (1888-1957) and gastrocnemius contracture, *Foot&Ankle International* 32: 764, 2011.
8. Hall EA, Docherty CL: Validity of clinical outcome measures to evaluate ankle range

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

- of motion during the weight-bearing lunge test, *J. Sci Med Sport* 20(7):618, 2017.
9. Bennell KL, Talbot RC, Wajswelner H, et al: Intra-rater and inter-rater reliability of a weight-bearing lunge measure of ankle dorsiflexion, *Aust. J. Physiother* 44: 175, 1998.
 10. Donley BG, Pinney SJ, Colmes J: *Tech foot and ankle surge*, Philadelphia Lippincot Willians Wilkins, Inc 2: 35, 2003.
 11. Barouk P, Barouk LS: Clinical Diagnosis of Gastrocnemius Tightness, *Foot Ankle Clin* 19: 659, 2014.
 12. Montegudo M, Maceira E, Garcia-Virto V, et al: Chronic plantar fasciitis: Plantar fasciotomy versus gastrocnemius recession, *Int. Orthop* 37: 1845, 2013.
 13. Garcia FJ, Pascual J, Hernandez J: Plantar Epidermoid Cyst as a Possible Cause of Intractable Plantar Keratosis Lesions, *J Am Podiatr Med Assoc* 99(2):148, 2009.
 14. Kirby K: Rotational Equilibrium across the Subtalar Joint Axis, *Japma*, 79:1, 1989.
 15. Kirby K: Methods for determeination of positional variations in the Subtalar joint Axis, *Japma*, 77:228, 1987.
 16. Kirby K: Subtalar Joint Axis Location and Rotational Equilibrium Theory of Foot Function, *Japma*, 91:465, 2001.
 17. Williams CM, Caserta AJ, Haines TP: The TiltMeter app is a novel and accurate measurement tool for the weight bearing lunge test, *J. Sci. Med. Sport* 16: 392, 2013.
 18. Van Den Eeckhaut M, Vanwalleghem T, Poesen J, et al: Prediction of landslide susceptibility using rare events logistic regression: A case-study in the Flemish

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Ardennes (Belgium), *Geomorphology* 76:392, 2006.

19. Yesilnacar E, Topal T: Landslide susceptibility mapping: Acomparision of logistic regression and neutral networks methods in a medium scale study, Henkek region (Turkey), *Eng. Geol* 79:392, 2006.

List of figure legends/ captions

Figure 1. Dynamometer used on Silfverskiöld Test.

Figure 2. Silfverskiöld Test showing dynamometer and clinometer proceedings.

Figure 3. Ankle dorsiflexion angle measurements on Silfverskiöld Test with (a) flexed knee and (b) extended knee.

Figure 4. Clinometer for Lunge Test (a) flexed knee and (b) extended knee.

Figure 5. ROC Curves and AUROC of Silfverskiöld Test/ Lunge Test ratio (ST/LT)

(a) from training sample ST/LT: 0.84/0.86 and (ST/LT)

(b) from test sample test sample ST/LT: 0.96/0.95.

Table 1. Analysis of association (inference) of the variables with the presence of gastrocnemius tightness according to the Lunge and Silfverskiöld Tests.

Table 2. Coefficients, statistical parameters and classification matrix of the logistic regression for Lunge (a) and Silfverskiöld (b) test models.

