



FACULTAD DE ENFERMERÍA, FISIOTERAPIA Y PODOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA

---

# EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ELECTROLISIS PERCUTÁNEA MUSCULOESQUELÉTICA EN EL SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO

---

TESIS DOCTORAL

PAULA GARCÍA BERMEJO



DIRECTORES:

BLANCA DE LA CRUZ TORRES  
MANUEL ALBORNOZ CABELLO

# ÍNDICE

## ÍNDICE

<b>1. Introducción.....</b>	<b>7</b>
1.1. Impacto de la fisioterapia invasiva.....	8
1.2. Electrolisis Percutánea Musculoesquelética.....	11
1.3. Reacciones Vegetativas en la EPM.....	35
1.4. Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca.....	38
1.5. Justificación.....	43
<b>2. Objetivos Generales.....</b>	<b>46</b>
<b>3. Estudio 1.....</b>	<b>48</b>
3.1. Resumen.....	50
3.2. Introducción.....	52
3.3. Hipótesis.....	54
3.4. Objetivos.....	55
3.5. Material y Método.....	56
3.5.1. <i>Diseño</i> .....	56
3.5.2. <i>Criterios de inclusión y exclusión</i> .....	56
3.5.3. <i>Variables</i> .....	59
3.5.4. <i>Procedimiento</i> .....	61
3.5.5. <i>Análisis de datos</i> .....	64
3.5.6. <i>Análisis estadístico</i> .....	65
3.6. Resultados.....	66
3.7. Discusión.....	70
3.7.1. <i>Medición basal</i> .....	71

3.7.2. <i>Intervención</i> .....	74
3.8. Conclusiones.....	76
<b>4. Estudio 2.....</b>	<b>77</b>
4.1. Resumen.....	79
4.2. Introducción.....	81
4.3. Hipótesis.....	83
4.4. Objetivos.....	84
4.5. Material y Método.....	85
4.5.1. <i>Diseño</i> .....	85
4.5.2. <i>Criterios de inclusión y exclusión</i> .....	85
4.5.3. <i>Variables</i> .....	88
4.5.4. <i>Procedimiento</i> .....	90
4.5.5. <i>Análisis de datos</i> .....	94
4.5.6. <i>Análisis estadístico</i> .....	94
4.6. Resultados.....	95
4.7. Discusión.....	99
4.7.1. <i>Medición basal</i> .....	100
4.7.2. <i>Intervención</i> .....	102
4.8. Conclusiones.....	106
<b>5. Conclusiones Generales.....</b>	<b>107</b>
<b>6. Bibliografía.....</b>	<b>112</b>

<b>7. Anexos.....</b>	<b>120</b>
7.1. Anexo 1. Premio Comunicación Oral.....	121
7.2. Anexo 2. Comunicación Póster.....	122
7.3. Anexo 3. Consentimiento informado.....	123
7.4. Anexo 4. Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP).....	125
7.5. Anexo 5. Certificado Comité Ético <i>Estudio 1</i> .....	126
7.6. Anexo 6. Artículo Publicado en “ <i>European Journal of Integrative Medicine</i> ”.....	127
7.7. Anexo 7. Certificado Comité Ético <i>Estudio 2</i> .....	144
7.8. Anexo 8. Artículo publicado en “ <i>Journal of Alternative and Complementary Medicine</i> ”.....	145
<b>8. Agradecimientos.....</b>	<b>152</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Agujas para la técnica EPI® (Agupunt, Barcelona).....	10
Figura 2. Electrolisis.....	12
Figura 3. Intervalo RR.....	39
Figura 4. Gráfico de Dispersión de Poincaré.....	40
Figura 5. Colocación del dispositivo Firstbeat®.....	61
Figura 6. Software Kubios HRV.....	64
Figura 7. Análisis de los resultados de los parámetros SD1, SS y S/SP.....	69
Figura 8. Colocación de dispositivo Firstbeat® en hombres.....	90
Figura 9. Valoración ecográfica de la rodilla en el grupo control.....	92
Figura 10. Intervención con EPM ecoguiada sobre el tendón rotuliano en el grupo experimental.....	93
Figura 11. Actividad simpática de los 3 grupos durante la intervención.....	98
Figura 12. Relaciones de SD1, SS y S/PS de los 3 grupos en reposo y durante la intervención.....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Revisión bibliográfica de los artículos relacionados con la EPM.....	27
Tabla 2. Parámetro de medición de la VFC.....	42
Tabla 3. Características basales de los grupos de estudio.....	66
Tabla 4. Características de las variables estudiadas.....	68
Tabla 5. Características basales de los 3 grupos de estudio.....	95
Tabla 6. Resultados de las variables de estudio.....	97

# INTRODUCCIÓN



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. IMPACTO DE LA FISIOTERAPIA INVASIVA

El empleo de los agentes y medios físicos como método de curación, se remonta a los pueblos más primitivos, pasando por el antiguo Egipto donde ya se encuentran las primeras referencias del uso de la terapia manual, las civilizaciones precolombinas con los baños de vapor, o en el origen de la Medicina Científica Moderna en la Grecia clásica. No sería hasta el siglo XIX, cuando esos agentes físicos, presentes siempre en la historia de la salud y de la enfermedad, se convierten en terapia físicas y empiezan a profesionalizarse(1). Desde ese momento, la Fisioterapia ha evolucionado hasta convertirse en una profesión independiente, desarrollándose con éxito y diversificando y ampliando el papel de los fisioterapeutas. En los últimos años, la Fisioterapia ha crecido de manera exponencial, particularmente en respuesta a la reforma educativa y sanitaria y en base a las necesidades de una población más formada y comprometida con su salud(1,2).

