

José Antonio Poblador Vallés

Estudio electromiográfico de la  
técnica de judo "Seoi nage":  
comprobación de la eficacia del  
uso de gomas elásticas para  
sustituir al entrenamiento con un  
compañero

Departamento  
Fisiatría y Enfermería

Director/es  
Villarroya Aparicio, Adoración  
Gómez Trullén, Eva María

<http://zaguan.unizar.es/collection/Tesis>





**Universidad**  
Zaragoza

Tesis Doctoral

**ESTUDIO ELECTROMIOGRÁFICO DE  
LA TÉCNICA DE JUDO "SEOI NAGE":  
COMPROBACIÓN DE LA EFICACIA  
DEL USO DE GOMAS ELÁSTICAS  
PARA SUSTITUIR AL  
ENTRENAMIENTO CON UN  
COMPAÑERO**

**Autor**

**José Antonio Poblador Vallés**

**Director/es**

Villarroya Aparicio, Adoración

Gómez Trullén, Eva María

**UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA**

Fisiatría y Enfermería

2016





**Universidad**  
Zaragoza

# Tesis Doctoral

Estudio electromiográfico de la técnica de judo “Seoi-nage”. Comprobación de la eficacia del uso de gomas elásticas para sustituir al entrenamiento con un compañero.

Autor

**José Antonio Poblador Vallés**

Directoras

Eva María Gómez Trullén  
Adoración Villarroya Aparicio

Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte  
Año 2015



"La forma de entrenarse depende de una acción consciente,  
pero la meta del entrenamiento es alcanzar la maestría de la  
técnica que es inconsciente"

*Jigoro Kano*



*A Camilo y María Pilar*

*A Pepa*

*Y a Raúl y María.*



# Agradecimientos

A mis directoras de tesis, Eva María Gómez y Adoración Villarroya, sin las cuales este trabajo nunca habría sido posible. Gracias por vuestras correcciones y consejos, sobre todo en estos momentos difíciles.

A Carlos por su apoyo en la sombra. Gracias por tu paciencia.

A Pepa por apoyarme siempre incondicionalmente.

A Isabel, Carlos, José Javier, José Manuel, Belén y resto de componentes del grupo de investigación IDERGO. Gracias por vuestro apoyo y comprensión.

A los Judokas que han participado en el estudio, desde las primeras pruebas Dani y Raúl, hasta el estudio final Noe, Uru, Raúl, Rubén, Roberto, Víctor y Daniel.

Y a todos los demás que han colaborado de una manera u otra, sin los cuales este estudio no se podría haber realizado.

A todos y cada uno de vosotros. Muchas Gracias.



# Abreviaturas

Las abreviaturas de las unidades de medida pertenecientes al Sistema Internacional de Unidades (SI) no se exponen en esta relación por considerarse sobradamente conocidas.

**AENOR:** Asociación española de normalización y certificación.

**ANOVA:** análisis de varianza (Analysis of Variance).

**AM:** actividad máxima a lo largo de la proyección.

**Bit:** dígito del sistema de numeración binario.

**CEICA:** Comité Ético de Investigación Clínica de Aragón.

**CV:** coeficiente de variación.

**EJU:** Unión Europea de Judo.

**EMG:** electromiografía.

**GB:** gigabyte.

**HD:** alta definición (high definition).

**IDERGO:** Investigación y Desarrollo en Ergonomía.

**IJF:** Federación Internacional de Judo.

**IMC:** índice de masa corporal.

**NKL:** marca específica de material de artes marciales (Noris Combat Line).

**Post hoc:** pruebas que complementan al índice ANOVA.

**RAM:** una de las memorias de un ordenador (Random Access Memory).

**s:** desviación típica.

**SUB 21:** categoría de edad en la que se incluyen deportistas menores de 20 años. En judo también se denomina “junior”.

**UNESCO:** Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

**USB:** puerto del ordenador (Universal Serial Bus).

**Webcam:** cámara Web.

# Vocabulario específico utilizado

**Ai yotsu:** agarre manteniendo una posición simétrica con el compañero.

**Atemi waza:** técnicas de golpeo.

**Gokyo:** secuenciación de las técnicas, programa.

**Ippon:** máxima puntuación que se puede conseguir con la que finaliza el combate.

**Jigoro Kano:** fundador del judo.

**Jiu-jitsu:** arte marcial japonés clásico.

**Take:** tercera etapa de la técnica, proyección.

**Kenka yotsu:** agarre manteniendo una posición asimétrica con el compañero.

**Kodokan:** centro en el que impartió sus enseñanzas Jigoro Kano y que en la actualidad se considera como la sede central del judo mundial.

**Kuzushi:** primera etapa de la técnica, desequilibrio.

**Morote seoi nage:** técnica de proyección de brazo que se incluye dentro de Seoi nage.

**Nage-komi:** ejecución de una técnica finalizando con la proyección.

**Nage Waza:** judo pie.

**Ne waza:** judo suelo.

**O soto gari:** técnica de proyección de pierna propia del judo.

**Randori:** trabajo libre con un compañero en desplazamiento, con el que se prueban las técnicas sin que importe el resultado.

**Tatami:** suelo blando sobre el que se practica el judo.

**Seoi nage:** técnica de proyección de brazo propia del judo.

**Te waza:** técnicas de brazo o mano.

**Tori:** sujeto que realiza la acción.

**Tsukuri:** segunda etapa de la técnica, preparación.

**Uchi-komis:** entrenamiento mediante repeticiones de una técnica sin proyectar.

**Uchi mata:** técnica de proyección de pierna propia del judo.

**Uke:** sujeto que recibe la acción.

# Índice.

Índice de tablas.....	17
Índice de figuras.....	19
Índice de gráficas.....	21
1. Introducción .....	25
1.1. Reseña histórica del Judo.....	28
1.2. El Judo: educación y deporte .....	29
1.3. Objetivos del Judo.....	31
1.4. Clasificación de las técnicas .....	33
1.5. “Seoi Nage” .....	35
1.6. Los “Uchi-komis” .....	38
1.7. Gomas elásticas como método de entrenamiento.....	40
1.8. Biomecánica en el Judo .....	44
1.8.1. Estudios biomecánicos realizados en Judo.....	47
1.8.2. Instrumentos de medida.....	50
2. Hipótesis y objetivos.....	59
3. Material y métodos.....	61
3.1. Muestra del estudio.....	63
3.2. Temporalización del estudio .....	65
3.3. Material utilizado .....	66
3.4. Métodos .....	69
3.4.1. Elección de los músculos a analizar .....	69
3.4.2. Protocolo de las pruebas.....	72
3.4.3. Realización de las pruebas .....	73
3.4.4. Análisis de los datos obtenidos .....	76
4 Resultados .....	83
4.1. Descripción de la muestra. ....	85

4.2. Comparación entre los dos bloques de proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” realizadas con un compañero.....	86
4.3. Actividad muscular en las proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” realizadas con un compañero.....	88
4.4. Descripción cinemática de la técnica “Morote seoi nage”.....	92
4.5. Patrón de actividad muscular en la proyección de la técnica “Morote seoi nage” realizada con un compañero.....	95
4.5.1. Bíceps braquial. Lado dominante.....	96
4.5.2. Bíceps braquial. Lado no dominante. ....	98
4.5.3. Tríceps braquial. Lado dominante:.....	100
4.5.4. Tríceps braquial. Lado no dominante: .....	102
4.5.5. Dorsal ancho. Lado dominante:.....	104
4.5.6. Dorsal ancho. Lado no dominante: .....	106
4.5.7. Pectoral mayor. Lado dominante:.....	108
4.5.8. Pectoral mayor. Lado no dominante:.....	110
4.5.9. Recto anterior del abdomen. Lado dominante:.....	112
4.5.10. Recto anterior del abdomen. Lado no dominante:.....	114
4.5.11. Recto anterior del cuádriceps. Lado dominante:.....	116
4.5.12. Recto anterior del cuádriceps. Lado no dominante: .....	118
4.5.13. Bíceps femoral. Lado dominante: .....	120
4.5.14. Bíceps femoral. Lado no dominante:.....	122
4.5.15. Gemelo interno. Lado dominante:.....	124
4.5.16. Gemelo interno. Lado no dominante: .....	126
4.6. Comparación de la actividad muscular durante las proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” realizadas con un compañero y con las gomas .....	128
4.6.1. Bíceps braquial del lado dominante. ....	130
4.6.2. Bíceps braquial del lado no dominante. ....	131
4.6.3. Tríceps braquial del lado dominante: .....	132
4.6.4. Tríceps braquial del lado no dominante:.....	133

4.6.5. Dorsal ancho del lado dominante: .....	134
4.6.6. Dorsal ancho del lado no dominante:.....	135
4.6.7. Pectoral mayor del lado dominante:.....	136
4.6.8. Pectoral mayor del lado no dominante: .....	137
4.6.9. Recto anterior del abdomen del lado dominante:.....	138
4.6.10. Recto anterior del abdomen del lado no dominante: .....	139
4.6.11. Recto anterior del cuádriceps del lado dominante:.....	140
4.6.12. Recto anterior del cuádriceps del lado no dominante: ...	141
4.6.13. Bíceps femoral del lado dominante:.....	142
4.6.14. Bíceps femoral del lado no dominante:.....	143
4.6.15. Gemelo interno del lado dominante:.....	144
4.6.16. Gemelo interno del lado no dominante: .....	145
5 Discusión.....	147
5.1. Discusión del método.....	149
5.2. Discusión de los resultados. ....	153
5.2.1. Comparación entre los dos bloques de proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” realizadas con un compañero. ....	153
5.2.2. Actividad muscular en las proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” realizadas con un compañero. ....	154
5.2.3. Patrón de actividad muscular en la proyección de la técnica “Morote seoi nage” realizada con un compañero. ....	156
5.2.4. Comparación de la actividad muscular durante las proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” realizadas con un compañero y con las gomas. ....	168
5.3. Limitaciones del estudio.....	182
5.4. Futuras líneas de investigación.....	183
5.5. Aplicabilidad del estudio.....	184
6 Conclusiones.....	185
Bibliografía.....	189



# Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Características de la muestra. (IMC Índice de masa corporal). .....	64
<b>Tabla 2.</b> Características de la muestra.....	85
<b>Tabla 3.</b> P valor de la comparación de los valores medios de la actividad muscular entre los dos bloques de proyecciones realizados con compañero analizados. ....	86
<b>Tabla 4.</b> Actividad eléctrica normalizada de los músculos analizados en cada uno los sujetos del estudio durante la realización de una proyección de “Morote seoi nage” con un compañero (s: Desviación típica. CV: Coeficiente de variación). .....	89
<b>Tabla 5.</b> Promedio de la actividad eléctrica a lo largo de la proyección con compañero, en cada uno de los músculos estudiados en el conjunto de la muestra. (s: Desviación típica. CV: Coeficiente de variación).....	90
<b>Tabla 6.</b> P valor de la comparación de la actividad muscular normalizada obtenida en las proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” realizadas con un compañero por los diferentes sujetos analizados. ....	91
<b>Tabla 7.</b> Valores medios de actividad eléctrica normalizada, de todos los músculos analizados, obtenidos en las proyecciones realizadas con un compañero y con los dos tipos de gomas, en los siete sujetos que participaron en el estudio...	128
<b>Tabla 8.</b> P valor de la comparación de la actividad eléctrica normalizada, de todos los músculos analizados, obtenidos en las proyecciones realizadas con un compañero y con los dos tipos de gomas, en los siete sujetos que participaron en el estudio. ....	129



# Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Dos tipos de gomas utilizados en el estudio.....	67
<b>Figura 2.</b> Electrodo inalámbrico y el sistema de fijación utilizado. ....	71
<b>Figura 3.</b> Flexión de brazos utilizada para la sincronización. ....	73
<b>Figura 4.</b> Fase final del movimiento con la goma 1.....	75
<b>Figura 5.</b> Fijación de las gomas a la espaldadera y forma de agarrarlas. ....	76
<b>Figura 6.</b> Hoja Excel en la que se integran las imágenes de vídeo de la proyección sincronizadas con los valores de actividad eléctrica y las gráficas de los músculos que se seleccionen. ....	77
<b>Figura 7.</b> Secuencia de los momentos claves de la técnica de proyección “Morote seoi nage” .....	92
<b>Figura 8.</b> Momento en el que se alcanza el pico máximo en la actividad del bíceps braquial del lado dominante.....	97
<b>Figura 9.</b> Momentos relevantes de actividad del músculo bíceps braquial del lado no dominante.....	99
<b>Figura 10.</b> Momentos relevantes de actividad del músculo tríceps braquial del lado dominante.....	101
<b>Figura 11.</b> Momento relevante de actividad del músculo tríceps braquial del lado no dominante.....	103
<b>Figura 12.</b> Momentos relevantes de actividad del músculo dorsal ancho del lado dominante.....	105
<b>Figura 13.</b> Momento relevante de actividad del músculo dorsal ancho del lado no dominante.....	107
<b>Figura 14.</b> Momentos relevantes de actividad del músculo pectoral mayor del lado dominante.....	109
<b>Figura 15.</b> Momentos relevantes de actividad del músculo pectoral mayor del lado no dominante.....	111
<b>Figura 16.</b> Momentos relevantes de actividad del músculo recto anterior del abdomen del lado dominante.....	113

<b>Figura 17.</b> Momento relevante de actividad del músculo recto anterior del abdomen del lado no dominante.....	115
<b>Figura 18.</b> Momentos relevantes de actividad del músculo recto anterior del cuádriceps del lado dominante.....	117
<b>Figura 19.</b> Momentos relevantes de actividad del músculo recto anterior del cuádriceps del lado no dominante.....	119
<b>Figura 20.</b> Momentos relevantes de actividad del músculo bíceps femoral del lado dominante.....	121
<b>Figura 21.</b> Momentos relevantes de actividad del músculo bíceps femoral del lado no dominante.....	123
<b>Figura 22.</b> Momentos relevantes de actividad del músculo gemelo interno del lado dominante.....	125
<b>Figura 23.</b> Momentos relevantes de actividad del músculo Gemelo interno del lado no dominante.....	127
<b>Figura 24.</b> Secuencia de los momentos claves de la técnica de proyección “Morote seoi nage” realizada con un compañero.....	166
<b>Figura 25.</b> Secuencia de los momentos claves de la técnica de proyección “Morote seoi nage” realizada la goma.....	171

# Índice de gráficas

<b>Gráfica 1.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo bíceps braquial del lado dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	96
<b>Gráfica 2.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo bíceps braquial del lado no dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	98
<b>Gráfica 3.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo tríceps braquial del lado dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	100
<b>Gráfica 4.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo tríceps braquial del lado no dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	102
<b>Gráfica 5.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo dorsal ancho del lado dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	104
<b>Gráfica 6.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo dorsal ancho del lado no dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	106
<b>Gráfica 7.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo pectoral mayor del lado dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	108
<b>Gráfica 8.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo pectoral mayor del lado no dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	110
<b>Gráfica 9.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo recto anterior del abdomen del lado dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	112
<b>Gráfica 10.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo recto anterior del abdomen del lado no dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	114
<b>Gráfica 11.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo recto anterior del cuádriceps del lado dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	116

<b>Gráfica 12.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo recto anterior del cuádriceps del lado no dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	118
<b>Gráfica 13.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo bíceps femoral del lado dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	120
<b>Gráfica 14.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo bíceps femoral del lado no dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	122
<b>Gráfica 15.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo gemelo interno del lado dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	124
<b>Gráfica 16.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo gemelo interno del lado no dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	126
<b>Gráfica 17.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo bíceps braquial del lado dominante registrada durante las proyecciones de la técnica “Morote sei nage” en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	130
<b>Gráfica 18.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo bíceps braquial del lado no dominante registrada durante las proyecciones de la técnica “Morote sei nage” en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	131
<b>Gráfica 19.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo tríceps braquial del lado dominante registrada durante las proyecciones de la técnica “Morote sei nage” en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	132
<b>Gráfica 20.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo tríceps braquial del lado no dominante registrada durante las proyecciones de la técnica “Morote sei nage” en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	133
<b>Gráfica 21.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo dorsal ancho del lado dominante registrada durante las proyecciones de la técnica “Morote sei nage” en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	134
<b>Gráfica 22.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo dorsal ancho del lado no dominante registrada durante las proyecciones de la técnica “Morote sei nage” en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	135
<b>Gráfica 23.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo pectoral mayor del lado dominante registrada durante las proyecciones de la técnica “Morote sei nage” en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).....	136

<b>Gráfica 24.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo pectoral mayor del lado no dominante registrada durante las proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. ( <i>AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección</i> ).....	137
<b>Gráfica 25.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo recto anterior del abdomen del lado dominante registrada durante las proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. ( <i>AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección</i> ).....	138
<b>Gráfica 26.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo recto anterior del abdomen del lado no dominante registrada durante las proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. ( <i>AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección</i> ).....	139
<b>Gráfica 27.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo recto anterior del cuádriceps del lado dominante registrada durante las proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. ( <i>AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección</i> ).....	140
<b>Gráfica 28.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo recto anterior del cuádriceps del lado no dominante registrada durante las proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. ( <i>AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección</i> ).....	141
<b>Gráfica 29.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo bíceps femoral del lado dominante registrada durante las proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. ( <i>AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección</i> ).....	142
<b>Gráfica 30.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo bíceps femoral del lado no dominante registrada durante las proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. ( <i>AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección</i> ).....	143
<b>Gráfica 31.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo gemelo interno del lado dominante registrada durante las proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. ( <i>AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección</i> ).....	144
<b>Gráfica 32.</b> Actividad eléctrica normalizada del músculo gemelo interno del lado no dominante registrada durante las proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. ( <i>AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección</i> ).....	145



# **1. Introducción**

- 1.1. Reseña histórica del Judo.**
- 1.2. El Judo: educación y deporte.**
- 1.3. Objetivos del Judo.**
- 1.4. Clasificación de las técnicas.**
- 1.5. “Seoi Nage”.**
- 1.6. Los “Uchi-komis”.**
- 1.7. Gomas elásticas como método de entrenamiento.**
- 1.8. Biomecánica en el Judo.**



Este trabajo aborda un proceso de investigación centrado en el Judo. Se trata de una disciplina deportiva olímpica que se practica en la mayor parte de los países del mundo. La Federación Internacional de Judo (IJF) en el año 2014 englobaba a 201 federaciones nacionales repartidas en los cinco continentes.

Dado el volumen y la complejidad del componente técnico-táctico del Judo resulta extraordinariamente dificultoso estudiar su funcionamiento global. La mayor parte de los estudios encontrados analizan una sola técnica, “Uchi mata”<sup>1,2</sup>, “Seoi nage”<sup>3-6</sup>, desde uno solo de los enfoques (biomecánico, fisiológico, comportamental, ...) en los que se sustenta el rendimiento.

En la contextualización de la investigación se presenta una reseña general del judo para, a continuación, centrar el análisis en el movimiento específico “Seoi nage”. Más adelante, se profundiza sobre los “uchi-komis” o entrenamiento mediante repeticiones como medio para la mejora de la técnica y el papel de las gomas elásticas como método novedoso utilizado en el entrenamiento actual. Para finalizar, se expone una breve descripción de las técnicas específicas de biomecánica que permiten analizar de una forma objetiva la mecánica del judo y valorar los efectos del entrenamiento; dentro de ellas, el estudio se centra en la electromiografía.

## 1.1. Reseña histórica del Judo

El inicio del Judo se sitúa en 1882, siendo su creador Jigoro Kano<sup>7</sup>. En esa época, en Japón, se practicaban diferentes modalidades de lucha, entre las que destacaba el Jiu-jitsu. De todas ellas, Jigoro Kano adaptó las acciones que consideró más interesantes y eliminó las que podían entrañar mayor peligrosidad<sup>8</sup>.

Progresivamente, se fueron añadiendo nuevas técnicas, siempre con la premisa de utilizar la energía de la forma más eficaz posible.

Al comienzo, Jigoro Kano concibió el Judo como un medio de perfeccionamiento personal y como una contribución al desarrollo y bienestar social, logrando un gran éxito en Japón a todos los niveles. En 1908, alcanzó tal reconocimiento que su gobierno dispuso la impartición obligatoria del judo o del kendo a todos los alumnos en las escuelas del País Nipón<sup>7</sup>.

A partir de la Segunda Guerra Mundial, el Judo se fue extendiendo progresivamente por los países occidentales hasta que se logró incluirlo como modalidad deportiva en los Juegos Olímpicos de Tokio en 1964<sup>9</sup>.

## 1.2. El Judo: educación y deporte

El mantenimiento de los valores tradicionales en la transformación del judo a deporte moderno ha influido decisivamente en su alta valoración por parte de la sociedad actual<sup>10</sup>. Resulta interesante destacar el respeto por el adversario, la cortesía, el juego limpio, el mantenimiento de la amistad entre los combatientes, la modestia, el honor, el autocontrol, el coraje, la sinceridad, etc. Todos ellos han contribuido en su éxito como deporte moderno dándole un carácter singular al logro de los objetivos deportivos. Sirva de muestra destacar que en las Olimpiadas de Londres, en el año 2012, fue la disciplina en la que participaron un mayor número de países y la segunda en cuanto al volumen de abanderados, tras el atletismo.

Las potencialidades anteriormente destacadas han favorecido sin duda a su difusión y expansión, siendo considerado en la actualidad el judo, como un deporte con un importante componente educativo que contribuye al alto grado de reconocimiento social que posee, lo que le ha llevado a ocupar actualmente en España el segundo puesto como deporte olímpico individual (por detrás del golf, recién incorporado en el 2015 en la lista de las disciplinas olímpicas) en relación al número de licencias que posee. Así mismo, según el ranking del Consejo Superior de Deportes de 2014, se ubica en sexta posición en el cómputo general de los deportes federados<sup>11</sup>.

Por todas estas razones, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), en 1996, declaró al judo como *“el deporte más aconsejable durante la infancia”*, ya que permite conjugar factores esenciales para el desarrollo del individuo y contribuye al logro de una *“educación física integral”*, potenciando todas sus posibilidades psicomotrices, (empujar, saltar, rodar, caer, arrastrarse, etc.), la coordinación de movimientos conjunta e independiente de pies y manos, la lateralidad, el equilibrio, la situación espacial y la expresión corporal<sup>12</sup>. En este sentido,

también es considerado por el Comité Olímpico Internacional<sup>13</sup> como el deporte más completo.

El judo posee un gran poder socializador aportando una serie de valores morales y éticos fundamentales en el proceso de formación de los alumnos y las alumnas. Permite canalizar la agresividad, hacer una reflexión vivenciada sobre la importancia del cumplimiento de las reglas, ayuda a interiorizar los propios límites, a conocer mejor y a respetar al otro al autocontrol, y desde el ámbito de la competición, favorece la capacidad de aceptación de la derrota (perder un combate o una competición) como parte del juego extrapolable a la vida real<sup>14</sup>.

Estos motivos sirven de justificación para introducir el judo como actividad curricular en la Escuela, y así lo refleja el proyecto desarrollado al amparo de la Unión Europea de Judo (EJU), llevado a cabo por grupos de trabajo compuestos por profesores y entrenadores de diferentes países, todos ellos con gran reputación en el ámbito del judo. Este se denomina JUDO@SCHOOL PROJECT y en él colaboran los organismos responsables de la educación de los diferentes países, así como las Universidades y las Federaciones nacionales y Europea. En España se inició como experiencia piloto durante el curso 2013/14 en las localidades de Jaca, Olvera y Torrent<sup>15</sup> y los niños de 6 a 8 años de edad practicaron unas sesiones de este deporte en horario lectivo de la mano de expertos asignados por la Federación.

### 1.3. Objetivos del Judo

Según la Federación Internacional de Judo<sup>16</sup>, se trata de un deporte de combate que exige tanto una gran destreza física como una excelente habilidad mental, ya que su objetivo es derribar al oponente sobre su espalda, o inmovilizarlo, o aplicarle técnicas de estrangulación o luxación, una vez ha sido derribado, con el fin de provocar su abandono.

Muchas de las técnicas de judo provienen de otras anteriores diseñadas para herir, mutilar o matar a los oponentes en el cuerpo a cuerpo de la guerra. Lógicamente, para utilizarlas en el nuevo deporte, dichas técnicas se modificaron permitiendo poder competir de forma segura y sin perjudicar a los oponentes.

A diferencia del karate, el judo no implica dar patadas, puñetazos o técnicas de golpeo de ningún tipo. Tampoco se presiona sobre las articulaciones del oponente para derribarlo, como sí ocurre en el aikido; ni tienen cabida armas de ningún tipo, hecho que sí ocurre en el kendo<sup>16</sup>.

A partir de lo expresado en los apartados anteriores, puede definirse al Judo como un deporte olímpico de lucha, practicado por parejas, en el que cada individuo intenta voltear a su oponente cuando se encuentra de pie o dominarlo y controlarlo cuando se lucha en el suelo, dentro de un espacio y en un tiempo limitado, siempre respetando las normas que impone el reglamento con el fin de preservar la integridad física de los dos combatientes<sup>17</sup>. En este sentido, Castarlenas<sup>18</sup> considera que, en la competición de Judo, el reglamento se estructura a partir de una serie de aspectos que tienen relación directa con: el espacio, el tiempo, el traje o "judogi" y la interacción.

Mediante la interacción, los luchadores pueden conseguir puntuaciones si alcanzan los objetivos propios de la lucha (las proyecciones,

inmovilizaciones, estrangulaciones y luxaciones); o penalizaciones, en el caso de infringir alguna norma.

El objetivo que persiguen las penalizaciones es dinamizar la interacción y salvaguardar la integridad de los participantes<sup>18</sup>.

En judo pie o "Nage Waza", el objetivo de todo judoka es proyectar controladamente al oponente sobre su espalda, con una fuerza y velocidad considerables, para así conseguir un "Ippon", acción que otorga la máxima puntuación que se puede lograr y con la que finaliza el combate cuando uno de los competidores la realiza, proclamándose este vencedor<sup>19</sup>.

## **1.4. Clasificación de las técnicas**

Para derribar al oponente se pueden aplicar diferentes técnicas. Muchas de éstas, como ya se ha indicado, fueron adaptadas o modificadas a partir de diversas modalidades de lucha que existían con anterioridad. Otras fueron creadas por Kano y sus alumnos<sup>7</sup>. Pero una de las aportaciones más importantes del fundador del judo es el denominado “Gokyo”, que consiste en una reflexión teórica sobre cómo deben organizarse las técnicas existentes para poder llevar a cabo un proceso racional en la enseñanza del judo. Así, la primera clasificación aparece en 1893<sup>20</sup>. Éstas se han ido actualizando a lo largo de un proceso de evolución hasta completar las 66 técnicas de proyección reconocidas por el Kodokan<sup>21</sup>, centro en el que impartió sus enseñanzas Kano y en el que además del judo también se hacía hincapié en la educación moral e intelectual de sus alumnos. En la actualidad es un instituto que dirige la evolución técnica del Judo Mundial. Finalmente han quedado distribuidas en cinco grupos o niveles de enseñanza, hecho que viene a reafirmar la importancia de los aspectos didácticos que Kano había puesto de manifiesto ya en los inicios de esta disciplina<sup>20</sup>. Para conseguir esta ordenación se siguieron dos principios: el de progresión, atendiendo a la dificultad de las mismas, y el de variabilidad.

Posteriormente, en 1895, el “Kodokan” organizó las diferentes técnicas existentes en tres grandes grupos: las técnicas de proyección o “Nage waza”, las técnicas de suelo o “Ne waza” y las técnicas de golpeo (que solamente se incluyen en los katas o en la defensa personal) o “Atemi waza”<sup>20</sup>. Dentro de la clasificación de las técnicas de proyección, que actualmente continúa utilizándose en la mayor parte de las federaciones de los distintos países, se diferenciaron cinco grupos atendiendo a los siguientes criterios: la posición del cuerpo de “tori” (el sujeto que realiza la acción) en el momento de realizar la proyección, la parte del cuerpo más

implicada en la proyección y la dirección de la caída de "uke" (sujeto que recibe la acción).

Durante el largo proceso de evolución de esta modalidad deportiva existe un número significativo de autores que han aportado nuevos criterios para clasificar las técnicas del judo. Destacan los trabajos de Geesink<sup>21</sup>, Gleeson<sup>22</sup>, Kolychkine<sup>23</sup>, de la Federación Francesa de Judo<sup>24</sup> y de Adams<sup>25</sup>. Mención aparte requiere el estudio de Sacripanti<sup>26</sup>, basado en criterios biomecánicos en el que se diferencian dos grandes grupos de técnicas: las que utilizan una palanca, y las que se sirven de par de fuerzas para proyectar. Aunque la creada por el "Kodokan", que se ha expuesto anteriormente, sigue siendo la referencia a seguir en los ámbitos educativo y competitivo<sup>20</sup>.

## 1.5. “Seoi Nage”

Según el “Kodokan”, “Seoi nage” es la primera técnica de proyección del grupo de manos o “Te waza”. El “Gokyo”, en su última versión de 1920, la incluía dentro del primer grupo o nivel de enseñanza, que estaba dedicado a las técnicas que deberían aprenderse en las primeras etapas de la formación a seguir por un alumno<sup>27</sup>.

Existen diferentes variantes de la técnica “Seoi nage”: “Morote seoi nage”, “Ippon seoi nage” y “Eri seoi nage”. Aunque hay muchas similitudes entre ellas, pueden diferenciarse ciertos aspectos que son únicos de cada una. En este estudio se ha elegido la primera variante denominada “Morote seoi nage” por ser más frecuente su utilización en competición y a su vez estar presente en un mayor número de estudios científicos como se justificará posteriormente. El término se traduce como “proyección cargando sobre la espalda”. La ejecución comienza provocando el desequilibrio del oponente hacia delante o lateralmente e introduciendo el antebrazo de tori por debajo de la axila del mismo lado de uke. De este modo se carga al adversario en la espalda y seguidamente lo proyecta por encima de su hombro<sup>28</sup>.

Las técnicas de brazo (a la que pertenece “seoi nage”) han sido muy utilizadas por los competidores de pesos inferiores en los torneos más importantes que se han desarrollado entre 1995-1999<sup>29</sup> siendo “seoi nage”, según Almansba<sup>30</sup>, la más más frecuente en los judokas ligeros o de baja estatura, aunque en la actualidad es posible encontrar a grandes especialistas de la misma en categorías de mayor peso.

Tradicionalmente, esta técnica caracterizó al estilo de judo de los deportistas japoneses, que utilizaban recursos muy técnicos para hacer frente a la superioridad física de sus rivales procedentes, en su mayoría de los países occidentales<sup>31</sup>. En la actualidad, estas diferencias han

desaparecido y, aunque existen grandes especialistas de "Morote seoi nage" por todo el mundo, sigue siendo en el judo japonés donde se aprecia una técnica más depurada y fina. Según Nakanishi<sup>31</sup>, es la técnica de proyección más popular del judo y la primera que se enseña a los niños japoneses.

Durante las últimas décadas se han realizado estudios centrados en analizar las puntuaciones obtenidas en las diferentes competiciones. Su objeto ha sido determinar cuáles son las técnicas más eficaces, ocupando "Seoi nage" una posición privilegiada en la mayoría de los casos.

En este sentido, destaca el estudio efectuados por Branco<sup>32</sup>, en el que se pone de manifiesto que "Seoi nage" había sido una de las técnicas más utilizadas por los judokas portugueses en su campeonato nacional de 1979, o el realizado por Weers<sup>33</sup>, que analiza las técnicas más habituales en los campeonatos del mundo celebrados entre 1983 y 1995.

En los estudios realizados durante los Juegos Olímpicos de Barcelona 1992 y en los llevados a cabo en Atlanta 1996, se sigue demostrando la efectividad de "Seoi nage", que continua apareciendo como una de las técnicas de más éxito<sup>34</sup>. Este mismo resultado se obtuvo en todas las investigaciones consultadas en las que siempre aparece entre las más efectivas en competición<sup>35-38</sup>.

A nivel nacional también existen estudios, como los de Carratala et al<sup>39,40</sup> en los que se analizaron las categorías infantiles femeninas del campeonato de España 2004, y las categorías cadetes masculinas respectivamente, en los que vuelve a aparecer "Seoi nage" como una de las técnicas con la que se obtienen más puntuaciones, sobre todo en las categorías ligeras.

Por último, en los Juegos Olímpicos de Londres 2012 vuelve a confirmarse esta constante<sup>41</sup>, resultando "Morote seoi nage" la técnica más

eficiente con la que se consiguen 222 de las 1109 proyecciones realizadas por los judokas de categoría masculina, lo que supone el 20,02% del total.

Estos argumentos permiten concluir que “Morote seoi nage” es una de las técnicas más utilizadas en la competición, ya que aparece siempre en una posición destacada en todos y cada uno de los diferentes estudios encontrados, referidos a diferentes épocas, sin que se vea afectada esta posición de privilegio por los cambios que se han producido en el reglamento. Tal circunstancia ha suscitado la realización de distintos estudios científicos<sup>3,5,6,42</sup> que ponen de manifiesto el interés que despierta su análisis desde diferentes perspectivas (enseñanza, análisis de la técnica, rendimiento, etc).

## 1.6. Los "Uchi-komis"

Uno de los métodos que más se ha utilizado para progresar en judo y en la mayoría de los deportes que requieren ejecutar gestos técnicos complejos ha sido el del entrenamiento por medio de repeticiones.

Este tipo de entrenamiento, que en los deportes de lucha de origen japonés se denomina "uchi-komi", consiste en realizar repetidamente entradas a un compañero sin completar la totalidad del movimiento; es decir, eliminando la fase de proyección<sup>28</sup>. La experiencia viene demostrando que resulta ser un método eficaz para adquirir el perfeccionamiento de la técnica y la habilidad de los movimientos.

Con este método ("uchi-komi") se pretende automatizar las técnicas de judo de tal modo que lleguen a convertirse en movimientos naturales y reflejos del propio cuerpo. Para alcanzar dicho objetivo, es necesario repetir las miles de veces<sup>43</sup>. El mismo autor destaca la importancia que los japoneses dan a este método de entrenamiento, al que consideran la espina dorsal de la progresión en cualquier técnica de judo. Incluso se ha llegado a afirmar que para conseguir resultados satisfactorios con un movimiento, el número de repeticiones a realizar deberá ser superior a veinte mil.

Los "uchi-komis" se utilizan en todas las etapas de la formación de un judoka. Con ellos se pueden conseguir diferentes objetivos. En las etapas iniciales de adquisición del gesto, sirve como medio para perfeccionar y automatizar el aprendizaje de una técnica determinada<sup>28</sup>.

En función del aspecto técnico sobre el que se pretenda incidir, se puede realizar el movimiento completo o solamente una parte del mismo. De este modo es posible focalizar la atención en momentos concretos como pueden ser la acción de desequilibrio con los brazos, la colocación de los pies, etc.

También se pueden utilizar los “uchi-komis” para desarrollar las capacidades físicas de un sujeto adaptándolas de manera más específica al propio deporte<sup>43</sup>. En ese caso será necesario controlar los aspectos que puedan influir en la carga de trabajo, como son: la resistencia que ejerce uke, la velocidad de ejecución, las repeticiones de cada serie, el número de series, el tiempo de descanso, etc. Por lo tanto, se deberán ajustar las variables citadas en función de la capacidad física que se pretenda optimizar. Durante la realización del trabajo en condiciones de fatiga, hay que vigilar que la ejecución del gesto no se desvirtúe, ya que en este caso se podrían automatizar movimientos incorrectos. Por esto, es imprescindible intercalar sesiones de trabajo técnico entre las dedicadas al desarrollo de las capacidades físicas, para incidir sobre la técnica y así refrescar y corregir los posibles “vicios” que se hayan adquirido.

Además se han utilizado los “uchi-komis” (por sí solos o integrados con otros ejercicios) como un test específico para valorar aspectos relacionados con la capacidad de resistencia en el judo (el uso de umbral de lactato el análisis del lactato en sangre y la frecuencia cardíaca). Sirvan de ejemplo los estudios de Azevedo et al<sup>45</sup>, Blasco<sup>46</sup>, Almansba et al<sup>47</sup>, Almansba et al<sup>48</sup>, Robayna et al<sup>49</sup> y Farzaneh et al<sup>50</sup>.

## **1.7. Gomas elásticas como método de entrenamiento**

El trabajo con gomas elásticas se viene utilizando desde hace varias décadas en el campo de la actividad física y del deporte. Las primeras investigaciones que hacen referencia al uso de este material aparecen ya en los años 40 dentro del ámbito de la rehabilitación<sup>51</sup>.

Respecto a los diferentes grupos de estudios realizados sobre el trabajo con gomas elásticas, aparece un primer bloque orientado al ámbito de la salud. Dentro del mismo se engloban los centrados en personas sedentarias que han seguido un programa de ejercicios con este material, obteniéndose resultados muy similares a los conseguidos con pesos libres o con máquinas de musculación. En todos los casos se evidenció la mejora de su masa, fuerza y resistencia musculares<sup>52,53</sup>. En este primer bloque puede establecerse también otro grupo de estudios que utilizó el trabajo con gomas como método de entrenamiento orientado a las personas de edad avanzada<sup>54</sup>. En este apartado se evidencia otro campo de investigación centrado en utilizar los elásticos en programas de rehabilitación de personas que han sufrido diferentes tipos de lesiones y que durante su periodo de recuperación requieran realizar ejercicios específicos en los que se soliciten movimientos con un riesgo mínimo de lesión<sup>55</sup>.

Un segundo bloque englobaría los estudios con gomas o elásticos que también han estado presentes, desde hace décadas, en los programas de preparación física aplicados a diferentes deportes, siendo el judo uno de los pioneros en su utilización. Es muy conocida la imagen en la que aparece el campeón olímpico Okano, que ya en 1969 practicaba con unas cámaras de motocicleta, que habían sido fijadas al tronco de un árbol.

Entre las ventajas que presenta el trabajo con elásticos frente al realizado con máquinas de musculación destaca el hecho de que con las

gomas el movimiento es libre, igual que ocurre en la ejecución de los gestos que tienen lugar durante la competición deportiva. Sin embargo, al utilizar las máquinas de musculación, se obliga a realizar el movimiento en una dirección determinada. En este caso trabajan menos músculos a la vez, ya que no es necesario implicar a los responsables de estabilizar el movimiento. Además, durante la realización de un esfuerzo explosivo con máquinas no se exige tanta coordinación entre los diferentes grupos musculares implicados, mientras que, al utilizar las gomas, la participación y coordinación se ven claramente incrementadas. En este sentido, existen diferentes estudios que ponen de manifiesto los beneficios del entrenamiento con resistencias libres frente al trabajo que se realiza con máquinas de musculación<sup>56,57</sup>.

En diferentes disciplinas deportivas, como el Judo, el trabajo con gomas permite imitar algunos gestos técnicos específicos, otorgando mayor efectividad al trabajo muscular, ya que se consigue vencer una resistencia progresiva en la misma dirección que la que se realiza en el movimiento que se está trabajando<sup>58</sup>. De este modo, la realización posterior de la técnica en situación de competición se verá claramente favorecida. Además, el uso de este material elástico permite desarrollar el trabajo combinando las series de repeticiones de una técnica (“uchi-komis”) y el entrenamiento con gomas. De este modo el judoka no depende de un compañero para poder realizarlo<sup>59</sup>.

Anteriormente se han argumentado una serie de razones sobre la importancia de los “uchi-komis” y el papel que éstos desempeñan en el desarrollo técnico de un judoka, sobre todo en las etapas iniciales. Pero llega un momento en el que este método de entrenamiento no es suficiente, ya que se obvia la parte final del movimiento. Una técnica de Judo implica realizar determinadas acciones englobadas en tres etapas denominadas: “kuzushi” (desequilibrio), “tsukuri” (preparación) y “kake” (proyección)<sup>60</sup>.

Durante la realización de los "uchi-komis" el movimiento no se efectúa en su totalidad ya que no se culmina con la proyección del compañero. Si se sustituye a éste por una goma, permite realizar un tirón final, que en muchas técnicas imita la tercera fase de la proyección.

Uno de los principios que debe seguir todo movimiento de judo para ser eficaz afirma que el cuerpo de tori debe estar desequilibrado en la dirección de la proyección<sup>61,62</sup>. Al estirar las gomas, éstas ejercen una tensión que permite compensar el desequilibrio del judoka que realiza la técnica. De este modo, cuanto más completo sea el movimiento mayor será el desequilibrio del sujeto. A su vez, se verá compensado con un incremento en la tensión, lo que facilitará la recuperación de la posición inicial. Este argumento puede verse reforzado por la existencia de un método de entrenamiento en judo denominado "nage-komi" consistente en la ejecución de la técnica hasta el final, lo que implica la necesidad de proyectar contra el tatami al compañero en cada repetición. Aunque este tipo de trabajo es muy positivo para tori, presenta el inconveniente de que es muy duro para uke, debido a la intensidad y número de impactos que éste recibe<sup>6</sup>. Esto, a su vez, invita a considerar la posibilidad de estudiar la sustitución de los "nage-komis" por el método de entrenamiento con gomas elásticas.

Con esta novedosa forma de entrenamiento se pueden variar los objetivos del trabajo realizado en las sesiones modificando la resistencia que ofrecen las gomas. Si se utilizan elásticos de poca resistencia se incide en la automatización del gesto técnico. Por el contrario, si se incrementa la dureza de aquéllos, se trabaja en el desarrollo de las capacidades físicas con una mayor transferencia a la competición.

Igual que ocurre en el caso del trabajo mediante los "uchi-komis", con las gomas se puede realizar la técnica de una manera completa o ejecutar movimientos aislados con el fin de incidir en un aspecto

fundamental de la misma; por ejemplo, en el tirón inicial de los brazos. En este caso, lo que se busca es mejorar la fuerza rápida de los músculos involucrados en los gestos trabajados, que son determinantes en el éxito de la proyección.

Entre los inconvenientes detectados en el trabajo con las gomas aplicadas al entrenamiento en judo destaca la dificultad de entrenar con ellas determinadas técnicas, por lo que, en esos casos, resulta difícil sustituir el papel de uke.

Por último, conviene considerar la necesidad de un periodo de aprendizaje-adaptación en las fases iniciales de utilización de este novedoso material. La resistencia que producen las gomas, diferente a la generada por uke, requiere de un trabajo progresivo que permita la familiarización con la ejecución del movimiento.