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Figure 1: Dynamometer Sauter FA30



Figure 2: Silfverskiöld Test (applying 1.7-2.0 kg)

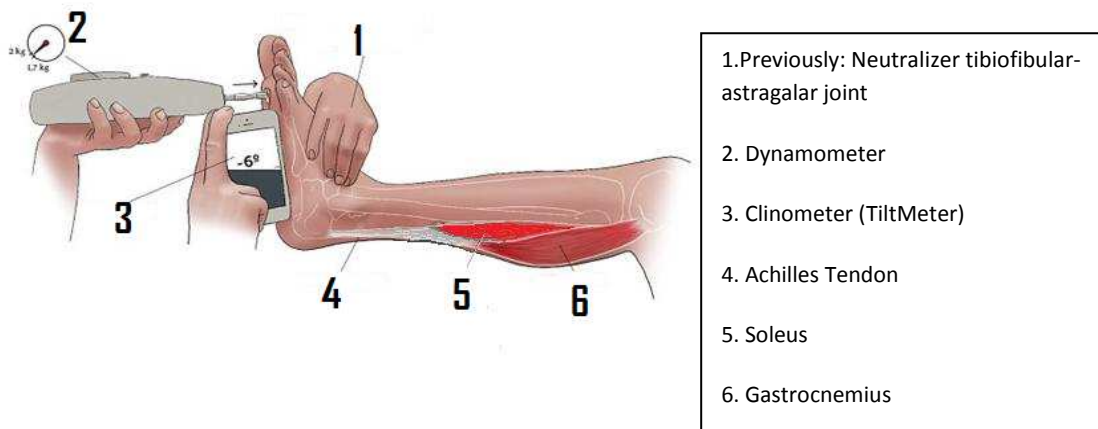
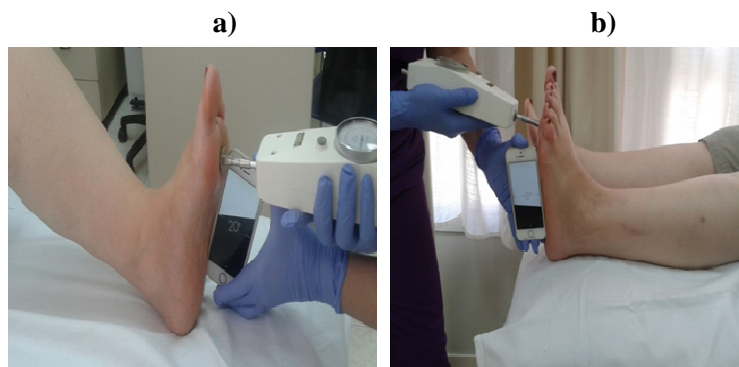


Figure 3: Dynamometer and Silfverskiöld Test (ST) with flexed Knee (a) and extended Knee (b).



Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Figure 4: Lunge Test (LT) with flexed Knee (a) and extended Knee (b).

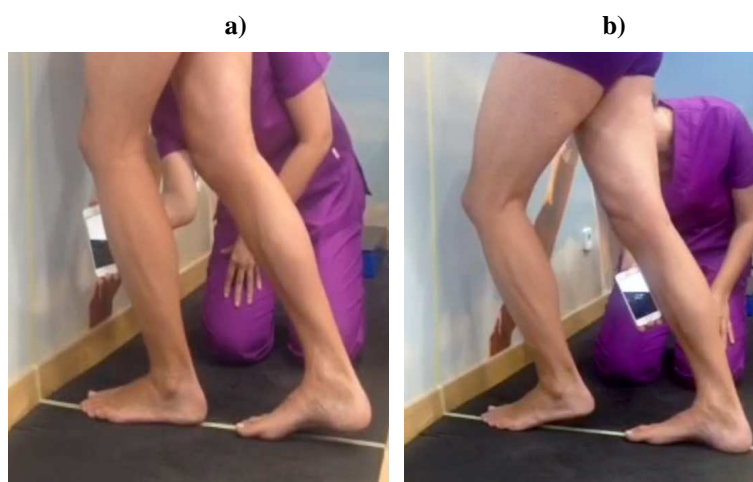


Table 1 - Analysis of association (inference) of the variables with the presence of gastrocnemius tightness according to the Lunge and Silfverskiöld Tests.