El desarrollo profesional continuo es parte esencial del fisioterapeuta, quien debe buscar y crear nuevas e innovadoras técnicas, eficientes y efectivas, garantizando la atención y la seguridad del paciente, y con la intención de ofrecer un mejor tratamiento de patologías que actualmente siguen sin resolverse(2).

De esta inquietud nace la “**Fisioterapia Invasiva**”, término empleado por primera vez por **Orlando Mayoral**(3), que surge por el deseo del fisioterapeuta de llegar al foco

de la lesión. Esta terminología engloba a un conjunto de técnicas que se caracterizan por tratar la zona afectada atravesando la piel del paciente con una aguja que puede ser de varios tipos(2).

La “Fisioterapia Invasiva” viene empleándose tanto en la formación de grado como de postgrado, pero no sería hasta 2013 y en su 2ª edición en 2016, cuando se desarrollaría la obra literaria que lleva el mismo nombre, y que recoge todas las técnicas que engloba la fisioterapia invasiva, creada por los fisioterapeutas Fermín Valera y Francisco Minaya(2).

En las técnicas de fisioterapia invasiva la aguja se convierte en elemento activo del movimiento provocado por el fisioterapeuta en los tejidos blandos, como una extensión de sus manos, constituyendo de esta forma un efecto mecánico que puede ser: aislado como ocurre en la acupuntura(4), la punción seca(3) o la técnica *percutaneous needle tenotomy* (PNT) (5,6), combinado con otro agente físico, como el calor en la moxicombustión, o la electricidad como ocurre en la electroacupuntura(7), la electrolisis percutánea musculoesquelética(8,9), la técnica *percutaneous nerve stimulation* [PENS] y la electrolipólisis, o bien junto con fármacos que se infiltran en el tejido celular subcutáneo, es el caso de la mesoterapia, o a mayor profundidad como ocurre en las inyecciones volumétricas(2,3,10).



Figura 1. Agujas para la técnica EPI® (Agunpunt, Barcelona)

Cada vez hay más investigaciones sobre la eficacia de estas técnicas en numerosos procesos neuromusculares. Sin embargo, es necesario ampliar la base de conocimientos sobre la eficacia de estas intervenciones(5,10–12).

## 1.2. ELECTROLISIS PERCUTÁNEA MUSCULOESQUELÉTICA

### 1.2.1. Concepto y definición

Una de las técnicas más revolucionarias de la Fisioterapia Invasiva, es la **electrolisis percutánea musculoesquelética (EPM)**, que consiste en la aplicación ecoguiada de una corriente galvánica a través de una aguja de punción. La EPM produce en el tejido blando musculoesquelético un efecto analgésico y un proceso inflamatorio local que permite la fagocitosis y la reparación del tejido afectado(2,9).

Terminológicamente, la **electrolisis** es el proceso por el cual el agua (H<sub>2</sub>O) y el cloruro sódico (NaCl), que se encuentran en los tejidos de nuestro organismo, se descomponen en sus elementos químicos constitutivos y se reagrupan rápidamente para formar sustancias completamente nuevas, como consecuencia del paso de un flujo de corriente eléctrica continua. El término **Percutánea**, hace referencia a que se aplica a través de la piel, empleando una aguja de punción. Finalmente, **musculoesquelética** se refiere a su aplicación en los tejidos blandos del sistema musculoesquelético, como es el tendón, el músculo, el ligamento, la fascia, la cápsula, el nervio, el periostio y el menisco(2).