En el momento actual, caracterizado por el auge del entrenamiento funcional, se aprecia un incremento notable del trabajo con gomas que se refleja en el elevado número de referencias audiovisuales, cursos monográficos, venta de material específico, etc. detectados en la red. También resulta habitual observar propuestas en este ámbito de dudosa eficacia. Esta situación pone de manifiesto la necesidad de realizar estudios de rigor en los que se demuestren sus beneficios, así como la forma de planificar el trabajo con este material. La biomecánica como disciplina del conocimiento científico puede contribuir en la valoración funcional con nuevas aportaciones que permitan determinar la eficacia de las propuestas sometidas a estudio, entre las que se incluye la utilización de nuevos materiales como son las gomas elásticas.

## 1.8. Biomecánica en el Judo

La biomecánica es una ciencia pluridisciplinar que utiliza los principios y métodos de la mecánica para estudiar los seres vivos teniendo en cuenta sus peculiaridades<sup>63</sup>.

Según Izquierdo<sup>64</sup>, la biomecánica del movimiento humano es la disciplina que utiliza los medios de la mecánica para su estudio, pudiendo diferenciarse tres grandes campos de actuación: biomecánica médica, biomecánica ocupacional y biomecánica deportiva, siendo el fin de esta última el análisis o la explicación de los movimientos deportivos desde la perspectiva científica de la física, lo que implica utilizar un lenguaje matemático para revelar las causas relacionadas con la eficacia del movimiento deportivo<sup>65</sup>.

Entre los objetivos que pretende alcanzar esta disciplina, en el deporte de alta competición, se pueden destacar<sup>63</sup>:

- La descripción de la técnica deportiva.
- La búsqueda de técnicas más eficaces.
- El desarrollo de métodos de medida y de registro.
- La ayuda a la planificación del entrenamiento.

El convencimiento de la importancia de esta ciencia en el desarrollo del judo ha estado siempre patente. Desde sus inicios, Jigoro Kano consideró que las técnicas tenían que apoyarse sobre los principios de la mecánica, buscando la eficacia sobre el uso de la fuerza. Esta máxima ha estado siempre presente en el proceso de descubrimiento e incorporación de las nuevas técnicas en este deporte.

Según Figueroa citada por Arnaiz<sup>66(p 98)</sup>, "el Judo no es un arte marcial rudo, son los hombres toscos los que lo tornan así porque emplean

la fuerza como único medio para derribar a sus contrincantes, por carecer de las habilidades necesarias. Por el contrario, el Judo es un arte de suavidad que emplea la técnica del desequilibrio". "La mecánica y el arte del Judo se basan en la aplicación del menor esfuerzo posible para alcanzar la máxima eficacia, y eso sólo se logra empleando el método adecuado, con la habilidad y el talento indispensable".

En los comienzos del judo, el papel que desarrollaron los entrenadores dentro de los diferentes ámbitos del deporte (preparación física, técnica, táctica ...) se basó en suposiciones apoyadas en su intuición y su experiencia personal, alcanzada después de muchos años de ensayos y errores. Si varios expertos observan una técnica, siempre habrá puntos en los que no estén de acuerdo. Cada uno verá fallos diferentes, muchas veces influidos por su manera particular de ejecutarla. La biomecánica, por medio de rigurosos estudios, permite a los entrenadores aislar esta subjetividad y demostrar cuáles son los modelos técnicos más eficaces hacia los que se tienen que dirigir los deportistas que quieren alcanzar el éxito.

Actualmente, la repercusión que conlleva triunfar en los grandes eventos hace que uno de los objetivos de los practicantes sea conseguir el mejor resultado en las competiciones más importantes. Ésta es la causa por la que los países más desarrollados disponen de muchos medios para tratar que cada deportista logre rendir a su máximo potencial en las competiciones más importantes. La medida o evaluación de los diferentes gestos deportivos, aportará datos claves para mejorar sobre todo en la preparación física y técnica del deportista.

Según Trilles<sup>67</sup>, éstas son algunas de las posibilidades de la biomecánica para aportar mejoras al ámbito del rendimiento en judo:

- Medir los parámetros mecánicos elementales del rendimiento, como desplazamiento, velocidad, aceleración entre otros, en la realización de cualquier gesto técnico.
- Identificar, en la ejecución de expertos respecto de una técnica, los rasgos comunes a todos ellos. Éstos serán los elementos claves de cada técnica y servirán para valorar las ejecuciones de otros sujetos.
- Medir las fuerzas que ejerce tori sobre uke en una proyección y compararlas con las de otros sujetos.
- Medir la energía que se gasta en una proyección.
- Validar sesiones de perfeccionamiento técnico mediante medidas objetivas.
- Identificar diferentes adaptaciones personales en las distintas técnicas.
- Comparar ejercicios de entrenamiento.
- Validar un aparato de musculación específico comparando el gesto realizado en situación natural con el llevado a cabo en un ergonómetro.
- Validar cuantitativa y cualitativamente los progresos que se van alcanzando durante el proceso de entrenamiento.

### **1.8.1. Estudios biomecánicos realizados en Judo**

Después de hacer una revisión de las investigaciones que se han realizado sobre la biomecánica y el judo, éstas se pueden agrupar en las siguientes áreas.

#### ***1.8.1.1. Investigaciones centradas en el desarrollo y optimización de equipamientos y materiales deportivos.***

En el deporte del judo, este ámbito de estudio es el que cuenta con menos trabajos. Destacan dos líneas de investigación: la primera se centra en la realización de análisis mecánicos de diferentes tipos de tatami con el fin optimizar el compromiso entre el rendimiento y la protección<sup>67</sup>. Éstos han sido considerados en la elaboración de la normativa AENOR. La segunda aborda el diseño de diferentes ergómetros que sirven para simular los gestos técnicos del judo. Dentro de ésta destacan los estudios de Blais et al<sup>5,42</sup>, que realizaron y validaron un aparato de musculación específico para el judo; y el de Hassmann et al<sup>3</sup> que crearon una maquina para sustituir a uke y poder simular el gesto de una proyección de “Seoi nage” para su valoración.

#### ***1.8.1.2. Investigaciones cinemáticas del judo:***

Estos estudios tienen por objetivo describir los movimientos propios del deporte por medio del análisis de la posición, orientación, velocidad y aceleración del cuerpo o de sus segmentos. La mayoría comparan los datos obtenidos en dos situaciones diferentes para tratar de decidir cuál es más favorable, como Minamitani et al<sup>69</sup>, en el que se realiza la misma técnica de dos maneras claramente diferenciadas para tratar de averiguar cuál de ellas es más eficaz. Inamura et al<sup>69</sup> comparan la variación de la localización del centro de masas y de la velocidad angular del tronco al realizar una técnica en situación de trabajo o de competición. Lopes et al<sup>71</sup> analizan la eficacia del

movimiento específico "O soto gari" en función de la diferente altura de los ukes. Puede destacarse también el estudio de Michnick et al<sup>72</sup>, en el que se compara la forma de caer inesperadamente y sobre suelo duro de dos judokas, uno joven y practicante de judo ocasional y otro mayor y experto. Además del ya mencionado de Blais et al<sup>41</sup>, en el que por medio de la cinemática se valida el gesto realizado en una máquina de musculación específica respecto del que se produce al ejecutar la técnica con un uke.

Otros estudios buscan simplemente la descripción. Santos et al<sup>72</sup> abordan los diferentes rangos de movimiento articular que se dan en las principales técnicas, para así poder actuar sobre el deportista con el fin de prevenir lesiones. Inamura et al<sup>70</sup>, comparan las diferencias en el impulso provocadas en el centro de masas del uke a lo largo de las distintas fases de los movimientos estudiados. En su tesis, Ramón<sup>1</sup> trata de relacionar la información obtenida a partir de la realización del movimiento con otros aspectos comportamentales, como el tipo de agarre y el estilo de ataque. Y Silvestru et al<sup>74</sup> analizan la grabación de diferentes movimientos para proporcionar datos objetivos al entrenador sobre la ejecución de la técnica y sus progresos.

### ***1.8.1.3. Investigaciones centradas en la dinámica:***

En este apartado se engloban los trabajos que valoran cómo los diferentes tipos de fuerza pueden afectar al movimiento humano.

Dentro de los distintos campos de estudio que abarca la dinámica, destacan las investigaciones relacionadas con la regulación postural y el equilibrio de los judokas, y como éstos se adaptan a las diferentes situaciones<sup>75</sup>. Otros estudios analizan la relación existente entre la estabilidad postural y el tipo de movimiento especial de cada uno<sup>76</sup> o la predisposición a caer hacia una determinada dirección<sup>77</sup>. Perrin et al<sup>78</sup>

comparan los niveles de equilibrio estático y dinámico obtenidos por un grupo de judokas respecto de otros grupos de poblaciones diferenciadas.

Hay estudios que abordan los distintos niveles de actividad muscular obtenidos en un grupo de judokas respecto de otro integrado por no judokas. Ache et al<sup>79</sup> analizan las diferencias que aparecen entre la fuerza de prensión y su resistencia a la fatiga y Van Swigchem et al<sup>80</sup> la diferente actividad muscular que presentan dos muestras diferenciadas (judokas y no judokas) ante una caída.

Algunos estudios analizan la actividad bioeléctrica. Así, el de Zaggelidis et al<sup>81</sup> pone en relación los valores de actividad bioeléctrica muscular, obtenidos mediante una electromiografía, mientras se ejecuta una técnica de judo sobre plataformas de fuerza y se compara el resultado con los valores logrados por los mismos sujetos al realizar los test de salto de Bosco. En otros, se relaciona la actividad bioeléctrica con los valores alcanzados en máquinas isocinéticas<sup>82-85</sup>.

Resulta interesante destacar también los estudios de Piucco y Santos<sup>6</sup>, orientados a calcular los valores de impacto que experimenta el uke al sufrir una proyección de “seoi nage” en tres partes distintas del cuerpo y los Harter et al<sup>86</sup> que evalúan las diferencias que aparecen en la fuerza de reacción producida por el suelo al realizar dos técnicas similares.

Por último, Essendop et al<sup>87</sup> realizaron un estudio en el que se valora la presión intra-abdominal que se produce en un judoka al recibir el peso de un compañero de manera imprevista.

#### ***1.8.1.4. Investigaciones que combinan la cinemática con la dinámica.***

En este apartado se incluyen los trabajos que combinan los señalados en los dos anteriores. Generalmente presentan una mayor complejidad, pero a su vez ofrecen conclusiones más enriquecedoras. En

todos estos estudios se utiliza un sistema de grabación y análisis de imágenes combinado con otro instrumento diferente en cada caso.

Uno de los más completos evalúa las fuerzas que se producen en las diferentes articulaciones al realizar una técnica y determina el gasto energético generado en el desequilibrio<sup>5</sup>. Para llevarlo a cabo necesitaron un ergómetro específico adaptado al judo, dos plataformas de fuerzas, dos sensores de fuerza y un sistema de grabación y análisis de imágenes.

Otras investigaciones buscan diferencias en la ejecución de una técnica realizada por un grupo de debutantes y por otro de expertos. Para la realización de estos estudios se sirvieron, además del sistema de grabación y análisis de imágenes, de una plataforma de fuerzas<sup>88</sup> o de la electromiografía<sup>89</sup>. También se compararon diferentes maneras de realizar una misma técnica con el sistema de grabación y análisis de imágenes y con la ayuda de tensiómetros<sup>90</sup>.

Sacripanti<sup>91</sup> en su libro "Avances en la investigación biomecánica" hace un compendio de estudios realizados por otros autores y los clasifica según su temática en: los que analizan los principios básicos y avanzados del judo, los que estudian y clasifican las técnicas de pie y de suelo y los que se centran en los principios del entrenamiento y de la competición, incluyendo la manera en que los entrenadores pueden analizar ésta última para obtener información con la que posteriormente tratar de mejorar el resultado.

## **1.8.2. Instrumentos de medida**

En la realización de los estudios biomecánicos se utilizan diferentes aparatos o instrumentos para valorar el movimiento humano.

### **1.8.2.1. Instrumentos de medida utilizados en las investigaciones cinemáticas**

En este tipo de investigaciones, para obtener los datos se pueden utilizar técnicas directas (cuando se realizan directamente sobre el individuo) e indirectas (cuando la medición se realiza sobre un soporte ya sea magnético, fotográfico, etc<sup>63</sup>).

Como **técnicas directas** más utilizadas se pueden destacar:

Electrogoniómetro. Son instrumentos de medición de ángulos, que una vez fijados al eje de rotación de una articulación, informan de su movimiento en tiempo real y de manera continuada. Por medio de ellos se conocen los diferentes grados de flexión y extensión de una articulación durante la realización del gesto estudiado. A partir de estos datos se pueden calcular la velocidad y la aceleración angular<sup>92</sup>. Para lograrlo es necesario transmitir el ángulo de giro de la articulación a un potenciómetro que al girar emite un impulso eléctrico directamente proporcional al movimiento de la articulación<sup>93</sup>.

Acelerómetro. Son sensores que, fijados a un elemento óseo sobre la superficie de la piel, permiten registrar las aceleraciones de un segmento corporal durante la actividad deportiva<sup>94</sup>. Los sensores incorporan unos transductores piezoeléctricos capaces de transformar una aceleración en señal eléctrica que será interpretada por un software y generará una representación gráfica en tres dimensiones del gesto estudiado, además de informar de los valores angulares de las articulaciones implicadas en el movimiento y de las velocidades y aceleraciones lineales y angulares de los diferentes segmentos corporales.

Los acelerómetros se han utilizado en estudios que valoran la intensidad de los impactos. De éstos destaca el de Trilles<sup>68</sup>, que estudia los

diferentes tatamis con el fin de establecer una norma de los mismos, y el de Harter et al<sup>86</sup>, en el que se estudian los valores de impacto que experimenta un sujeto en la muñeca, cadera y tobillo al sufrir una proyección de judo. Es menos frecuente encontrar estudios en judo en los que se hayan utilizado los acelerómetros para realizar análisis cinemáticos. A modo de ejemplo puede citarse el realizado por Michnick et al<sup>72</sup>, en el que se compara la forma de ejecución de una caída inesperada en dos sujetos de edades muy diferenciadas.

Entre las **técnicas indirectas** se encuentran:

*Cinematografía.* Consiste en la toma sucesiva de imágenes del movimiento en instantes separados por un intervalo de tiempo constante y determinado<sup>67,94-96</sup>. Para poder realizar un análisis tridimensional del movimiento hay que emplear, como mínimo, dos cámaras de video de alta velocidad, que se deben encontrar fijas y con un ángulo de visión diferente al gesto que se quiera analizar. Además, también hay que filmar un sistema de referencias compuesto por una serie de puntos de los que se conoce su localización. El sistema obtiene las coordenadas espaciales de los marcadores colocados en las posiciones anatómicas del cuerpo de los sujetos cumpliendo los siguientes pasos<sup>97</sup>:

- En cada fotograma de cada cámara, el sistema debe de localizar la posición de los marcadores.
- Reconocer cada marcador para identificar los diferentes segmentos corporales.
- Reconstruir un modelo en tres dimensiones del sujeto.

En función del movimiento que se quiera estudiar, es aconsejable aumentar el número de cámaras. Al realizar un movimiento de judo, por el contacto con el compañero, se ocultan marcadores, por lo cual en este tipo

de estudios se utilizan al menos cuatro cámaras para aumentar la fiabilidad de los mismos.

Dentro del deporte del judo la cinematografía ha sido utilizada en un número destacable de investigaciones. Sirvan de ejemplo la tesis doctoral de Ramón<sup>1</sup> en la que se analiza la técnica de Judo “Uchi mata” desde una perspectiva biomecánica con el fin de determinar sus factores de rendimiento, y la de Blais<sup>61</sup> en la que se estudian las técnicas “Morote seoi nage” y “Uchi mata” y se proponen ejercicios para mejorar los posibles fallos que realizan los deportistas.

Debido a las singulares características del deporte, el rigor en los estudios se consigue estableciendo unas condiciones de trabajo propias de un laboratorio específico. El judoka que realiza el gesto estudiado debe llevar una vestimenta diferente al “judogui” (traje propio de la disciplina), para así facilitar la fijación de los marcadores anatómicos en las articulaciones, al final de los segmentos, o en el cuerpo. Mediante cálculos de las variables cinéticas y cinemáticas y tomando el cuerpo humano como un modelo compuesto por segmentos rígidos interconectados por medios de articulaciones se puede reconstruir el movimiento que realiza el sujeto. Para esto previamente hay que calibrar la cámara por medio de un sistema de referencia con unas dimensiones fijas y conocidas<sup>1</sup>.

#### ***1.8.2.2. Instrumentos de medida utilizados en las investigaciones relacionadas con la dinámica***

Estas investigaciones pretenden obtener información relacionada con la dinámica del gesto deportivo, utilizando diferentes técnicas entre las que destacan:

Plataforma de fuerzas. Son sistemas de medición directa de la fuerza que ejerce una persona sobre el plano de apoyo<sup>91</sup>. En este tipo de

instrumentos toda la fuerza soportada por la plataforma produce una señal eléctrica proporcional a la fuerza aplicada y ésta se proyecta en los tres ejes del espacio (x, y, z)<sup>94</sup>.

Las investigaciones que han utilizado las plataformas de fuerzas en judo se han orientado principalmente a valorar la regulación postural y las adaptaciones que realizan diferentes grupos de judokas para mantener el equilibrio<sup>75,76,78,98</sup>. Con ellas también se ha valorado la fuerza de reacción que provoca el suelo al realizar dos técnicas aparentemente similares<sup>86</sup> o una misma técnica ejecutada por diferentes sujetos<sup>87</sup>.

También se han utilizado para obtener datos en estudios más complejos en los que se han combinado con otros instrumentos biomecánicos, como es el caso del estudio de Blais et al<sup>5</sup>, en el que se han evaluado las fuerzas y los momentos de las principales articulaciones de un sujeto al realizar una proyección, logrando así determinar su consumo de energía.

Dinamómetros. Son aparatos que permiten medir la fuerza realizada en una acción determinada. Según Pérez et al<sup>94</sup>, su utilización proporciona información sobre las cargas mecánicas que generan el movimiento o las que se producen durante la realización del mismo. Los primeros modelos solamente medían la máxima fuerza estática. Sin embargo, en la actualidad se han desarrollado captosres de tensión capaces de registrar la fuerza, los momentos y las presiones que se producen en los distintos movimientos que conforman las diferentes disciplinas deportivas.

En las investigaciones realizadas en el ámbito específico del judo estos instrumentos se han utilizado para valorar la fuerza de prensión<sup>79</sup> y la variación en la fuerza isométrica máxima producida por la fatiga tras sucesivos combates<sup>99</sup>. También se han empleado en estudios cuyos datos

más relevantes hacen referencia al análisis de la energía generada en las diferentes articulaciones<sup>3,5,90</sup>.

Los últimos avances en este tipo de instrumentos se han orientado hacia el diseño y fabricación de nuevos dinamómetros isocinéticos, que permiten estudiar la fuerza dinámica que se ejerce en un rango de movimiento determinado y a una velocidad constante y programable. Éstos se han utilizado principalmente en rehabilitación, ya que permiten trabajar al máximo potencial del músculo a lo largo de todo el recorrido. También se han empleado como instrumentos para medir la capacidad de generar fuerza por un grupo de músculos y de este modo poder valorar el proceso de entrenamiento. Estos aparatos aparecen en investigaciones con judokas, pero siempre acompañados de otros instrumentos de medición de fuerzas de manera indirecta. Su fin ha sido la valoración de la aparición de fatiga<sup>83,85</sup>, del efecto del tratamiento mediante estos dispositivos en el proceso de recuperación de los judokas<sup>84</sup> o simplemente de los niveles de fuerza en las cuatro extremidades<sup>82</sup>.

### **1.8.2.3. Otro tipo de instrumentos**

Electromiografía. La electromiografía, (en adelante EMG), es una técnica indirecta para el estudio de la función neuromuscular a través del registro, procesamiento y análisis de la actividad eléctrica que emana de las fibras musculares durante la activación muscular (señales mioeléctricas)<sup>92,100-104</sup>.

La EMG se considera una área importante de evaluación biomecánica, ya que es el único medio disponible actualmente para medir, de manera indirecta, la actividad producida por los grupos musculares<sup>105</sup>.

Con la EMG se pueden obtener datos sobre:

- Los músculos que participan en una determinada actividad

- Su patrón de actividad
- La intensidad con la que se activan
- La coordinación entre los músculos que actúan al realizar la tarea

Se habla de dos tipos de EMG en función del tipo de electrodos que se utilicen. Cuando se habla de EMG intramuscular o profunda se utilizan unos electrodos muy finos en forma de aguja o alambre que se introducen en el interior del músculo que se quiere valorar atravesando la piel. Sus principales ventajas son que se pueden obtener datos fiables de músculos profundos o pequeños sin que éstos se vean afectados por la actividad de los adyacentes y la posibilidad de aislar partes de músculos largos. Como inconvenientes destacan las molestias que se pueden producir durante su colocación (son más invasivos) y la menor reproductibilidad. Por el contrario, en la EMG de superficie los electrodos se adhieren directamente sobre la piel por lo que, aunque haya que prepararla, su colocación es muy sencilla y no provoca ninguna molestia; además, las investigaciones son más reproductibles. Sin embargo, solamente se pueden utilizar para el estudio de la musculatura superficial y es posible que el registro se vea afectado por la señal de los músculos contiguos<sup>100,104</sup>.

Las ventajas de la EMG de superficie son evidentes, pero tradicionalmente se ha dudado de su precisión frente a la EMG intramuscular; no obstante, hay estudios que demuestran que existe una buena correlación entre los datos obtenidos con los dos tipos de electrodos<sup>106,107</sup>.

Por todo esto la EMG de superficie es la más indicada para los estudios del análisis de movimiento por su carácter no invasivo y por no influir en el gesto que ejecuta el deportista durante la recogida de datos<sup>108</sup>. En este tipo de estudios, generalmente se complementa con instrumentos

que aporten datos cinemáticos para poder identificar en qué instante se produce la activación de cada músculo<sup>109</sup>.

Las aplicaciones de la EMG de superficie dentro del ámbito del deporte según, Massó et al<sup>100</sup>, son; análisis de un gesto, análisis de la marcha, evaluar la fatiga, valorar la actividad muscular durante un proceso diagnóstico o terapéutico, facilitar técnicas de miofeedback, evaluación del rendimiento deportivo, valoración de trastornos de carácter neuromuscular y coactivación.

Según Clarys et al<sup>110</sup>, está demostrado que la señal electromiográfica guarda una relación directa con la fuerza que ejerce el músculo ya que su actividad eléctrica está determinada por el número de fibras y su frecuencia de excitación, y estos mismos factores son los que determinan la fuerza muscular. Pero para poder compararla con la que realizan otros sujetos o con la realizan ellos mismos en diferentes grupos musculares, será necesario normalizar los datos, es decir, expresarlos respecto a un valor de referencia (generalmente una contracción máxima) obtenido sin desplazar los mismos electrodos<sup>104</sup>.

En esta línea se han encontrado diferentes investigaciones referidas al judo; Dornowoski<sup>82</sup> relaciona los datos de actividad eléctrica obtenidos mediante EMG con los parámetros de fuerza isocinética en las cuatro extremidades, Zaggelidis et al<sup>81</sup> valoran mediante EMG las adaptaciones neuromusculares que se perciben al realizar proyecciones de cadera y los test de salto de Bosco por un grupo de judokas expertos y otro de nóveles. También aparecen estudios centrados en la fatiga muscular, como el de Rebai et al<sup>83</sup>, en el que se valora cómo influye la velocidad de ejecución de los ejercicios en la aparición de ésta, o el de Zarrouk et al<sup>84</sup>, en el que se evalúa cuál es la mejor estrategia para conseguir una recuperación más efectiva. Por último, hay otros que estudian las respuestas reflejas y

voluntarias de los músculos durante el control de la ejecución de diferentes movimientos realizados por judokas y por no judokas, como los de Essendop et al<sup>87</sup>, Van Swigchem et al<sup>80</sup> y Koshida et al<sup>89</sup>.

## 2. Hipótesis y objetivos

La hipótesis de la investigación se concreta en la siguiente afirmación:

El entrenamiento con gomas elásticas es un método válido para suplir al trabajo con un compañero en la práctica de la técnica de judo “Morote seoi nage”.

Para ello se plantean los siguientes objetivos:

1. Describir la actividad en los principales músculos de las extremidades superiores, inferiores y tronco durante la ejecución de la técnica de judo “Morote seoi nage” realizada con un compañero y valorada por medio de electromiografía de superficie.
2. Determinar el patrón de actividad muscular que tiene lugar en la ejecución de la técnica de judo “Morote seoi nage” con un compañero y con dos tipos diferentes de gomas.
3. Determinar las interrelaciones que se producen entre los diferentes músculos analizados en la ejecución de la técnica de judo “Morote seoi nage” con un compañero y con dos tipos diferentes de gomas.
4. Comparar las diferencias en el patrón de actividad y en la intensidad de la actividad muscular obtenidas en la realización de la técnica “Morote seoi-nage” con un compañero y con dos tipos diferentes de gomas.
5. Valorar si el entrenamiento realizado con gomas elásticas puede sustituir al realizado con un compañero.



### **3. Material y métodos**

- 3.1. Muestra del estudio.**
- 3.2. Temporalización del estudio.**
- 3.3. Material utilizado.**
- 3.4. Métodos.**



### 3.1. Muestra del estudio

En este estudio participaron voluntariamente siete judokas de dos clubes de la provincia de Huesca, a los que previamente se les comunicaron los objetivos del mismo, las pruebas que debían realizar y los datos que se obtendrían en las mismas. También fueron informados de los derechos que les otorga la ley de protección de datos. Todos estuvieron de acuerdo en participar en él y firmaron el correspondiente documento de consentimiento informado.

Los criterios de inclusión para la selección de la muestra fueron:

- Pertenecer a la categoría junior de judo (sub 21) o superior y competir a nivel nacional en el momento de la realización del estudio.
- Estar en posesión del grado de cinturón negro.
- Estar sanos y entrenados en el momento de la prueba.
- Estar habituados al trabajo con las gomas elásticas.
- Ser especialistas de la técnica de proyección “Morote seoi nage” realizándola en menos de 1,3 segundos.

El único criterio de exclusión que se aplicó fue que el tiempo de ejecución de la técnica completa (desde que tori comienza a despegar un primer pie del “tatami” hasta que uke contacta con el hombro en el suelo) fuese mayor de 1,3 segundos. Este criterio sirvió para desechar dos proyecciones, una del sujeto “2” y otra del sujeto “5”.

Las características de la muestra que participó en el estudio se resumen en la siguiente tabla.

<b>Sujetos</b>	<b>Edad (años)</b>	<b>Talla (cm)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Sujeto 1</b>	18	165	58	21,3
<b>Sujeto 2</b>	20	170	65	22,5
<b>Sujeto 3</b>	17	172	63	21,3
<b>Sujeto 4</b>	17	162	58	22,1
<b>Sujeto 5</b>	22	171	72	24,6
<b>Sujeto 6</b>	19	186	85	24,6
<b>Sujeto 7</b>	21	181	80	24,4

**Tabla 1.** Características de la muestra. (IMC Índice de masa corporal).

## **3.2. Temporalización del estudio**

Antes de comenzar el estudio, y por tratarse de un proyecto de investigación biomédica, se solicitó la evaluación del protocolo al CEICA (Comité ético de investigación clínica de Aragón) y se obtuvo el informe favorable del mismo con fecha 18 de enero de 2012.

A partir de ese momento se comenzaron a realizar las pruebas piloto que sirvieron para valorar cuáles serían los músculos a seleccionar en el estudio final y para solventar los problemas derivados de la puesta en práctica del protocolo (como la fijación de los sensores a la piel para que no se despegaran al ejecutar los movimientos).

La fase de experimentación del estudio final se desarrolló durante los meses abril y mayo del 2013 en las instalaciones de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de Huesca.

### 3.3. Material utilizado

- Tatami.
- Espalderas.
- Maquinillas para rasurar.
- Gasas y alcohol.
- Adhesivos específicos para fijar los electrodos de la marca DELSYS.
- Venda de fijación cohesiva CPK FIX (Farmaban) de 8 cm de ancha.
- Tallímetro Segá 220/221, con una precisión de  $\pm 1$  mm.
- Báscula A&D Instruments Ltd, con una precisión de  $\pm 0.5$  sg.
- Programas informáticos: Excel, SPSS 21.0, Word
- Ordenador portátil HP 550 Intel Core 2 Duo T5270 1.40Ghz 3 GB RAM.
- Goma 1: tubo ancho de goma elástica de 50 mm de diámetro y 1,7 mm de grosor, procedente de usos industriales ajenos al ámbito deportivo que se agarraba directamente, presentando características similares a las que originariamente utilizaban los judokas coreanos.
- Goma 2: compuesta por 2 tubos de 20 mm de diámetro y 2,95 mm de grosor, que se comercializa en España por la marca de material específico para las artes marciales "Tagoya", y que finalizan en un trozo de manga y otro de solapa de traje de judo para simular el agarre real.



Figura 1. Dos tipos de gomas utilizados en el estudio.

- Cámaras de vídeo webcam HD Logitech- HD-C910 y Drift modelo HD 170. Ambas graban en Full HD con una resolución de 1080p a 30 fotogramas por segundo, disponían de enfoque automático y tenían el micrófono incorporado.
- Electromiógrafo de superficie DELSYS Trigno, de 16 canales, con sensores inalámbricos que presentan los electrodos con el sistema patentado de “Parallel- Bar”, con 16-bit de rango y 2000 Hz frecuencia de muestreo. Todos los impulsos eléctricos resultantes de la actividad muscular asociada con la prueba son enviados al ordenador de control a través de una estación intermedia (Trigno Interfacing) conectada al mismo a través del puerto USB. La frecuencia de muestreo que se utilizó en el estudio fue de 2.000 Hz con un ancho de banda de entre 20 y 450 Hz, y el amplificador de ganancia total  $910 \pm 5$  %. Cada sensor recogía cuatro canales por músculo que eran

analizados directamente por el software propio de DELSYS (EMGworks® 4.0-Delsys) que realizaba de manera automática los algoritmos de filtrado y rectificación de la señal.

## 3.4. Métodos

### 3.4.1. Elección de los músculos a analizar

Antes de comenzar el estudio definitivo se realizaron sesiones de prueba, con sujetos que no participaron en la experimentación final, en las que se seleccionaron los músculos que posteriormente serían analizados en la investigación.

En las primeras pruebas se valoraron bilateralmente los siguientes músculos:

*En las extremidades superiores:* bíceps braquial, tríceps braquial, supinador largo, dorsal ancho, pectoral mayor, las fibras descendentes y transversas del trapecio.

*En el tronco:* recto anterior del abdomen, oblicuo mayor y musculatura de la zona lumbar, colocando dos electrodos, uno en la parte superior y otro en la inferior.

*En las extremidades inferiores:* recto anterior del cuádriceps, bíceps femoral, gemelo interno y tibial anterior.

Como el electromiógrafo utilizado disponía de dieciséis canales, se consideró que repetir la proyección para poder analizar todos los músculos en dos movimientos diferentes no era riguroso, ya que en las primeras pruebas se apreciaron ciertas variaciones. Por esta causa se decidió seleccionar los ocho músculos más significativos, teniendo en cuenta los siguientes criterios;

- Priorizar los grandes músculos que presentasen una participación activa en el movimiento.

- Seleccionar músculos que mantuvieran una relación entre sí (agonistas y antagonistas) para poder obtener información más enriquecedora sobre su secuencia de actuación a lo largo de los diferentes momentos del movimiento.
- Incluir músculos de las extremidades superiores, inferiores y tronco.
- Evitar los músculos en los que la colocación de los electrodos planteara problemas, como fue el caso del supinador largo del miembro superior dominante, ya que, al realizar el movimiento, chocaba y se despegaba.

Después de estudiar los primeros resultados y de analizar los problemas detectados en el desarrollo de las pruebas, se decidió reducir a ocho el número de músculos que participarían en el estudio final y que serían valorados bilateralmente (ya que generalmente las acciones que realizaba cada extremidad durante la ejecución de la técnica eran muy diferentes entre sí), resultando seleccionados los siguientes:

- **En las extremidades superiores:** bíceps braquial, tríceps braquial, dorsal ancho y pectoral mayor.
- **En el tronco:** recto anterior del abdomen.
- **En las extremidades inferiores:** recto anterior del cuádriceps, bíceps femoral y gemelo interno.

Como en la muestra había sujetos con distinta lateralidad, a lo largo del estudio no se habla de lado derecho e izquierdo, sino de lado dominante o no dominante, siendo la dominante la mano que en la posición inicial agarraba la solapa de uke, mientras que la no dominante cogía la manga. De esta manera se podía comparar la actividad de los músculos que realizaban la misma acción en los diferentes sujetos, independientemente de su lateralidad.

Durante estas pruebas también se perfeccionó el sistema de fijación de los electrodos al sujeto ya que, al ser éstos inalámbricos y resultar más voluminosos que los adhesivos, el sistema original que se utilizó inicialmente no resultó eficaz, llegando a despegarse alguno y a no transmitir correctamente la información. Para solucionar este problema, una vez fijados los electrodos, se rodearon con varias vueltas de venda elástica no adhesiva que impedía que éstos se desplazaran, pero sin influir en la ejecución de la prueba.



**Figura 2.** Electroodos inalámbricos y el sistema de fijación utilizado.

A su vez, las pruebas previas sirvieron de entrenamiento para el grupo de investigadores que de esta manera se familiarizó con el protocolo y así se minimizó el riesgo de que sugieran imprevistos al llevar a cabo la experimentación final del estudio.

### **3.4.2. Protocolo de las pruebas**

Antes de comenzar la experimentación, se explicó a cada sujeto las pruebas que debía realizar y los objetivos buscados, se les entregó toda esta información detallada por escrito y les fue solicitada la firma del protocolo de consentimiento.

#### ***3.4.2.1. Registro de datos generales***

Cada participante rellenó un pequeño cuestionario con sus datos personales y posteriormente se les talló y pesó.

#### ***3.4.2.2. Registro electromiográfico***

A todos los sujetos se les pidió que realizaran un calentamiento que finalizaba con la ejecución de los ejercicios que posteriormente se valorarían en el estudio. Este periodo de activación era fundamental para que cada uno se habituase al uke con el que realizaría las proyecciones, que tenía un peso y una talla similar al suyo, y a la tensión de los dos tipos de gomas diferentes con las que se efectuaban las pruebas.

#### ***Colocación de los electrodos***

Mientras los participantes se recuperaban, se les colocaron los electrodos en los músculos seleccionados. Éstos se situaban en la parte central del vientre muscular siguiendo las indicaciones de De Luca<sup>111</sup>. Se fijaban con un adhesivo a la piel del sujeto, que previamente había sido rasurada y desengrasada con alcohol para eliminar las resistencias<sup>100</sup>, y se protegían con una venda elástica no adhesiva, tarea realizada siempre por el mismo investigador. Los electrodos utilizados eran inalámbricos, hecho que posibilitaba el estudio de dieciséis músculos de manera simultánea sin los problemas propios de las conexiones; sin embargo, como se ha mencionado, su fijación resultaba más problemática. Por esto, y para evitar que la rigidez del traje específico utilizado en judo (judogi) desplazara los sensores, tori,

que es quien llevaba toda la instrumentación, realizaba el registro de la técnica con un pantalón de deporte y una camiseta elástica de manga larga. Sin embargo, uke sí que portaba la chaqueta del judogi para que tori le pudiera transmitir todas sus acciones de manera real.

### 3.4.3. Realización de las pruebas

El movimiento a analizar fue la técnica de proyección “Morote seoi nage” que, se realizó con un compañero y con dos tipos de gomas diferentes.

Todas las pruebas se grabaron con tres cámaras (lateral derecho, frontal y lateral izquierdo), que fueron sincronizadas con el registro electromiográfico para poder identificar qué momento concreto del movimiento se correspondía con la actividad eléctrica de cada músculo<sup>100</sup>.

Para poder efectuar esta sincronización, al comienzo de cada prueba, y desde la posición anatómica, el sujeto debía realizar un movimiento brusco de flexión de los codos.



Figura 3. Flexión de brazos utilizada para la sincronización.

La posición de inicio no estaba determinada, ni en las proyecciones con un compañero ni en las que se realizaban con las gomas; dando la posibilidad a cada sujeto de realizar el movimiento de su manera habitual, con el fin de que la ejecución fuera lo más veraz y rápida posible.

Entre cada repetición los sujetos disponían de cinco minutos de recuperación, para evitar la influencia negativa de la fatiga en la ejecución de la técnica<sup>112</sup>.

En primer lugar, se efectuaron dos bloques de cinco proyecciones cada uno realizadas con un compañero (“nage -komis”). Entre estos dos bloques se quitaron todos los electrodos y se volvieron a colocar para así poder valorar la fiabilidad en la colocación de los mismos ya que, según Massó et al<sup>100</sup>, “es muy importante mantener siempre la misma localización en los diferentes individuos y en los diferentes registros practicados a un mismo individuo, dado que la señal registrada varía en función de la zona del músculo sobre la que colocamos los electrodos”.

Como no se obtuvieron diferencias significativas en las pruebas de ambos bloques, se utilizó el conjunto de las diez proyecciones para la obtención de la actividad media y del patrón de actividad muscular al realizar la técnica “Morote seoi nage” con un compañero.

Posteriormente, y manteniendo la localización de los electrodos, el sujeto realizó tres repeticiones de la misma técnica (Morote seoi nage) con dos tipos de gomas elásticas (“uchi-komi” con las gomas) que le ofrecían una resistencia que él debía vencer para simular la ejecución de la proyección realizada con un compañero.

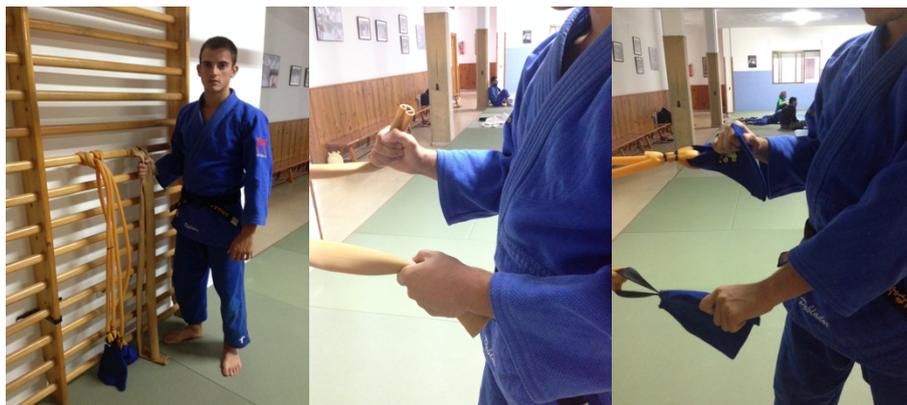


**Figura 4.** Fase final del movimiento con la goma 1.

Las gomas que se utilizaron se reservaron exclusivamente para el estudio evitando que con el uso frecuente se modificaran sus características de elasticidad y resistencia.

Para determinar la altura de sujeción de las gomas en la espaldera, se tomó como referencia el codo del sujeto, fijándose las mismas mediante un nudo de alondra en el peldaño inmediatamente superior a la de aquél, teniendo la precaución de que los dos extremos quedaran equidistantes.

La mecánica de la prueba era la misma con los dos tipos de goma; el sujeto realizaba la flexión brusca de los codos, necesaria para la posterior sincronización del registro electromiográfico con las imágenes; a continuación, cogía las gomas simulando la posición con la que se agarra el judogi de uke (mano dominante con el pulgar hacia el extremo de la goma y la no dominante con el pulgar hacia la espaldera), se colocaba en la misma posición inicial con la que los sujetos realizaban las proyecciones con compañero y sin tensar casi las gomas, ejecutaba tres repeticiones de la técnica “Morote seoi nage”, lo más explosivas posible, haciendo frente a la resistencia que le ofrecía la goma. Después de descansar cinco minutos, se repetía la secuencia con el otro tipo de goma.



**Figura 5.** Fijación de las gomas a la espaldera y forma de agarrarlas.

### **3.4.4. Análisis de los datos obtenidos**

Una vez completada la fase de experimentación se pasó a trabajar con los datos obtenidos. Estos datos se trasladaron a una hoja de calculo Excel, diseñada por el grupo de investigación de la Universidad de Zaragoza "IDERGO", en la que estaban integrados y sincronizados los datos de actividad eléctrica absoluta registrados de todos los músculos analizados en cada proyección, sus graficas y las imágenes de vídeo. De esta forma, se podían seleccionar las gráficas de la actividad eléctrica de los músculos que se querían visualizar de forma aislada o conjuntamente, así como observar a qué momento exacto del movimiento correspondía cada valor de actividad eléctrica.

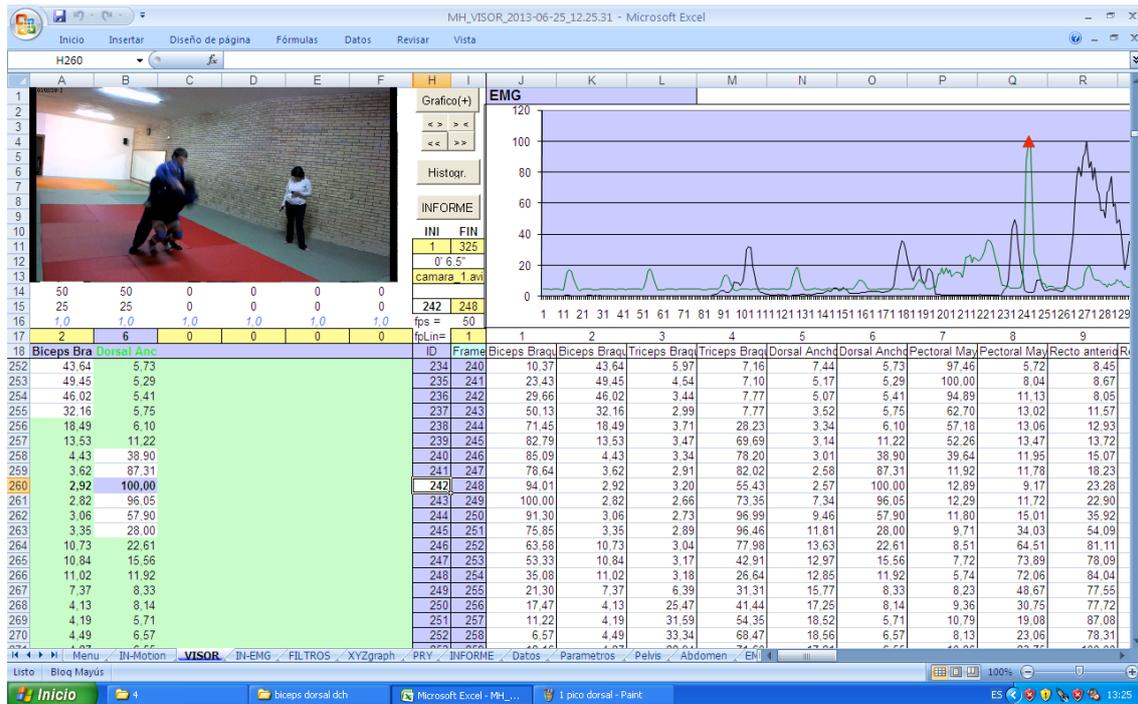


Figura 6. Hoja Excel en la que se integran las imágenes de vídeo de la proyección sincronizadas con los valores de actividad eléctrica y las gráficas de los músculos que se seleccionen.