		Lunge test			Silfverskiöld Test			Description of the variables
		Gastrocnemius tightness N (%)			Gastrocnemius tightness N (%)			
		YES	NO	P-value*	YES	NO	P-Value**	
Gender	Male	13 (27.1%)	22 (29.7%)	0.839	13 (31%)	24 (30%)	1.000	Man or woman
	Female	35 (72.9%)	52 (70.3%)		29 (69%)	56 (70%)		
Metatarsalgia	Yes	32 (66.7%)	6 (8.1%)	0.000	27 (64.3%)	10 (12.5%)	0.000	Plantar pain in the forefoot (metatarsus)
	No	16 (33.3%)	68 (91.9%)		15 (35.7%)	70 (87.5%)		
Forefoot	Varus	43 (89.6%)	0 (0.0%)	0.000	37 (88.1%)	5 (6.3%)	0.000	Forefoot varus/supinatus: inversion of the forefoot with respect to the hindfoot; varus due to structured congenital deformity; supinatus due to a three-planar acquired contracture of soft tissues; neutral: no inversion with respect to the hindfoot.
	Supine	5 (10.4%)	4 (5.4%)		5 (11.9%)	5 (6.3%)		
	Neutral	0 (0.0%)	70 (94.6%)		0 (0.0%)	70 (87.5%)		
Plantar print	Neutral	0 (0.0%)	49 (66.2%)	0.000	0 (0%)	49 (61.3%)	0.000	Plantar print. Pes cavus: plantar arch higher than normal. Flat: flattening of the plantar arch.
	Cavus	29 (60.4%)	9 (12.2%)		25 (59.5%)	15 (18.8%)		
	Flat	19 (39.6%)	16 (21.6%)		17 (40.5%)	16 (20%)		
Metatarsals	Index minus	28 (58.3%)	10 (13.5%)	0.000	24 (57.1%)	12 (15%)	0.000	Metatarsal bones. Index minus: the first is shorter than the second. Index plus: the first is longer than the second. Index plus minus: the first and the second are equal.
	Index plus	18 (37.5%)	9 (12.2%)		16 (38.1%)	11 (13.8%)		
	plus minus	2 (4.2%)	55 (74.3%)		2 (4.8%)	57 (71.3%)		
Toes	Greek	30 (62.5%)	10 (13.5%)	0.000	25 (59.5%)	12 (15%)	0.000	Toes. Greek: the second toe is longer than the first. Egyptian: the first is longer than the second. Square: the first and second are equal in length.
	Egyptian	18 (37.5%)	15 (20.3%)		17 (40.5%)	19 (23.8%)		
	Square	0 (0.0%)	49 (66.2%)		0 (0.0%)	49 (61.3%)		
Hindfoot	Normal	16 (33.3%)	69 (93.2%)	0.000	14 (33.3%)	70 (87.5%)	0.000	Valgus hindfoot: the calcaneus is everted with respect to the floor when the foot is in the neutral position. Varus hindfoot: the calcaneus is inverted with respect to the floor when the foot is in the neutral position.
	Valgus (pronation)	25 (52.1%)	4 (5.4%)		21 (50%)	6 (7.5%)		
	Varus (supination)	7 (14.6%)	1 (1.4%)		7 (16.7%)	4 (5%)		
Hallux	Yes	29 (60.4%)	12 (16.2%)	0.000*	25 (59.5%)	15 (18.8%)	0.000	Hallux abducto valgus: lateral deviation of the first toe of the foot and its valgus rotation.
Abducto valgus	No	19 (39.6%)	62 (83.8%)		17 (40.5%)	65 (81.3%)		
Max pressure static forefoot	Yes	26 (54.2%)	10 (13.5%)	0.000	23 (54.8%)	12 (15%)	0.000	Static/dynamic max/min pressure (forefoot – hindfoot): analysis of plantar pressures.
	No	22 (45.8%)	64 (86.5%)		19 (45.2%)	68 (85%)		
Max pressure static hindfoot	Yes	11 (22.9%)	15 (20.3%)	0.822*	10 (23.8%)	16 (20%)	0.647	
	No	37 (77.1%)	59 (79.7%)		32 (76.2%)	64 (80%)		
Max pressure dynamic	Yes	16 (33.3%)	18 (24.3%)	0.000	14 (33.3%)	21 (26.3%)	0.000	
	No	21 (43.8%)	56 (75.7%)		18 (42.9%)	59 (73.8%)		
	Yes forward	11 (22.9%)	0 (0.0%)		10 (23.8%)	0 (0.0%)		IPK (Intractable Plantar Keratosis): thickening of the exterior layer of skin in the plantar area.
IPK presence hyperkeratosis	Yes	48 (100.0%)	25 (33.8%)	0.000*	42 (100%)	31 (38.8%)	0.000	Second rocker IPK: thickening of the exterior plantar skin situated below the metatarsal heads.
	No	0 (0.0%)	49 (66.2%)		0 (0%)	49 (61.3%)		
IPK presence	Yes	32 (66.7%)	5 (6.8%)	0.000*	27 (64.3%)	8 (10%)	0.000	