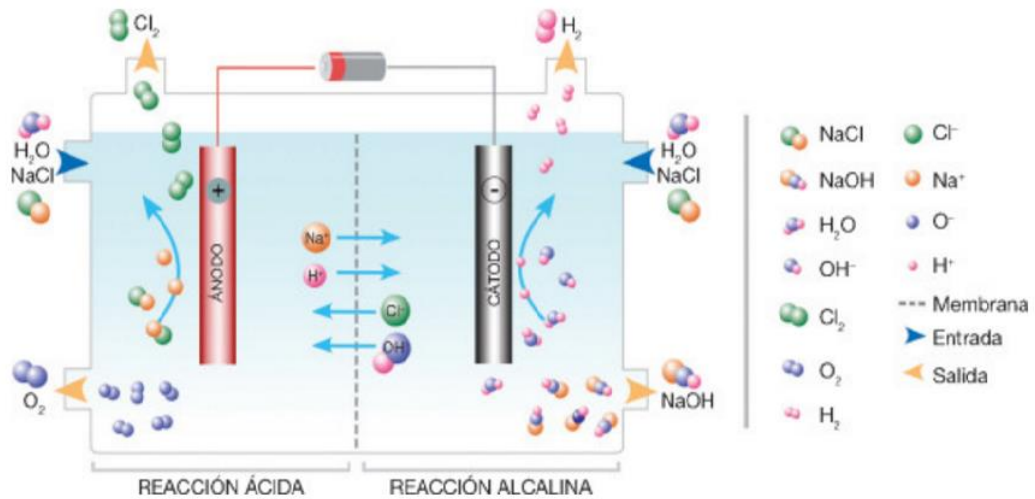


Figura 2. Electrolisis(2)

Se trata de una modalidad de aplicación de **electroterapia**, a través de un procedimiento mínimamente invasivo, que emplea una corriente galvánica o continua. La corriente eléctrica es aplicada a través de una aguja de punción, la cual actúa como electrodo negativo y que va a provocar una reacción electroquímica en la región degenerada. Dicha reacción consiste en una **ablación electroquímica no termal** y local que induce a la necrosis celular mediante una reacción electrolítica producida por el flujo catódico, lo que va a producir en el tejido blando un proceso inflamatorio local, permitiendo la fagocitosis y la reparación del tejido afectado(2).

El **efecto analgésico y reparador** del tejido va a depender de la intensidad con la que se aplique la corriente galvánica. Así, las modalidades de aplicación de baja intensidad logran analgesia mientras que, para lograr un efecto de reparación del tejido, es necesario provocar un mayor proceso inflamatorio local dependiente de la electrolisis generada, que viene determinada en gran medida por la intensidad alcanzada(2).

### 1.2.2. Antecedentes y estado actual

La **corriente galvánica** ha sido empleada tradicionalmente por los fisioterapeutas en técnicas como la iontoforesis o los baños galvánicos. Sin embargo, su uso de forma percutánea se ve reflejado por primera vez en 1825, en el campo de la acupuntura, en la obra “Memoires sur l'électropuncture” de Jean Baptiste Sarlandière(13), quién desarrolló el uso terapéutico de la corriente galvánica mediante la punción de agujas. Más tarde, alrededor de 1950, Ryodoraku creó un método basado en la aplicación de corriente galvánica mediante agujas, usado por millares de acupunturistas en Japón(2).

En el ámbito de la Fisioterapia, la aplicación de corriente galvánica a través de una aguja vino de la mano de los brasileños Guirro y Guirro, en el campo dermatofuncional, en 2002, denominado también como galvanopuntura(14).

Pasamos, a continuación, a describir brevemente los principales estudios relacionados con la aplicación percutánea de corriente galvánica en el ámbito clínico y de investigación básica (**tabla 1**).

En primer lugar, es el **Dr. Sánchez-Ibáñez** quien publica la utilización de electrolisis percutánea musculoesquelética en la “fascitis plantar” en 2004(15) y 2010(16). En el primer artículo, Sánchez-Ibáñez realiza una descripción detallada de la técnica de EPM, así como de la anatomopatología de la fasciosis platar. En 2010, propone un caso clínico de fasciopatía plantar de un año de evolución. El paciente presenta en la primera consulta un 77% en la “foot index function (FFI)”, 90 en la escala visual analógica del dolor (EVA<sub>d</sub>), y 80 en la escala visual analógica de funcionalidad (EVA<sub>f</sub>). Se precedió a exploración ecográfica que se correspondió con una fasciosis neovascular sintomática. Tras 10 sesiones de EPM ecoguiada (1 sesión cada 5 días), el paciente mostró

una mejora significativa del dolor y la funcionalidad, puntuando 7% en FFI, 0 en EVAd y 10 en EVAf. En la valoración ecográfica postratamiento se pudo observar la ausencia de neovascularización, así como modificaciones estructurales de la entesis del tendón. En 2008, este mismo autor desarrolla la aplicación de EPM en la tendinopatía aquilea(17). En este artículo describe un caso clínico en un jugador de la LFP con tendinopatía aquilea de 4 meses de evolución. En la primera exploración ecográfica se observa un engrosamiento del tendón con presencia de neovascularización, que coincide con la región de mayor dolor (EVAd= 80). Tras 3 sesiones de EPM, junto con trabajo excéntrico, el paciente marca 20 en la escala EVA, y se observa regeneración del tejido en la imagen ecográfica.

Seguidamente a estos trabajos, son los fisioterapeutas **Valera y Minaya** quienes describen su aplicación sobre el músculo(18), el nervio(19), la cápsula articular(20) y el periostio(21), utilizando la corriente galvánica de forma aislada y, más recientemente, con otros tipos de corriente eléctrica, como las corrientes de alto voltaje, las microcorrientes o la estimulación eléctrica percutánea, y la biorregulación(2).