Tanto el electromiógrafo como las cámaras de vídeo recogieron los datos de toda la ejecución, comenzando el registro previamente a la flexión de codos, necesaria para la sincronización, y manteniéndolo hasta después de finalizar la proyección. Para el análisis solamente se tuvieron en cuenta los valores de actividad muscular correspondientes al periodo exacto de la proyección, considerando que ésta comenzaba en el momento que tori despegaba un pie del suelo (generalmente el dominante) y finalizaba cuando uke contactaba con el hombro o costado en el tatami. Para la realización de este proceso se utilizó la hoja Excel en la que aparecían sincronizados los valores de actividad eléctrica de los diferentes músculos con las imágenes del movimiento.

Una vez visualizadas y acotadas todas las proyecciones, se comprobó si éstas cumplían lo establecido en el criterio de inclusión indicado anteriormente en cuanto a la duración de la proyección, es decir, que su

duración fuese menor de 1,3 segundos, descartando por este motivo dos del total de setenta realizadas por todos los sujetos.

Teniendo en cuenta que los valores absolutos no representan el esfuerzo muscular, ya que son muchos los factores pueden influir en la señal eléctrica captada (localización del electrodo, su orientación respecto a la dirección de las fibras, presencia de otros músculos cercanos cuya actividad pueda interferir en el registro, grosor del tejido adiposo subcutáneo, impedancia de la piel, etc.), para poder relacionar estos datos con otros sujetos o pruebas es necesario expresarlos respecto a un valor de referencia obtenido con la misma localización de los electrodos<sup>104</sup>. En este caso, todos los valores eléctricos captados en cada músculo se normalizaron dividiéndolos por el valor máximo alcanzado en ese músculo durante la proyección. Este método, según Robertson et al<sup>113</sup>, es considerado el mejor para normalizar contracciones en situaciones dinámicas; este valor máximo se consideraba el 100%, expresando como un porcentaje respecto a el, los valores obtenidos a lo largo de las diferentes proyecciones.

Posteriormente, se calculó, en todas las proyecciones realizadas con compañero, el valor medio de la actividad muscular obtenida en el desarrollo de las mismas.

#### ***3.4.4.1. Comparación entre los dos bloques de proyecciones de la técnica "Morote seoi nage" realizadas con un compañero.***

En primer lugar se realizó la comparación de los valores medios de actividad muscular registrada a lo largo de todo el movimiento, entre los dos bloques de proyecciones llevadas a cabo con compañero; es decir, antes y después de la recolocación de los electrodos.

Para llevar a cabo esta comparación se analizó el tipo de distribución que seguían los datos con la prueba de Shapiro-Wilk, indicada para muestras

pequeñas. Cuando la distribución era normal se utilizó la prueba T de Student para muestras relacionadas y cuando no lo era se realizó la prueba de Wilcoxon. Se utilizó un índice de significatividad 0,05, de manera que un p valor < 0,05 indicaba que había diferencias significativas entre los datos de las dos muestras.

Analizando los p valor obtenidos en la comparación de las medias de los dos bloques de proyecciones, de los 112 datos, solamente aparecieron diferencias significativas en dos casos. Después de estudiar los valores medios de actividad muscular y de compararlos con los de los demás sujetos, se llegó a la conclusión de que en ambos casos, los obtenidos en el segundo bloque de repeticiones eran anormalmente elevados, por lo que se desecharon.

#### ***3.4.4.2. Actividad muscular en las proyecciones de la técnica “Morote sei nage” realizadas con un compañero.***

Para ver si había uniformidad en la actividad muscular entre los sujetos analizados, se tuvieron en cuenta los datos de todas las proyecciones realizadas por cada uno de ellos (las diez de los dos bloques, ya que como se acaba de indicar, no se obtuvieron diferencias significativas entre ellos).

En primer lugar, se realizó un estudio descriptivo de la actividad eléctrica de cada músculo en los diferentes sujetos que incluía la media aritmética, como medida de tendencia central; y la desviación típica (s) y el coeficiente de variación (CV), como medidas de dispersión.

A continuación, para comparar los valores de actividad entre los diferentes sujetos, tras el análisis de la normalidad mediante la prueba Shapiro-Wilk, se utilizó el índice ANOVA de un factor, cuando las muestras eran normales, y la prueba de la U de Mann-Whitney cuando no lo eran;

situación sólo detectada en los dos músculos pectorales mayores. En todas las pruebas se utilizó un índice de significatividad  $p < 0,05$ .

#### ***3.4.4.3. Descripción cinemática de la técnica "Morote seoi nage"***

Antes de pasar a analizar cómo actúan los diferentes músculos estudiados a lo largo de las proyecciones realizadas con un compañero, se consideró fundamental definir, lo más detalladamente posible, toda la secuencia de acciones que realiza tori para facilitar las posteriores explicaciones al tener interiorizados los momentos claves de la proyección. Esto se realizó mediante la observación, a cámara lenta, de los vídeos grabados de las proyecciones realizadas por los diferentes sujetos desde distintos ángulos.

Como la posición de inicio era libre, algunos sujetos comenzaban la proyección con los dos pies al mismo nivel mientras que otros lo hacían con el pie del lado dominante adelantado. Esta situación afectaba al desplazamiento que se realizaba posteriormente por lo que, para facilitar el estudio de esta técnica, tanto cuando se realizaba con compañero como con las gomas, se consideró interesante dividir el movimiento en dos fases diferenciadas. Se consideró que la primera fase comprendía las acciones preparatorias que se ejecutaban desde el inicio del movimiento hasta que tori concluía los pasos que provocan el giro de 180° de su cuerpo, mientras que la segunda era en la que tenía lugar la proyección propiamente dicha, finalizando al contactar uke con el hombro en el tatami.

#### ***3.4.4.4. Patrón de actividad muscular en la proyección de la técnica "Morote seoi nage" realizada con un compañero.***

Para describir un patrón de actividad durante este tipo de proyección, en un principio, se representaron los valores de actividad muscular normalizada en gráficas, una por músculo y por sujeto, lo que determinó un volumen de 1120 gráficas. Tras su valoración, se escogió la

más representativa de cada sujeto (la que se aproxima a la media de todas las de dicho sujeto). Las siete seleccionadas se superpusieron en una gráfica conjunta, haciendo que coincidiera en todas el momento de cambio de fase. Así era más sencillo describir la evolución de su actividad diferenciándola en las dos fases en las que se dividió la proyección y siempre asociándola al movimiento que provocaba y al tipo de contracción que la generaba. Todo esto permitió describir un patrón común, con algunas salvedades, en cada uno de los músculos estudiados.

#### ***3.4.4.5. Comparación de la actividad muscular durante las proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” realizadas con un compañero y con las gomas.***

Al igual que en el análisis de las proyecciones realizadas con un compañero, para calcular la actividad muscular de las proyecciones realizadas con las gomas solamente se tuvieron en cuenta los valores obtenidos a lo largo del periodo que se correspondía con la ejecución de la técnica, considerando que ésta comenzaba en el momento en que el sujeto despegaba un pie del tatami y finalizaba cuando el tronco alcanzaba su máximo grado de flexión.

Los valores absolutos de actividad eléctrica de cada músculo obtenidos en las proyecciones realizadas con las gomas se normalizaron dividiéndolos por el promedio de los valores máximos de actividad eléctrica obtenidos en ese músculo por el mismo sujeto a lo largo de todas las proyecciones realizadas con un compañero. Por lo tanto, los valores de actividad muscular se expresaron como porcentaje de dicho valor.

Se hizo un análisis descriptivo de la actividad eléctrica normalizada de cada músculo, en las proyecciones con cada una de las gomas utilizadas, calculando la media aritmética y su desviación típica.

Para comparar dicha actividad al realizar la técnica de proyección "Morote seoi nage" con un compañero y con gomas, en primer lugar, se analizó la normalidad de la muestra. Como la distribución de los datos resultó normal en todos los casos, se utilizó el índice ANOVA de un factor y se completó el estudio con las pruebas post hoc, con las que se realizaban las comparaciones entre los valores de actividad muscular obtenidos entre dos distribuciones por separado; es decir, entre las proyecciones con compañero y con cada una de las gomas, y entre las proyecciones con los dos tipos de gomas entre sí. En estas pruebas se utilizó un índice de significatividad  $p < 0,05$ .

Por último, se comparó el patrón de actividad entre las tres proyecciones (con compañero y con los dos tipos de goma). Para ello, se superpusieron los valores de actividad muscular de la proyección más representativa de cada sujeto, haciendo coincidir en todas el momento de cambio de fase y marcándolo para así tener un punto de referencia común.

## **4 Resultados**

- 4.1. Descripción de la muestra.**
- 4.2. Comparación entre los dos bloques de proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” realizadas con un compañero.**
- 4.3. Actividad muscular en las proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” realizadas con un compañero.**
- 4.4. Descripción cinemática de la técnica “Morote seoi nage”.**
- 4.5. Patrón de actividad muscular en la proyección de la técnica “Morote seoi nage” realizada con un compañero.**
- 4.6. Comparación de la actividad muscular durante las proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” realizadas con un compañero y con las gomas.**



## 4.1. Descripción de la muestra.

En la tabla 2 se describen las medidas de tendencia central y de dispersión de las características morfológicas de los sujetos que conformaban la muestra.

	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>
<b>Edad (años)</b>	17	22	19	1,95
<b>Talla (cm)</b>	162	186	172,43	8,46
<b>Peso (kg)</b>	58	85	68,71	10,64
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	21,3	24,6	22,97	1,52

Tabla 2. Características de la muestra.

## 4.2. Comparación entre los dos bloques de proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” realizadas con un compañero.

En la tabla 3 se puede observar la significación de la comparación de los valores medios de actividad eléctrica entre el primer bloque de proyecciones con un compañero y el segundo bloque, realizado tras la recolocación de los electrodos, con la finalidad de comprobar si la colocación de éstos influencia en los resultados de actividad muscular obtenidos. En los casos en los que aparecieron diferencias significativas entre los dos bloques de repeticiones en las tablas se han resaltado en rojo.

Músculo	Lado	Sujeto 1	Sujeto 2	Sujeto 3	Sujeto 4	Sujeto 5	Sujeto 6	Sujeto 7
Bíceps Braquial	Dominante	0,718	0,227	0,337	0,155	0,747	0,533	0,265
	No Dominante	0,294	0,738	0,226	0,063	0,129	0,992	0,205
Tríceps Braquial	Dominante	0,496	0,775	0,717	0,105	0,209	0,194	0,747
	No Dominante	0,555	0,142	1,000	0,098	0,738	0,723	0,658
Dorsal Ancho	Dominante	0,115	0,813	0,086	0,875	0,556	0,089	0,270
	No Dominante	0,094	0,698	0,548	0,609	0,612	0,516	0,601
Pectoral Mayor	Dominante	0,065	0,674	0,752	0,505	0,638	0,792	0,548
	No Dominante	0,618	0,560	0,692	0,089	0,201	0,121	0,841
Recto Anterior Abdomen	Dominante	0,688	0,562	0,974	0,076	0,799	0,690	0,353
	No Dominante	0,901	0,397	0,398	0,093	0,492	0,081	0,722
Recto Anterior Cuádriceps	Dominante	0,257	0,596	0,365	0,131	0,517	0,614	0,461
	No Dominante	0,073	0,343	0,412	0,603	0,590	0,531	0,953
Bíceps Femoral	Dominante	<b>0,013</b>	0,982	0,667	0,830	0,525	0,236	0,669
	No Dominante	0,227	0,399	0,181	0,059	0,556	0,660	0,101
Gemelo Interno	Dominante	0,780	<b>0,002</b>	0,615	0,284	0,668	0,118	0,145
	No Dominante	0,055	0,109	0,124	0,284	0,604	0,246	0,408

**Tabla 3.** P valor de la comparación de los valores medios de la actividad muscular entre los dos bloques de proyecciones realizados con compañero analizados.

Al analizar los p valor obtenidos en la comparación de los valores medios de los dos bloques de proyecciones, solamente aparecieron dos casos en los que había diferencias significativas (bíceps femoral del sujeto 1 y gemelo interno del sujeto 2) ambos del lado dominante. Como se ha

indicado en el apartado correspondiente a la metodología, al no aparecer diferencias significativas entre los dos bloques de proyecciones, en el resto de los sujetos y músculos, se procedió a juntar todas las realizadas por cada uno para su posterior estudio, por lo que el análisis de la actividad muscular de cada sujeto se realizó con el conjunto de todas sus proyecciones.

### 4.3. Actividad muscular en las proyecciones de la técnica "Morote seoi nage" realizadas con un compañero.

En la tabla 4 se expresa la actividad muscular normalizada obtenida en cada uno de los músculos analizados, teniendo en cuenta, en cada sujeto del estudio, las pruebas de los dos bloques de proyecciones indicadas anteriormente.

Músculo		Sujeto 1	Sujeto 2	Sujeto 3	Sujeto 4	Sujeto 5	Sujeto 6	Sujeto 7
<b>Bíceps Braquial Dominante</b>	Media	36,17	26,32	32,12	35,22	24,55	29,20	25,40
	s	6,30	2,68	2,98	5,91	6,01	5,73	3,30
	CV	0,17	0,10	0,09	0,16	0,24	0,19	0,13
<b>Bíceps Braquial No Dominante</b>	Media	26,59	22,77	28,57	29,67	18,19	19,66	16,42
	s	6,90	5,69	6,53	10,81	3,57	7,19	6,99
	CV	0,26	0,25	0,22	0,36	0,19	0,36	0,42
<b>Tríceps Braquial Dominante</b>	Media	33,12	27,75	34,40	29,13	25,41	24,93	35,62
	s	5,58	5,41	5,87	6,10	8,64	7,27	6,66
	CV	0,16	0,19	0,17	0,21	0,34	0,29	0,18
<b>Tríceps Braquial No Dominante</b>	Media	23,17	21,20	29,79	34,45	38,65	27,21	42,72
	s	5,65	3,42	16,50	5,31	6,25	9,05	7,91
	CV	0,24	0,16	0,55	0,15	0,16	0,32	0,18
<b>Dorsal Ancho Dominante</b>	Media	21,22	33,29	24,38	27,45	23,79	24,84	34,14
	s	7,21	3,90	6,78	11,60	6,45	5,94	7,39
	CV	0,34	0,11	0,27	0,42	0,27	0,23	0,21
<b>Dorsal Ancho No Dominante</b>	Media	26,14	29,44	34,47	48,26	22,90	28,13	32,22
	s	13,97	6,21	15,52	7,59	8,61	8,17	8,68
	CV	0,53	0,21	0,45	0,15	0,37	0,29	0,27
<b>Pectoral Mayor Dominante</b>	Media	20,27	18,35	22,16	21,08	28,26	32,94	16,71
	s	6,76	8,55	7,31	5,53	8,02	5,53	11,81
	CV	0,32	0,46	0,32	0,26	0,28	0,16	0,70
<b>Pectoral Mayor No Dominante</b>	Media	31,49	18,56	19,39	26,46	25,72	23,39	21,14
	s	10,62	1,71	9,01	8,66	8,63	7,37	10,01
	CV	0,32	0,09	0,46	0,32	0,32	0,31	0,47
<b>Recto Anterior del Abdomen Dominante</b>	Media	27,47	24,10	23,42	28,83	37,64	17,67	28,01
	s	5,14	3,48	4,58	6,33	8,08	6,93	8,79
	CV	0,18	0,14	0,19	0,22	0,21	0,39	0,31

<b>Recto Anterior del Abdomen No Dominante</b>	Media	31,48	28,68	27,58	35,42	29,84	21,72	25,80
	s	4,44	11,23	4,07	5,15	4,93	5,65	5,35
	CV	0,14	0,39	0,14	0,14	0,16	0,26	0,20
<b>Recto Anterior del Cuádriceps Dominante</b>	Media	31,26	35,73	31,97	33,51	36,19	24,02	35,89
	s	2,28	4,00	5,40	4,38	3,53	6,25	7,11
	CV	0,07	0,11	0,16	0,13	0,09	0,20	0,19
<b>Recto Anterior del Cuádriceps No Dominante</b>	Media	37,01	27,75	35,59	38,61	40,86	34,86	29,31
	s	4,47	2,27	6,47	4,13	7,09	5,23	3,60
	CV	0,12	0,08	0,18	0,10	0,17	0,15	0,12
<b>Bíceps Femoral Dominante</b>	Media	31,59	31,67	25,42	45,37	37,15	31,34	22,46
	s	5,15	3,31	5,00	5,35	3,09	6,25	3,27
	CV	0,16	0,10	0,19	0,11	0,08	0,20	0,14
<b>Bíceps Femoral No Dominante</b>	Media	33,76	27,70	20,45	25,68	29,49	19,00	30,71
	s	6,43	4,26	4,51	6,45	4,14	3,38	4,12
	CV	0,19	0,15	0,22	0,25	0,14	0,17	0,13
<b>Gemelo Interno Dominante</b>	Media	34,60	42,82	42,50	29,28	22,34	27,24	31,00
	s	11,46	6,02	7,13	3,46	2,30	4,53	7,81
	CV	0,32	0,14	0,16	0,11	0,10	0,16	0,25
<b>Gemelo Interno No Dominante</b>	Media	34,60	42,82	42,50	29,28	22,34	27,24	31,00
	s	3,78	5,05	6,49	6,63	4,65	3,53	4,01
	CV	0,09	0,15	0,16	0,12	0,12	0,08	0,09

**Tabla 4.** Actividad eléctrica normalizada de los músculos analizados en cada uno los sujetos del estudio durante la realización de una proyección de “Morote seoi nage” con un compañero (s: Desviación típica. CV: Coeficiente de variación).

La tabla 5 muestra el promedio, la desviación típica y el coeficiente de variación de la actividad media normalizada de cada uno de los músculos analizados obtenida del conjunto de las setenta proyecciones con un compañero que han realizado entre todos los sujetos.

Músculo	Lado	Media (%)	Máxima (%)	Mínima (%)	s	CV
<b>Bíceps Braquial</b>	Dominante	30,06	36	24	6,49	0,21
	No Dominante	23,20	29	16	8,42	0,36
<b>Tríceps Braquial</b>	Dominante	30,12	35	24	7,48	0,24
	No Dominante	30,89	42	21	11,12	0,36
<b>Dorsal Ancho</b>	Dominante	26,86	34	21	8,42	0,31
	No Dominante	31,68	48	22	12,58	0,39
<b>Pectoral Mayor</b>	Dominante	22,92	32	16	9,26	0,40
	No Dominante	23,89	31	18	9,22	0,38
<b>Recto Anterior Abdomen</b>	Dominante	26,50	37	17	8,35	0,31
	No Dominante	28,57	35	21	7,17	0,25
<b>Recto Anterior del Cuádriceps</b>	Dominante	32,41	36	24	6,06	0,18
	No Dominante	34,90	40	27	6,42	0,18
<b>Bíceps Femoral</b>	Dominante	32,06	45	22	8,32	0,25
	No Dominante	26,62	33	19	6,98	0,26
<b>Gemelo Interno</b>	Dominante	32,01	42	22	9,35	0,29
	No Dominante	41,17	53	32	7,66	0,18

**Tabla 5.** Promedio de la actividad eléctrica a lo largo de la proyección con compañero, en cada uno de los músculos estudiados en el conjunto de la muestra. (s: Desviación típica. CV: Coeficiente de variación).

En la tabla 6 se muestra el p valor de la comparación de la actividad muscular normalizada durante la proyección de la técnica “Morote sei nage” realizada con un compañero, entre los sujetos analizados.

<b>Músculo</b>	<b>Lado</b>	<b>P valor</b>
<b>Bíceps Braquial</b>	Dominante	0,0000
	No Dominante	0,0002
<b>Tríceps Braquial</b>	Dominante	0,0009
	No Dominante	0,0000
<b>Dorsal Ancho</b>	Dominante	0,0009
	No Dominante	0,0000
<b>Pectoral Mayor</b>	Dominante	0,0001
	No Dominante	0,0149
<b>Recto Anterior del Abdomen</b>	Dominante	0,0000
	No Dominante	0,0002
<b>Recto Anterior del Cuádriceps</b>	Dominante	0,0000
	No Dominante	0,0000
<b>Bíceps Femoral</b>	Dominante	0,0000
	No Dominante	0,0000
<b>Gemelo Interno</b>	Dominante	0,0000
	No Dominante	0,0000

**Tabla 6.** P valor de la comparación de la actividad muscular normalizada obtenida en las proyecciones de la técnica “Morote sei nage” realizadas con un compañero por los diferentes sujetos analizados.

## 4.4. Descripción cinemática de la técnica "Morote seoi nage".



Figura 7. Secuencia de los momentos claves de la técnica de proyección "Morote seoi nage".

### **Primera Fase:**

*Primer paso*, que marca el principio de la fase y de la proyección. Éste se inicia cuando tori, que se encuentra frente a uke, como se aprecia en la primera imagen de la secuencia, comienza a despegar el pie del lado dominante del tatami para adelantar esta extremidad inferior (segunda imagen de la secuencia) apoyando el pie por delante del centro de gravedad que sirve de punto de sustento para evitar el desequilibrio.

*Segundo paso*. Nada más contactar el pie del lado dominante con el tatami se despegó el pie contrario que inicia un desplazamiento en el que gira 180° y finaliza apoyándose entre los pies de tori. Durante esta fase se produce un tirón de la extremidad superior del lado no dominante (hacia adelante y arriba) para desequilibrar a uke, y la contralateral comienza a flexionarse. Por estas acciones el troco de tori se coloca perpendicular a uke, como se puede apreciar en la tercera imagen de la secuencia.

Como la posición de inicio no estaba delimitada, los sujetos cuatro y siete, comenzaron la técnica con la extremidad inferior del lado dominante muy adelantada, por lo que en ocasiones no dan el primer paso, o es casi despreciable. En estos casos, aunque el paso que realizan con la extremidad inferior del lado no dominante sea su primer paso, nosotros lo denominaremos como segundo.

*Tercer paso.* Consiste en la recolocación del pie de la extremidad inferior del lado dominante. Este movimiento permite que el tronco de tori quede paralelo a uke, contactando su tórax con la espalda de tori. La extremidad superior del lado dominante finaliza la flexión que había iniciado en el segundo paso y se coloca debajo de la axila del lado dominante de uke, y la extremidad superior contraria cambia la dirección de su tirón pasando a dirigirse hacia abajo.

Cuando se produce el apoyo de los dos pies, al finalizar el tercer paso, las extremidades de tori se encuentran en semiflexión y el cuerpo desequilibrado hacia delante (cuarta imagen de la secuencia).

En los sujetos 4,5,6 y 7 los pasos anteriormente descritos se solapan, es decir, antes de haber apoyado el pie del lado no dominante (acción que se corresponde con el segundo paso), se despega el pie del lado contrario para finalizar los dos de manera simultánea (realizando un salto), siendo este momento el que indica el cambio de fase.

### ***Segunda fase***

La primera acción que se aprecia en esta fase es la flexión del tronco, acompañada del tirón de las dos extremidades superiores con el fin de buscar el contacto de uke en la espalda de tori. A partir de ese momento se continúa con la flexión del tronco y las extremidades inferiores comienzan a extenderse haciendo que uke pierda el contacto con el suelo (quinta imagen de la secuencia).

La flexión del tronco y la extensión de las extremidades inferiores continúa hasta que uke se descuelga de la espalda de tori en dirección al tatami, ayudado por extensión de la extremidad superior del lado dominante y la abducción de la del lado contrario, como se aprecia en la sexta imagen de la secuencia.

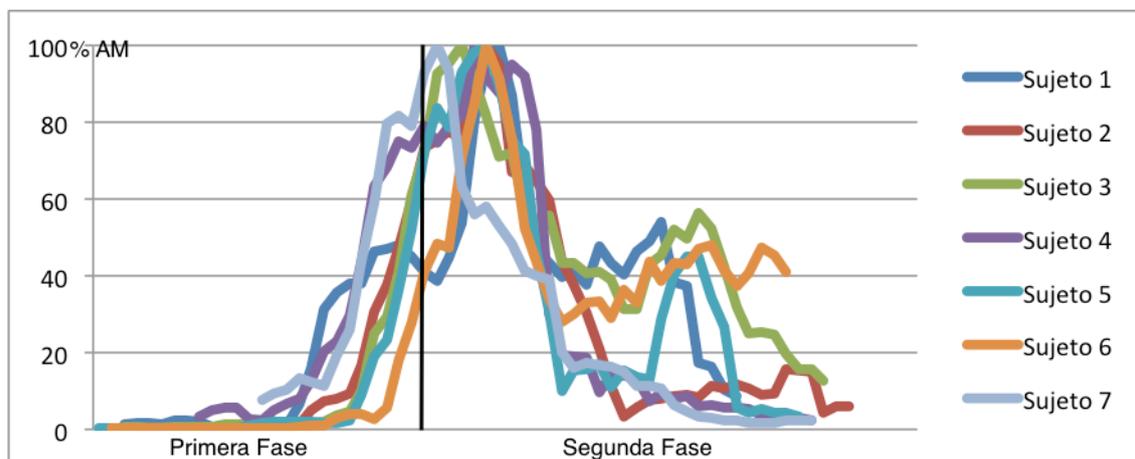
El movimiento finaliza cuando el hombro del lado no dominante de uke contacta con el tatami. Durante este periodo, tori extiende el tronco tratando de mantener la posición de equilibrio. Algunos sujetos estiran con su extremidad superior del lado no dominante de la manga de uke pero en alguna de las proyecciones, esta acción se produce después del contacto de uke con el suelo, por lo que el estudio no lo refleja. En la última imagen de la secuencia se aprecia el momento final de la técnica.

#### **4.5. Patrón de actividad muscular en la proyección de la técnica “Morote seoi nage” realizada con un compañero.**

En este apartado se expone cómo evolucionaron los valores de actividad eléctrica normalizada de todos los músculos a lo largo de las proyecciones realizadas con un compañero (“nage-komis”). En cada músculo estudiado, se representa conjuntamente la actividad muscular de todos los sujetos, eligiendo de cada uno de ellos la proyección que se consideró más representativa.

#### 4.5.1. Bíceps braquial. Lado dominante.

En la gráfica 1, que refleja la actividad eléctrica normalizada del músculo bíceps braquial del lado dominante de todos los sujetos estudiados, destaca un pico de actividad máximo que se localiza al inicio de la segunda fase de la proyección.



**Gráfica 1.** Actividad eléctrica normalizada del músculo bíceps braquial del lado dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

Durante la primera fase del movimiento, en la que tori realiza tres pasos para desplazar su cuerpo 180°, el nivel de actividad muscular del bíceps braquial es prácticamente despreciable hasta que, al final de la misma, aumenta para desembocar en el pico máximo que se alcanza al inicio de la segunda fase. Esta actividad coincide con el tercer paso que realizó tori y con la flexión de la extremidad superior del lado dominante, que se colocó debajo de la axila de uke, mientras en este músculo se producía una contracción concéntrica.

Al comienzo de la segunda fase todos los sujetos alcanzan su pico máximo. Este pico coincidió con el inicio de la flexión del tronco y con un tirón que realizó tori con las dos extremidades superiores hacia la dirección de la proyección, buscando el contacto de uke sobre su espalda.



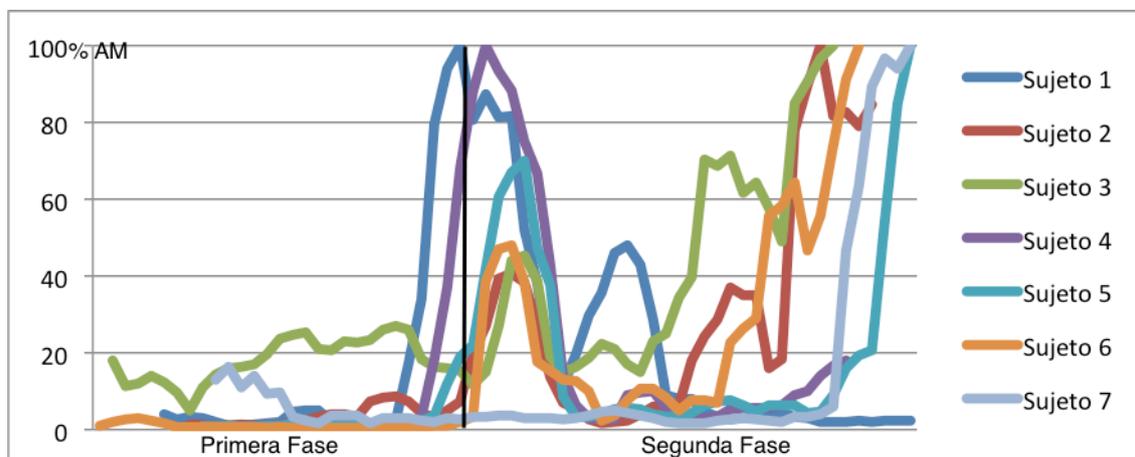
**Figura 8.** Momento en el que se alcanza el pico máximo en la actividad del bíceps braquial del lado dominante.

La máxima actividad electromiográfica de este músculo tuvo lugar cuando la extremidad superior del lado dominante ya se encontraba colocada debajo de la axila de uke, con el hombro en abducción y rotación externa y con el codo en máxima flexión, realizando una actividad concéntrica.

En cuatro sujetos también apareció actividad muscular en la parte final de esta segunda fase, aunque no superó en ningún caso el 60% de su actividad máxima. Ésta se realizó cuando uke perdió el contacto con la espalda de tori y se dirigió hacia el tatami. En ese momento el codo se estaba extendiendo, lo que indica que, en este músculo, se produjo una contracción estabilizadora de la articulación.

#### 4.5.2. Bíceps braquial. Lado no dominante.

La máxima actividad eléctrica del bíceps braquial del lado no dominante se concentra al comienzo y al final de la segunda fase del movimiento.



**Gráfica 2.** Actividad eléctrica normalizada del músculo bíceps braquial del lado no dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

En los sujetos 3 y 7 durante la primera fase se detecta una cierta actividad eléctrica. Ésta tuvo lugar inmediatamente después de que tori realizara el primer paso con la extremidad inferior del lado dominante, que le sirvió de punto de apoyo para estirar de la manga de uke con la extremidad superior contralateral. En ese momento se produjo una flexión del codo, por lo que este músculo controló dicho movimiento por medio de una contracción concéntrica



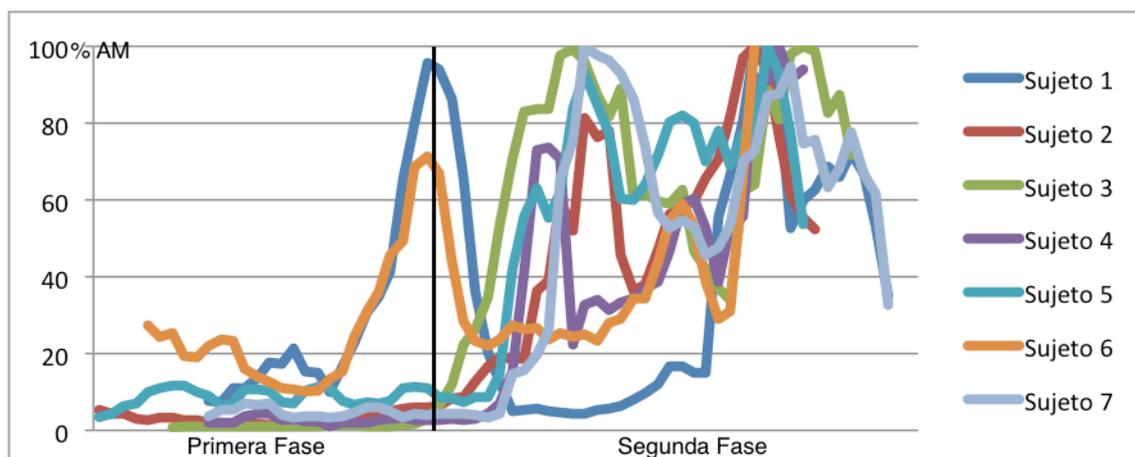
**Figura 9.** Momentos relevantes de actividad del músculo bíceps braquial del lado no dominante.

La primera actividad eléctrica importante de este músculo, que se detecta al comienzo de la segunda fase de la proyección y que en los sujetos 1 y 4 coincide con su pico máximo, tuvo lugar cuando tori iniciaba la flexión del tronco. La acción que se apreció en ese instante fue un aumento de la flexión del codo y un movimiento de abducción, rotación externa y extensión del hombro, con el objetivo de lograr el contacto de uke sobre su espalda. El tipo de contracción que realizó el bíceps braquial en ese instante fue concéntrica.

Sin embargo, la actividad eléctrica más relevante que se observa en este músculo, y que supuso el pico máximo en cinco de los sujetos, se situó al final de la segunda fase de la proyección, justo antes de que uke contactase con el tatami, momento en el que se flexionó de nuevo el codo de esta extremidad para controlar la caída de uke. En ese movimiento final se produjo una contracción concéntrica del musculo estudiado.

### 4.5.3. Tríceps braquial. Lado dominante:

En la totalidad de los sujetos el tríceps braquial del lado dominante presenta dos picos destacados de actividad. Éstos, en la mayoría de los casos, se localizan en la segunda fase del movimiento, concentrándose la actividad más destacada al final de la misma.



**Gráfica 3.** Actividad eléctrica normalizada del músculo tríceps braquial del lado dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

En la primera fase del movimiento, con la extremidad superior del lado dominante, los sujetos 1 y 6 realizaron un pequeño tirón (que apenas se refleja en la gráfica) en sentido contrario al de la proyección con el fin de provocar una reacción de uke. Estos dos sujetos, más adelante y coincidiendo con el momento en el que se produjo el cambio de fase, alcanzaron un pico relevante que superó el 70% de su actividad máxima. En el resto, no se apreció actividad reseñable durante esta fase.

En la segunda fase es en la que se concentra la actividad principal de este músculo. Coincidiendo con el momento en el que uke despegaba los pies del tatami, se apreció una actividad eléctrica destacada (que superó el 70% de su actividad máxima) en los cinco sujetos en los que este músculo no había trabajado durante la primera fase, pero fue al final de la proyección

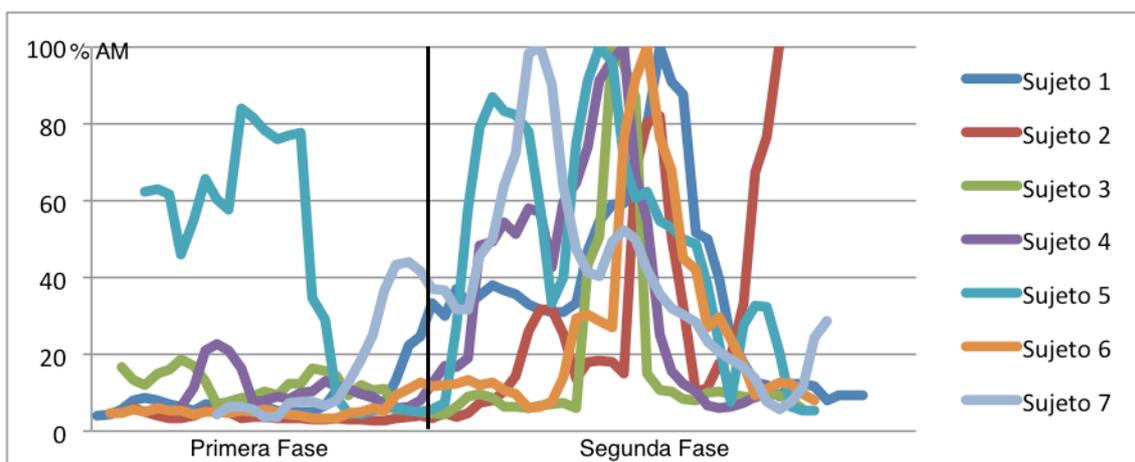
cuando se observó la mayor actividad, alcanzando seis sujetos su pico máximo. Durante toda esta fase se produjo una extensión del codo, con el fin de impulsar a uke hacia el tatami, provocada por una contracción concéntrica del tríceps braquial.



**Figura 10.** Momentos relevantes de actividad del músculo tríceps braquial del lado dominante.

#### 4.5.4. Tríceps braquial. Lado no dominante:

En todos los sujetos la actividad máxima de este músculo aparece en la segunda fase del movimiento, en la que se mantiene una intensidad relevante. Llama la atención cómo sus picos de actividad no son tan bruscos como en otros músculos.



**Gráfica 4.** Actividad eléctrica normalizada del músculo tríceps braquial del lado no dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

Durante la primera fase, el sujeto 5 muestra actividad superior al 80% respecto al pico máximo alcanzado durante el movimiento. Ésta tuvo lugar mientras se realizaba el segundo paso, momento en el que la extremidad inferior del lado dominante se encontraba adelantada y servía de punto de apoyo a tori para poder traccionar con la extremidad superior contralateral. Otros dos sujetos presentaron actividad en el mismo momento pero ésta fue de menor intensidad (aproximadamente el 20% de la máxima).

En la segunda fase se aprecia cómo aumenta la actividad eléctrica de este músculo, alcanzando todos los sujetos su pico máximo desde que uke despegó los pies del suelo hasta que se descolgó de la espalda del tori para dirigirse hacia el tatami. La acción que realizó esta extremidad en ese

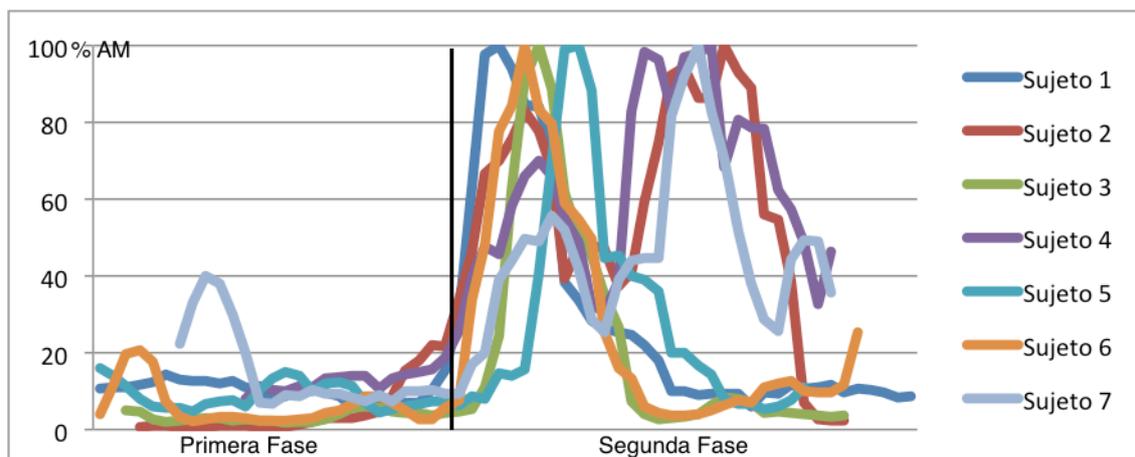
momento fue la extensión y abducción del hombro siendo su función la de estabilizar la articulación.



**Figura 11.** Momento relevante de actividad del músculo tríceps braquial del lado no dominante.

#### 4.5.5 . Dorsal ancho. Lado dominante:

La máxima actividad de este músculo siempre se produce al inicio de la segunda fase de la proyección, apareciendo posteriormente en tres sujetos un segundo pico.



**Gráfica 5.** Actividad eléctrica normalizada del músculo dorsal ancho del lado dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

En la primera fase de la proyección el nivel de actividad muscular es muy bajo, y solamente se aprecia en el sujeto 7 un pico destacable, que alcanza el 40% de su actividad máxima, mientras realizaba el segundo paso e iniciaba la flexión del codo, que posteriormente se colocaría debajo de la axila de uke.

Durante la segunda fase se distinguen dos momentos claves en la actividad eléctrica de este músculo. El primero, que está presente en la ejecución de todos los sujetos y alcanza en cuatro su pico máximo, coincide con el inicio de la flexión del tronco, momento en el que se produjo una rotación interna y una extensión del hombro (que se encontraba en flexión) que ayudó a conseguir el contacto de uke sobre la espalda de tori. El segundo momento solamente se aprecia en los sujetos 2, 4 y 7, y tuvo lugar cuando tori consiguió la máxima flexión del tronco y uke se descolgó de su

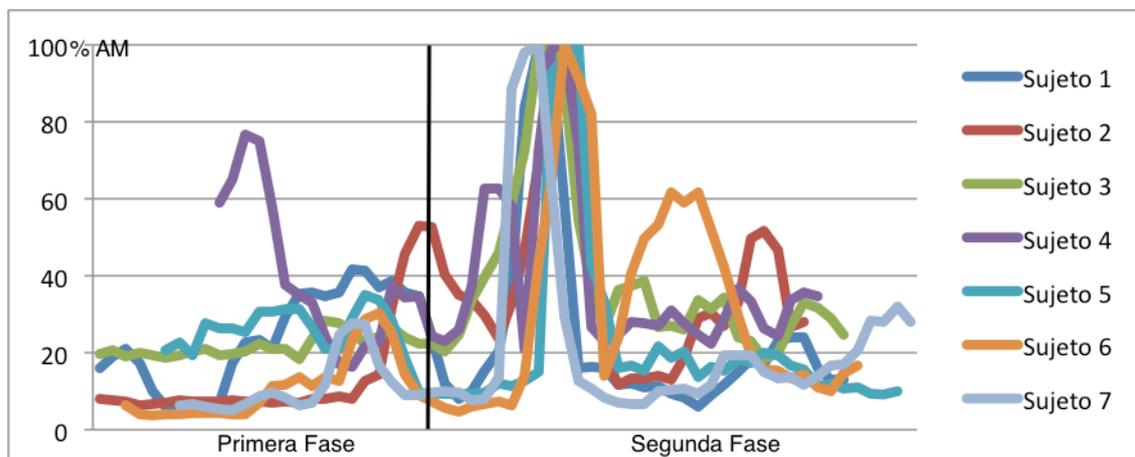
espalda para dirigirse hacia el tatami. El movimiento que realizó la extremidad superior del lado dominante a lo largo de toda la segunda fase fue una extensión del codo y del hombro, siendo concéntrica la contracción que se produjo en este músculo durante el citado periodo.