Gastrocnemios cortos y su relación con la metatarsalgia y la QPI de segundo rocker.

Second rocker No 16 (33.3%) 69 (93.2%) 15 (35.7%) 72 (90%)
hyperkeratosis

	M ± SD	M ± SD	DIFFERENCE (M ± SD)	p
Age	48,9±6,7	44,8±10,0	4,1±3,4	0,007**
Weight(Kg)	64,8±7,7	68,6±6,6	3,9±1,1	0,004**
Height (cm)	166,4±6,4	169,4±5,5	3,0±0,8	0,006**
Max AE pressure (g/cm2)	685,7±61,3	611,9±62,8	73,8±1,4	0,000***
Max RE pressure (g/cm2)	626,1±82,1	637,4±67,8	11,3±14,3	0,410**
MAX dynamic pressure	717,6±73,7	652,6±61,3	64,9±12,5	0,000**

*C² (Fisher's exact bilateral test); **T-Test (bilateral significance.); ***Mann-Whitney U test (exact bilateral significance)

Table 2 - Coefficients, statistical parameters and classification matrix of the logistic regression for Lunge

(a) and Silfverskiöld (b) test models.

a)	LUNGE TEST						
	β	SE	Wald	Sign.	Exp (B)	CL (95%)	
						Lower	Upper
METATARSALGIA	-1.603	.677	5.598	.018	.201	.053	.760
PRESSURE	-.008	.004	4.091	.043	.992	.984	1.000
HYPER-KERATOSIS	-1.813	.705	6.611	.010	.163	.041	.650
Constant	6.909	2.637	6.863	.009	1001.58		
Statistics	H & L		Sig.		Cox & Snell R²	Nagelkerke R²	
	12.759		0.120		0.407	0.552	
	Training sample			Test sample			
		Yes	No	%	Yes	No	%
Yes		33	15	68.8	31	10	75.6
No		5	69	93.2	3	26	89.7
Overall agreement				83.6			81.4

b)	SILFVERSKİÖLD TEST						
	β	SE	Wald	Sign.	Exp (B)	CL (95%)	
						Lower	Upper
METATARSALGIA	-1.101	.645	2.910	.088	.333	.094	1.178
PRESSURE	-.009	.004	4.991	.025	.991	.983	.999
HYPERKERATOSIS	-1.497	.665	5.063	.024	.224	.061	.824
Constant	7.326	2.555	8.218	.004	1518.80		
Statistics	H & L		Sig.		Cox & Snell R²	Nagelkerke R²	
	9.752		0.283		0.333	0.459	
	Training sample			Test sample			
		Yes	No	%	Yes	No	%
Yes		27	15	64.3	33	12	73.3
No		7	73	91.3	1	28	96.6
Overall agreement				82.0			82.4

Figure 4: ROC Curves and AUROC values for training (a) and test (b) simple for Lunge Test (LT) and Silfverskiöld Test.