El primer artículo sobre la efectividad de la electrolisis percutánea en la tendinopatía rotuliana fue publicado en 2010 por **Valera et al.**(22). En este artículo se aplicó la EPM (4-6 mA) en 32 pacientes con tendinopatía rotuliana crónica degenerativa, junto con ejercicio excéntrico y estiramientos. Se evaluó el tendón rotuliano afecto de forma pre y postest, mediante ecografía y escala VISA-p. La muestra se dividió en dos grupos: grupo 1 (13 n) los que obtuvieron una puntuación inferior a 50 puntos en la escala VISA-p (G1=33), y grupo 2 (19n) aquellos que anotaron una puntuación mayor de 50 en dicha escala (G2=62). En el grupo 1, el 80% de los pacientes obtuvo el alta tras 4 semanas

de tratamiento (VISA-p= 69), mientras que en el grupo 2 el alta fue del 100% (VISA-p=88). Se constató la efectividad de esta técnica en la tendinopatía rotuliana.

En 2011 le siguen 3 artículos publicados en “Fisioterapia y calidad de vida” sobre la aplicación de EPM en diferentes patologías musculoesqueléticas. El primero de ellos de la mano de **Minaya et al.**(23), donde se describe la aplicación de EPM sobre la epicondialgia crónica en un hombre de 42 años. Se utilizó como control el codo contralateral. La imagen ecográfica mostraba signos degenerativos del tendón conjunto de la musculatura epicondílea. Los test ortopédicos de Cozen, Thomson y Mills, dieron positivos y obtuvo una puntuación de 42 en la escala DASH. El dolor se evaluó mediante algometría (5,6Kgs) y escala EVA (8pt). La terapia consistió en 4 intervenciones de EPM aplicadas una vez en semana (4-6 mA), junto con ejercicios excéntricos de carácter domiciliario dos veces al día. Tras el tratamiento el paciente mostro una mejoría muy significativa (test ortopédicos negativos, DASH= 82, EVA= 0, 17,9 Kgs y reducción de hipervascularización de la zona) sin recidivas durante las 6 semanas posteriores al alta.

**Valera et al.**(19) publican el segundo estudio, éste sobre la aplicación de EPM en el síndrome del túnel carpiano bilateral en una mujer de 43 años de edad. Atrapamiento del nervio mediano de la mano derecha de 8 meses de evolución que mostraba desmielinización a su paso por el túnel del carpo. En la mano izquierda presentaba una sintomatología leve. Se descartó patología cervical. La ecografía mostro signos de atrapamiento del nervio mediano, y las pruebas ortopédicas (signo de Phallen, signo de Tinel, tensión neural del nervio mediano y upper limb tension) fueron positivas en ambas extremidades. Se aplicó de forma aislada EPM ecoguiada una vez en semana en los posibles puntos de atrapamiento (3-4 mA), además de ejercicios de movilización del



nervio mediano de carácter domiciliario. Tras tres semanas la paciente mostró una mejoría muy significativa, mostrando en la imagen ecográfica una reducción importante de los signos de compresión, así como el resultado negativo de todas las pruebas ortopédicas.

El último trabajo sobre EPM en esta revista, publicado por **Serrano et al.**(24), describe el tratamiento de un caso de tendinopatía crónica cuadricipital y rotuliana tras fractura multifragmentaria de rótula mediante dicha técnica. La paciente de 27 años muestra dolor en la rodilla en reposo y en movimiento. La evaluación de la articulación se realizó mediante la escala de funcionalidad VISA-P, la escala de dolor EVA, movilidad conservada y prueba del cepillo positiva (leve). Se aplicó EPM una vez por semana (4mA) en tendón cuadricipital y rotuliano. Tras cuatro semanas de tratamiento, la paciente mostró una mejoría en su funcionalidad pasando de 20 a 54 puntos en la escala VISA-P y una disminución de 8 a 3 en la escala EVA.

A estos trabajos le siguió en 2012 un estudio sobre coste-efectividad de dicha técnica en la epicondilalgia crónica por **Minaya et al.**(25) . En él se analizó y aplicó un programa de fisioterapia basado en la aplicación semanal de EPM ecoguiada de forma aislada; se asoció de forma domiciliaria a ejercicios excéntricos y estiramientos diarios. El coste por proceso se analizó comparándolo con los casos quirúrgicos y el gasto asociado (fisioterapia, cirugía, estancia, baja laboral), y se basó sobre criterios de reducción de la intensidad del dolor. En el estudio se incluyó a 36 sujetos, 52,8% hombres y 47,2% mujeres. El 80,5% de los sujetos alcanzaron la curación tras 4 sesiones de EPM. El coste por proceso del programa inicial y de seguimiento basado en EPM ecoguiada fue de 16 veces inferior que el coste estimado a los casos quirúrgicos.