**Figura 12.** Momentos relevantes de actividad del músculo dorsal ancho del lado dominante.

#### 4.5.6. Dorsal ancho. Lado no dominante:

En este músculo todos los sujetos alcanzan un pico máximo muy marcado al inicio de la segunda fase de la proyección.



**Gráfica 6.** Actividad eléctrica normalizada del músculo dorsal ancho del lado no dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

Durante la primera fase del movimiento se aprecia una actividad moderada en todos los sujetos (en torno al 30% de su actividad máxima) que coincide con la realización del tercer paso de tori, momento en el que se observó una abducción del hombro (que se encontraba en extensión), produciéndose en este músculo una contracción concéntrica.

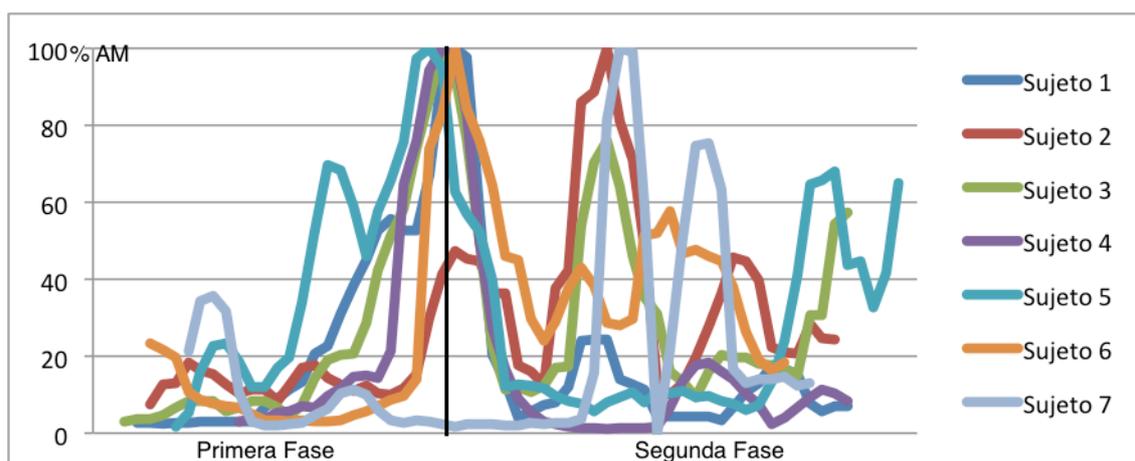
Durante la segunda fase, todos los sujetos alcanzan la máxima actividad del dorsal ancho, presentando un pico muy marcado, cuando tori estaba flexionando el tronco y uke comenzaba a despegar los pies del tatami. En ese momento se estaba produciendo una extensión horizontal del hombro por lo que la contracción que se produjo en el dorsal ancho durante ese movimiento fue de tipo concéntrico.



**Figura 13.** Momento relevante de actividad del músculo dorsal ancho del lado no dominante.

#### 4.5.7. Pectoral mayor. Lado dominante:

En la mayoría de los sujetos la actividad del pectoral mayor del lado dominante se concentra en dos momentos; el primero, cuando tori realiza el apoyo de los dos pies (acción que indica el cambio de la primera fase a la segunda) y, el otro, en la parte intermedia de la segunda fase de la proyección.



**Gráfica 7.** Actividad eléctrica normalizada del músculo pectoral mayor del lado dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

En la primera fase se aprecia cierta actividad en cuatro sujetos (aproximadamente el 20% de su máximo), que coincide con el final del primer paso realizado con la extremidad inferior del lado dominante, momento en el que se produjo una extensión horizontal del hombro y una flexión del codo. Pero la actividad más relevante se alcanza mientras se produce el cambio de fase, siendo ésta el pico máximo del músculo en cinco de los siete sujetos estudiados. Durante este periodo, mientras el codo se mantenía en flexión, el hombro, que se encontraba en extensión horizontal y rotación externa, realizó una aducción y una rotación interna provocada por una contracción concéntrica del pectoral.

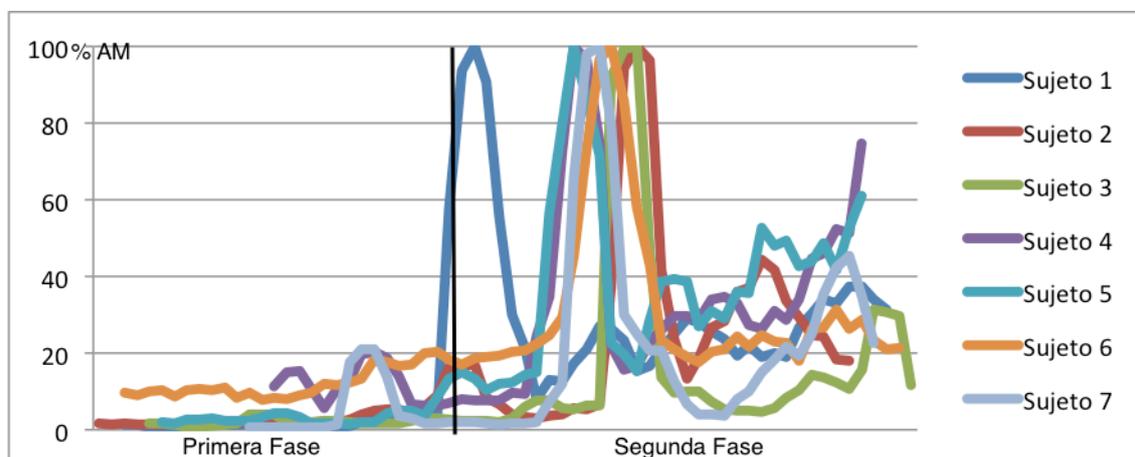
En la segunda fase de la proyección se aprecian otros picos. El primero, que en dos sujetos es la actividad máxima de este músculo, se corresponde con el momento en el que tori ya había flexionado por completo el tronco y uke, que se encontraba sobre su espalda, se había descolgado dirigiéndose hacia el tatami guiado por la acción de las dos extremidades superiores. Más adelante, se aprecia un nuevo aumento en la actividad eléctrica de este músculo. La acción que realizó la extremidad superior del lado dominante a lo largo de la segunda fase de la proyección fue una aducción y rotación interna del hombro y una extensión del codo, por lo que el tipo de contracción que se produjo en el músculo pectoral mayor durante ese periodo de la proyección fue concéntrica.



**Figura 14.** Momentos relevantes de actividad del músculo pectoral mayor del lado dominante.

#### 4.5.8. Pectoral mayor. Lado no dominante:

La actividad más destacada del pectoral mayor del lado no dominante se produce en todos los sujetos durante la ejecución de la segunda fase de la proyección.



**Gráfica 8.** Actividad eléctrica normalizada del músculo pectoral mayor del lado no dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

A lo largo de la primera fase, en cuatro de los sujetos, la actividad de este músculo es despreciable (por debajo del 5% de su actividad máxima), apreciándose en los otros tres, un ligero aumento de ésta mientras se producía el segundo paso que alcanzó al 20% del pico máximo logrado por este músculo.

Todos los sujetos logran su máxima actividad durante la segunda fase, presentando ésta, un incremento y un descenso brusco de su intensidad. El pico máximo tuvo lugar cuando tori realizó la flexión del tronco y uke despegó los pies del tatami, salvo en el sujeto "1", en el que este pico se adelanta. Los movimientos que se apreciaron en la extremidad superior del lado no dominante mientras se producía su máxima actividad son: extensión y aducción del hombro.

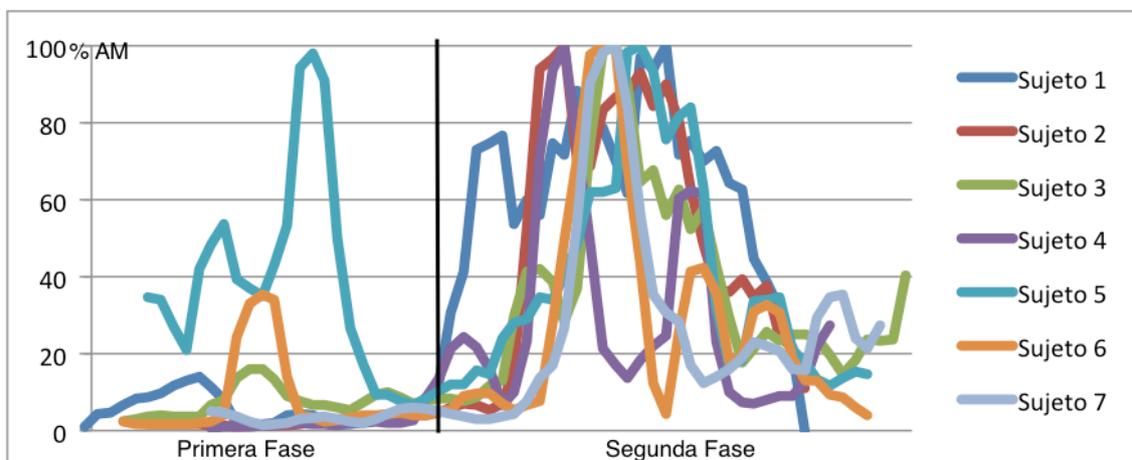
Al visionar las imágenes de la proyección, se observa cómo al final de la misma, algunos sujetos realizan un control sobre el compañero para que el impacto de la caída no resultase tan violento. Esta acción consistió en estirar con esta extremidad superior de la manga de uke produciéndose una flexión del codo y extensión del hombro. Como el codo se acerca al tronco, la contracción que efectuó el pectoral mayor de este lado durante el control del compañero fue concéntrica.



**Figura 15.** Momentos relevantes de actividad del músculo pectoral mayor del lado no dominante.

#### 4.5.9. Recto anterior del abdomen. Lado dominante:

La actividad más relevante de este músculo, en la totalidad de los sujetos, tiene lugar durante la segunda fase de la proyección.



**Gráfica 9.** Actividad eléctrica normalizada del músculo recto anterior del abdomen del lado dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

A lo largo de la primera fase, en cuatro sujetos, se aprecia una ligera actividad que se corresponde con el comienzo del segundo paso y que en el sujeto 5 alcanzó niveles próximos al 100% de su actividad máxima. En ese momento, en el tronco se efectuó una rotación, produciéndose en este músculo una contracción estabilizadora de la columna.

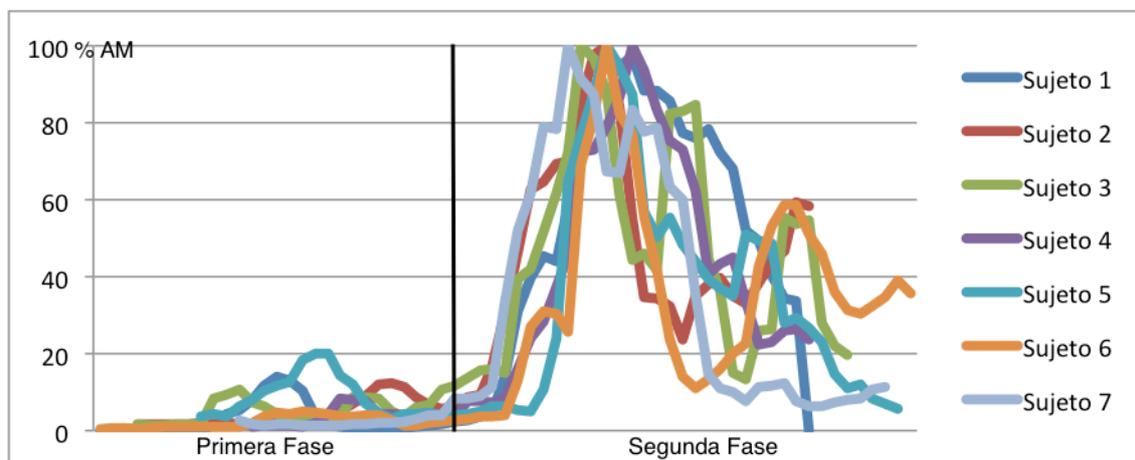
En la segunda fase tiene lugar la actividad más relevante de este músculo. En algunos casos, ésta se inició a la vez que la flexión del tronco, aunque, en la mayoría de los sujetos, lo hizo un poco más tarde comenzando cuando uke despegaba los pies del tatami, y alcanzando su máximo en el momento que se descolgaba de la espalda de tori. Este músculo mantuvo una actividad elevada mientras duró la flexión del tronco, siendo concéntrica el tipo de contracción que realizó, mientras se producía este movimiento.



**Figura 16.** Momentos relevantes de actividad del músculo recto anterior del abdomen del lado dominante.

#### 4.5.10. Recto anterior del abdomen. Lado no dominante:

La actividad relevante de este músculo se concentra, en todos los sujetos, en la segunda fase de la proyección.



**Gráfica 10.** Actividad eléctrica normalizada del músculo recto anterior del abdomen del lado no dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

A lo largo de la primera fase se aprecia una actividad eléctrica ligera, que no llega a superar el 20% de la máxima alcanzada por este músculo.

En la segunda fase es donde se localiza, en todos los sujetos, su máxima actividad. Ésta se inició con la flexión del tronco y alcanzó su pico máximo cuando uke se descolgó de la espalda de tori, momento que prácticamente coincidía con su máxima flexión, por lo que el tipo de contracción que realizó este músculo mientras se producía su actividad más destacada fue concéntrica.

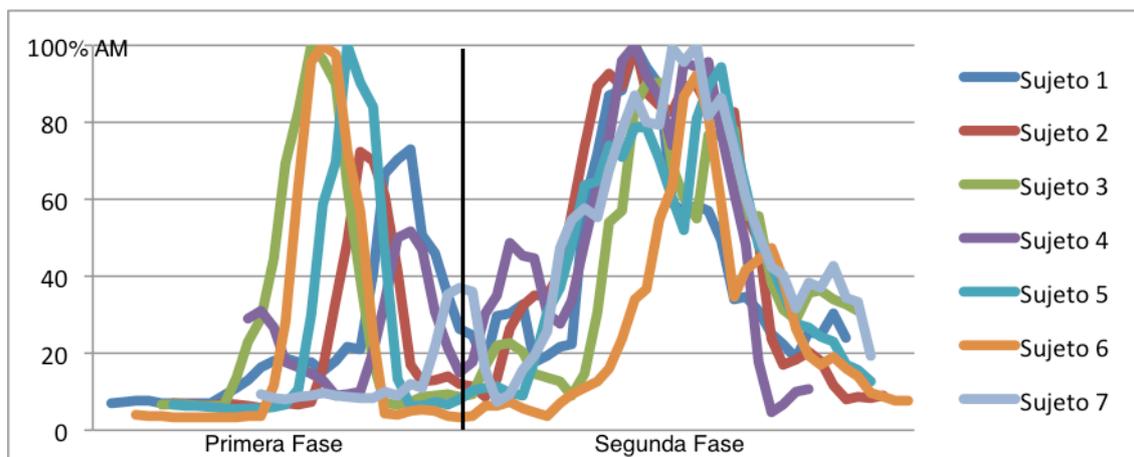
Tras el pico máximo, en seis sujetos se observa un rebote que alcanza valores comprendidos entre el 40% y el 60% de su actividad máxima, que se correspondió con una ligera extensión del tronco que se produjo justo antes de que uke contactase con el tatami, por lo que la contracción del recto anterior del abdomen en esta parte final de la proyección fue estabilizadora de la columna.



**Figura 17.** Momento relevante de actividad del músculo recto anterior del abdomen del lado no dominante.

#### 4.5.11. Recto anterior del cuádriceps. Lado dominante:

Este músculo presenta dos picos importantes de actividad, uno en cada fase del movimiento.



**Gráfica 11.** Actividad eléctrica normalizada del músculo recto anterior del cuádriceps del lado dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

En la primera fase, mientras el sujeto realiza el segundo paso con la extremidad inferior del lado no dominante, tiene lugar el primer pico de actividad del músculo, siendo éste el máximo en los sujetos 3, 5 y 6. El movimiento que se observó en esta extremidad fue la flexión de la rodilla y rotación externa de la cadera, lo que indica que se produjo una acción estabilizadora de rodilla que debía soportar todo el peso del cuerpo. En los otros cuatro sujetos también se aprecia una actividad relevante en esta primera fase, que en dos casos supera el 70% de la actividad máxima, aunque apareció un poco más tarde, cuando la extremidad inferior del lado dominante se despegaba del tatami para realizar el tercer paso. En estos casos, el movimiento que se apreció fue una flexión de cadera, por lo que el tipo de contracción que realizó este músculo fue concéntrica.

En la segunda fase de la proyección tiene lugar el segundo pico de actividad, que es el máximo de todo el movimiento en cuatro sujetos y

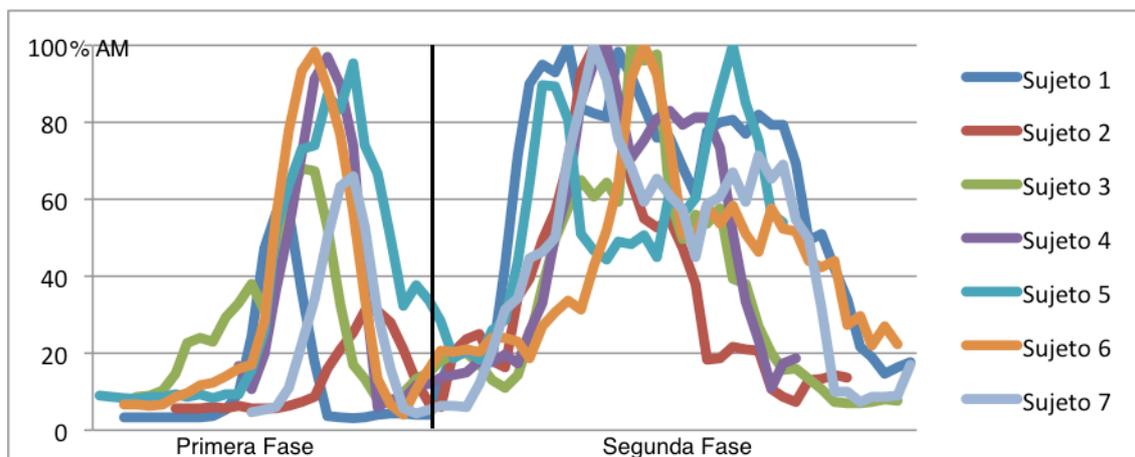
alcanza un valor muy elevado en el resto (superior al 80% actividad máxima). Este pico se produjo cuando uke se descolgó de la espalda de tori para dirigirse hacia el tatami. El movimiento que se observó en ese momento fue la flexión de cadera y la extensión de rodilla, mientras este músculo realizaba una contracción concéntrica.



**Figura 18.** Momentos relevantes de actividad del músculo recto anterior del cuádriceps del lado dominante.

#### 4.5.12. Recto anterior del cuádriceps. Lado no dominante:

Este músculo presenta dos picos importantes de actividad, uno en cada fase de la proyección.



**Gráfica 12.** Actividad eléctrica normalizada del músculo recto anterior del cuádriceps del lado no dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

En la primera fase se observa una actividad importante, que en tres sujetos casi llega al valor del pico máximo, y alcanza una intensidad relevante en el resto (solamente en un sujeto no superó el 60% de su actividad máxima). Este pico se corresponde con la flexión de rodilla y cadera que se produjo para despegar el pie del tatami y realizar el segundo paso, por lo tanto, como el músculo es biarticular la contracción fue concéntrica.

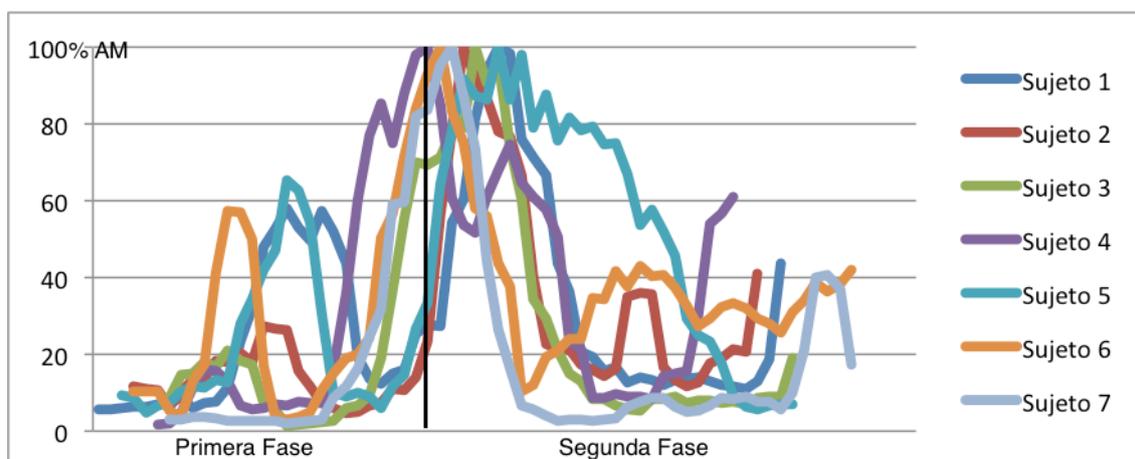
Durante la segunda fase del movimiento todos los sujetos alcanzan su pico máximo de actividad, que tuvo lugar en el periodo comprendido entre el inicio de la flexión del tronco y el momento en el que uke se descolgó de la espalda de tori para dirigirse hacia el tatami. Durante ese periodo de tiempo, se produjo una flexión de cadera y una extensión de rodilla, por lo que el tipo de contracción que se realizó en este músculo fue concéntrica.



**Figura 19.** Momentos relevantes de actividad del músculo recto anterior del cuádriceps del lado no dominante.

#### 4.5.13. Bíceps femoral. Lado dominante:

Este músculo actúa de manera destacada en las dos fases de la proyección, concentrándose su mayor actividad al final de la primera fase y al principio de la segunda, momento en el que se produce su pico máximo.



**Gráfica 13.** Actividad eléctrica normalizada del músculo bíceps femoral del lado dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

Durante la primera fase, al finalizar el primer paso (momento en el que esta extremidad soportaba todo el peso del cuerpo), en la mitad de los sujetos se aprecia una actividad que alcanzó una intensidad próxima al 60% del máximo. Al final de esta fase, mientras se realiza el tercer paso, se inició el pico máximo de este músculo, que fue el responsable de mantener la flexión de la rodilla, y que se prolongó hasta el inicio de la flexión del tronco.

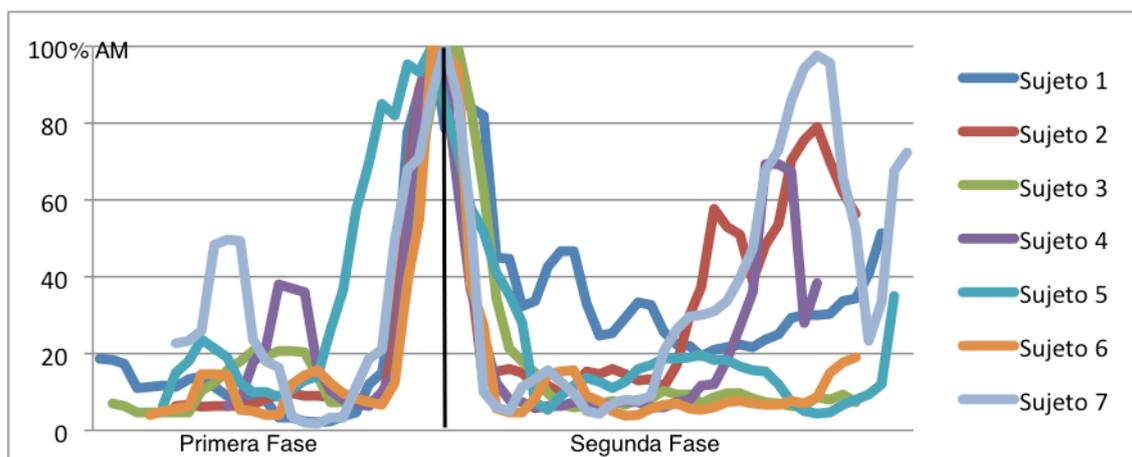
En la mayoría de los sujetos, al final de la proyección se produjo una extensión del tronco, para realizar el control de uke, ayudada por una extensión de cadera, momento en el que aumentó de nuevo la actividad de este músculo.



**Figura 20.** Momentos relevantes de actividad del músculo bíceps femoral del lado dominante.

#### 4.5.14. Bíceps femoral. Lado no dominante:

A lo largo de la proyección, se aprecian tres momentos en los que actúa este músculo, localizándose en todos los sujetos su actividad máxima cuando finalizan el tercer paso, acción que se toma como referencia para el cambio entre la primera y la segunda fase.



**Gráfica 14.** Actividad eléctrica normalizada del músculo bíceps femoral del lado no dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

Durante la primera fase, en la mayoría de los sujetos, se aprecia un pico de escasa intensidad (en ningún caso supera el 50% de su actividad máxima). Éste apareció cuando se produjo la flexión de rodilla con la que se despegaba el pie del tatami y se iniciaba el segundo paso; por lo que la contracción que se realizó en este músculo fue concéntrica.

En todos los sujetos su máxima actividad se alcanza en el segundo pico, en el que se apreció un aumento y un descenso muy brusco de su intensidad. Este pico tuvo lugar al finalizar el tercer paso.

Después, mientras se realizaba la flexión del tronco y la extensión de las extremidades inferiores, se apreció un periodo de baja actividad (salvo un sujeto, el resto no superó el 20% de su actividad máxima). En la parte final de la proyección, se produjo una extensión del tronco para facilitar el

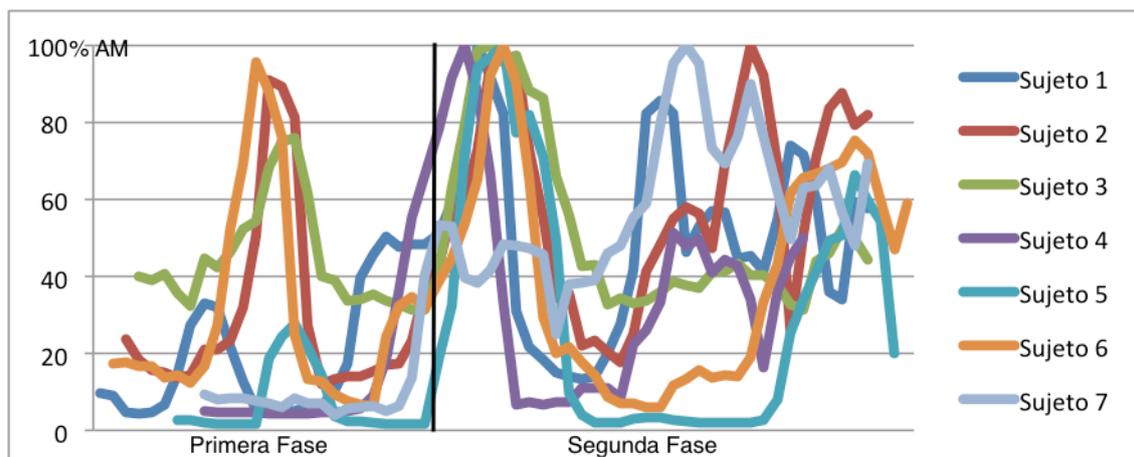
control de uke, observándose un nuevo aumento en la actividad de este músculo provocado por una contracción concéntrica del mismo al actuar extendiendo las caderas.



**Figura 21.** Momentos relevantes de actividad del músculo bíceps femoral del lado no dominante.

#### 4.5.15. Gemelo interno. Lado dominante:

En este músculo, la mayoría de los sujetos presenta niveles de actividad eléctrica elevados en las dos fases de la proyección.



**Gráfica 15.** Actividad eléctrica normalizada del músculo gemelo interno del lado dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

Durante la primera fase se aprecia un primer pico, que en la mitad de sujetos alcanza una actividad destacada. Éste tuvo lugar tras el apoyo del pie con el que finaliza el primer paso, momento en el que se produjo una flexión de rodilla y de tobillo, por lo que la contracción que realizó este músculo fue excéntrica.

Al comienzo de la segunda fase de la proyección se localiza el segundo pico, que en cinco sujetos fue su máxima actividad, coincidiendo con el momento en el que se inició la flexión del tronco y se cargó al compañero en la espalda. En esta extremidad inferior se apreció una flexión del tobillo, por lo que la contracción del gemelo interno fue excéntrica.

En la parte final de la proyección, cuando uke se descuelga de la espalda de tori y se dirige hacia el suelo, aumenta la actividad de este músculo en la mayoría de los sujetos. Durante ese momento la extremidad inferior se extendió (rodilla y tobillo), produciéndose una contracción

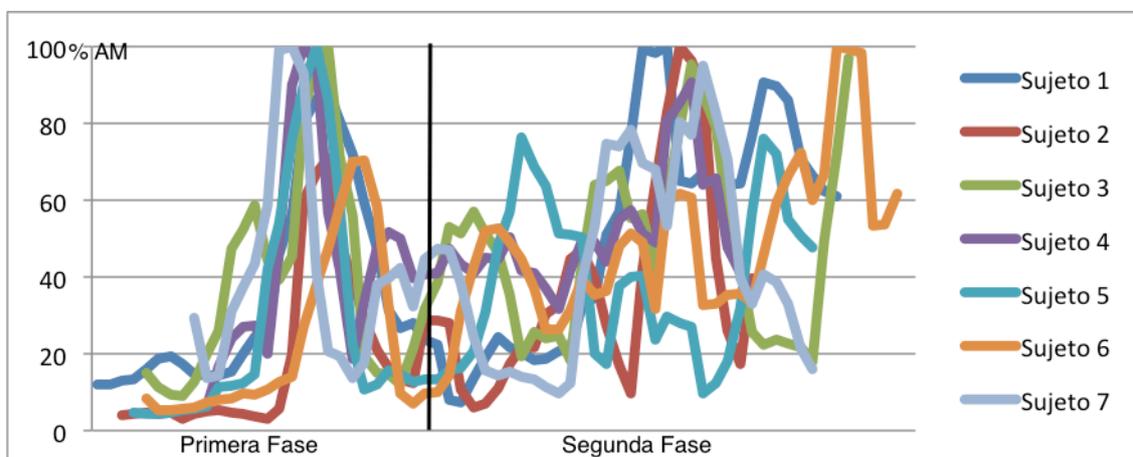
concéntrica en el gemelo interno. Por último, justo antes de que uke contacte con el tatami, aumentó de nuevo la actividad en este músculo.



**Figura 22.** Momentos relevantes de actividad del músculo gemelo interno del lado dominante.

#### 4.5.16. Gemelo interno. Lado no dominante:

En este músculo, en todos los sujetos, aparece un pico destacado durante la primera fase del movimiento, y mucha actividad, no muy definida, en la segunda en la que se aprecian diferentes picos en cada sujeto.



**Gráfica 16.** Actividad eléctrica normalizada del músculo gemelo interno del lado no dominante registrada durante las proyecciones realizadas con un compañero en todos los sujetos analizados (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

Durante la primera fase se observa un pico que en cuatro sujetos es su máxima actividad y que coincide con la flexión de la rodilla y extensión del tobillo que se produce al despegarse la extremidad inferior del tatami para realizar el segundo paso, por lo que la contracción que realiza el gemelo interno mientras se produce el citado movimiento es concéntrica.

A lo largo de la segunda fase, en este músculo, se aprecia mucha actividad llegando a observarse en algunos sujetos hasta cinco picos. El momento en el que se produjo la extensión de las extremidades inferiores y uke perdió el contacto con la espalda de tori fue el más relevante de esta fase alcanzando cuatro sujetos una actividad superior al 90% de su pico máximo. En ese instante, se realizó una extensión del tobillo despegándose el talón del suelo, producida por una contracción concéntrica de este músculo.

Al final de la proyección, justo antes de que el uke impactara con el tatami, en seis sujetos aumentó de nuevo la actividad del gemelo interno del lado no dominante.



**Figura 23.** Momentos relevantes de actividad del músculo Gemelo interno del lado no dominante.

## 4.6. Comparación de la actividad muscular durante las proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” realizadas con un compañero y con las gomas

La tabla 7 muestra los valores de actividad muscular normalizada en todos los músculos analizados en las proyecciones realizadas con compañero y con gomas, en el total de los sujetos analizados.

Músculo	Lado	Media ± Desviación típica		
		Proyección compañero	Proyección Goma 1	Proyección Goma 2
<b>Bíceps Braquial</b>	Dominante	29,85±4,73	12,77±8,15	18,30±14,19
	No Dominante	23,12±5,26	12,43±7,66	13,34±9,97
<b>Tríceps Braquial</b>	Dominante	30,05±4,34	22,46±15,53	30,80±19,65
	No Dominante	31,03±7,97	18,53±11,66	23,55±19,95
<b>Dorsal Ancho</b>	Dominante	27,02±4,93	11,16±6,68	19,13±16,23
	No Dominante	31,65±8,25	36,34±36,80	42,91±38,25
<b>Pectoral Mayor</b>	Dominante	22,82±5,76	14,32±8,33	15,67±9,75
	No Dominante	23,74±4,54	6,35±3,40	9,44±8,38
<b>Recto Anterior Abdomen</b>	Dominante	26,73±6,13	19,01±21,62	13,68±11,20
	No Dominante	28,64±4,32	14,49±5,94	14,75±7,93
<b>Recto Anterior Cuádriceps</b>	Dominante	32,65±4,28	15,95±3,89	15,28±3,89
	No Dominante	34,86±4,77	26,96±9,38	27,37±12,03
<b>Bíceps Femoral</b>	Dominante	32,14±7,52	36,50±9,69	31,50±9,01
	No Dominante	26,69±5,38	22,75±7,01	22,11±8,86
<b>Gemelo Interno</b>	Dominante	32,83±7,67	29,72±11,36	27,60±11,08
	No Dominante	40,95±6,55	28,30±11,16	27,62±10,85

**Tabla 7.** Valores medios de actividad eléctrica normalizada, de todos los músculos analizados, obtenidos en las proyecciones realizadas con un compañero y con los dos tipos de gomas, en los siete sujetos que participaron en el estudio.

La tabla 8 muestra el p valor de dicha comparación mostrándose en rojo los casos en los que aparecieron diferencias significativas entre los mismos.

Músculo	Lado	Post hoc (p valor) entre proyecciones:		
		Compañero Goma1	Compañero Goma 2	Goma 1 Goma 2
<b>Bíceps Braquial</b>	Dominante	0,093	0,101	0,962
	No Dominante	<b>0,020</b>	<b>0,028</b>	0,873
<b>Tríceps Braquial</b>	Dominante	0,364	0,924	0,320
	No Dominante	0,079	0,332	0,399
<b>Dorsal Ancho</b>	Dominante	0,137	0,270	0,679
	No Dominante	0,577	0,500	0,905
<b>Pectoral Mayor</b>	Dominante	<b>0,039</b>	0,114	0,582
	No Dominante	0,084	<b>0,029</b>	0,596
<b>Recto Anterior del Abdomen</b>	Dominante	0,219	0,094	0,627
	No Dominante	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	0,826
<b>Recto Anterior del Cuádriceps</b>	Dominante	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	0,766
	No Dominante	0,104	0,136	0,880
<b>Bíceps Femoral</b>	Dominante	0,411	0,890	0,339
	No Dominante	0,374	0,242	0,769
<b>Gemelo Interno</b>	Dominante	0,432	0,340	0,862
	No Dominante	0,082	<b>0,025</b>	0,555

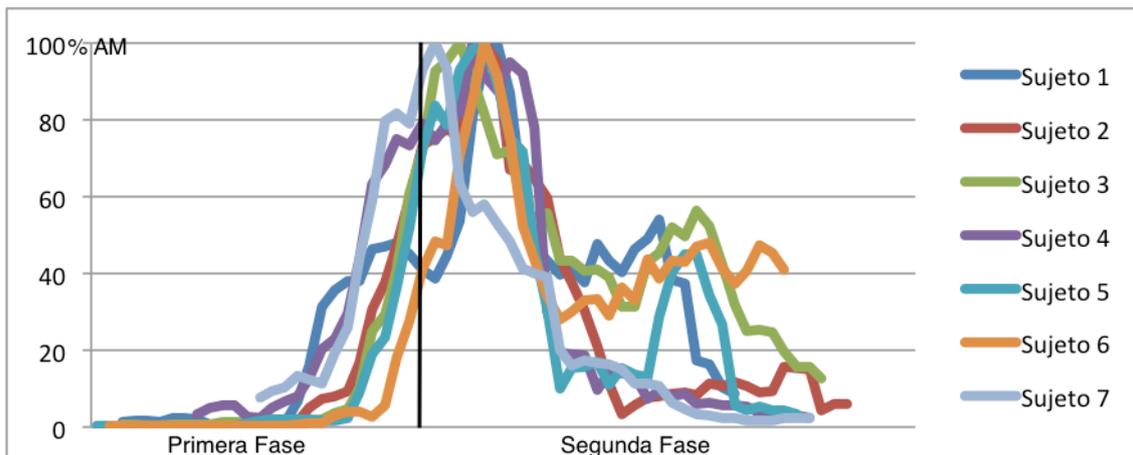
**Tabla 8.** P valor de la comparación de la actividad eléctrica normalizada, de todos los músculos analizados, obtenidos en las proyecciones realizadas con un compañero y con los dos tipos de gomas, en los siete sujetos que participaron en el estudio.

Las gráficas siguientes, de la 27 a la 74, muestran la actividad eléctrica de todos los músculos analizados en los sujetos estudiados, al realizar las proyecciones con un compañero y con los dos tipos de gomas.

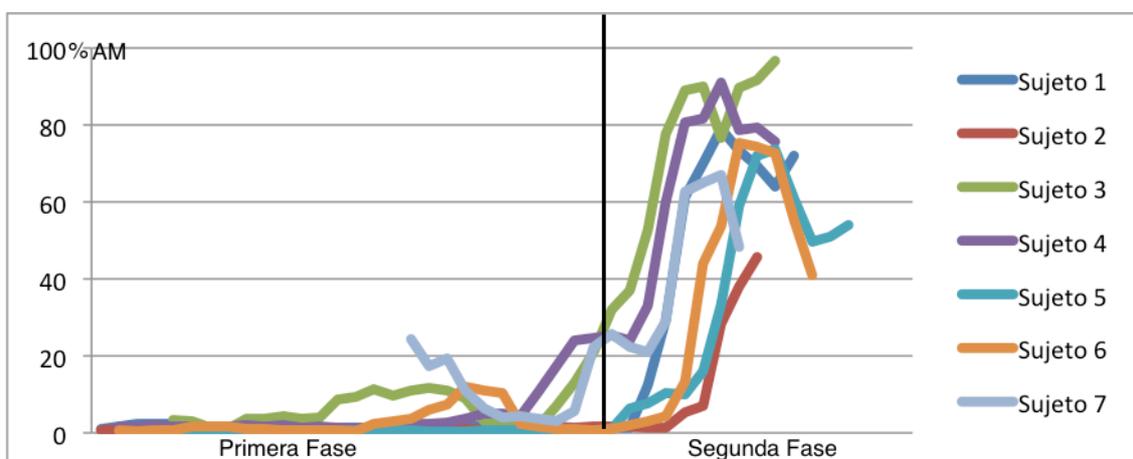
Éstas se exponen en dieciséis bloques de tres gráficas, uno por cada uno de los músculos que se han analizado.

La primera de cada bloque muestra la proyección realizada con un compañero, y las otras dos las realizadas con las gomas 1 y 2 respectivamente. De cada sujeto, siempre se representa la proyección más próxima al patrón general obtenido en el estudio.

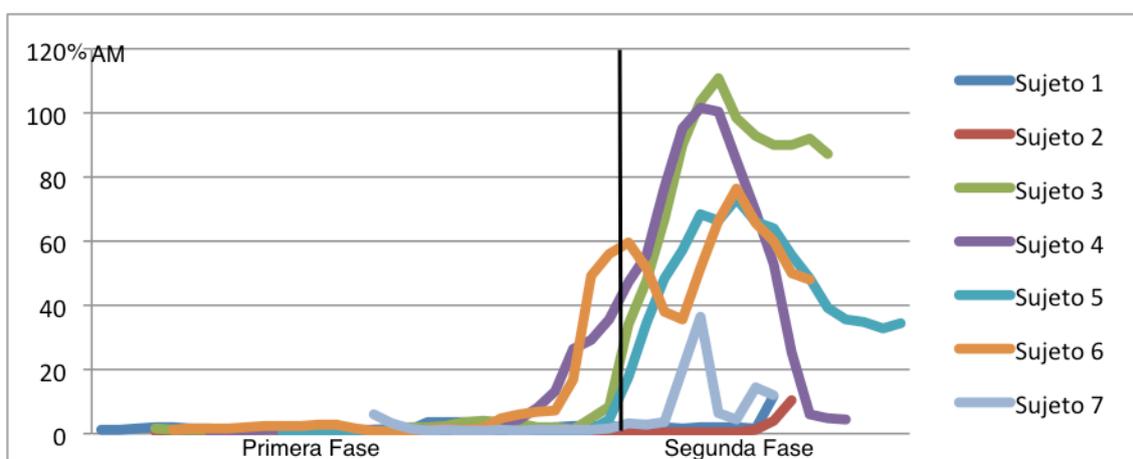
#### 4.6.1. Bíceps braquial del lado dominante.