En 2013, se publica el primer artículo con carácter internacional sobre los efectos tisulares y a nivel molecular de la EPM en modelo animal. En este artículo **Valera et al.**(26) comparan el efecto de la punción seca y la electrolisis percutánea musculoesquelética en la tendinopatía de Aquiles inducida en ratas Sprague-Dawley. Se utilizaron 24 ratas Sprague Dawley. Al grupo de intervención (18n) se le realizó en un tendón punción seca y en otro EPM, al grupo control (6 n) no se le aplicó terapia alguna. Los efectos se comprobaron en el día 0, 1, 3, 8, 14 y 21 tras la intervención. Se observó que la EPM causaba una mayor respuesta inflamatoria; así como, la proliferación de nuevo tejido tendinoso bien organizado. Posteriormente, en 2014 y 2015 le continuaron dos estudios más, en modelo animal, por **Abat et al.**(27,28). Ambos analizan el mecanismo de reparación de esta técnica también en ratas Sprague-Dawley. Un estudio(28) demostró que esta técnica puede afectar a mediadores de la inflamación en el tejido muscular dañado e influir en la nueva vascularización de la zona lesionada. Y el segundo(27), analizó el aumento en los mecanismos moleculares anti-inflamatorios y angiogénicos en la lesión del tendón inducida por colagenasa en ratas Sprague-Dawley.

Paralelamente en 2014, **Valera et al.**(9) desarrollan un estudio clínico sobre la efectividad a corto y largo plazo de la electrolisis percutánea musculoesquelética, combinada con un programa de ejercicio excéntrico, en la epicondilalgia crónica. En dicho trabajo se evaluó el resultado de una sesión semanal de EPM durante 4-6 semanas sobre 36 pacientes. Para la evaluación del dolor se empleó la escala EVA (60 pts) y un algómetro digital (7,9 kgs), se emplearon también las pruebas ortopédicas de Cozen(+) y Thomsom(+), además de la escala DASH (63,6 pts) para medir la funcionalidad. Las mediciones a las 6, 26 y 52 semanas se registraron como exitosas (EVA=6, algometría= 30,3 kgs, Thompson(-), Cozen(-), DASH= 13,6), demostrando que los síntomas y los

cambios estructurales degenerativos de la epicondilitis lateral crónica, se reducen después de la aplicación de un protocolo de EPM ecoguiada y ejercicio excéntrico(9).

De la misma forma, también en 2014, **Abat et al.**(29) publican un artículo sobre la efectividad de la EPM ecoguiada, combinada con un programa de ejercicio excéntrico, en la rotura muscular del pectoral mayor. Se trata de un caso clínico en el que se aplica semanalmente una sesión de EPM y dos sesiones de ejercicio excéntrico, durante cuatro semanas. Se evalúa la funcionalidad a través de los criterios de Back, la escala Tegner y los criterios subjetivos de Schepsis. Tras completar las sesiones, se evaluaron los resultados al finalizar el tratamiento y se repitieron pasados 2 meses, a los 6 meses y tras doce meses desde el inicio de la terapia. La evaluación funcional a los 2 meses se describió como excelente según los criterios de Bak y en la escala Tegner obtuvo una puntuación de 8 sobre 10. Dichos resultados se mantuvieron en las evaluaciones sucesivas.

En ese mismo año 2014, **Abat et al.**(11) también publican su investigación sobre la efectividad, a corto plazo (2 años), de la EPM en la tendinopatía rotuliana de 33 deportistas, combinado con un programa de ejercicios excéntricos. La funcionalidad de los pacientes se midió a través de las escalas VISA-p y Tegner, en la consulta inicial, en descarga, a los 3 meses y tras dos años. La muestra se dividió en dos grupos en función de los resultados en la escala VISA-p: G1(<50pts/31,5pts) y G2 (>50pts/68,7pts). Tras 4,5 semanas de tratamiento (1 sesión de EPM por semana y 2 sesiones de ejercicio excéntrico), el 78,8% de los pacientes retornaron a su nivel actividad física habitual. A los 3 meses del inicio del tratamiento G1 obtuvo una puntuación de 77,5 en la escala VISA-p y G2 85,1, dicha mejoría se mantuvo en las siguientes evaluaciones. Tras dos

años desde el inicio del tratamiento, de acuerdo con la escala de Roles y Maudsley, el 87.9% de los pacientes reconocieron su recuperación como excelente y el 12.1% restante la describieron como buena. Se demostró de esta forma que se trata de una técnica eficaz, junto con el ejercicio excéntrico, en la resolución de tendinopatías a corto plazo(11).

Posteriormente, en 2015 este mismo grupo de investigación(8), publican otro estudio sobre la efectividad de la EPM, combinada con ejercicio excéntrico, en la tendinopatía rotuliana, esta vez a largo plazo (10 años). La terapia consistió en una sesión semanal de EPM junto con dos sesiones semanales de ejercicio excéntrico, hasta alcanzar un máximo de 10 semanas. Se evaluó el dolor y la funcionalidad de la rodilla (escala VISA-P y clasificación Blazina), grado de actividad deportiva (escala de Tegner) y satisfacción del paciente (escala Roles y Maudsley), en 40 sujetos con tendinopatía rotuliana. La evaluación se realizó de forma previa al tratamiento, a los 3 meses de este, a los 2 años, a los 5 años y a los 10 años tras la terapia. En la medición pretest el 80% de los pacientes se situaba en el nivel 3 de la clasificación Blazina. Tras 2 años de seguimiento el 72,5% de los pacientes se mostraron asintomáticos y 22,5% permaneció en el nivel 1. Dichos resultados se mantuvieron en evaluaciones posteriores. Según la escala de Tegner a los 3 meses de tratamiento el 80% de los pacientes retornaron a su nivel de actividad habitual. En cuanto a la satisfacción del paciente (escala de Roles y Maudsley) un 80% la consideró excelente, 17,5% buena, y un 2,5% aceptable. Estos resultados mostraron que se trata de un procedimiento seguro, sin recidivas a largo plazo(8).

En 2015, **María Dolores Moreno**(30) publica un ensayo controlado aleatorio para comprobar la efectividad de la EPM en el dolor de hombro. 40 sujetos divididos en 4

grupos de 10, fueron estudiados en dos partes. En una primera, se intervendría sobre 3 grupos (TG, T, TTG) mientras el cuarto ejercería como control (TC). En la segunda parte el grupo con mejores resultados sería el control. Todos los sujetos poseían puntos gatillos activos en el supraespinoso, además de dolor en los movimientos de rotación interna y externa y abducción (>65 en EVA). Las variables evaluadas fueron dolor percibido mediante la escala EVA y rango de movimiento a través de un goniómetro. En ambas partes el protocolo de intervención fue: CT programa de ejercicios domiciliarios diarios, TG EPM sobre los puntos gatillo del supraespinoso, T EPM sobre el tendón del supraespinoso y TTG sobre puntos gatillo y tendón del supraespinoso. La dosis de EPM administrada fueron 4 impactos de 6 mA durante 3 segundos, administrada 1 vez por semana hasta 3 intervenciones. Los grupos de intervención obtuvieron una mejora significativa del movimiento de abducción, rotación interna y externa, con respecto al grupo control, que no obtuvo diferencia alguna, siendo el TTG el de mejores resultados. En la segunda parte del estudio el TTG actuó como control sin padecer dolor y con la movilidad conservada. Los resultados del estudio mostraron que el dolor de hombro obtiene mejores resultados si la EPM es aplicada en todos los focos de dolor.

A este artículo le siguió, en el mismo año 2015, el estudio de **Arias et al.**(31) sobre la efectividad de la EPM en el dolor miofascial subacromial. El estudio contó con 36 pacientes divididos en 2 grupos, un grupo control (n=19) y un grupo de intervención (n=17). El grupo control realizó un programa de ejercicios excéntrico de la musculatura del manguito rotador, 2 veces al día durante 4 semanas. El grupo de intervención, además de realizar el citado programa de ejercicios, recibían 1 intervención semanal de EPM durante las 4 semanas. Aplicando la escala DASH, se observó que los sujetos del grupo

de intervención obtuvieron mejores resultados que los del grupo control, obteniendo una diferencia de 9,5 puntos en dicha escala(31).

Al año siguiente, en 2016, **Moreno et al.**(32) llevan a cabo una investigación sobre el dolor inguinal, aplicando EPM ecoguiada a 8 futbolistas en la inserción del músculo recto abdominal en los tubérculos púbicos. Se evaluó el dolor percibido por el paciente (escala de calificación verbal) y la funcionalidad (escala funcional específica) de forma pretest, a las 24 horas, a la semana, al mes y a los 6 meses. La aplicación de EPM (3 mA) se realizó sin combinar con otro tipo de tratamientos, como ocurría en casos anteriores con el ejercicio excéntrico. Los resultados aportados muestran en la primera semana una recuperación casi completa del paciente, obteniendo los máximos resultados, y recuperación total, al mes del inicio del tratamiento. Los resultados se mantuvieron en evaluaciones sucesivas.

En 2016 se lleva a cabo otra investigación por **Abat et al.**(33), en la que comprueban la eficacia de la electrolisis percutánea musculoesquelética ecoguiada en el tratamiento de la tendinopatía rotuliana, frente al tratamiento convencional. El estudio estuvo compuesto por 60 pacientes, diagnosticados con tendinopatía rotuliana, divididos en dos grupos. En el primer grupo (30n) el tratamiento consistió en sesiones de electroterapia (ultrasonido, láser y corrientes interferenciales) de 50 minutos, 3 veces en semana, mientras que el segundo grupo (30n) se trató con EPM (1 sesión cada 2 semanas. 3 aplicaciones de 2 mA). Ambos grupos siguieron un protocolo de ejercicios excéntricos. El tratamiento se prolongó durante dos meses o hasta la desaparición de la sintomatología. La funcionalidad se evaluó mediante la escala VISA-P de forma previa y posterior al tratamiento. En los resultados se diferencian dentro de cada grupo entre aquellos que

obtuvieron una puntuación  $<90$  y los que obtuvieron  $>90$  en la escala VISA-P. Los resultados mostraron que el tratamiento con EPM ecoguiada es más eficaz y efectivo en las tendinopatías rotulianas que el tratamiento convencional. Mientras que en el grupo 1 la media de sesiones estuvo en  $22,6 \pm 2,5$ , en el grupo 2 fue de  $3,2 \pm 0,9$ . Por otro lado, el porcentaje de satisfacción marcó un 36,1% en el grupo 1, frente al 72,4% del grupo 2.