A



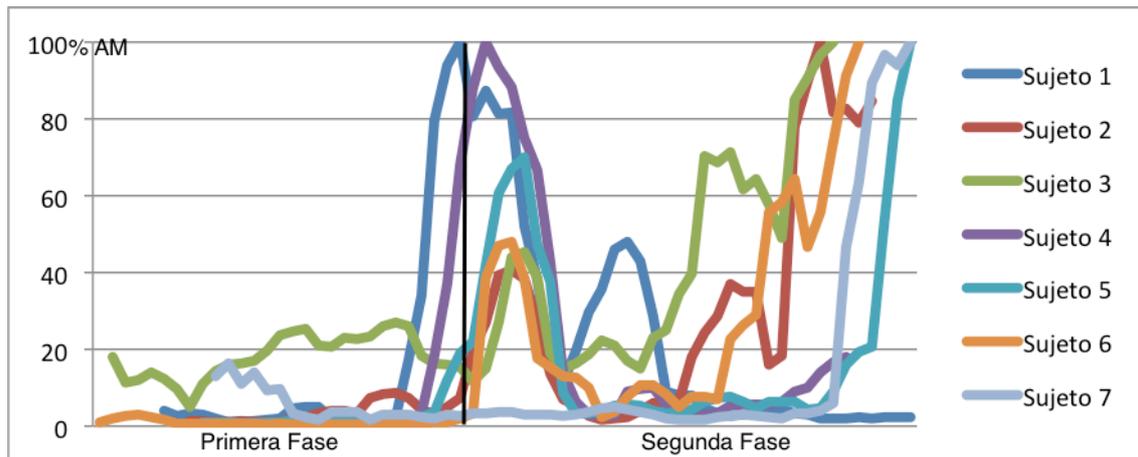
B



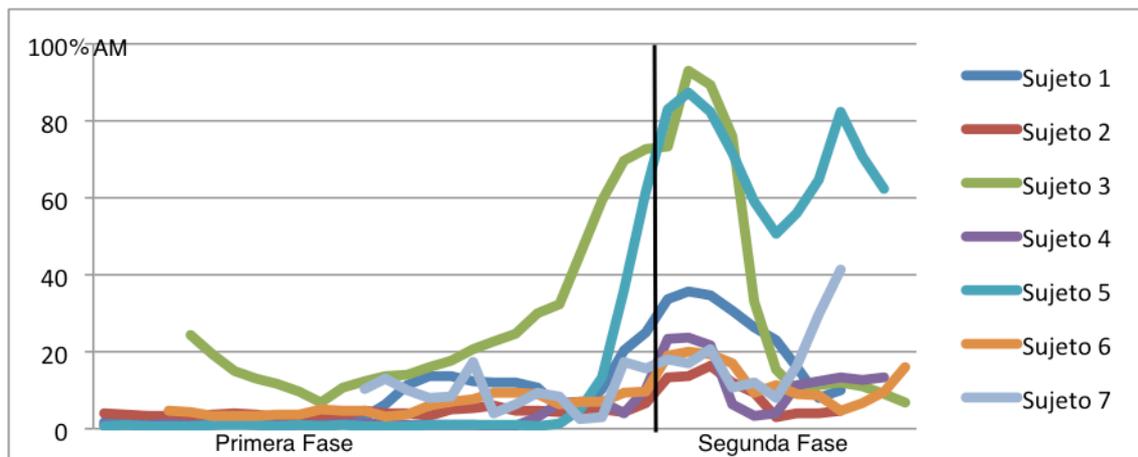
C

**Gráfica 17** Actividad eléctrica normalizada del músculo bíceps braquial del lado dominante registrada durante las proyecciones de la técnica "Morote seoi nage" en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

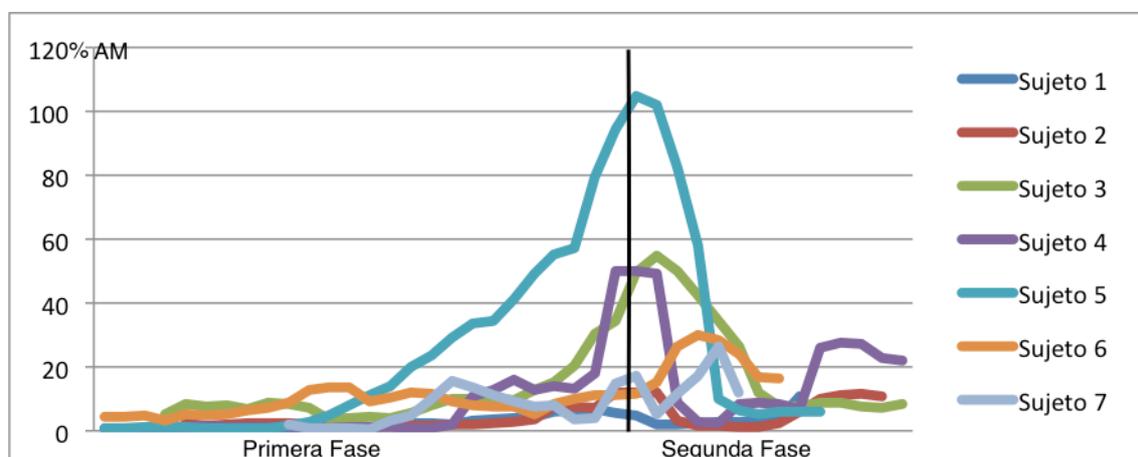
#### 4.6.2. Bíceps braquial del lado no dominante.



A



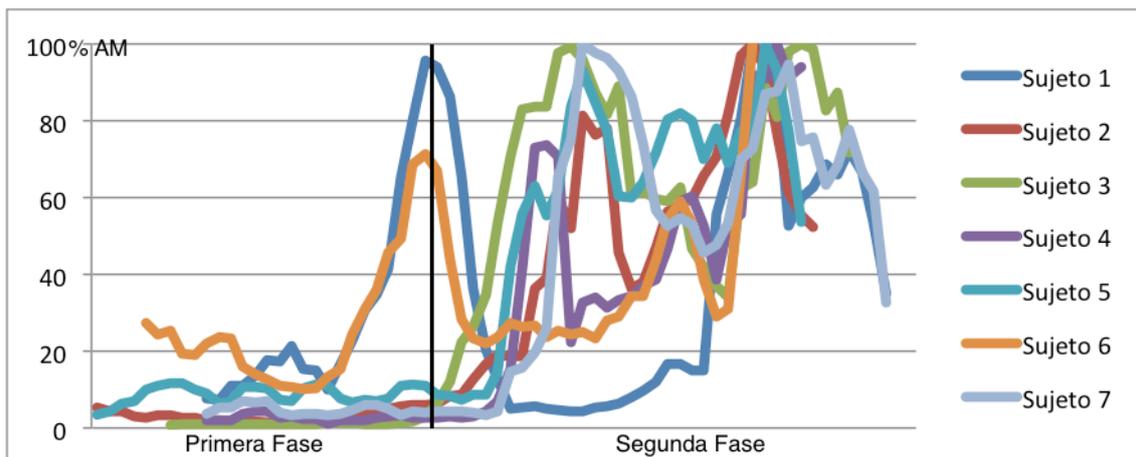
B



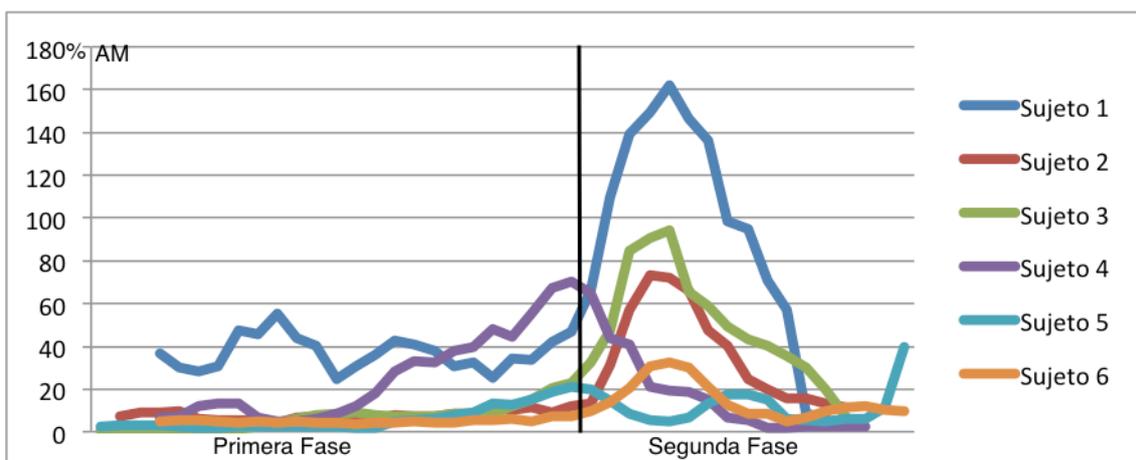
C

**Gráfica 18.** Actividad eléctrica normalizada del músculo bíceps braquial del lado no dominante registrada durante las proyecciones de la técnica "Morote seoi nage" en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

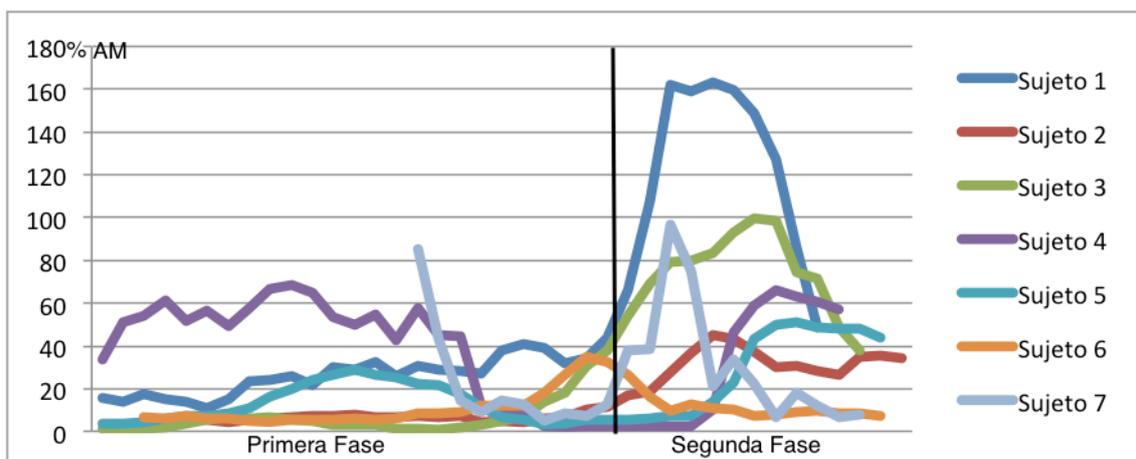
### 4.6.3. Tríceps braquial del lado dominante:



A



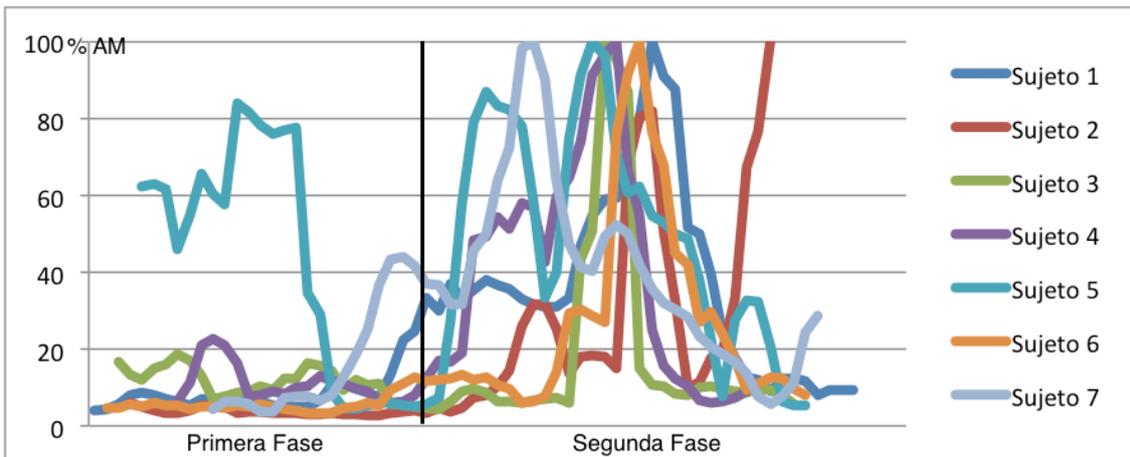
B



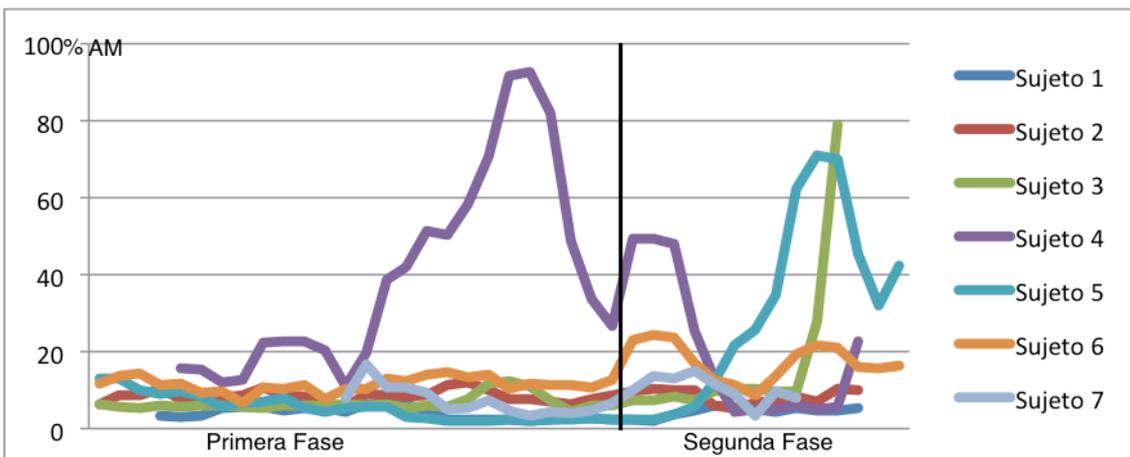
C

**Gráfica 19.** Actividad eléctrica normalizada del músculo tríceps braquial del lado dominante registrada durante las proyecciones de la técnica "Morote seoi nage" en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

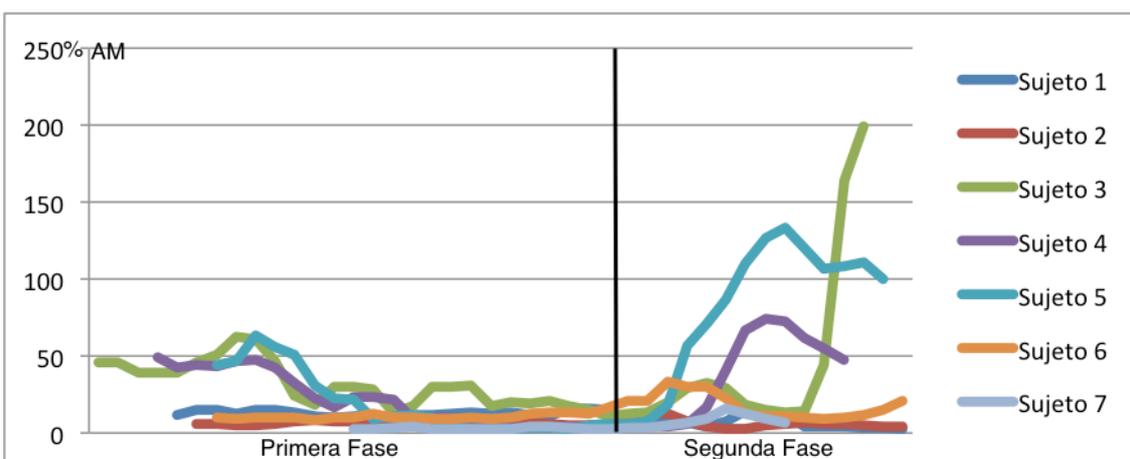
#### 4.6.4. Tríceps braquial del lado no dominante:



A



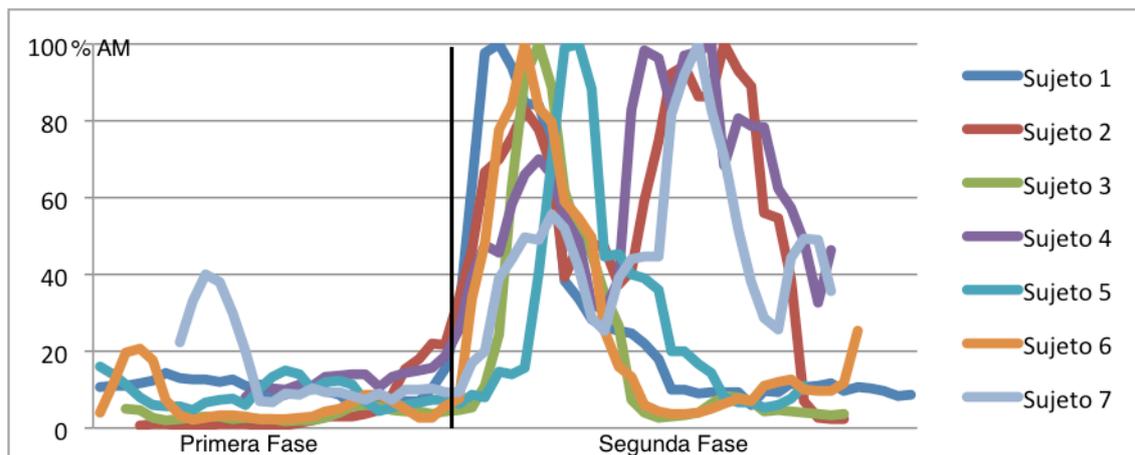
B



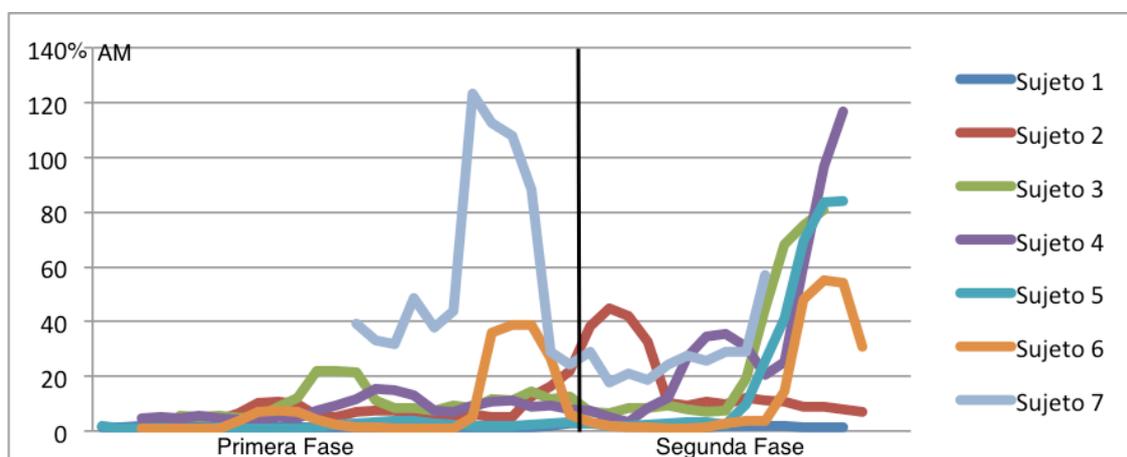
C

**Gráfica 20.** Actividad eléctrica normalizada del músculo tríceps braquial del lado no dominante registrada durante las proyecciones de la técnica "Morote sei nage" en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

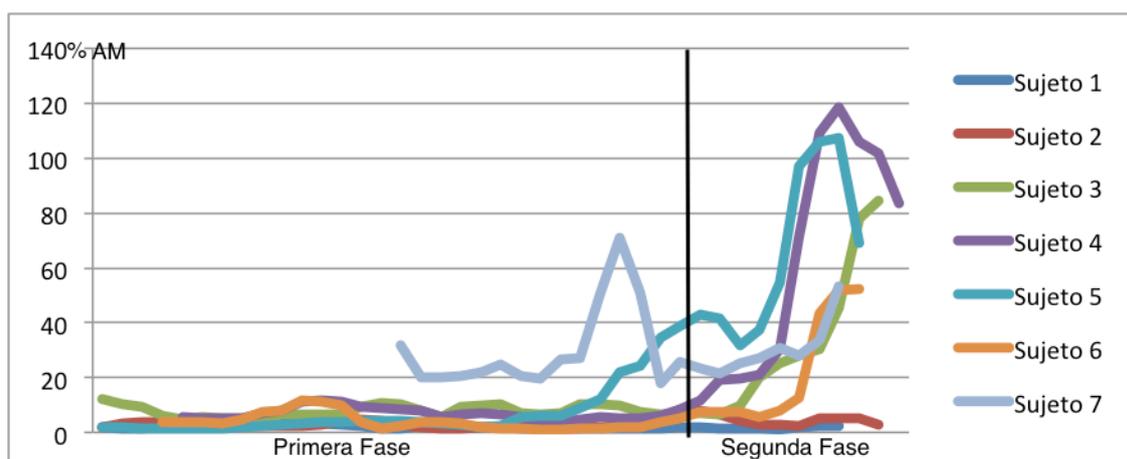
#### 4.6.5. Dorsal ancho del lado dominante:



A



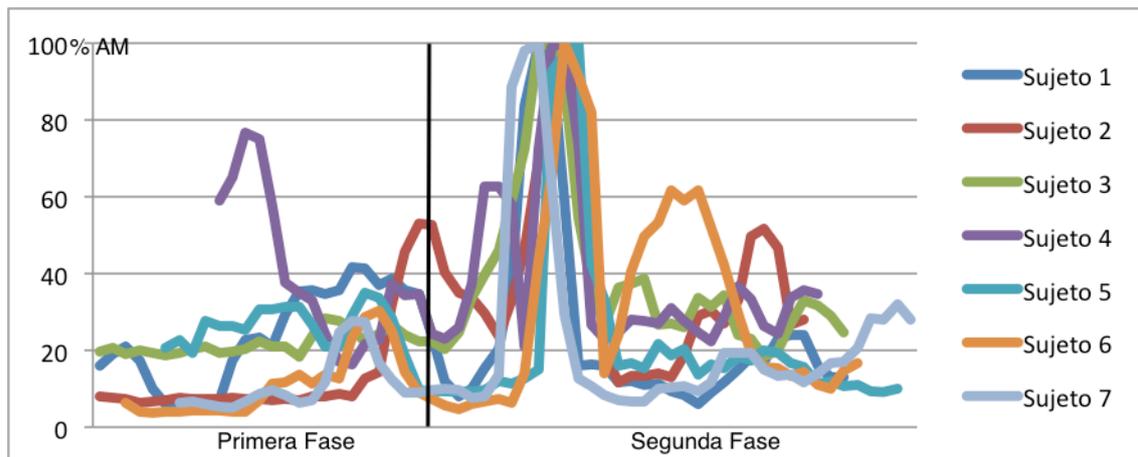
B



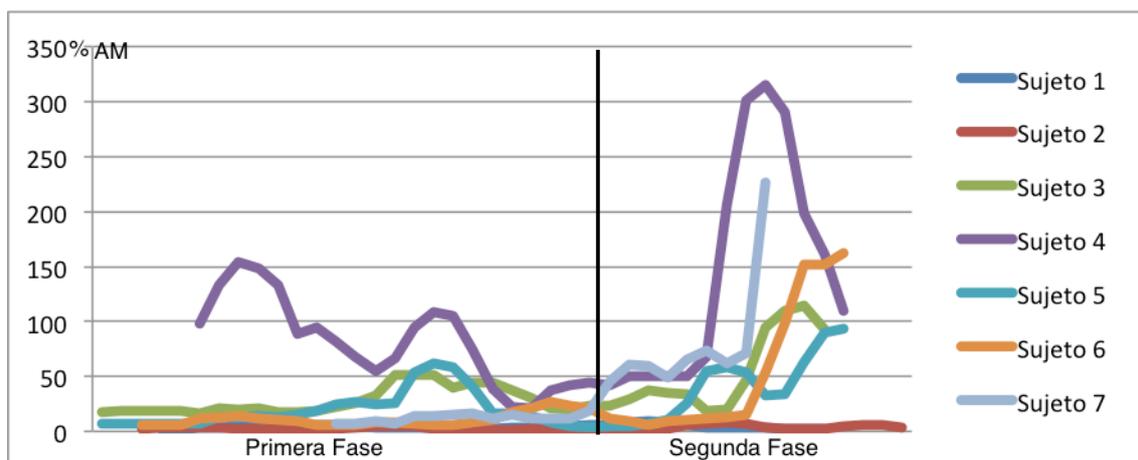
C

**Gráfica 21.** Actividad eléctrica normalizada del músculo dorsal ancho del lado dominante registrada durante las proyecciones de la técnica "Morote seoi nage" en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

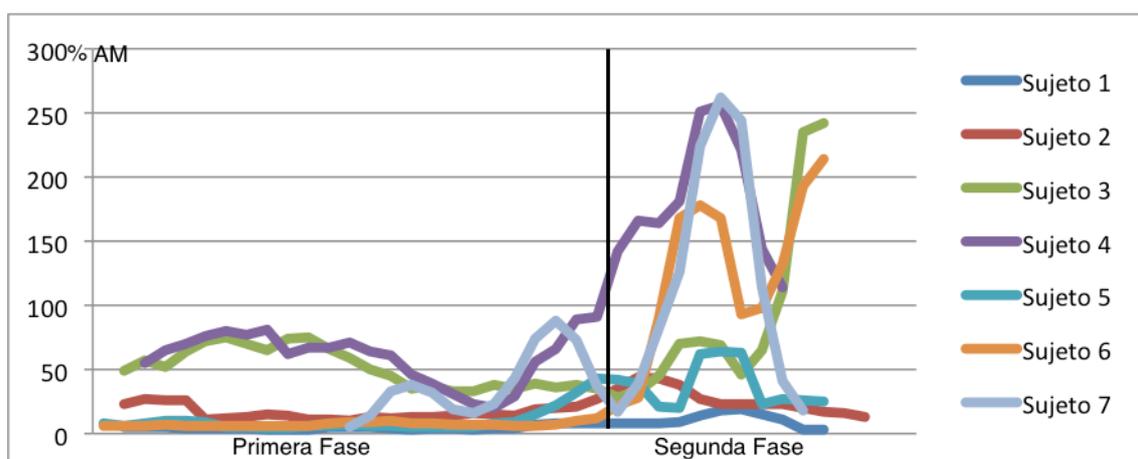
#### 4.6.6. Dorsal ancho del lado no dominante:



A



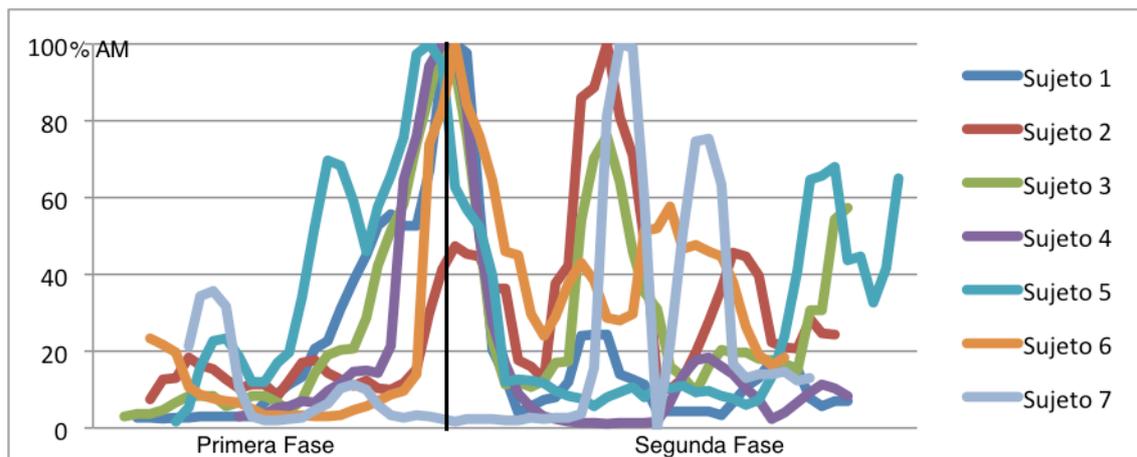
B



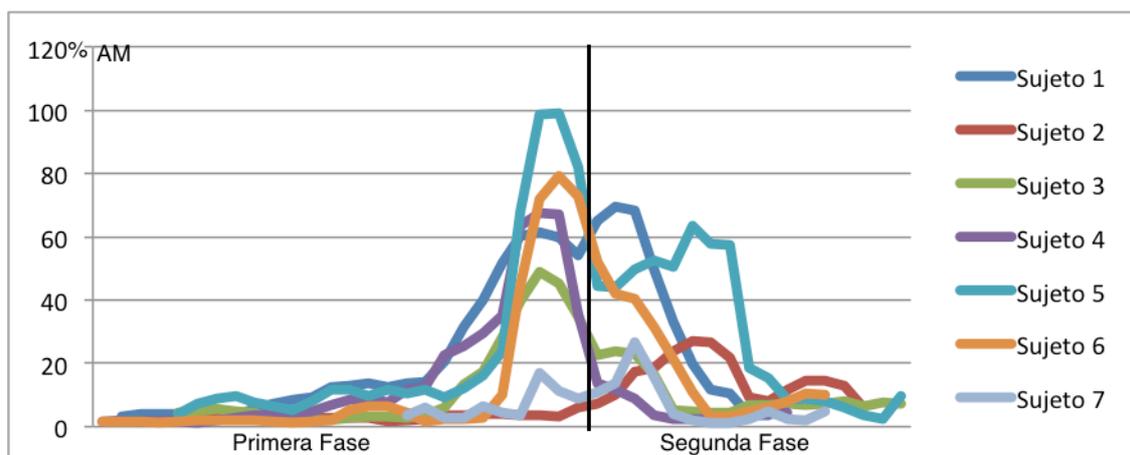
C

**Gráfica 22.** Actividad eléctrica normalizada del músculo dorsal ancho del lado no dominante registrada durante las proyecciones de la técnica "Morote seoi nage" en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

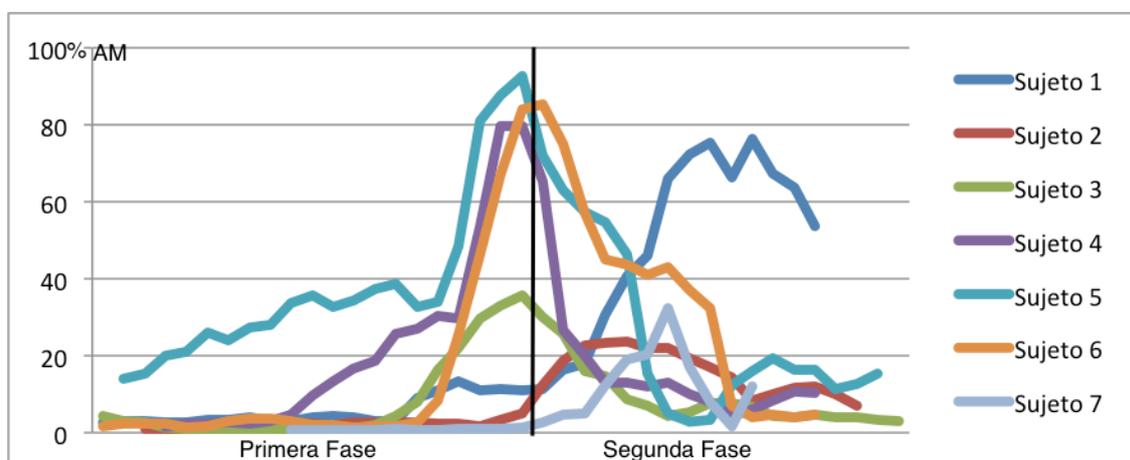
#### 4.6.7. Pectoral mayor del lado dominante:



A



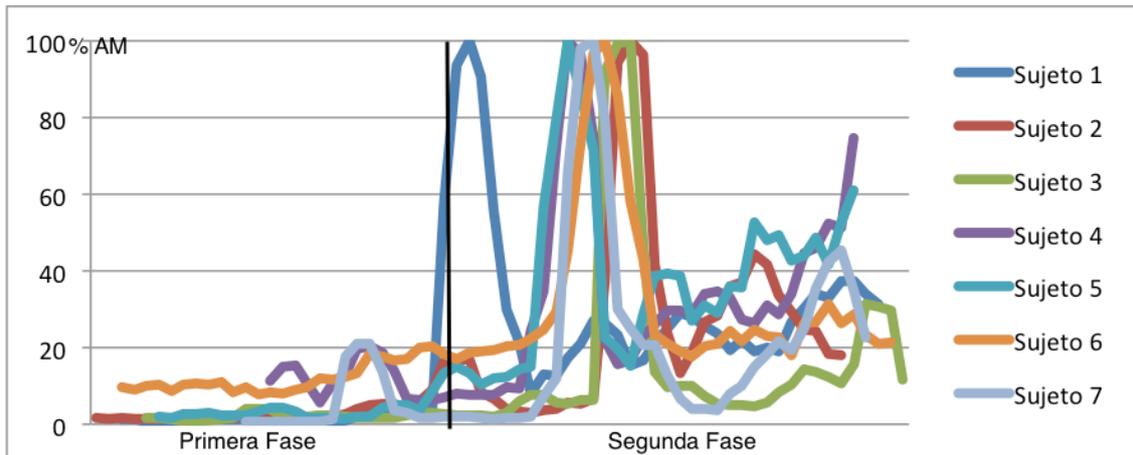
B



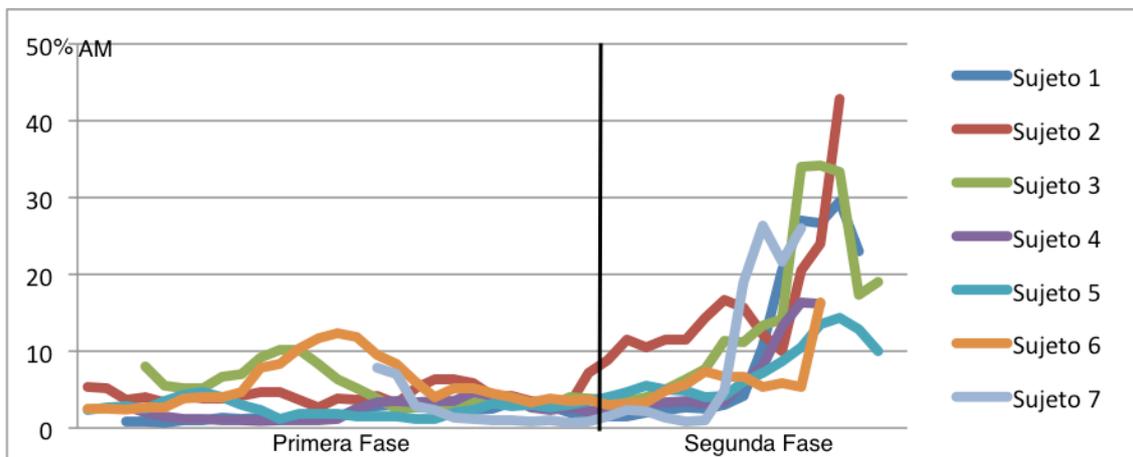
C

**Gráfica 23.** Actividad eléctrica normalizada del músculo pectoral mayor del lado dominante registrada durante las proyecciones de la técnica "Morote seoi nage" en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

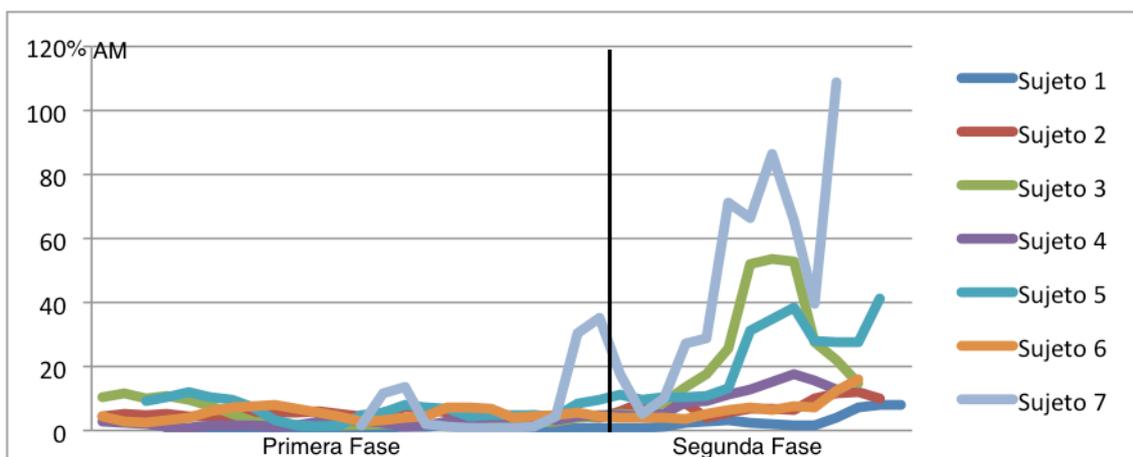
#### 4.6.8. Pectoral mayor del lado no dominante:



A



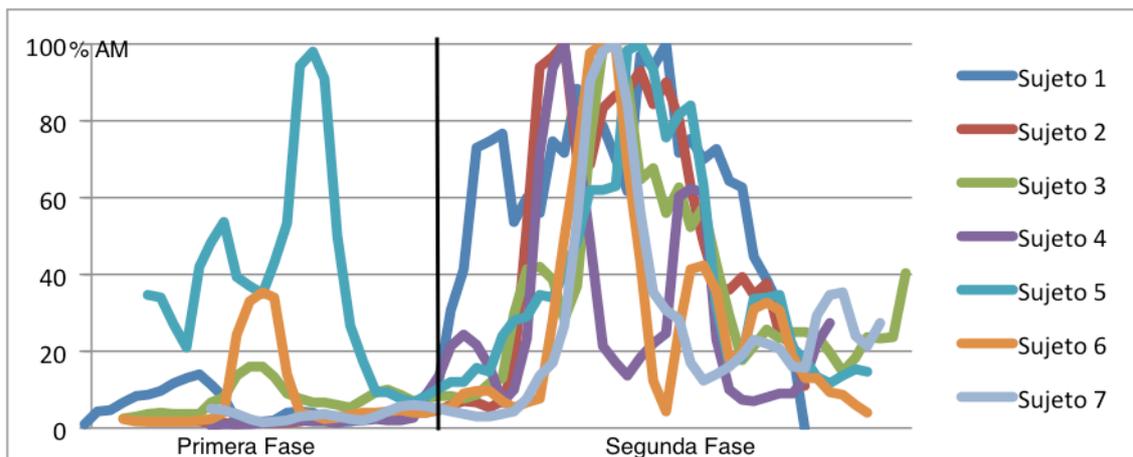
B



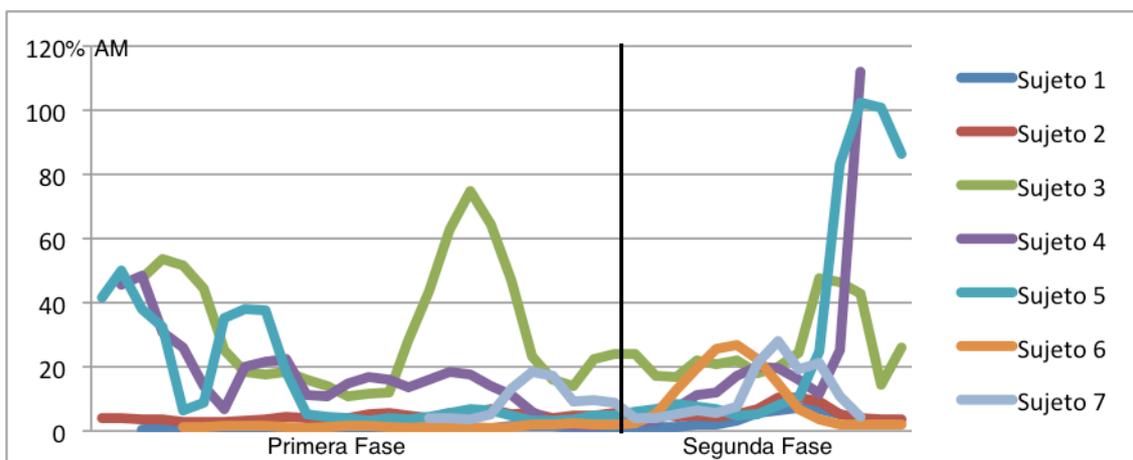
C

**Gráfica 24.** Actividad eléctrica normalizada del músculo pectoral mayor del lado no dominante registrada durante las proyecciones de la técnica "Morote seoi nage" en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

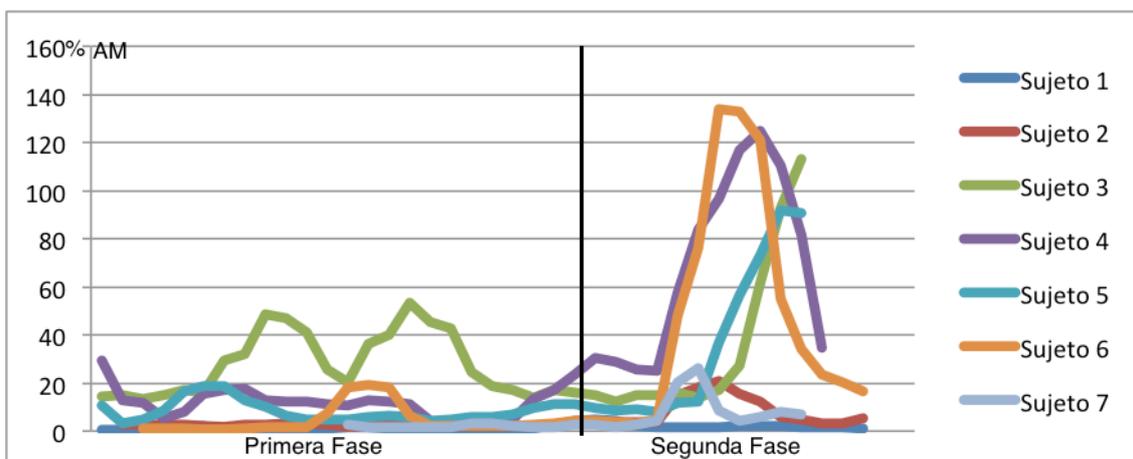
#### 4.6.9. Recto anterior del abdomen del lado dominante:



A



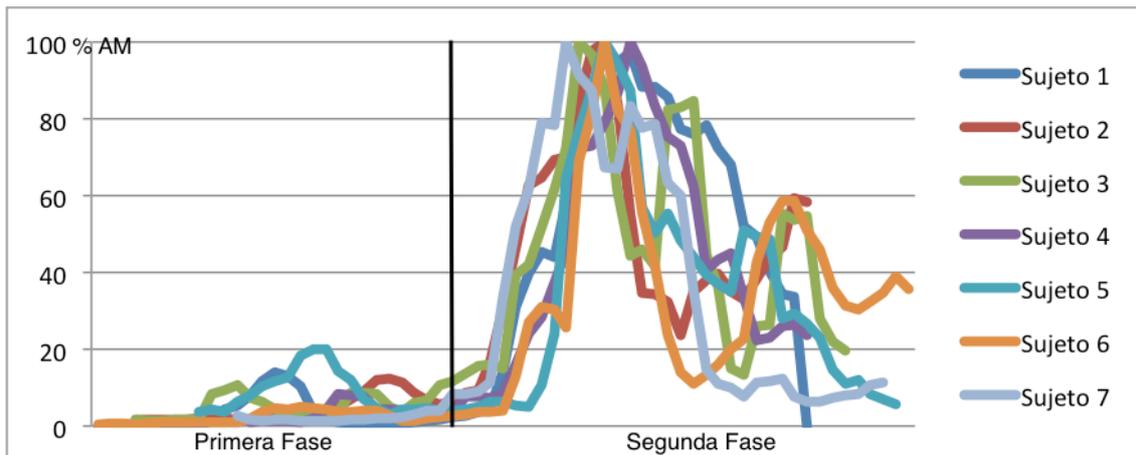
B



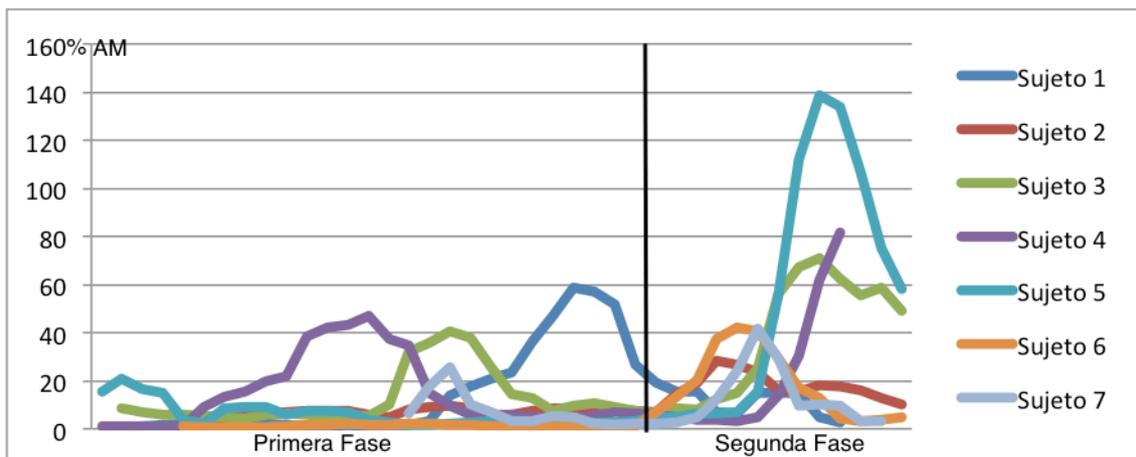
C

**Gráfica 25.** Actividad eléctrica normalizada del músculo recto anterior del abdomen del lado dominante registrada durante las proyecciones de la técnica "Morote seoi nage" en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

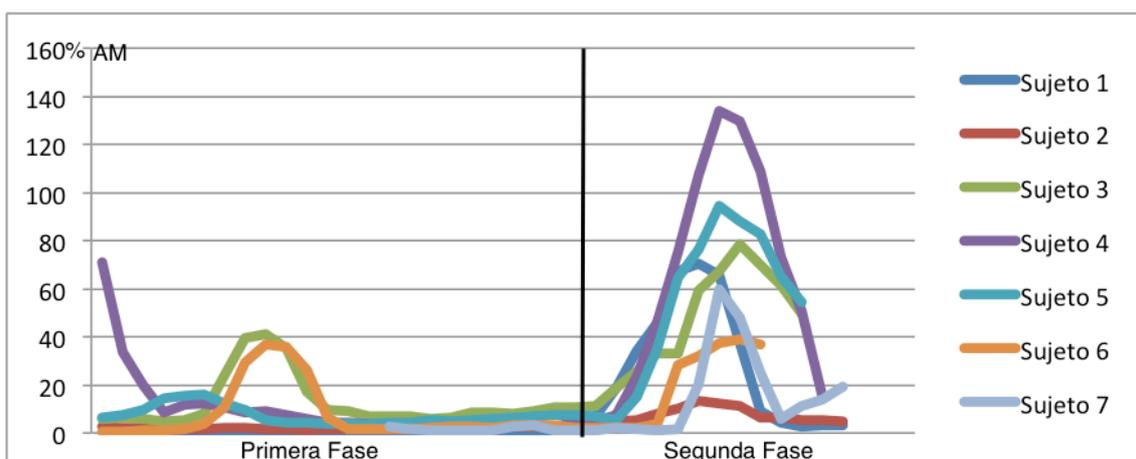
#### 4.6.10. Recto anterior del abdomen del lado no dominante:



A



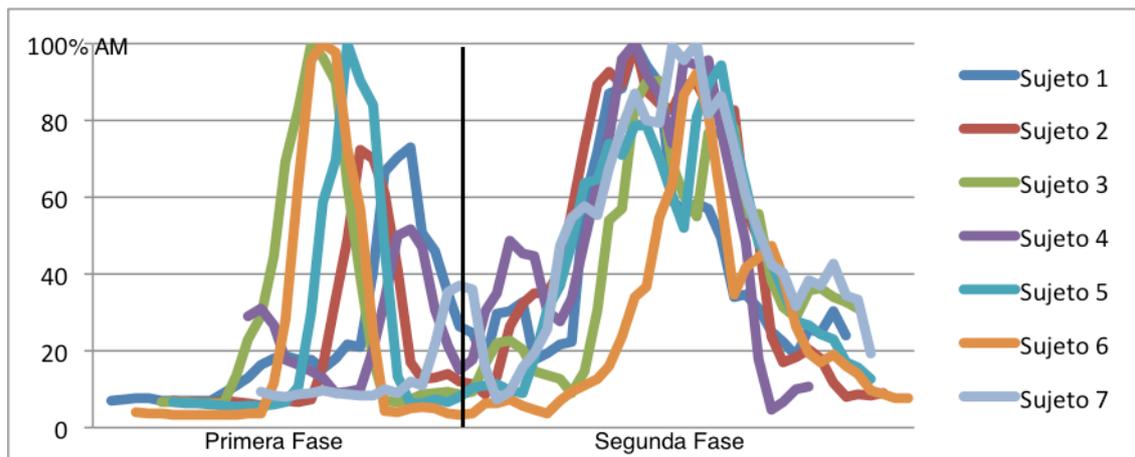
B



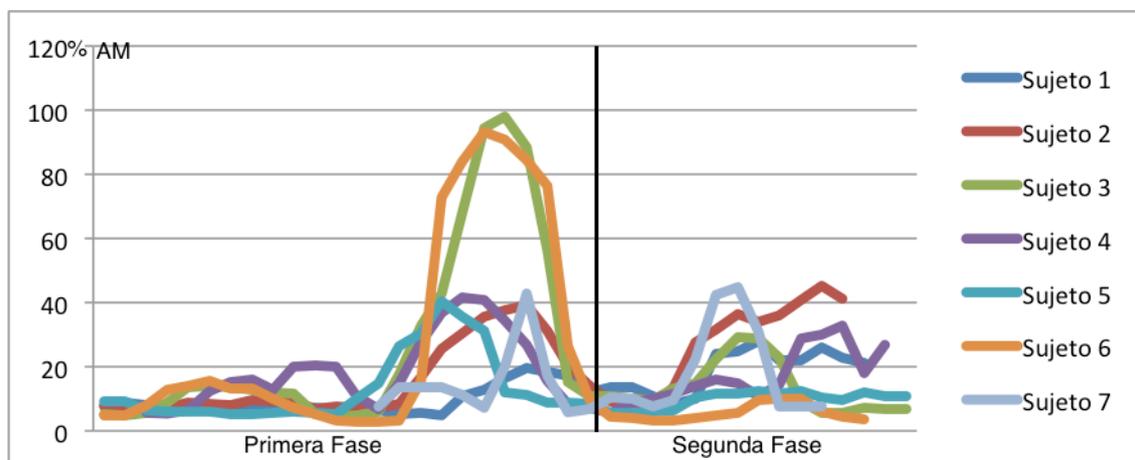
C

**Gráfica 26.** Actividad eléctrica normalizada del músculo recto anterior del abdomen del lado no dominante registrada durante las proyecciones de la técnica "Morote sei nage" en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

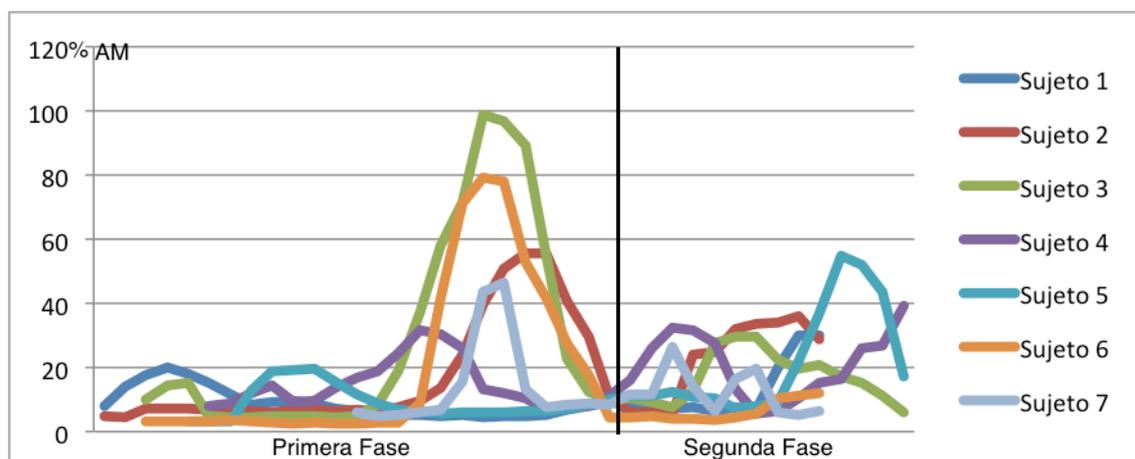
#### 4.6.11. Recto anterior del cuádriceps del lado dominante:



A



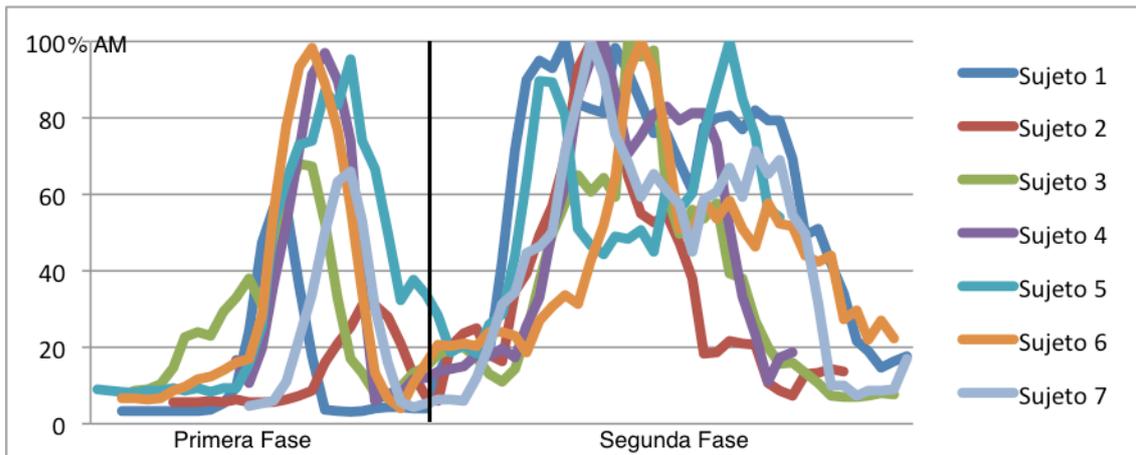
B



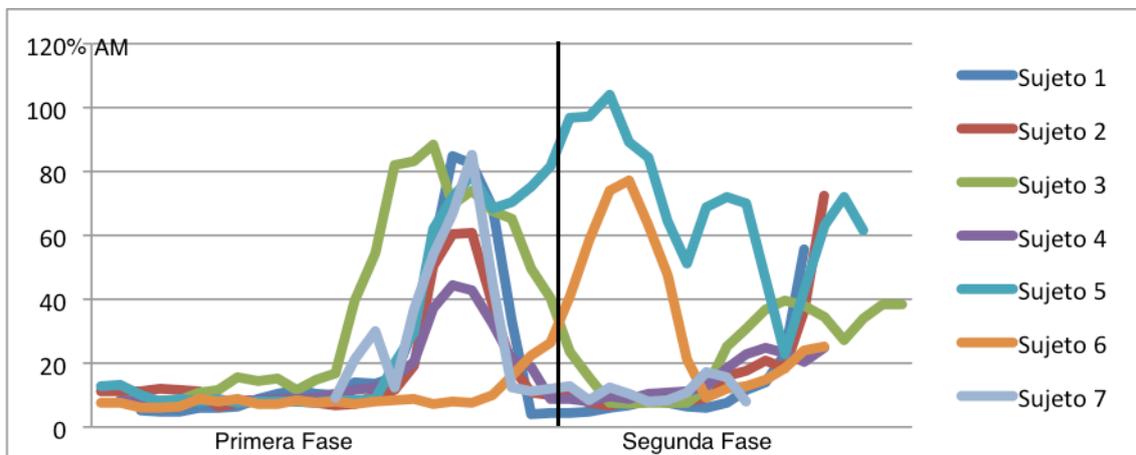
C

**Gráfica 27.** Actividad eléctrica normalizada del músculo recto anterior del cuádriceps del lado dominante registrada durante las proyecciones de la técnica "Morote seoi nage" en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

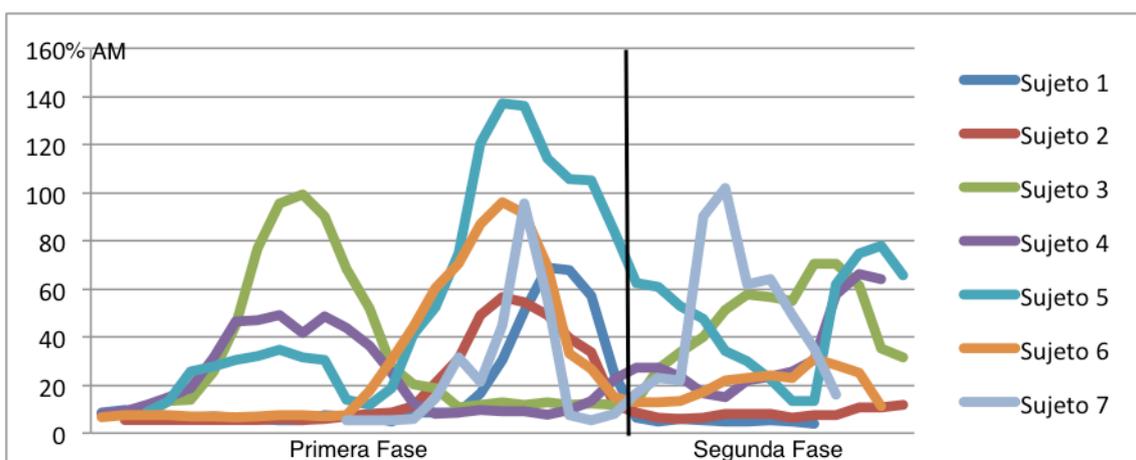
#### 4.6.12. Recto anterior del cuádriceps del lado no dominante:



A



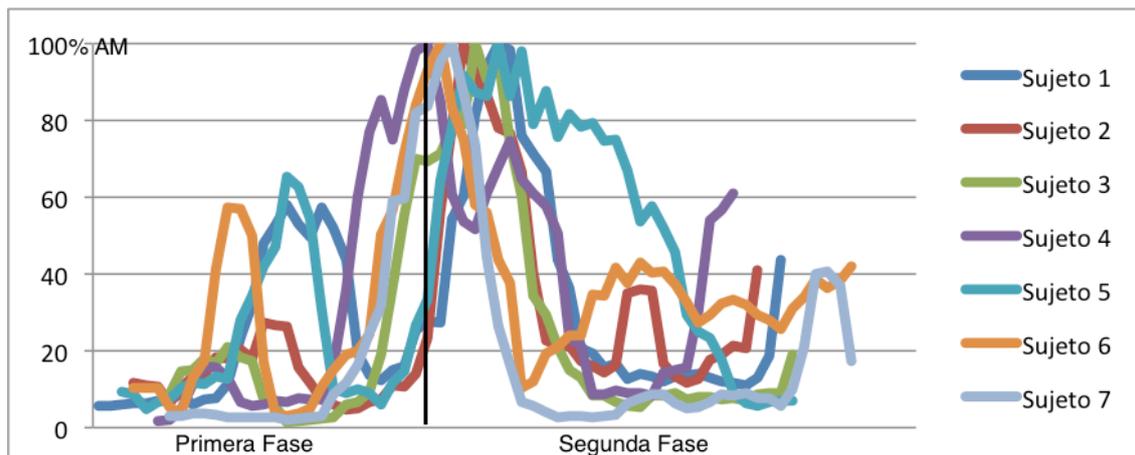
B



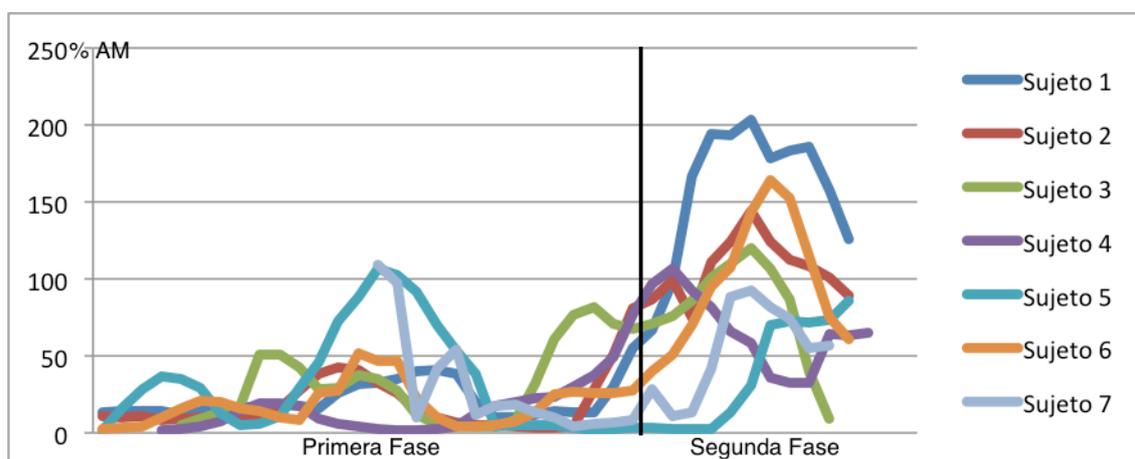
C

**Gráfica 28.** Actividad eléctrica normalizada del músculo recto anterior del cuádriceps del lado no dominante registrada durante las proyecciones de la técnica "Morote sei nage" en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

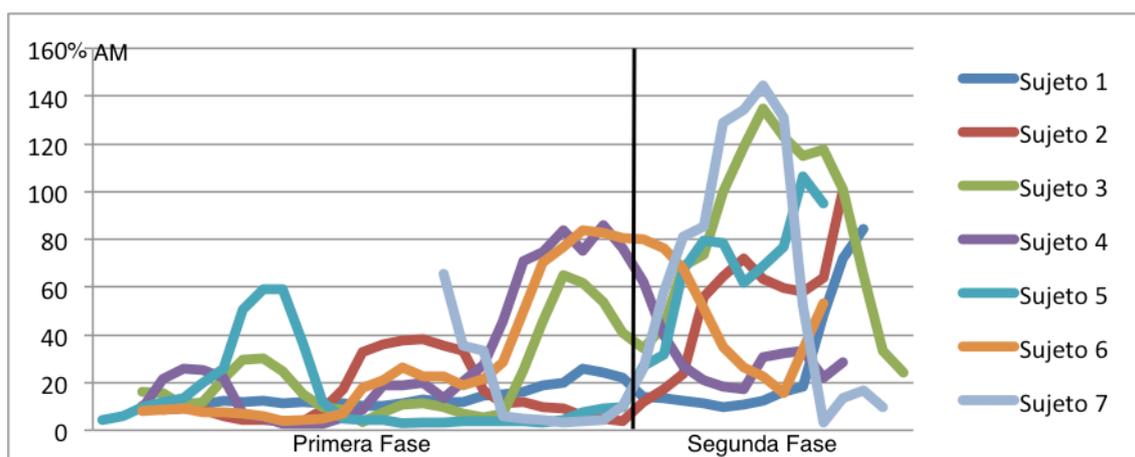
#### 4.6.13. Bíceps femoral del lado dominante:



A



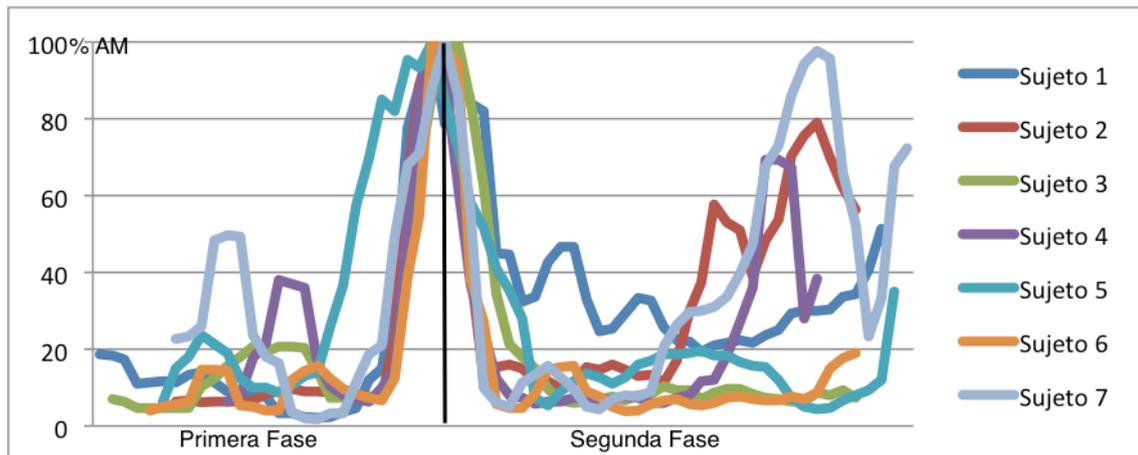
B



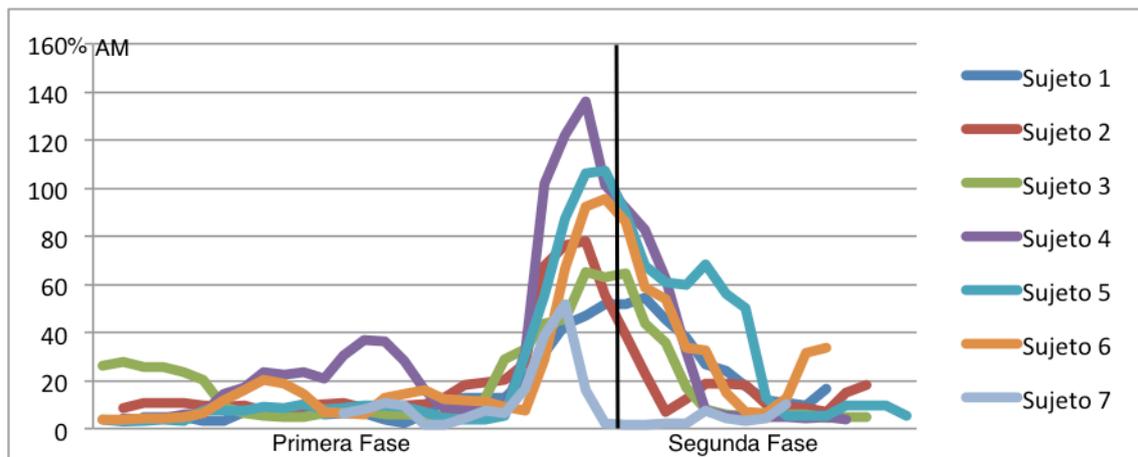
C

**Gráfica 29.** Actividad eléctrica normalizada del músculo bíceps femoral del lado dominante registrada durante las proyecciones de la técnica "Morote seoi nage" en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

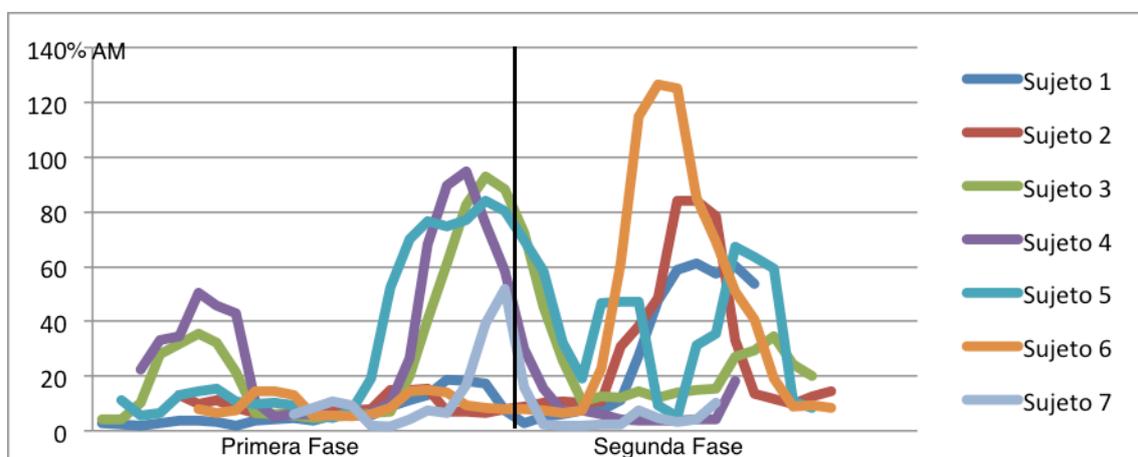
#### 4.6.14. Bíceps femoral del lado no dominante:



A



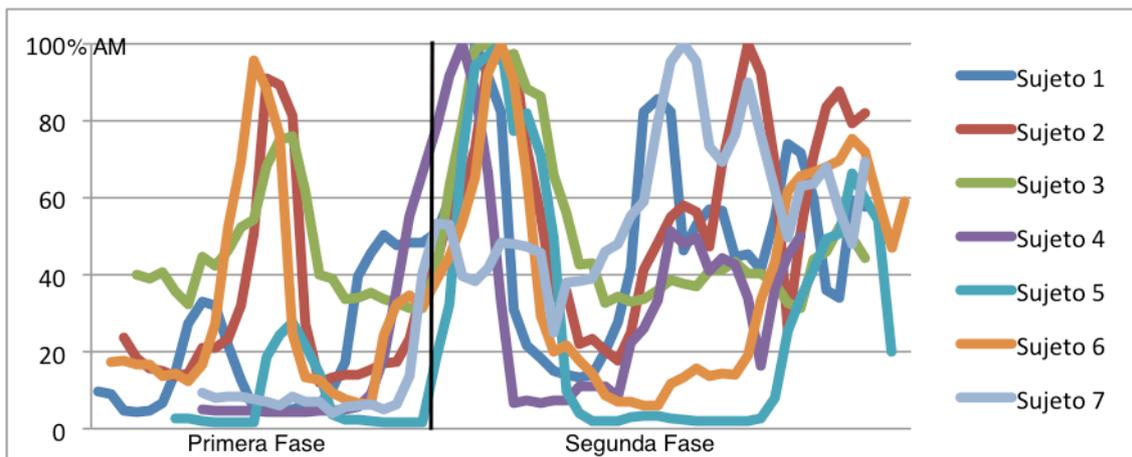
B



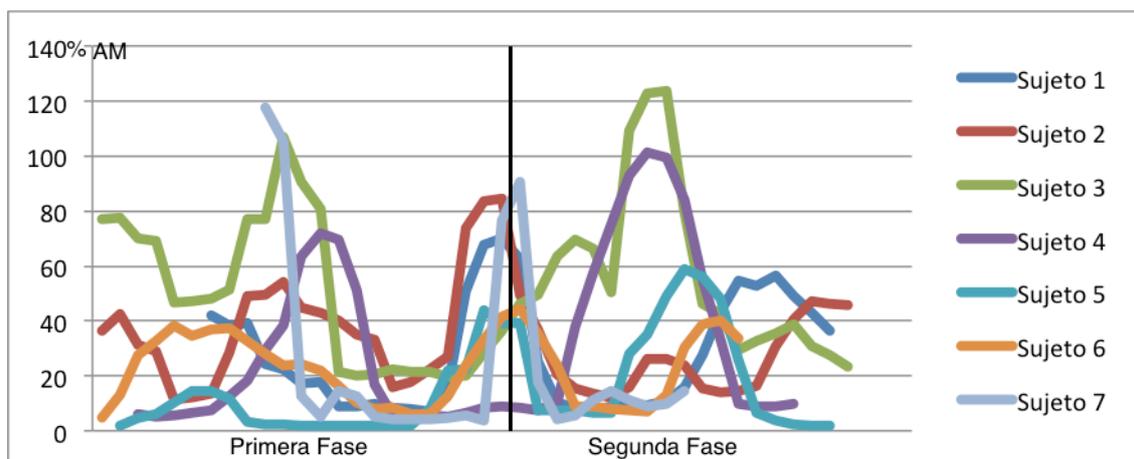
C

**Gráfica 30.** Actividad eléctrica normalizada del músculo bíceps femoral del lado no dominante registrada durante las proyecciones de la técnica "Morote seoi nage" en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

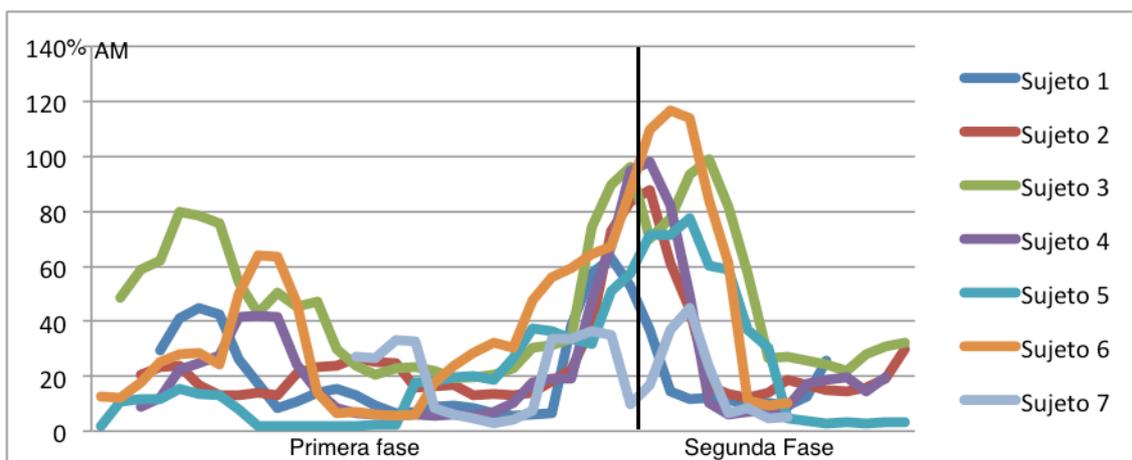
#### 4.6.15. Gemelo interno del lado dominante:



A



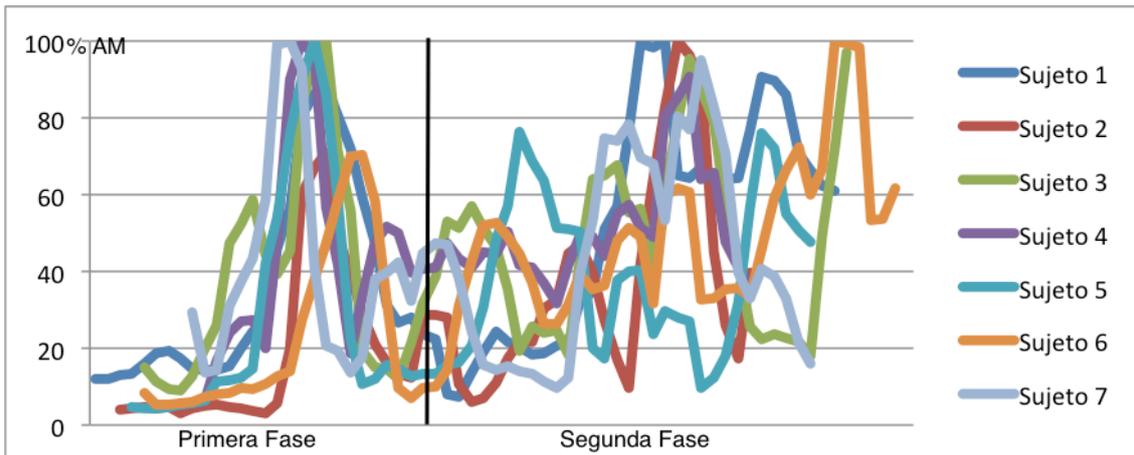
B



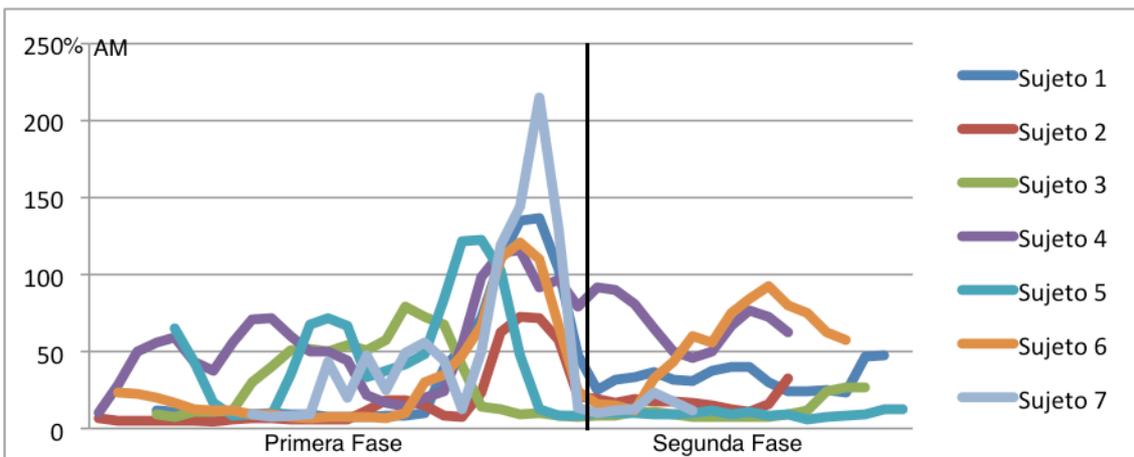
C

**Gráfica 31.** Actividad eléctrica normalizada del músculo gemelo interno del lado dominante registrada durante las proyecciones de la técnica "Morote seoi nage" en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).

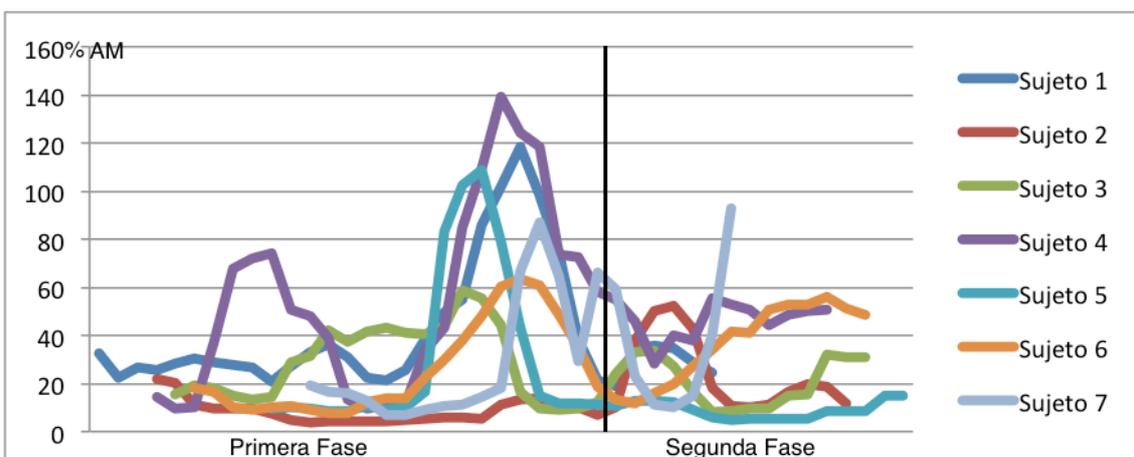
#### 4.6.16. Gemelo interno del lado no dominante:



A



B



C

**Gráfica 32.** Actividad eléctrica normalizada del músculo gemelo interno del lado nodominante registrada durante las proyecciones de la técnica "Morote sei nage" en todos los sujetos analizados. A: con compañero; B: con la goma 1; C: Con la goma 2. (AM: Actividad máxima a lo largo de la proyección).



## **5 Discusión**

- 5.1. Discusión del método.**
- 5.2. Discusión de los resultados.**
- 5.3. Limitaciones del estudio.**
- 5.4. Futuras líneas de investigación.**
- 5.5. Aplicabilidad del estudio.**



## 5.1. Discusión del método.

La muestra la conformaron siete sujetos, puesto que resultó difícil conseguir judokas de características similares, que fueran especialistas del movimiento analizado y que cumplieran los requisitos establecidos para poder participar en el estudio. Además la experimentación fue laboriosa y complicada de llevar a cabo, aunque con ella si se recopiló una gran cantidad de información. El número de sujetos que participaron es superior a los encontrados en estudios de temática similar centrados en analizar aspectos relacionados con el judo desde una perspectiva biomecánica<sup>6,61,69-73,114</sup>. Las investigaciones citadas se llevaron a cabo con muestras comprendidas entre uno y cinco sujetos varones, siendo muy escasas las publicaciones de esta índole realizadas exclusivamente con mujeres, como la de Cueto<sup>115</sup>, y algo más frecuentes las que comparan los resultados obtenidos entre una muestra masculina y una femenina<sup>87,116,117</sup>.

Se buscaron sujetos de categorías de peso ligeras, ya que según Almansba et al<sup>47</sup> éstos son más rápidos en la ejecución de las técnicas de brazo (grupo al que pertenece la técnica “Morote seoi nage”). Cinco de ellos han obtenido medalla en campeonatos nacionales y los otros dos han sido campeones de la comunidad de Aragón, habiendo participado en diversos campeonatos nacionales. Todos son especialistas en la técnica estudiada y cumplieron el criterio de inclusión que limita la duración total de ejecución de la proyección realizada con un compañero, (menor de 1,3 segundos), tiempo que según Blais<sup>61</sup> demuestra la maestría en esta técnica en concreto. La muestra del estudio tenía una edad media de  $19 \pm 1,95$  años, y un peso de  $68,71 \pm 10,64$  kg.

De los sujetos que participaron en el estudio, dos eran zurdos, lo que supuso un 28,6% respecto del total. Este porcentaje es más elevado que el encontrado en poblaciones de referencia, en las que según Dopico et al<sup>118</sup> se

halla entre el 8% y el 10%. Sin embargo, en los deportes de oposición se ha demostrado que los zurdos obtienen mejores resultados, por lo que, según Idarreta et al<sup>119</sup> es frecuente modificar la predisposición lateral innata del judoka con el fin de alcanzar un mayor rendimiento en la competición, encontrando un porcentaje elevado de campeones zurdos. Según Dopico et al<sup>118</sup> en un estudio realizado con todas las selecciones de la Comunidad Autónoma de Galicia, el 66% de los sujetos realiza las técnicas similares a "Morote seoi nage" por el lado derecho, siendo el resto zurdos o simétricos ("ambivalentes").

A la hora de ejecutar una técnica, la relación espacial entre los judokas es más importante que la lateralidad de tori; ésta viene determinada por su agarre y su postura<sup>120,121</sup> pudiendo utilizar los dos sujetos el mismo agarre (situación simétrica "ai yotsu") o el opuesto, es decir uno diestro y otro zurdo (situación asimétrica "kenka yotsu"), condicionando la ejecución de las técnicas más eficaces en cada situación<sup>117</sup>. La posición de inicio de uke es la misma que la encontrada en los diferentes estudios en los que se analiza la proyección de un compañero<sup>6,46-48,61</sup>, colocado siempre con las extremidades inferiores separadas a la anchura de los hombros y los brazos extendidos al frente para facilitar el agarre a tori, que no tenía determinada la postura de partida; comenzando cinco de ellos desde una posición simétrica respecto a uke, y los dos restantes con la extremidad inferior del lado dominante adelantada (posición asimétrica).

Las gomas se han adaptado como material de entrenamiento específico del judo, comercializándose en España por los distribuidores de material para artes marciales Tagoya y Noris Kombat Line (NKL) sin embargo no se ha encontrado ningún artículo científico en el que se haya valorado su utilización en este deporte.

La EMG es una técnica indirecta que se ha utilizado en varios estudios con muestras formadas por judokas en los que se valora la actividad producida por diferentes grupos musculares en situaciones de laboratorio<sup>80,82-84,87,89</sup>. Solamente se ha localizado un estudio en el que se analiza la actividad eléctrica obtenida, en los músculos recto anterior del cuádriceps y bíceps femoral, al realizar una técnica de proyección específica de judo<sup>81</sup>. Sin embargo, sí se han encontrado análisis de técnicas de taekwondo y karate<sup>122,123</sup> respectivamente, en los que se valora únicamente una extremidad (inferior en el taekwondo y superior en el karate) mientras se realiza el gesto sin la presencia de compañeros. Esto pone de manifiesto la complejidad y relevancia del estudio presentado respecto de los mencionados anteriormente, cuyos resultados permiten describir con precisión la técnica “Morote seoi nage” a partir de la observación sistemática de los músculos que presentan una mayor actividad eléctrica al realizar la proyección.

Con el fin de captar la señal eléctrica de los grupos musculares estudiados, se ha utilizado el electromiógrafo de superficie DELSYS Trigno, de 16 canales, que por ser inalámbrico está indicado para el análisis de gestos deportivos fuera de los laboratorios, habiendo sido confirmada su eficacia en un número considerable de estudios<sup>124-131</sup>. Como contrapartida, conviene destacar que los sensores son más voluminosos, hecho que dificulta su fijación respecto a los electrodos adhesivos tradicionales.

Para poder comparar los valores obtenidos mediante la EMG entre distintos sujetos, la actividad muscular registrada se debe de normalizar respecto a la actividad máxima del músculo. Con este fin se puede utilizar una contracción isométrica máxima voluntaria, realizada sin modificar la colocación de los electrodos, aunque algunos autores proponen normalizar los valores con el pico máximo obtenido en la ejecución del gesto estudiado, ya que hay músculos que al actuar dinámicamente superan la contracción

máxima voluntaria<sup>103,113,132</sup>. En el estudio se optó por utilizar este último método, debido a la cantidad de músculos analizados y por tratarse de pruebas realizadas fuera del laboratorio, hecho que dificultaba la correcta realización de las contracciones isométricas máximas.