En ese mismo año 2016, **Mattiusi et al.**(34) desarrollan la aplicación de EPM ecoguiada para la liberación del nervio ciático en la tendinopatía proximal de la musculatura isquiosural, entre el músculo semimembranoso y semitendinoso. De esta forma consigue reducir la fibrosis existente, sin comprometer al nervio ciático o al tendón del músculo semimembranoso.

En este año, 2016, nace la revista Fisioterapia Invasiva, que pretende dar cabida a publicaciones en este ámbito de la fisioterapia, y marcarse como referencia internacional. En el primer número de esta revista publica su investigación **Carvajal et al.**(35) sobre los efectos de la aplicación de EPM en el tendón rotuliano, en la temperatura corporal, a través de la termografía. La muestra estuvo compuesta por dos grupos: un grupo intervención al que se le aplicó EPM ( $n=19$ ), y otro control ( $n=14$ ). Se realizaron 4 tomas de imágenes termográficas, una de forma previa a la intervención, otra inmediatamente después, una tercera imagen a los 15 minutos y otra a los 30 minutos. Tras la aplicación del procedimiento en el tendón rotuliano, se observaron cambios térmicos en el grupo EPM, con un patrón de comportamiento no homogéneo, además de observarse cambios en la rodilla contralateral de características similares. Estos cambios en la temperatura muestran que la aplicación de EPM tienen una acción sobre los mecanismos neurológicos periféricos y centrales.

En esta revista, también en 2016, publicó su trabajo **Padrón et al.**(36). En el realizaron un estudio comparativo entre dos modalidades de aplicación de EPM en la tendinopatía rotuliana: a alta intensidad y tiempos cortos de tratamiento, y EPM a baja intensidad con tiempos más prolongados. La muestra estuvo compuesta por 13 sujetos (17 tendones) divididos en dos grupos. El grupo 1 (n=7) se sometió durante 6 semanas a una aplicación semanal de EPM ecoguiada con una intensidad de 3mA, durante 3 segundos. La misma frecuencia de tratamiento se siguió en el grupo 2 (n=10), pero con una intensidad de 0,3 mA y un tiempo de 30 segundos. Con el fin de evaluar los cambios funcionales y el dolor, se utilizaron, respectivamente, la escala VISA-P, y la escala EVA. En ambos grupos se experimentó una mejoría de la funcionalidad (G1 de 71,14 a 88,86 ptos, y G2 de 57,4 a 72,9), sin embargo, sólo el grupo 1 experimentó cambios estructurales en el tendón, siendo el dolor similar en ambas modalidades de aplicación.

En 2016, **De la Cruz et al.**(37) publicamos una investigación sobre la respuesta autónoma de los sujetos durante la aplicación de EPM sobre el tendón patelar, a través de la variabilidad de la frecuencia cardíaca. La muestra estuvo compuesta por 22 futbolistas amateur sanos, divididos en dos grupos; uno control (n=11) y otro experimental (n=11) que no mostraron diferencias en la medición basal. De forma previa al procedimiento, se descartó que los participantes presentaran algún grado de aprensión psicológica mediante la Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP). En los resultados se observó un aumento significativo de la actividad parasimpática y una disminución de la actividad simpática, características de una reacción vasovagal(37).

En 2017 **Moreno et al.** (38), han estudiado la eficacia de la aplicación de EPM combinada con un protocolo de fisioterapia activa (Active Physical Therapy (APT)) en la



entesopatía del aductor largo relacionada con el dolor inguinal. La muestra estuvo compuesta por 24 jugadores de futbol aficionados, que sufrían dicha patología, divididos aleatoriamente en dos grupos. Al grupo A (n=12) se le aplicó EPM en combinación con un programa estandarizado de APT, y el grupo B (n=12) sólo realizó como tratamiento el programa de APT. En los resultados, siguiendo la escala numérica del dolor y la escala funcional específica, se observó que el tratamiento que combinaba EPM con APT aseguró una mejor recuperación funcional y más rápida reducción del dolor con un significación de 0.093(38).