Con el fin de facilitar la realización de las proyecciones y evitar que el traje específico de judo despegara los electrodos, tori realizó la proyección con un pantalón y una camiseta de deporte en lugar del judogi, uke si que llevó la chaqueta, para que la ejecución de la proyección no se viera afectada (protocolo ya seguido en el estudio de Blais<sup>61</sup>).

Tradicionalmente las proyecciones en Judo se han estructurado en tres etapas: desequilibrio, preparación y proyección ("Kuzushi", "Tsukuri" y "Kake"), siendo esta terminología la utilizada en numerosos trabajos<sup>5,61,69,70,71,74,86,90</sup>. En el estudio no se ha seguido esta división debido a que las dos primeras partes (desequilibrio y preparación) se solapan, sin que aparezcan elementos objetivos en todos los sujetos que permitan diferenciar con claridad el comienzo y el fin de cada una. Como solución al problema descrito se optó por dividir toda la proyección en dos únicas fases, tomando el contacto de los dos pies de tori con el tatami como la referencia que permite determinar exactamente el momento en el que se produce el cambio de fase. La división de la proyección facilitó la comparación entre las gráficas de los sujetos, independientemente de los pasos previos que realicen (los que empiezan con la extremidad inferior adelantada y los que lo hacen con los dos pies al mismo nivel) al hacerlas coincidir con el momento que indica el cambio de fase. También permitió ubicar los picos de máxima actividad a lo largo del movimiento y comparar las proyecciones realizadas con un compañero y las ejecutadas con gomas.

## **5.2. Discusión de los resultados.**

### **5.2.1. Comparación entre los dos bloques de proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” realizadas con un compañero.**

Los resultados logrados en las 112 comparaciones de actividad muscular entre los dos bloques de proyecciones permiten destacar la importancia de colocar correctamente los electrodos, para que la señal eléctrica registrada no se vea alterada<sup>95,100</sup>. Se ha comprobado que siguiendo rigurosamente el protocolo, la actividad muscular normalizada no se ve afectada, como demuestran los resultados obtenidos en la comparación de los dos bloques de proyecciones.

Según Acero<sup>133</sup>, la sociedad Internacional de biomecánica, recomienda analizar entre 8 y 10 repeticiones para que un estudio del gesto deportivo sea representativo, por esto, tras comprobar que la recolocación de los electrodos no afectó a los resultados obtenidos, se procedió a juntar los resultados de los dos bloques de proyecciones que cada sujeto había realizado con un compañero, para de esta manera, alcanzar un número de proyecciones que otorgase mayor relevancia a los resultados.

Conviene destacar la importancia que presenta en este tipo de investigaciones la correcta fijación y protección de los electrodos, especialmente si en la técnica analizada aparecen situaciones que puedan alterar la posición de los mismos afectando a los datos registrados. En el, se detectaron valores anómalos en dos casos, que pertenecían a los músculos de la parte posterior de la extremidad inferior del lado dominante. Es posible considerar que durante la proyección el contacto con uke en esas dos ocasiones pudiera llegar a desplazar los electrodos.

### **5.2.2. Actividad muscular en las proyecciones de la técnica "Morote seoi nage" realizadas con un compañero.**

Para valorar la dispersión de la muestra se han realizado dos pruebas, la desviación típica y el coeficiente de variación; el resultado de la primera se expresa en las mismas unidades que los datos originales por lo que no se pueden establecer criterios fijos de comparación, sin embargo del coeficiente de variación, que es la desviación típica de una muestra dividida por su media (pudiéndose expresar en porcentaje multiplicando el resultado por 100) si que existen escalas determinadas de valoración, ya que su resultado no depende ni de las unidades ni del valor de los datos. Por esto se ha escogido esta prueba para valorar la homogeneidad de la actividad muscular obtenida en los diferentes sujetos.

En investigación médica se considera que una distribución es homogénea o se encuentra concentrada cuando el coeficiente de variación es menor del 33%<sup>134</sup>. Al comprobar los resultados de la actividad muscular en los diferentes sujetos mientras realizaban la proyección de la técnica "Morote seoi nage" con un compañero se aprecia como solamente 16 de los 112 valores presentaron un coeficiente de variación igual o superior al 33%, por lo que según esta clasificación, se puede afirmar que la actividad realizada por la mayoría de los músculos y sujetos mostraba una distribución homogénea. Resulta interesante destacar que de los dieciséis casos cuyos resultados presentaron una mayor dispersión, catorce pertenecían a las extremidades superiores y dos al tronco, sin aparecer ninguno en las extremidades inferiores. Esto puede ser debido a que los músculos de las extremidades inferiores realizan movimientos estandarizados (los diferentes pasos), alternando fases de acción con otras estáticas en las que soportan todo el peso del cuerpo. Sin embargo, en las

extremidades superiores las acciones no están tan delimitadas, apreciándose una mayor variación a lo largo de las distintas proyecciones. En este sentido se observó como en algunos sujetos predominaba la actividad del dorsal ancho durante la acción de tirar de uke hacia la dirección de la proyección, mientras que en otros, se detectaba la actividad eléctrica principal en el bíceps braquial. Al comprobar cómo se distribuyeron entre los diferentes sujetos los 16 casos que presentan una mayor dispersión en su actividad muscular, se aprecia que en cinco de ellos aparecen dos músculos cuyos resultados no son homogéneos y en los dos restantes tres, por lo que se puede afirmar que, en este aspecto, la muestra también es uniforme.

Al comparar la actividad de los músculos estudiados entre los diferentes sujetos, los resultados fueron contundentes, ya que en todos los casos aparecieron diferencias significativas. Este dato refuerza la idea de que cada sujeto presenta pequeñas adaptaciones a la hora de realizar la misma proyección.

Se comprobó también la dispersión del conjunto formado por las proyecciones de todos los sujetos en cada músculo. En este caso los valores fueron menos homogéneos que cuando se compararon por separado las proyecciones de cada sujeto, apareciendo cinco músculos (todos ellos pertenecientes a las extremidades superiores) en los que, según Carrasco<sup>134</sup> la dispersión de sus valores de actividad fue grande (su coeficiente de variación se situó entre el 33% y el 50%), obteniéndose valores homogéneos en los once restantes. Por otro lado es lógico considerar que al juntar los resultados de todos sujetos éstos sean más dispersos que los de cada uno por separado, puesto que cuando se realizó la comparación de su actividad muscular se puso de manifiesto la existencia de diferencias significativas entre ellos, volviéndose a observar como la mayor dispersión apareció de nuevo en la actividad muscular de las extremidades superiores.

### **5.2.3. Patrón de actividad muscular en la proyección de la técnica “Morote seoi nage” realizada con un compañero.**

En el estudio electromiográfico se demostró como, al realizar la proyección con compañero (“nage-komi”), la actividad muscular registrada en los diferentes sujetos presentó valores homogéneos. También se definió un patrón de actividad muscular para la técnica de proyección “Morote seoi nage”, que se siguió en la mayor parte de las proyecciones realizadas por los diferentes sujetos, aunque en algún caso y principalmente en los músculos pertenecientes a las extremidades superiores, se observaron variaciones puntuales.

Como dice Ramón<sup>135(p56)</sup> “Deportistas extraordinarios tales como Tiger Woods, Diego Maradona, Michael Jordan, Rafael Nadal, Nadia Comaneci y Sergei Bubka, entre otros, han mostrado capacidad para ejecutar sus técnicas en una forma muy consistente, sin embargo sus movimientos no son los mismos de intento a intento, cuando se miden en una forma precisa. Esto implica que sus movimientos fueron o son altamente consistentes pero no son los mismos entre sí”. Si en estos deportistas de élite se produce una cierta variación cuando realizan sus técnicas, es normal que en los sujetos que participaron en el estudio, que aunque son especialistas en la proyección analizada no alcanzan el nivel de los mencionados, al comparar su actividad muscular valorada mediante EMG se observe como los mismos músculos, en todas las proyecciones no siempre trabajaron en el mismo momento y a la misma intensidad, aunque a simple vista, un observador profano no aprecie diferencias.

Según Paillard<sup>136</sup>, la motricidad de un judoka depende de muchos factores entre los que se encuentran sus características morfológicas (talla, envergadura, índice de masa corporal, índice relativo de los miembros inferiores, brazos de palanca, factores musculares, movilidad articular, etc.),

que condicionan las adaptaciones que realiza cada sujeto en las diferentes proyecciones ajustándolas a sus características morfológicas y así creando su propio “repertorio técnico”. Esta variabilidad se puede apreciar al comparar las gráficas de la actividad eléctrica muscular de los diferentes sujetos, aunque en ocasiones se debe interpretar con cautela ya que según Hug<sup>106</sup> puede deberse a factores tales como las interferencias producidas por la musculatura contigua, la variabilidad espacial de la localización del electrodo, el filtrado que se realice o la fatiga neuromuscular. En el estudio, las pruebas de dispersión demuestran, que esto no sucedió debido al escrupuloso seguimiento del protocolo establecido.

Para definir el patrón de actividad muscular de la técnica de proyección “Morote seoi nage” realizada con un compañero se describió individualmente la actividad de cada uno de los dieciséis músculos estudiados a lo largo de las dos fases del movimiento. Los resultados obtenidos en la descripción se han cotejado con los principios fundamentales de esta proyección enumerados por Blais<sup>61</sup>, se ha analizado la interacción que se produjo entre los músculos que componen cada extremidad y se han descrito los momentos clave del movimiento en los que se concentró una mayor actividad.

La primera de las tres etapas en las que tradicionalmente se dividen las proyecciones, es el “Kuzushi” (desequilibrio). En su tesis, Ramón<sup>1(p19)</sup> lo define como “el periodo comprendido entre la posición natural y el momento en que el adversario pierde el equilibrio ocasionado por la acción de los brazos y especialmente por las manos”. Generalmente se dice que esta acción no se debe de realizar exclusivamente con las extremidades superiores, sino que hay que aprovechar la acción global de todo el cuerpo<sup>9,44</sup>, pero en contra de lo esperado, al comprobar la actividad de los bíceps braquiales durante la primera fase de la proyección, se apreció como en la mayoría de los sujetos estos músculos registraron una baja actividad.

Blais<sup>61</sup> analizó como ejecutaban la técnica "Seoi nage" cinco campeones franceses e identificó una serie de principios clave que estaban presentes en las proyecciones de todos ellos. El primero destaca la utilización del conjunto del cuerpo para desequilibrar a Uke. Según Blais las extremidades superiores tienen una débil participación en el desequilibrio, iniciándose éste con el desplazamiento de los miembros inferiores, después la cabeza y el tronco para finalizar con los miembros superiores. En los músculos bíceps braquiales, esta actividad, con la que se buscaba el contacto de uke sobre su espalda, se localizó al inicio de la segunda fase (justo antes de que comenzara la flexión del tronco), siendo más relevante la acción que se observó en el lado dominante. Según Blais<sup>61</sup> en la división tradicional (desequilibrio, preparación y proyección) las dos primeras etapas se solapan, es decir el movimiento se inicia con el desequilibrio y unos instantes después comienza la preparación, prolongándose ambas hasta que uke pierde el contacto con el tatami, momento en el que finalizan y se inicia la proyección. Esta secuencia temporal concuerda con la que se observó en el estudio donde el desequilibrio finalizó con el tirón, en el que participaron activamente estos músculos, que buscaba el contacto de uke sobre la espalda de tori, justo antes de que éste comenzase a flexionar el tronco.

Cuando el compañero estaba a punto de contactar con el tatami se produjo la máxima actividad en el bíceps braquial del lado no dominante cuya función era la de controlar la caída de uke tirando de su manga. Al observar como actuó este músculo, se aprecia que su actividad se concentró en dos momentos destacados a lo largo de la proyección, resultando llamativo el hecho de que los dos sujetos que lograron su pico máximo durante el cambio de fase (primer momento relevante) no reflejaron más actividad, sin embargo los otros cinco sujetos, que presentaron valores más bajos durante el cambio de fase, alcanzaron la máxima intensidad en este músculo durante la parte final de la proyección. Al analizar los registros de

actividad eléctrica de este músculo sincronizados con el vídeo de la proyección, se comprobó como los dos sujetos que según la gráfica 2 no actuaron durante la segunda fase del movimiento, sí que realizaron el control de la manga de uke al final de la proyección, pero lo hicieron cuando éste ya había contactado con el tatami, por lo que esta acción (aunque alcanzó mayor intensidad que su primer pico) no apareció reflejada en las gráficas por encontrarse fuera del periodo analizado y considerar que la proyección ya había finalizado.

Según Blais<sup>61(p67)</sup> “en la parte final de la proyección la acción de las extremidades superiores es de nuevo relevante con el fin de guiar a uke hacia el suelo”. Al observar la actividad de los tríceps braquiales se apreció como ésta se alterna, actuando primero el correspondiente al lado dominante (cuando uke despegaba sus pies del tatami) seguido del lado no dominante (mientras uke se descolgaba de la espalda de tori) y por último volvió a aparecer un segundo pico de actividad en el lado dominante, al empujar a uke para dirigirlo con fuerza hacia el tatami.

En el músculo dorsal ancho del lado dominante se apreciaron dos picos de actividad en el transcurso de la segunda fase de la proyección. Mientras el primero estuvo presente en todos los sujetos alcanzando en cinco su máximo valor, el segundo solo se observó en tres (que registraron una actividad muy elevada). En estos sujetos al comparar las gráficas 1 y 5 correspondientes a los músculos dorsal ancho y bíceps braquial ambos del lado dominante, se apreció como los tres que alcanzaron el pico en el músculo dorsal ancho son los únicos que en ese instante no presentaron actividad en el bíceps braquial, por lo que se puede afirmar que el tirón que realizaron todos los sujetos con la extremidad superior del lado dominante, mientras uke se descolgaba de su espalda para dirigirse hacia el “tatami”, en algunos sujetos lo provocó el bíceps braquial y en los otros el dorsal ancho. Sin embargo, esta relación no se apreció en los mismos músculos del lado no

dominante. Esto es debido a que al no tratarse de un movimiento simétrico, las acciones que se realizan en cada lado (sobre todo en las extremidades superiores) son completamente independientes.

Al analizar el registro electromiográfico del músculo pectoral mayor se observó que el pico máximo se hallaba ubicado en la mayor parte de los casos en el momento en que comenzaban la flexión del tronco con la que proyectaban a uke. En uno de los sujetos dicho pico aparece adelantado. La explicación puede deberse a que uke tenía un peso inferior que tori, por lo que para levantarlo utilizó fundamentalmente las extremidades superiores y al comenzar la flexión ya lo tenía cargado sobre su espalda.

Mientras se llevó a cabo esta proyección, los dos pectorales mayores, siempre alternaron su actividad con los tríceps braquiales del mismo lado y aunque ambos colaboraron en la acción de "empujar" con la extremidad superior (el tríceps extendiendo la articulación del codo y el pectoral aproximando el brazo hacia el tronco), en ningún momento actuaron de manera simultánea a una intensidad relevante.

Al analizar cómo fueron alternando su actividad estos músculos, en el lado dominante se observa como fue el pectoral mayor el que inició su actividad (coincidiendo con el momento en el que tori realizó la flexión del tronco), posteriormente continuó el tríceps braquial (cuando uke despegó los pies del tatami), para de nuevo actuar el pectoral mayor (cuando uke se descolgó de la espalda de tori) y por último finalizar el tríceps braquial (cuando uke se dirigió hacia el tatami). Lo mismo ocurrió en el lado no dominante, en el que también inició su actividad el pectoral mayor (cuando uke despegó los pies del tatami) y finalizó el tríceps braquial (cuando uke se descolgó de la espalda de tori). Se destacan dos momentos en los que coincidía la actividad en ambos lados, pero los músculos que actuaban eran diferentes; cuando uke despegó los pies del tatami se produjo actividad

destacada en los músculos tríceps braquial del lado dominante y pectoral mayor del no dominante y cuando uke se descolgó de la espalda de tori actuó el pectoral mayor del lado dominante y el tríceps braquial del no dominante. Ya se ha comentado anteriormente como al no ser el movimiento simétrico, los músculos de ambos lados realizan acciones diferentes, pero aun así llama la atención la alternancia detectada en la actividad eléctrica muscular.

Los cuatro músculos analizados de la extremidad superior del lado no dominante, concentraron su actividad relevante durante la segunda fase de la proyección, alcanzando los diferentes picos de manera escalonada. El bíceps braquial actuó desde el comienzo de la segunda fase hasta que el sujeto inició la flexión del tronco, momento en el que aumentó su actividad el dorsal ancho y a continuación lo hizo el pectoral mayor para finalizar con el pico del tríceps braquial que coincidía con el momento en el que uke se descolgaba de la espalda de tori. Los cuatro músculos analizados de esta extremidad superior alternaron su actividad en relación con la posición de la extremidad y con la dirección del tirón para llevar a cabo la acción de estirar de la manga de uke.

El músculo recto anterior del abdomen cuando trabaja unilateralmente hace que el tronco se dirija hacia el mismo lado que se contrae. En cuatro sujetos, al finalizar el primer paso, se observó actividad eléctrica destacable en este músculo del lado dominante, apreciándose en las imágenes como, en ese momento, el tronco lo tenían inclinado hacia la pierna del mismo lado que se encontraba adelantada. Durante la segunda fase de la proyección dicho músculo alcanzó, casi de manera simultánea, su actividad más relevante en ambos lados, coincidiendo con la máxima flexión del tronco. Según los principios enumerados por Blais<sup>61</sup>, en la parte final de la proyección, a la flexión del tronco se añade una rotación del mismo haciendo que la línea de los hombros gire más que la de las caderas. Esta

acción provocó un descenso en el hombro del lado dominante, siendo el recto anterior del abdomen de ese lado, (que es el último que alcanzó el pico máximo) el que colaboró en la realización de este giro. Según Movovitch<sup>62</sup> en la parte final de la proyección, el peso de tori recae principalmente sobre el pie del lado dominante, hecho que también justifica que de los dos rectos anteriores del abdomen, el del lado dominante alcance en ese momento el pico máximo.

Al analizar la actividad muscular que se obtuvo en las extremidades inferiores hay que tener en cuenta que dos sujetos comenzaron la proyección con la extremidad del lado dominante adelantada, por lo que prácticamente no realizaron el primer paso y fue la extremidad inferior del lado no dominante la que inició el movimiento. Esta incidencia, de una manera u otra se vio reflejada en la actividad de estos músculos a lo largo de la primera fase del movimiento.

En los sujetos que comenzaron con la extremidad inferior adelantada, al no tener que amortiguar el impulso generado por el apoyo del primer paso, la actividad del recto anterior del cuádriceps del lado dominante no fue tan relevante localizándose más tarde que en el resto de sujetos (cuando despegó la extremidad inferior del tatami para realizar el tercer paso).

En la segunda fase del movimiento, mientras que uke despegó los pies del suelo, este músculo alcanzó la actividad más destacada de la proyección. A partir de ese momento su actividad disminuyó debido a la inercia que llevaba y a la mínima resistencia que ofrecía por dirigirse hacia el tatami ayudado por la gravedad.

En el recto anterior del cuádriceps del lado no dominante también se apreció actividad durante la primera fase de la proyección, alcanzando un pico mientras se realizaba el segundo paso, momento en el que la rodilla (que se encontraba flexionada) iniciaba su extensión y se preparaba para

contactar con el tatami. En los dos sujetos que partieron con la extremidad inferior adelantada, la actividad electromiográfica del músculo citado aumentó nada más comenzar el movimiento, sin embargo en el resto de sujetos, se observa un instante de inactividad mientras se realizaba el primer paso.

Los dos músculos rectos anteriores del cuádriceps, presentaron su pico de actividad de manera consecutiva. El del lado dominante tuvo lugar al finalizar el primer paso y el contralateral al iniciar el segundo, pero llama la atención como en el primer caso (salvo los dos sujetos que comenzaron con la extremidad adelantada) esta actividad se produjo al contactar con el tatami y amortiguar su peso, y sin embargo en el segundo, fue al despegar la extremidad del suelo.

En la segunda fase, cuando uke se descuelga de la espalda de tori, se alcanzó el pico de los dos músculos, pero en el lado dominante, se apreció un rebote que coincide con la parte final de la proyección, momento en el que según Novovitch<sup>62</sup> el peso de tori recae principalmente sobre el pie de ese lado y en el que además del recto anterior del cuádriceps, que soporta mayormente el peso del cuerpo, también trabaja el recto anterior del abdomen responsable de la flexión y giro del tronco.

En todos los sujetos (salvo los que comenzaron con la extremidad adelantada) se apreció un pico en el bíceps femoral del lado dominante al iniciar el segundo paso, momento en el que este músculo actúa de manera conjunta con el recto anterior del cuádriceps y se encarga de estabilizar la rodilla que debe soportar todo el peso del cuerpo. Sin embargo en el lado no dominante ocurrió lo contrario, siendo los sujetos que comenzaron la proyección con la extremidad inferior adelantada los únicos en los que se observó actividad en el bíceps femoral durante el segundo paso. Pensamos que esto puede ser debido a que en ese momento iniciaban el movimiento

desde una posición estática y por eso necesitaron una mayor actividad muscular, pero los otros sujetos ya habían dado un paso y su cuerpo presentaba una cierta inercia.

La actividad máxima del bíceps femoral de ambos lados se ubicó entre el cambio de fase y el inicio de la flexión del tronco. En este momento, los músculos rectos anteriores del cuádriceps no actuaron, como se apreció en la extremidad superior no dominante en la que también se produjo una alternancia en la entrada en acción de sus músculos.

Durante la primera fase de la proyección, la actividad muscular relevante de los dos gemelos internos coincidió con el con el momento en que el pie contactaba con el tatami al realizar los diferentes pasos y el tobillo pasaba de una extensión a una flexión con el fin de suavizar el impacto. En la segunda fase se apreció un aumento de actividad que coincidía con la extensión de las extremidades inferiores. En el lado no dominante ésta alcanzó una mayor intensidad debido a que además se extendió el tobillo para que el peso de tori recayera principalmente sobre el pie del lado dominante, facilitando así que uke se descolgara de su espalda.

Según Novovitch<sup>62</sup> para poder proyectar al compañero hace falta que el cuerpo se desequilibre en la dirección del la proyección, aprovechando así su peso. En la parte final, justo antes de que uke contactara con el tatami, se produjo un aumento de actividad en los músculos de la parte posterior de las extremidades inferiores para de contrarrestar el desequilibrio hacia delante provocado por la flexión del tronco y por el control de la caída de uke (que se realizaba estirando de su manga), y así poder mantener una posición estable.

Al analizar como interactúan los músculos de las extremidades inferiores se observaron diferencias entre ambos lados, siendo el gemelo interno el primer músculo que actuó en el lado dominante cuando el pie

contactaba con el tatami al finalizar el primer paso. A continuación, mientras se daba el segundo y la extremidad debía soportar el peso del cuerpo, fue el recto anterior del cuádriceps el que aumentó su actividad. Al inicio de la segunda fase el bíceps femoral y el gemelo interno alcanzaron su pico máximo, mientras el correspondiente al recto anterior del cuádriceps tuvo lugar en el momento en que uke se descolgaba de la espalda. Ya en la parte final de la proyección, aumentó de nuevo la actividad del bíceps femoral y del gemelo interno para mantener el equilibrio de tori.

Sin embargo, en el lado no dominante, al despegar el pie del tatami para realizar el segundo paso, coincidió la actividad del recto anterior del cuádriceps y del gemelo interno, después, justo cuando finalizó el tercer paso alcanzó su pico máximo el bíceps femoral, al despegar uke los pies del suelo actuó el recto anterior del cuádriceps, y cuando uke se descolgó de la espalda de tori lo hizo el gemelo interno para finalizar el movimiento con el aumento de la actividad del bíceps femoral y del gemelo interno con la que se mantiene el equilibrio de tori.

Tras analizar la actuación de los músculos por separado y una vez relacionados con los de su misma extremidad, es posible exponer una visión global de la proyección, localizando los momentos claves del movimiento en los que se concentra actividad relevante de varios músculos, lo que permite relacionarlos con los principios expuestos por los autores citados.



**Figura 24.** Secuencia de los momentos claves de la técnica de proyección "Morote seoi nage" realizada con un compañero.

El primer momento clave, único de la primera fase, tiene lugar cuando tori comienza el segundo paso (segunda imagen de la figura 23) produciéndose en ese instante un aumento en la actividad de los músculos pectoral mayor, recto anterior del abdomen, recto anterior del cuádriceps, bíceps femoral y gemelo interno del lado dominante; y tríceps braquial, recto anterior del cuádriceps, bíceps femoral y gemelo interno del lado contralateral. Como se ha comentado anteriormente, según Blais<sup>61</sup> el desequilibrio se inicia con el desplazamiento de los miembros inferiores, sigue el tronco y finaliza con los miembros superiores como se observó en esta fase inicial en la que la actividad se concentraba principalmente en los músculos de la extremidad inferior y del tronco, apreciándose también como, al inicio del movimiento, la línea de las caderas gira antes que la de los hombros<sup>61</sup>.

El cambio de fase concreta el segundo momento clave, que comprende la actividad registrada desde que tori apoya los dos pies en el suelo, hasta que inicia la flexión del tronco (cuarta imagen de la figura 23). Éste fue el momento más relevante de toda la proyección en el que se observó una gran actividad en los dos bíceps braquiales y en los dos bíceps femorales, además del tríceps braquial, el dorsal ancho, el pectoral mayor y el gemelo interno del lado dominante. Según Novovitch<sup>62</sup> en esta técnica es clave que el centro de gravedad de tori se encuentre por debajo del de uke y eso se consigue finalizando el tercer paso con las piernas flexionadas. Se aprecia como trabajaron todos los músculos de la extremidad superior dominante, que se

colocó debajo de la axila de uke y que fue fundamental para buscar el contacto de éste sobre la espalda de tori. También se puede observar como tori se encontraba desequilibrado hacia la dirección de la proyección siendo éste otro de los principios descritos Blais<sup>61</sup> y que Novovitch<sup>62</sup> calificó como imprescindible al aprovechar la masa del cuerpo para generar energía cinética con la que derribar a uke.

El siguiente momento clave tiene lugar cuando tori ya ha flexionando el tronco y uke despega los pies del tatami (quinta imagen de la figura 23). Se apreció actividad relevante en el tríceps braquial, dorsal ancho, pectoral mayor y recto anterior del abdomen, todos del lado no dominante. En este momento tomó el protagonismo la extremidad superior y tronco, ambos del lado no dominante; ésta última fue la responsable de estirar de uke llevándolo hacia la dirección de la proyección. Con ese tirón se cumple la regla que indica que para una correcta ejecución de esta técnica, la cabeza de uke se debe encontrar más adelantada que la de tori antes de que se produzca la proyección<sup>62</sup>.

Cuando uke se descolgó de la espalda de tori (sexta imagen de la figura 23) actuaron los músculos dorsal ancho, pectoral mayor y recto anterior del abdomen, todos del lado dominante y recto anterior del cuádriceps y gemelo interno de los dos lados. Se puede apreciar como trabajaron todos los músculos responsables de la extensión de las extremidades inferiores. También presentaron picos de actividad los músculos del lado dominante del tronco y de la extremidad superior encargados de aproximar el brazo al cuerpo. Recordamos que según Novovitch<sup>62</sup>, en este momento todo el peso de tori se desplaza hacia el lado dominante, detectándose en él una gran actividad. También se aprecia como se produce una rotación del tronco hacia el lado no dominante, haciendo que el hombro del lado dominante se encuentre más bajo que el contralateral<sup>61</sup>.

Por último en la parte final del movimiento, momento inmediatamente anterior al contacto de uke con el tatami, se produjo actividad en los músculos tríceps braquial del lado dominante (responsable de la impulsión final al tatami), bíceps braquial, pectoral mayor y recto anterior del abdomen del lado no dominante (responsables del control de uke) y de los músculos de la parte posterior de las extremidades inferiores bíceps femoral y gemelo interno de ambos lados (responsables de mantener el equilibrio al final del movimiento). Según Novovitch<sup>62(p56)</sup> “en una proyección de judo, la aceleración va aumentando hasta que el uke cae y es producida por el tirón, el empuje y los movimientos relativos de los cuerpos de los judokas”, apreciándose como los músculos de la extremidad superior dominante, responsables, de empujar a uke hacia el tatami mantuvieron su actividad hasta el final de la misma.

#### **5.2.4. Comparación de la actividad muscular durante las proyecciones de la técnica “Morote seoi nage” realizadas con un compañero y con las gomas.**

El proceso que se debe seguir hasta alcanzar la automatización de una técnica de judo es muy costoso, pudiendo llegar a requerir hasta la realización de 20.000 “uchi-komis” para adquirir el dominio en un movimiento concreto<sup>43</sup>. Con este tipo de trabajo, solamente se repiten las dos primeras etapas de la técnica, el desequilibrio y la colocación, por lo que la etapa final se queda sin practicar. En judo existe otro método de entrenamiento denominado “nage-komi” en el que se realizan las tres etapas de la técnica derribando en cada repetición del movimiento a uke. Hay estudios que han valorado el impacto que sufre uke en una proyección al contactar con el tatami<sup>6,96</sup> (remarcando que en el citado en primer lugar, se realizó la experimentación con la misma técnica “Seoi nage” que se ha analizado en este trabajo). Entre sus conclusiones se destaca que es

aconsejable limitar el número de caídas que sufre cada sujeto en el desarrollo de las diferentes sesiones de entrenamiento, debido a la intensidad de los impactos.

Para poder suplir los “nage-komis”, se diseñó una máquina, parecida a las que se utilizan en musculación, con la que se podía simular el inicio de la tercera etapa de la técnica (la proyección) que no se desarrolla en los “uchi-komis”; con ésta, se analizaron los niveles de fuerza y el patrón del movimiento, obteniendo resultados similares a los que se habían alcanzado al realizar una proyección con un compañero<sup>41,137,138</sup>. Sin embargo todavía sigue siendo un reto lograr un instrumento, accesible a cualquier judoka, con el que se puedan sustituir los “nage-komis” en el entrenamiento diario, y cuyo uso no quede restringido a la realización de pruebas de laboratorio.

Desde hace tiempo se utilizan las gomas elásticas en el entrenamiento de judo, pero no se ha realizado ningún estudio que demuestre lo que muchos entrenadores suponen; que son un método válido para mejorar la técnica de proyección “Morote seoi nage”.

Antes de comenzar el análisis de los resultados, hay que recordar que en la proyección con las gomas, al igual que ocurría en el caso de la máquina de Blais et al<sup>41,137,138</sup> no se completa la tercera fase del movimiento (la proyección), ya que su utilización no permite simular la acción final de impulsar al compañero hacia el tatami y su posterior control. Por esto, las gráficas que simbolizan la actividad muscular realizada en las proyecciones con las gomas (“uchi-komis” con las gomas), presentan una segunda fase del movimiento más corta, cuyo final equivaldría en la proyección con un compañero al momento en el que uke se descuelga de la espalda de tori. Además se aprecian adaptaciones en la ejecución movimiento con las que se compensa el tirón en dirección contraria a la proyección que provocan las gomas al estirarse.

Uno de los objetivos planteados en la investigación está orientado a valorar si el entrenamiento con las gomas sirve para sustituir al realizado con un compañero. Para lograrlo se comparó en primer lugar la actividad muscular registrada en las proyecciones con un compañero y las realizadas con los dos tipos de gomas. Posteriormente el objeto de estudio se centró en comprobar si las proyecciones realizadas con las gomas siguen los principios fundamentales de esta técnica<sup>61</sup> y si se respeta el patrón de actividad muscular que se ha definido en la proyección realizada con un compañero; criterios que según Alcaraz et al<sup>139</sup> hacen que este entrenamiento sea específico.

Al comparar la actividad muscular obtenida en los tres tipos de proyecciones analizadas en el estudio, con un compañero y utilizando de manera diferenciada las dos gomas, se aprecia como la primera alcanzó trece valores máximos y solo uno mínimo, seguida de la goma 2, con la que que consiguieron dos valores máximos y seis mínimos y por último con la goma 1 con la que se lograron un valor máximo y nueve mínimos. Esto puede ser debido al hecho de que la menor actividad muscular registrada en las proyecciones con gomas es consecuencia de la ausencia de la parte final de la segunda fase de la proyección, momento, que en el caso de la proyección realizada con un compañero alcanza una actividad muscular destacada.

Al comparar entre los resultados obtenidos con los dos tipos de gomas, llama la atención el hecho de que en todos los músculos analizados de las extremidades superiores, los valores de actividad registrados con la segunda goma fueron más elevados que los que corresponden a los ejecutados utilizando la primera, alcanzando en algunos casos una diferencia destacable. Este resultado puede ser debido a que la goma 2 presenta en los extremos unos trozos de tela gruesa con los que se simula el agarre de la manga y de la solapa del judogi, que al resultar más difíciles de asir que los extremos de la goma 1, requieren una mayor sollicitación de toda

la musculatura de las extremidades superiores. Sin embargo, la actividad muscular del tronco y de las extremidades inferiores se observó muy igualada, aunque los resultados correspondientes a la primera goma mostraron en general una mayor actividad.

Estas diferencias, apreciadas a simple vista al cotejar la actividad muscular obtenida con los dos tipos de gomas, en ningún músculo fueron estadísticamente significativas, sin embargo, al llevar a cabo la comparación entre los valores de actividad muscular logrados en las proyecciones realizadas con compañero y con los dos tipos de goma, aparecieron tres casos (bíceps braquial y recto anterior del abdomen del lado no dominante y recto anterior del cuádriceps del lado dominante) en los que las diferencias sí fueron significativas.



**Figura 25.** Secuencia de los momentos claves de la técnica de proyección “Morote seoi nage” realizada la goma..

En las proyecciones realizadas con compañero, el bíceps braquial del lado no dominante alcanzó su máxima actividad en la parte final del movimiento mientras se realizaba el control de uke, justo antes de que éste contactase con el tatami. Como en las proyecciones realizadas con las gomas no se puede simular esta parte del movimiento, la actividad muscular media fue inferior, ya que la parte de la proyección en la que este músculo desarrolla su actividad más relevante no tuvo lugar.

Al realizar la proyección con las gomas el sujeto debe compensar el tirón que recibe de éstas en dirección contraria a la proyección. Para ello efectúa una menor flexión del tronco que la sustituye por una mayor

inclinación del cuerpo (quinta imagen de la figura 24), consiguiendo así aumentar el desequilibrio que provoca su centro de gravedad adelantado respecto a su base de sustentación. Esto unido a la fuerza que realiza, llega a compensar la tensión que ejerce la goma en sentido contrario. Puede considerarse que la actividad muscular registrada en el recto anterior del abdomen del lado no dominante es proporcional a la flexión del tronco que se produce (este músculo es el máximo responsable de dicha flexión) por lo que al disminuir ésta, es lógico que también se reduzca la actividad muscular y esto puede explicar las diferencias halladas. En la parte final del movimiento, justo antes de alcanzar la posición de equilibrio, el sujeto realiza un giro del tronco adelantando el hombro del lado dominante (sexta imagen de la figura 24), por lo que la actividad del recto anterior del abdomen del mismo lado, que colabora en el movimiento, aumenta ligeramente, por lo que, aun siendo menor que en las proyecciones realizadas con un compañero no llegó a alcanzar diferencias significativas.

El giro del cuerpo que se efectúa hacia el lado no dominante al final del movimiento, puede explicar la baja actividad que se aprecia en el recto anterior del cuádriceps del lado dominante. Esta extremidad es la que realiza el tercer paso, durante ese momento todo el peso del sujeto recae sobre la planta del pie de la extremidad inferior del lado no dominante que debe compensar la tensión de la goma que ya se encuentra estirada. Cuando finaliza el tercer paso, ya se ha producido el giro del tronco y se apoya la punta del pie del lado dominante para dar mayor estabilidad al cuerpo, pero la mayor parte del peso lo sigue soportando la extremidad del lado no dominante, que es la que se encuentra más retrasada y está prácticamente en su máxima extensión (sexta imagen de la figura 24), a diferencia de lo que ocurría en la proyección con un compañero en la que el peso recaía sobre la extremidad inferior del lado por el que se proyectaba a uke, es decir el dominante. Este cambio de peso de una extremidad a otra puede explicar las

diferencias de actividad que aparecen reflejadas en las gráficas 37 y 38 correspondientes a este músculo en los distintos tipos de proyección analizados.

Al comparar los valores obtenidos entre las proyecciones con un compañero y las correspondientes a los dos tipos de gomas de manera independiente, también aparecieron diferencias, aunque éstas no fueron tan marcadas (solo aparecieron en una de las gomas) en el pectoral mayor del lado dominante con la goma 1 y en el pectoral mayor y gemelo interno del lado no dominante con la goma 2. En los dos pectorales mayores la diferencia de actividad puede ser debida a las acciones que realizan estos músculos en la parte final de la proyección con un compañero, que no es posible imitar utilizando las gomas. En el caso del gemelo interno del lado no dominante, al explicar su patrón de movimiento durante la proyección con un compañero, se ha destacado que en la parte final del movimiento se producía un aumento de actividad mientras se apreciaba una extensión del tobillo con la que se cargaba el peso en la extremidad contralateral, sin embargo en la parte final de la proyección con gomas se observa como es esta extremidad la que soporta la mayor parte del peso, manteniéndose el apoyo sobre toda la planta, es decir no se produce la extensión de tobillo que provocaba la actividad final durante la proyección con compañero (sexta imagen de la figura 24).

Al comprobar si los principios fundamentales que definió Blais<sup>61</sup> para la proyección “Morote seoi nage” con un compañero también se cumplen al realizarse el ejercicio con las gomas, se aprecia la utilización conjunta y global del cuerpo para desequilibrar a uke, comenzando esta acción con el desplazamiento de los miembros inferiores, continuando con el tronco y finalizando con los miembros superiores. Al compara las gráficas en las que se representa la actividad muscular de los dos tipos de gomas, se apreció como durante la primera fase del movimiento, solamente se observa

actividad relevante en los músculos de las extremidades inferiores, siendo el pectoral mayor y el bíceps braquial, ambos del lado dominante, los primeros que actuaron en las extremidades superiores, y que lo hicieron en el cambio de fase (tercera imagen de la figura 24); de este modo se confirma que el principio definido por Blais<sup>61</sup> también se cumple al realizar la proyección utilizando las gomas en la ejecución de esta técnica.

Otro principio del autor citado señala que en el inicio del movimiento la línea de las caderas comienza su giro antes que la línea de los hombros (tercera imagen de la figura 24); sin embargo en la parte final, cuando los pies ya están apoyados en el suelo, el tronco continua su giro hacia el lado no dominante y los hombros "adelantan" a las caderas. Este principio está estrechamente relacionado con el anterior, ya que al iniciarse la actividad en las extremidades inferiores, es lógico que la cadera también gire antes. Con las gráficas no se puede corroborar si este principio se cumple al realizar la proyección con las gomas. Para ello se debieron visualizar las imágenes que se encontraban sincronizadas con la actividad muscular. Cuando se ha descrito el movimiento de los músculos que presentaban diferencias entre la actividad obtenida en las diferentes proyecciones, se ha explicado como en la parte final del movimiento se producía un giro del tronco, con el que se adelantaba el hombro del lado dominante (sexta imagen de la figura 24), por lo se comprueba que este principio también se cumplió al realizar la proyección con las gomas .

El último principio de Blais<sup>61</sup> afirma que tori debe estar desequilibrado hacia la dirección de la proyección. Al valorar las diferencias de actividad muscular que se observaban entre las proyecciones con compañero y con gomas, se ha comentado como en las últimas, el cuerpo del sujeto se encontraba más inclinado, ya que debía aprovechar su masa para generar un empuje que compensase el tirón en sentido contrario que le

provocaban las gomas, por lo que la inclinación del cuerpo aumentaba respecto a las proyecciones con compañero (quinta imagen de la figura 24).

Puede corroborarse como los tres principios fundamentales de esta técnica enumerados por Blais<sup>61</sup>, que se cumplen en las proyecciones con un compañero, también lo hacen en las que realizaron con las gomas. Por eso, aunque se apreciaron adaptaciones, siguieron manteniendo los rasgos que caracterizan a la técnica “Morote seoi nage”.

Novovitch<sup>62</sup> también destacó una serie de reglas que se debían cumplir al realizar esta técnica de proyección con un compañero y que están estrechamente relacionadas con los principios de Blais<sup>61</sup>. Estas reglas no se pudieron comprobar, ya que hacen alusión a la localización de la cabeza y del centro de gravedad de uke (y al realizar la proyección con las gomas no se dispone de esa referencia) y a la velocidad que se alcanza en la parte final de la proyección, que con las gomas no se realiza.

Otra regla de Novovitch<sup>62</sup> afirma que en la parte final de la proyección, el peso de tori recae principalmente sobre el pie por el que se derriba a uke, es decir el del lado dominante. Al observar los videos de las proyecciones llevadas a cabo con las gomas, se aprecia como durante la realización del tercer paso, el peso recayó sobre la extremidad inferior del lado no dominante. Al apoyar el pie, éste mantuvo el tobillo extendido (estabilizando el cuerpo y facilitando el giro de la cadera y de los hombros) pero el peso siguió recayendo sobre la extremidad inferior del lado no dominante, que es la que se encontraba más atrasada y frenaba el tirón de la goma. Esta regla no se cumple, ya que hace referencia a situaciones en las que no actúan fuerzas externas, por lo tanto es la posición del cuerpo (manteniendo el desequilibrio y encontrándose el pie dominante ligeramente adelantado) la que indica que se respeta el mismo patrón seguido en las proyecciones con un compañero, ya que si en ese momento se eliminara el tirón de la goma la

distribución del peso se modificaría automáticamente, cumpliéndose la regla de Novovitch.

Al comparar entre la actividad muscular obtenida en los momentos claves de las proyecciones realizadas con un compañero y las ejecutadas con las gomas, se observa como ésta presenta valores similares en la mayoría de los músculos.

En el primer momento clave, que se definió en las proyecciones realizadas con un compañero, y que tiene lugar mientras se efectúa el segundo paso (segunda imagen de la figura 24), actuaron los mismos músculos que lo hicieron en la proyección con un compañero (salvo el pectoral mayor del lado dominante), concentrándose también la actividad más importante de la primera fase del movimiento en las extremidades inferiores.

El segundo momento clave comprende las acciones que se producen desde el inicio de la segunda fase hasta que comienza la flexión del tronco (cuarta imagen de la figura 24). De los ocho músculos que trabajaron durante la proyección con un compañero, salvo el dorsal ancho del lado dominante, todos volvieron a repetir su actividad en el mismo periodo al realizarla con las gomas. Destaca como el bíceps braquial del lado dominante retrasó ligeramente su activación, y el bíceps femoral del lado no dominante se adelantó un instante ya que debía estabilizar la articulación de la rodilla (hasta que la otra extremidad inferior se apoyara) y compensar el tirón que producían las gomas, que en ese momento ya ofrecían una resistencia importante.

Al realizar la proyección con un compañero, aparecen dos momentos claves muy próximos que se distinguen por la situación de uke, (en el primero se despega del tatami, y en el segundo lo hace de la espalda de tori). Al realizar la proyección con la goma, y no tener la referencia de uke, estos

momentos no se pudieron identificar; además como tori adapta su patrón de movimiento (mayor inclinación del cuerpo y menor flexión del tronco) para compensar la tensión de la goma, sus acciones tampoco sirvieron para diferenciarlos, por lo que se va a comparar la actividad que se observa en la parte final del movimiento ejecutado con las gomas (sexta imagen de la figura 24) con la de los dos momentos comentados anteriormente, al realizarse la proyección con un compañero.

En las extremidades superiores, el pectoral mayor del lado dominante (que actuaba cuando el compañero se descolgaba de la espalda de tori) no presentó actividad destacada, en la mayoría de los sujetos, al realizar la proyección con las gomas. En las extremidades inferiores se observó una mayor variación entre los tipos de proyecciones, debido al cambio de peso con el que se compensó el tirón de la goma y que modificó la acción de la extremidad del lado dominante (que al realizar la proyección con un compañero tendía a la extensión, mientras que con las gomas aumentó su flexión para permitir una mayor inclinación del cuerpo hacia delante) lo que se vio reflejado en una menor actividad del recto anterior del cuádriceps y un incremento en la del bíceps femoral. En la extremidad inferior contralateral, que es la que contrarrestó en gran medida el tirón de la goma, también se apreciaron adaptaciones en el movimiento, manteniéndose toda la planta del pie apoyada sin producirse la extensión del tobillo, por lo que no actuó el gemelo interno. La articulación de la rodilla también se flexionó ligeramente, en lugar de tender a la extensión, presentando actividad de menor intensidad en el recto anterior del cuádriceps, y adquiriendo mayor relevancia la del bíceps femoral.

Como se acaba de exponer, la mayoría de los músculos analizados no presentaron diferencias entre la actividad muscular registrada al realizar las proyecciones con un compañero y con las gomas, ni al comparar su valor medio ni al contrastar el momento de la proyección en el que actuaron; por

lo que se puede afirmar que el entrenamiento realizado con las gomas cumple el criterio de cargas próximas a las exigidas en competición, necesario para asegurar más adelante la explosividad ante situaciones reales<sup>140</sup>. Sin embargo, al realizar las proyecciones con las gomas, la tercera etapa del movimiento no se puede realizar completa, y además se aprecian pequeñas adaptaciones del movimiento con las que se compensa el tirón que éstas ofrecen en el sentido contrario a la proyección. Por esto, las gomas no pueden sustituir por completo al trabajo con un compañero. Según Franchini et al<sup>141</sup>, en una sesión de entrenamiento se suelen dedicar 40 minutos a realizar "uchi-komis" y "nage-komis" y otros 40 a hacer "randoris" (trabajo libre con un compañero en desplazamiento, con el que se prueban las técnicas sin que importe el resultado); el trabajo con gomas, en determinadas técnicas entre las que se incluye "Morote seoi nage", puede sustituir a los "uchi-komis" y parte de los "nage-komis" (reduciéndose de esta manera el número de impactos recibidos), aunque éstos no se pueden eliminar por completo, ya que es fundamental que los judokas automaticen la proyección hasta el final (sobre todo en el judo moderno en el que las esquivas acrobáticas son muy frecuentes), y en el que predominan los ataques en situaciones dinámicas (anticipándose a las acciones iniciadas por el adversario o aprovechando sus desplazamientos), en las que hay que realizar ajustes en la técnica para adaptarse a cada contexto (tipo de agarre, situación espacial tori-uke, postura del adversario, dirección del desplazamiento, etc.), y sin embargo, con las gomas, estos contenidos no se pueden trabajar, ya que simulan siempre situaciones estáticas iguales.

Según Bociacca et al<sup>142</sup> los resultados que alcanzan en la actualidad los judokas de alta competición están determinados en gran medida por su nivel técnico y táctico. Segedi et al<sup>116</sup> hacen hincapié en la importancia de la técnica, que posibilita lograr los mejores resultados en competición. Este tipo de trabajo, al que tanta importancia otorgan los autores anteriores, en

la proyección “Morote seoi nage” se puede desarrollar mediante el entrenamiento realizado con las gomas, que está indicado para automatizar los pasos previos y el giro del cuerpo, para simultanear el apoyo de los dos pies con la flexión de las rodillas, para incrementar el desequilibrio del cuerpo hacia delante, etc. En la fase del aprendizaje, en la que se consolidan los gestos técnicos, la carga del entrenamiento debe ser inferior a la que ejerce un compañero, por lo que se deberán utilizar gomas que ofrezcan una menor resistencia (entrenamiento facilitado). Cuando el patrón de movimiento ya se encuentra afianzado, se puede trabajar con una resistencia superior a la que ofrece el compañero (entrenamiento dificultado) y que posibilita aumentar la inclinación del cuerpo en la dirección del movimiento (uno de los principios fundamentales de esta técnica) para más adelante transferirlo a los “nage-komis” y al “randori”, siendo en este último en el que se trabajarán los aspectos tácticos<sup>143</sup>.

Como método orientado al desarrollo de la fuerza, cuando se realiza el movimiento con las gomas se aprecian diferencias respecto al ejecutado con un compañero, ya que durante la primera fase de la proyección (que se corresponde aproximadamente con el desequilibrio y la preparación) se alcanzó una menor actividad muscular, ya que el compañero ofrece una mayor resistencia a ser desplazado que la ejercida por las gomas hasta que se estiran. Durante la segunda fase, cuando uke se descuelga de la espalda de tori, ya no ofrece resistencia y alcanza progresivamente una mayor velocidad, sin embargo al realizar la proyección con las gomas, la resistencia aumenta conforme se estira la goma y su velocidad va disminuyendo.

Sobre el entrenamiento resistido se han realizado numerosos estudios, (principalmente en sprint y en nado) que destacan la importancia de ajustar la carga a las características del sujeto, señalando la potencia del deportista como el principal criterio que se debe seguir para ello<sup>144</sup>. Un incremento excesivo de la resistencia produce alteraciones en la técnica del

movimiento<sup>145,146</sup> perdiendo así su principal cualidad, que consiste en mejorar la fuerza específica sin modificar significativamente la técnica<sup>139</sup>.

Para que los diferentes sujetos puedan ajustar la carga de entrenamiento a la hora de realizar las proyecciones con las gomas, se comercializan modelos de diferentes resistencias para adaptarse a los requerimientos de cada judoka.

Según Martínez et al<sup>147(p36)</sup> "el trabajo tradicional de fuerza se ha orientado hacia su desarrollo con cargas altas, mientras que el entrenamiento de potencia se ha llevado a cabo con cargas ligeras para aumentar la fuerza a altas velocidades". En función de las manifestaciones de fuerza y potencia sobre las que se quiera incidir, se deberán adecuar los diferentes parámetros de la carga (dureza de la goma, número de series, de repeticiones y tiempo de recuperación entre las diferentes series y sesiones) al objetivo que se pretenda alcanzar, al igual que ocurre con cualquier otro método de entrenamiento.

En determinadas técnicas, se puede aplicar el entrenamiento con gomas para trabajar de manera global el movimiento, pero hay otras en las que no es posible simular la proyección. En estos casos existe la posibilidad de incidir sobre gestos aislados de la misma. En un estudio de entrenamiento resistido realizado sobre el sprint, se demostró que modificando la dirección de la resistencia se influye en el efecto que se pretende alcanzar<sup>139</sup>. Trasladando este principio al entrenamiento con gomas aplicado al judo hace suponer que variando la altura a la que se fijen éstas, se podrá incidir en diferentes aspectos técnicos, anclándose más baja si se quiere potenciar el tirón inicial realizado por las extremidades superiores ("hikite" y "tsurite") y más alta si se busca aumentar la inclinación del cuerpo en la dirección de la proyección. También sirven para corregir errores de ejecución (dirección del tirón, orientación de los pies,

inclinación del cuerpo etc.) y para desarrollar la fuerza específica, imitando gestos propios de la proyección.

Otra ventaja que presenta el trabajo con las gomas es la autonomía que ofrecen para poder entrenar, pudiendo realizar gestos específicos sin tener que depender de un compañero; estando además especialmente indicado en sujetos que están recuperándose de lesiones, ya que la resistencia se puede ir aumentando progresivamente sin sufrir ninguna reacción inesperada que les ponga en peligro<sup>55</sup>.

### 5.3. Limitaciones del estudio

Una limitación es la muestra reducida ya que, aunque se ha señalado anteriormente que se trata de un problema generalizado en este tipo de estudios, es de suponer que analizando a un mayor número de sujetos los resultados habrían sido más concluyentes.

En este sentido hubiera tenido gran interés la posibilidad de contrastar los resultados obtenidos mediante la electromiografía con un estudio cinemático, para otorgar mayor rigor a las descripciones de los movimientos y de este modo apreciar mejor la evolución de ciertos parámetros (centro de masa, ángulos y velocidades de los segmentos) de los sujetos en momentos concretos de las diferentes proyecciones.

Se han comparado dos tipos de gomas cuya diferencia principal radicaba en la forma en que éstas se agarran. Sin embargo no se han estudiado otras que ofrecieran una mayor o menor resistencia. Se ha comentado en la discusión la importancia que tiene la individualización de la carga de trabajo en el entrenamiento resistido, por lo que también habría resultado interesante valorar como afecta el aumento o disminución de la resistencia de la goma en la actividad muscular y en las adaptaciones que se pueden observar en la ejecución técnica de la proyección.

Se supone que modificando la dirección de la resistencia (es decir la altura a la que se ancla la goma a la espaldara) se podría incidir sobre diferentes principios del movimiento, pero no se ha comprobado cómo esta variación afectaría a la actividad que realizan los músculos.

## 5.4. Futuras líneas de investigación.

Este estudio puede servir de punto de partida para la investigación del uso de las gomas como instrumento específico del entrenamiento en judo y para profundizar en los beneficios que aportan, teniendo en cuenta las limitaciones anteriormente presentadas.

Sería interesante complementar el estudio electromiográfico con otro cinemático, que nos ayudara a comparar de manera objetiva cómo influye la utilización de gomas de diferente resistencia en la ejecución de la proyección y en la actividad de los diferentes músculos implicados. De este modo se podría establecer la carga de trabajo idónea para las diferentes manifestaciones de fuerza.

También sería interesante contrastar los efectos que produce en la actividad muscular y en la ejecución de la técnica de proyección la variación de la dirección de la carga, y comprobar cuál sería la más adecuada para trabajar el movimiento globalmente, o para incidir de manera analítica en los diferentes principios fundamentales del mismo.

## **5.5. Aplicabilidad del estudio.**

Debido a la accesibilidad que ofrecen las gomas (reducido coste y fácil fijación y manejo) y a los buenos resultados obtenidos en la reproducción de la actividad muscular de las proyecciones realizadas con un compañero puestos de manifiesto en el estudio realizado, se considera que las gomas serían un buen instrumento para sustituir a éste en el trabajo técnico de la proyección "Morote seoi nage", estando especialmente indicadas para los judokas que deben entrenar solos, pudiendo así realizar un trabajo específico. A su vez sería un método igualmente útil para desarrollar la potencia en el judo estando especialmente aconsejado para que los lesionados, que aún no pueden entrenar al ritmo del grupo, realicen un trabajo específico progresivo, minimizando el riesgo de sufrir reacciones inesperadas por parte de uke, y sintiéndose integrados con los compañeros, al poder realizar su trabajo junto a ellos en el tatami.

## **6 Conclusiones**



1. La actividad muscular obtenida por cada sujeto al realizar las proyecciones con un compañero sigue una distribución homogénea, sin embargo, al comparar globalmente los resultados, aparece una gran dispersión en los valores de las extremidades superiores; esto es debido a que individualmente realizan pequeñas adaptaciones a la hora de ejecutar la misma técnica de proyección.
2. La actividad muscular observada durante la primera fase de la proyección realizada con un compañero y con las gomas se concentra en las extremidades inferiores, debido a que son las que inician el desequilibrio.
3. Durante la segunda fase de la proyección realizada con un compañero y con las gomas, se alcanza la máxima actividad de todos los músculos analizados de las extremidades superiores y del tronco, presentando también valores muy elevados en las extremidades inferiores; siendo al inicio de la misma, momento en el que tori se encuentra estable y debe realizar la fuerza necesaria para provocar el desplazamiento de uke, cuando se concentra la mayor actividad muscular de todo el movimiento.
4. El trabajo con gomas puede considerarse como un método válido para mejorar la técnica de proyección “Morote Seio nage”. Al comparar la actividad muscular obtenida durante la realización de ésta con un compañero y con dos tipos diferentes de gomas no aparecen diferencias significativas ni en su valor medio ni en el momento en el que actúan, aunque su patrón de movimiento experimenta adaptaciones puntuales que no afectan a los principios fundamentales que lo rigen.
5. No aparecen diferencias significativas al comparar la actividad muscular obtenida en las proyecciones realizadas con los dos tipos de gomas; sin embargo se alcanzan valores más elevados de actividad en los músculos de las extremidades superiores al realizar la proyección con la goma

cuyas terminaciones simulan el agarre del "judogi", por lo que se recomienda la utilización de este modelo para sustituir el trabajo con un compañero.

6. En la técnica "Morote seoi nage", la realización de las proyecciones con las gomas presenta una serie de ventajas que las posiciona como un instrumento de gran interés a la hora de abordar el entrenamiento en determinados movimientos propios del Judo, siendo válidas para el trabajo de la técnica y de la fuerza explosiva, y permitiendo reducir el número de impactos que se reciben en las sesiones de entrenamiento, posibilitando que los judokas puedan realizar en solitario los gestos del deporte ante una resistencia similar a la que ofrece un compañero.

## **Bibliografía**



1. Ramón G. *Análisis de los factores Biomecánicos relacionados con la efectividad del Uchi mata ejecutado por judokas de alto rendimiento*. Tesis doctoral. Universidad de Granada; 2002.
2. Trilles F, Lacouture P, Cadière R. Analyse de différents styles d'une projection de judo (Uchi mata). Perspective didactique à partir d'une approche mécanique. *Science et Motricité* 1990; (10): 33-43.
3. Hassmann M, Buchegger M, Stollberg K, Sever A, Sabo A. Motion analysis of performance test using a pulling force device (PFD) simulating a judo throw. *ScienceDirect* 2010; 2(2): 3329-3334.
4. Blais L, Trilles F. Prévenir les risques traumatiques par l'analyse mécanique des gestes sportifs. Exemple du judo: Seoi Nage. *Cinésiologie* 2006; (227/228): 70-72.
5. Blais L, Trilles F, Lacouture P. Three-dimensional joint dynamics and energy expenditure during the execution of a judo throwing technique (Morote Seoi Nage). *Journal of Sports Sciences* 2007; 25(11): 1211-1220.
6. Piucco T, Santos S. Valores de impacto no corpo do judoca ao ser projetado pela técnica Ippon-Seoi Nage. *Motricidade* 2010; 6(1): 71-83.
7. Villamón M, Brousse M. Evolución del Judo. En: Villamón M (ed.) *Introducción al Judo*. Barcelona: Hispano Europea; 1999. p. 103-143.
8. Butcher AP. *Judo*. Madrid: Edimat libros; 2002.
9. Carratalá V, Carratalá E. *Judo*. Madrid: Consejo Superior de Deportes; 2000.
10. Brousse M, Matsumoto D. *Judo - A Sport and a Way of Life*. Seoul: International Judo Federation; 1999.

11. Consejo Superior de Deportes. Memoria 2014/ Licencias y Clubes. *CSD*. <http://www.csd.gob.es/csd/estaticos/asoc-fed/licenciasyclubes-2014.pdf>. (último acceso 9 abril 2015).
12. Peranzi FG. Judo como práctica educativa. Ponencia presentada en *Jornadas de Cuerpo y Cultura de la UNLP*. 15-17 mayo 2008, La Plata.
13. Judo for Children Comision. Guide Organisationnel: Judo pour les enfants. *Federación Internacional de Judo* [http://www.intjudo.eu/upload/2013\\_09/20/137967784640613355/2b\\_ijf\\_brochure\\_2013\\_fr\\_fin\\_lr.pdf](http://www.intjudo.eu/upload/2013_09/20/137967784640613355/2b_ijf_brochure_2013_fr_fin_lr.pdf). (último acceso 5 junio 2014).
14. Hierro J, Bergua M. Progresión de enseñanza del Judo en edad escolar. Ponencia presentada en *CPR Huesca Gobierno de Aragón XXVI Jornadas de Educación Física Te Reto*. 21-21 septiembre 2013, Huesca.
15. Unión Europea de Judo. EJU and Spanish Judo Federation sign mou Judo At School. *Unión Europea de Judo*. <http://www.eju.net/eju-and-spanish-judo-federation-sign-mou-judo-at-school-2835> (último acceso 15 junio 2014).
16. Federación Internacional de Judo. What is judo?. *World Judo Day*. <http://www.worldjudoday.com/en/WhatisJudo-57.html> (último acceso 20 noviembre 2014).
17. Dopico J, Iglesias E. Judo: hacia un análisis de la táctica en función del reglamento. *Revista de entrenamiento deportivo* 1993; VIII(2): 37-44.
18. Castarlenas JL, Terrisse A. Aspectos Normativos del Judo: Análisis del Reglamento. En: Villamón M (ed.) *Introducción al Judo*. Barcelona: Hispano Europea; 1999. p. 235-246.
19. Federación Internacional de Judo. Reglamento de Arbitraje 2014-16. *Real Federación Española de Judo y Deportes Asociados*.

- [http://www.rfejudo.com/documentos/arbitraje/PDF-Reglamento-arbitraje-IJF-2014-2016-\(ESP\).pdf](http://www.rfejudo.com/documentos/arbitraje/PDF-Reglamento-arbitraje-IJF-2014-2016-(ESP).pdf) (último acceso 20 enero 2015).
20. Castarlenas, JL, Calmet M. Aspectos Conceptuales del Judo: Clasificación y Enseñanza de sus Contenidos. En: Villamón M (ed.) *Introducción al Judo*. Barcelona: Hispano Europea; 1999. p. 263-290.
21. Geesink A. *Mi Judo*. México: Diana; 1967.
22. Gleeson G. *All About Judo*. Londres: Adams & Charles Black; 1984.
23. Kolychkin A. *Judo Nueva Didáctica*. Barcelona: Paidotribo; 1989.
24. FFJDA. *Méthode Française d'Enseignement du Judo-Jujitsu*. Paris: FFJDA; 1990.
25. Adams N. *Agarres*. Barcelona: Paidotribo; 1992.
26. Sacripanti A. La biomecánica del Judo. *Revista de Entrenamiento Deportivo* 1991; V(1): 24-30.
27. Daigo T. *Kodokan Judo: Throwing Techniques*. Tokyo: Kodansha International; 2005.
28. Taira S. *La Esencia del Judo Vol. 1*. Gijón: Satori; 2009.
29. Sterkowick S, Franchini E. Techniques used by Judoists during the world and olympic tournaments 1995-1999. *Człowiek I Ruch Human Movement* 2000; 2(2): 24-33.
30. Almansba RF. A comparative study of speed expressed by the number of throws between heavier and lighter categories in judo. *Science & Sports* 2008; 23(1): 186-188.

31. Nakanishi H. *Seoi Nage*. Barcelona: Paidotribo; 1994.
32. Branco J. A observação no judo: recolha efectuada nos campeonatos nacionais de 1979 (por categoria de peso). *Ludens* 1979; 3(4): 30-52.
33. Weers G. *First Contact and Grip Domination in Judo*. Judoinfo. <http://judoinfo.com/weers2.htm> (último acceso 30 junio 2014).
34. Sterkowicz S. (1996). W Poszukiwaniu nowego tgestu speccjanej sprawnosci ruchowej w judo . *Trening* 1996; (3): 46-60.
35. Miarka B, Ferreira U, Boscolo F, Calmet M, Franchini E. Técnica y Táctica en judo: una revisión. *Revista de las artes marciales asiáticas* 2010; 5(1): 91-112.
36. Sterkowicz S. Maslej P. (1999). An evaluation of the technical and tactical aspects of judo matches at the senior level. Disponible en: <http://www.judoamerica.com/ijca/sterkowicz/index.html> [Acceso 06/09/1999].
37. Seisenbacher P, Kerr G. *Modern Judo Techniques of East and West*. Marlborough: The Crowood Press; 1997.
38. Kajmovic H, Rado I, Crmogorac B, Mekic A. Notational analysis of the State championship of Bosnia and Herzegovina and Balkans championship in judo for male competitors. *Homo Sporticus* 2001; (2): 23-26.
39. Carratalá V, Pablos C, Carques L, Carratalá H. Perfil Técnico-Táctico de las judokas infantiles finalistas en el campeonato de España 2003-2004. *Kronos* 2005; 4 (7): 16-22.

40. Carratala V, García J, Fernandes L. Analysis of technical actions of the judoist cadets participating in the judo championship of Spain. *International Journal of Sport Science* 2009; 5(15): 64-80.
41. Sterkowicz S, Sacripanti A, Sterkowicz K. Techniques frequently used during London Olympic judo tournaments: a biomechanical approach. *Arch Budo* 2013; 9(1): 51-58.
42. Blais L, Trilles F. Contribution a la validation d'un ergomètre en tant qu'appareil de musculation spécifique au judo: analyse mécanique comparée d'une projection de judo - Morote Seoï Nage - selon deux conditions de pratique. *Science et Motricité* 2003; 2(49): 117-133.
43. González A. Aspectos Procedimentales: Sistemas de Aprendizaje de Judo. En: Villamón M (ed.) *Introducción al Judo*. Barcelona: Hispano Europea; 1999. p. 291-310.
44. Gleeson G. *Judo para Occidentales*. Barcelona: Hispano Europea; 1977.
45. Azevedo P, Drigo A, Carvalho M, Oliveira J, Nunes J, Valdissera V, et al. Determination of judo endurance performance using the Uchi - Komi technique and an adapted lactate minimum test. *Journal of Sports Science and Medicine* 2007; 6(2): 10-14.
46. Blasco C. *Propuesta y resultados de una evaluación condicional específica para el entrenamiento de judo: la batería blasco aplicada en judokas españoles*. Tesis doctoral. Universitat de Valencia; 2008.
47. Almansba R, Franchini E, Sterkowicz S. Uchi-komi avec charge, une approche physiologique d'un nouveau test spécifique au judo. *Science & Sports* 2007; (22): 216-223.

48. Almansba R, Sterkowicz S, Sterkowicz K, Comtois A. Reliability of the Uchikomi Fitness Test: A Pilot study. *Science & Sports* 2011; 27(2): 115-118.
49. Robayna E, Almenares M, González J, Nodas J. Evaluación de la potencia anaerobia específica en judocas de élite. Análisis según etapas de preparación. *Revista Cubana de Medicina del Deporte y la Cultura Física* 2010; 5(2).  
<http://www.imd.inder.cu/adjuntos/article/195/Evaluación%20de%20la%20potencia%20anaerobia%20espec%C3%ADfica.pdf> (último acceso 10 octubre 2015).
50. Farzaneh A, Mirzaei E, Mahdavi S, Rabiennejad A, Nikolaïdis P. Relación entre potencia aeróbica y anaeróbica y el Special Judo Fitness Test (SJFT) en judokas varones iraníes de élite. *Apunts medicina de l'esport* 2014; 49(181): 25-29.
51. De Lorme T. Restoration of muscle power by heavy-resistance exercises. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 1945; 27(4): 645-667.
52. Andersen L, Andersen C, Mortensen C, Poulsen O, Bornlund I, Zebis M. Muscle activation and perceived loading during rehabilitation exercises: comparison of dumbbells and elastic resistance. *Physical therapy* 2010; 90(4): 538-549.
53. Colado J, Triplett N. Effects of a short-term resistance program using elastic bands versus weight machines for sedentary middle-aged women. *Journal Strength & Conditioning Research* 2008; 22(5): 1441-1448.
54. Rodrigues W, Jaco R, Storck R, De Oliveira V, Zacarias V, Santos M. Elastic resistance training to increase muscle strength in elderly: A systematic review with meta-analysis. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 2013; 57(1): 8-15.

55. Melchiorri G, Rainoldi A. Muscle fatigue induced by two different resistances: Elastic tubing versus weight machines. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2011; 21(6): 954-959.
56. Spennewyn K. Strength outcomes in fixed versus free-form resistance equipment. *J Strength Cond Res* 2008; 22(1): 75-81.
57. Shaner A, Vingren J, Hatfield D, Budnar R, Duplanty A, Hill D. The Acute Hormonal Response to Free Weight and Machine Weight Resistance Exercise. *Journal of Strength & Conditioning Research* 2014; 28(4): 1032-1040.
58. Carratalá V, Carratalá E. La fuerza. Su Aplicación al Judo. En: *Libro de los cursos de verano del INEF de Castilla y León 1997: Recursos y actuaciones metodológicas para la enseñanza, el entrenamiento, la gestión y la organización de la actividad física y el deporte*. Valladolid: Junta de Castilla y León; 1997. 79- 101.
59. Rodríguez A. *De Uchikomi II: Entrenamiento con Gomas*. Movement-studio <http://www.movement-studio.es/?p=365> (último acceso 25 abril 2015).
60. Gutierrez C. La enseñanza del judo: los fundamentos del judo en pie. *RendimientoDeportivo.com* 2004 (8). <http://www.rendimientodeportivo.com/N008/Artic039.htm> (último acceso 21 de septiembre 2015).
61. Blais L. *Analyse objective de deux techniques de projection en judo: seoi nage et uchi mata. De la realite mecanique aux applications pedagogiques*. Tesis doctoral. Université de Poitiers; 2004.
62. Novovitch M. *Judo. Gravedad Cero*. Gandia: Edicions Tivoli; 2011.
63. Aguado X. *Eficacia y Técnica Deportiva*. Barcelona: Inde; 1993.

64. Izquierdo M. *Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte*. Madrid: Médica Panamericana; 2008.
65. Gutierrez M. La biomecánica en los procesos de aprendizaje de las técnicas deportivas. Ponencia presentada en *I Congreso Avances en Ciencias del Deporte*. 1999, Las Palmas. Universidad de las Palmas. Actas del I Congreso Avances en Ciencias del Deporte; 1999. 159-169.
66. Figueroa N. *Historia y Filosofía del Judo Budo*. Citado por : Arnaiz J. *El judo como mediación generadora de bienestar y autoestima: caso biográfico-narrativo de las personas con discapacidad intelectual de aspanias-burgos*. Tesis doctoral. Universidad de Burgos; 2009.
67. Trilles F. Les Conditions Matérielles de la Pratique du Judo. En: Paillard T (ed.) *Optimisation de la Performance Sportive en Judo*. Bruxelles: De boeck; 2010. p. 335-348.
68. Trilles F. *Études des interactions judoka-tatami, optimisation du compromis performance-protection et problématique d'une normalisation*. Tesis doctoral. Université de Poitiers; 1987.
69. Minamitani N, Fukushima M, Yamamoto H. Biomechanical properties of judo throwing technique, uchi mata, especially for newly developed, flamingo technique. Ponencia presentada en el *6 International Symposium on Biomechanics in Sports*. 5-12 julio 1988, Bozeman. International Society Biomechanics in Sport (ISBS) Conference Proceedings Archive; 1988. 245-251.
70. Inamura R, Hreljac A, Escamilla R, Edwards B. A three-dimensional analysis of the center of mass for three different judo throwing techniques. *Journal of Sports and Medicine* 2006; 5(CSSI): 122-131.

71. Lopes S, Giovana S, Santarém J, Piucco T. The mechanical efficiency of the o soto gari technique when applied to judokas of different heights. *Archives of Budo* 2012; 8(1): 19-26.
72. Michnick R, Jurkojc J, Wodarki P, Mosler D, Kalina R. Similarities and differences of body control during professional, externally forced fall to the side performed by men aged 24 and 65 years. *Archives of Budo* 2014; 10(0): 233-243.
73. Santos L, Fernandez-Rio J, Ruiz M, Del Valle M, Callán M, Challis B, et al. Three-dimensional assessment of the judo throwing techniques frequently used in competition. *Archives of Budo* 2014; 10(0): 107-115.
74. Silvestru C, Ciocoi-Pop D. Improving judo techniques using computer movement analysis. En: *Conference proceedings of "eLearning and Software for Education"*. 25-26 abril 2013, Bucarest.
75. Perrot C, Deviterne D, Perrin P. Influence of training on postural and motor control in a combative sport. *Journal of Human Movement Studies* 1998; 35(3): 119-136.
76. Paillard T, Montoya R, Dupui P. Postural adaptations specific to preferred throwing techniques practiced by competition-level judoists. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2007; 17(2): 241-244.
77. Paillard T, Costes-Selon M, Lafont C, Dupui P. Activités posturo-cinétiques et chutes du judoka. *Science & Sports* 2002; 17(3): 140-142.
78. Perrin P, Deviterne D, Hugel F, Perrot C. Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait and Posture* 2002; 15(2): 187-194.

79. Ache J, Wentz M, Kulkamp W, Mattos D, Goethel M, Borges N. Is the handgrip strength performance better in judokas than in non-judokas? *Science & Sports* 2012; 27(3): 9-14.
80. Van Swigchem R, Groen B, Weerdesteyn V, Duysens J. The effects of time pressure and experience on the performance of fall techniques during a fall. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2009; 19(3): 521-531.
81. Zaggelidis G, Lazaridis S. Muscle Activation Profiles of Lower Extremities in Different Throwing Techniques and in Jumping Performance in Elite and Novice Greek Judo Athletes. *Journal of Human Kinetics* 2013; 37: 63-70.
82. Dornowoski M. Comparación con judokas entre valores de actividad bioeléctrica y parámetros de fuerza isocinética en las 4 extremidades. *Baltic Journal of Health and Physical Activity* 2010; 2 (1): 43-48.
83. Rebai H, Zarrouk N, Tabka Z, Hug F, Dogui M. Effect of heavy isokinetic intermittent exercise on acute neuromuscular fatigue in knee extensors. *Isokinetics and Exercise Science* 2012; 20(2): 121-128.
84. Zarrouk N, Rebai H, Yahia A, Souissi N, Hug F, Dogui M. Comparison of Recovery Strategies on Maximal Force-Generating Capacity and Electromyographic Activity Level of the Knee Extensor Muscles. *Journal of Athletic Training* 2011; 46(4): 386-395.
85. Ribeiro S, Tierra-Criollo C, Lopes R. Effects of different strengths in the judo fights, muscular electrical activity and biomechanical parameters in elite athletes. *Bras Med Esporte* 200; 12(1): 23-28.
86. Harter R, Bates B. Kinematic and temporal characteristics of selected judo hip throws. Ponencia presentada en el 3 *International Symposium on Biomechanics in Sports*. 16-17 julio 1985, Greeley. International Society

- Biomechanics in Sport (ISBS) Conference Proceedings Archive; 1985. 141-150.
- 87.Essendop M, Schibye B. Intra-Abdominal Pressure and Activation of Abdominal Muscles in Highly Trained Participants During Sudden Heavy Trunk Loadings. *Spine* 2004; 29(21): 2445-2451.
- 88.Pucsok J, Nelson K. A kinetic and kinematic analysis of the Harai-goshi judo technique. *Acta physiologica Hungarica* 2001; 88(3-4): 271-280.
- 89.Koshida S, Ishii T, Matsuda T, Hashimoto T. Biomechanics of the judo backward breakfall: comparison between experienced and novice judokas. *Archives of Budo* 2013; 10: 187-194.
- 90.Kuo K. Comparison between knee-flexed and knee-extended styles in the major outer leg sweep. Ponencia presentada en el 19 *International Symposium on Biomechanics in Sports*. 20-26 junio 2001, San Francisco. International Society Biomechanics in Sport (ISBS) Conference Proceedings Archive; 2001. 155-157
- 91.Sacripanti A. *Advances in Judo Biomechanics Research*. Saarbrücken: VDM; 2010.
- 92.Moya M, Vera F, López J, Araceli A, Reina R, Gutierrez A, et al. Nuevas tecnologías aplicadas a la actividad física y el deporte. *Revista de la Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas de Elche* 2007; 1(2): 184-209.
- 93.Gil J. Evaluación de los logros funcionales mediante análisis biomecánicos. Ponencia presentada en las XXVII Jornadas nacionales de la SEP XVI *Symposium de la ASELME*. 9-11 noviembre 2011, Granada.
- 94.Pérez P, Llana S. La instrumentación en la biomecánica deportiva. *Journal of Human Sport and Exercise* 2007; 2(2): 26-41.

95. Villarroya A. Metodología en el análisis del gesto deportivo. *Biomecánica* 199; IV(7): 117-121.
96. Garcia-Fojeda A, Biosca F, Valios J. Biomécanica: una herramienta para la evaluación de la técnica deportiva. *Apunts: Educación Física y Deporte* 1997; (47): 15-20.
97. Trilles F, Blais L, Cadière, R. Facteurs Biomécaniques de Performance. En: Paillard T (ed.) *Optimisation de la Performance Sportive en Judo*. Bruxelles: De boeck; 2010. p. 16–71.
98. Paillard T, Costes-Selon M, Lafont C, Dupui P. Activités posturo-cinétiques et chutes du judoka. *Science & Sports* 2002; 17(3): 140-142.
99. Bonitch J. *Evolución de la fuerza muscular del tren superior en sucesivos combates de judo*. Tesis doctoral. Universidad de Granada; 2007.
100. Masso N, Rey F, Romero D, Gual G, Costa L, Germán A. Aplicacions de l'electromiografia de superfície a l'esport. *Apunts medicina de l'esport* 2010; 45 (166): 127-136.
101. Staudenmann D, Roeleveld K, Stegeman D, Van Dieën J. Methodological aspects of SEMG recordings for force estimation – A tutorial and review. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2010; 20(3): 375-387.
102. Kleissen R, Buurke J, Harlaar J, Zilvold G. Electromyography in the biomechanical analysis of human movement and its clinical application . *Gait and Posture* 1998; 8(2): 143-158.
103. Ali A, Sundaraj K, Ahmad, R. Surface electromyography for assessing triceps brachii muscle activities: A literature review . *Biocybernetics and biomedical engineering* 2013; 33(4): 187-195.

104. Villarroya M. Técnicas instrumentales de diagnóstico y evaluación en rehabilitación. *Rehabilitación* 2005; 39(6): 255-264.
105. Stuart W. Biomecánica aplicada al deporte: contribuciones, perspectivas y desafíos. *Efdeportes.com, revista digital* 2012; (170). <http://www.efdeportes.com/efd170/biomecanica-aplicada-al-deporte.htm> (último acceso 10 julio 2015).
106. Hug F. Can muscle coordination be precisely studied by surface electromyography?. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2011; 21(1): 1-12.
107. Inman V, Ralston H, Todel F. *Human Walking* . London: Williams & Wilkins; 1981.
108. Ramírez A, Garzón D. Análisis de sensibilidad por la colocación de los electrodos en la electromiografía de superficie (semg). *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia* 2008; (46): 70-79.
109. García J. *Aportaciones al conocimiento electromiográfico y dinamométrico de la flexo/extensión del codo*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia; 2013.
110. Clarys J, Cabri J. Electromyography and the study of sports movements: A review . *Journal of Sports Sciences* 1993; 11(5): 379-448.
111. De Luca C. The use of surface electromyography in biomechanics . *Journal of applied biomechanics* 1997; (13): 135-163.
112. González J, Gorostiaga E. *Fundamentos del Entrenamiento de la Fuerza. Aplicación al Alto Rendimiento Deportivo*. Barcelona: Inde; 1995.
113. Roberston G, Caldweil G, Hamill J, Kamen G, Whittlesay S. *Research Methods in Biomechanics*. Champaign: Human Kinetics; 2004.

114. Inamura R, Iteya M, Hreljac A, Escamilla M. A kinematic comparison of the judo throw Harai-goshi during competitive and non-competitive conditions. *Journal of Sports Science and Medicine* 2007; 6(2):15-22.
115. Cueto A. *Rendimiento Físico y Funcional del Equipo Cubano de Judo Femenino para los Juegos Olímpicos Beijing 2008*. Trabajo fin de Master en Control Médico del Entrenamiento Deportivo Instituto de Medicina del Deporte Cuba. La Habana; 2009.
116. Segedi I, sertic H, Franjic D, Kustro N. Analysis of judo match for seniors. *Journal of Combat Sports and Martial Arts* 2014; 5(2): 57-61.
117. Kajmovic H, Rado I, Mekic A, Crnogorac B. Differences in gripping configurations during the execution of throwing techniques between male and female cadets at the European Judo Championship. *Archives of Budo* 2014; (10): 141-146.
118. Dopico J, Amador F, Iglesias E, Tuimil J, Rodríguez A. Estudio de la predominancia lateral en la ejecución de habilidades específicas de judo en la selección gallega. En: *I Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte*. 22-25 marzo 2000, Caceres, Facultad de Ciencias del Deporte Universidad de Extremadura; 2000. 41-49.
119. Idarreta J, Gutiérrez C. Estudio de la lateralidad innata y funcional en jóvenes judokas españoles de élite. *Kronos Rendimiento en el deporte* 2004; (6): 16-20.
120. Cechini JA. *El Judo y su razón Kinantropológica*. Gijón: GH Editores S.A; 1994.
121. Santos L, Fernandez-Rio J, Almansba R, Sterkowicz S, Callan M. Perceptions of Top-Level Judo Coaches on Training and Performance.

- International Journal of Sports Science and Coaching* 2015; 10(1): 145-158.
122. Thibordee S, Prasartwuth O. Effectiveness of roundhouse kick in elite Taekwondo athletes. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2014; 24(3): 353-358.
123. Vences Brito A, Rodrigues M, Cortes N, Fernandes O, Pezarat-Correia P. Kinematic and electromyographic analyses of a karate punch. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2011; 21(6): 1023-1029.
124. Glenn J, Galey M, Edwards A, Rickert B, Washington T. Validity and reliability of the abdominal test and evaluation systems tool (ABTEST) to accurately measure abdominal force. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2015; 18(4): 457-472.
125. Connick M, Li FX. Changes in timing of muscle contractions and running economy with altered stride pattern during running. *Gait & Posture* 2014; 39(1): 634-637.
126. Connick M, Li FX. Prolonged cycling alters stride time variability and kinematics of a post-cycle transition run in triathletes. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2015; 25(1): 34-39.
127. Park S, Yoo W. Effects of hand and knee positions on muscular activity during trunk extension exercise with the Roman chair. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2014; 24(6): 972-976.
128. Hunr, I., Seeley, M., Hopkins, J., & Franson, J. (2014). EMG activity during positive-pressure treadmill running. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 24, 348-352.

129. Mok N, Yeung E, Cho J, Hui S, Liu K, Pang C. Core muscle activity during suspension exercises. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2015; 18(2):189-194.
130. Moore I, Jones A, Dixon S. Relationship between metabolic cost and muscular coactivation across running speeds. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2014; 17(6): 671-676.
131. Chumanov E, Wille C, Michalski M, Heiderscheit B. Changes in muscle activation patterns when running step rate is increased. *Gait & Posture* 2012; 36(2): 231-235.
132. Yang J, Winter D. Electromyography reliability in maximal and submaximal contractions. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1983; 64(9): 417-420.
133. Acero J. *Principio de la confiabilidad en la Medición de la fuerza: Tecnología Biomecánica*. Blog Instituto de Investigaciones & Soluciones Biomecánicas: <http://g-se.com/es/org/ii-sb/blog/principio-de-la-confiabilidad-en-la-medicion-de-la-fuerza-tecnologia-biomecanica> (último acceso 15 julio de 2015).
134. Carrasco J. *El Método estadístico en la investigación médica* . Madrid: Ciencia 3; 1995.
135. Ramón G. *Biomecánica deportiva y control del entrenamiento*. Medellín: Funámbulos Editores; 2009.
136. Paillard T. Facteurs de performance sportive en judo. En: Paillard T (ed.) *Optimisation de la Performance Sportive en Judo*. Bruxelles: De boeck; 2010. p. 3-16.

137. Blais L, Trilles F. The Progress achieved by Judokas after strength Training with a Judo-specific Machine. *Journal of Sports Science and Medicine* 2006; (5): 132-135.
138. Blais L, Trilles F, Lacouture P. Validation of a Specific Machine to the Strength Training of Judokas. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2007; 21(2): 409-412.
139. Alcaraz PE, Elvira JLL, Palao JM. Características y efectos de los métodos resistidos en el sprint. *Cultura Ciencia y Deporte* 2009; 4(12): 179-187.
140. Leplanquaquis F, Cotinaud M, Lacountre P, Trilles F, Mayeur H. Proposition pour une musculation spécifique: exemple du judo. *Cinesiologie* 1994; (160): 80-86.
141. Franchini E, Brito CJ, Fukuda DH, Artioli GG. The Physiology of Judo-Specific Training Modalities. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2013; 0(0): 1-8.
142. Bocioaca L. Technical and Tactical Optimization Factors in Judo. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 2014; (117): 389-394.
143. Legaz A. *Manual de entrenamiento deportivo*. Badalona: Paidotribo; 2012.
144. Martínez MA. *Efectos agudos del entrenamiento resistido con arrastre de trineo*. Tesis doctoral. Universidad de Castilla la Mancha; 2013.
145. Martínez MA, Clemente V, Parrilla I, González JM. Relación entre la frecuencia y longitud de zancada en carrera de velocidad resistida y la carga en 1RM en Semi-Squat. *Cultura, Ciencia y Deporte* 2010; 5(15): 41.

146. Llop F, Arellano R, González C, Navarro F, García JM. Variaciones de la técnica de Crol durante el nado resistido con paracaídas. *Motricidad* 2002; (8): 7-20.
147. Martínez MA, González JM, Navarro F, Alcaraz PE. Efectos agudos del trabajo resistido mediante trineo: Una revisión sistemática. *Cultura, Ciencia y Deporte* 2014; 9(25): 35-42.