En este mismo año 2017, **García et al.**(39) publican su artículo sobre la aplicación de EPM en el latigazo cervical agudo. La muestra estuvo compuesta por 100 sujetos divididos en dos grupos equitativos. Al grupo 1 (n=50) se le realizó un tratamiento de fisioterapia convencional (microondas, TENS, masaje, ultrasonido, terapia física y estiramientos) de forma diaria (Lunes-Viernes) hasta un máximo de 20 sesiones. El grupo 2, por su parte, recibió 3 sesiones (1 sesión a la semana) de EPM sobre el elevador de la escapula. La aplicación se realizó a una intensidad inicial de 2 mA, y se iba incrementando un 1mA/seg hasta llegar a 4 mA donde terminaba. De esta forma se realizaban 3 impactos por sesión, con un 1 min de descanso entre ellos. Los resultados de este estudio evidenciaron que con la aplicación única de 3 sesiones de EPM, se conseguían los mismos resultados que con un tratamiento de fisioterapia convencional de 20 sesiones, en cuanto a dolor percibido y calidad de vida del paciente.

Dos de las publicaciones más recientes sobre electrolisis percutánea musculoesquelética pertenecen a nuestro grupo de investigación(40,41) y serán expuestas con detalle en esta tesis doctoral.

<b>Año</b>	<b>Autores</b>	<b>Revista Científica</b>	<b>n</b>	<b>Tipo muestra</b>	<b>Objetivo</b>
2004	Sánchez, JM(15)	Podología Clínica	1	Humanos	Describir abordaje fascitis plantar
2008	Sánchez, JM(17)	Podología Clínica	1	Humanos	Tratar tendinopatía aquilea
2010	Sánchez, JM(16)	Podología Clínica	1	Humanos	Tratar fascitis plantar
2010	Valera et al.(22)	Trauma	32	Humanos	Tratar tendinopatía patelar crónica
2011	Minaya et al.(23)	Fisioter calid vida	1	Humanos	Tratar epicondilalgia crónica
2011	Valera et al.(19)	Fisioter calid vida	1	Humanos	Tratar túnel carpiano
2011	Serrano et al.(24)	Fisioter calid vida	1	Humanos	Tratar tendinopatía crónica cuadriceps
2012	Minaya et al.(25)	Fisioterapia	36	Humanos	Estudiar el coste-efectividad de la EPM
2013	Valera et al.(26)	Br J Sports Med	24	Animal	Analizar respuesta inflamatoria
2014	Abat et al.(27)	Rev Esp Cir Ortop Traumatol	24	Animal	Conocer el mecanismo molecular
2014	Valera et al.(9)	Acupunct Med	36	Humanos	Tratar epicondilalgia crónica
2014	Abat et al.(29)	J Sports Med Doping Stud	1	Humanos	Tratar rotura pectoral mayor
2014	Abat et al(11)	Muscle Ligaments Tendons	33	Humanos	Tratar en el tendón patelar

<b>2015</b>	Abat et al(8).	Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.	40	Humanos	Tratar el tendón patelar
<b>2015</b>	Abat et al.(28)	BMC Sports Sci Med Rehabil	24	Animal	Conocer el mecanismo molecular
<b>2015</b>	Moreno, D.(30)	Rev. Cuba Ortop Traumatol	40	Humanos	Tratar dolor hombro
<b>2015</b>	Arias et al.(31)	Evid Based Complement Alternat Med	36	Humanos	Tratar síndrome subacromial
<b>2016</b>	Moreno et al.(32)	J Sports Med Phys Fitness	8	Humanos	Tratar musculatura recto abdominal
<b>2016</b>	Abat et al.(33)	J Exp Orthop	60	Humanos	Tratar tendinopatía Rotuliana.
<b>2016</b>	Mattiussi et al.(34)	Muscles Ligaments Tendons	1	Humanos	Liberar atrapamiento nervio ciático
<b>2016</b>	Carvajal et al.(35)	Rev Fisioter Invasiva	33	Humanos	Observar cambios termográficos.
<b>2016</b>	Padrón et al.(36)	Rev Fisioter Invasiva	13	Humanos	Comparar distintas aplicaciones de EPM
<b>2016</b>	De la Cruz et al.(37)	Acupunct Med	22	Humanos	Detectar reacción vasovagal
<b>2017</b>	Moreno et al.(38)	Sports Med Phys Fitness	24	Humanos	Tratar entesopatía aductor largo
<b>2017</b>	Garcia et al. (39)	OTSR	100	Humanos	Tratar síndrome latigazo cervical

2017	García, P et al(40).	EuJIM	24	Humano	Detectar vasovagal	reacción
2017	García, P et al.(41)	J Altern Complement Med	36	Humano	Detectar vasovagal	reacción

Tabla 1. Revisión bibliográfica de artículos relacionados con EPM

### 1.2.3. Efectos de la Electrolisis Percutánea Musculoesquelética

Desde un punto de vista reduccionista, la electrolisis percutánea musculoesquelética provoca en el tejido un efecto mecánico asociado a la utilización de la aguja, en la punción, y un efecto eléctrico derivado de la propia corriente galvánica(2).

A continuación, pasamos a describir brevemente cada uno de estos efectos de forma aislada, aunque entendemos que siempre aparecen asociados en el ámbito clínico.

#### Efecto Mecánico:

La estimulación mecánica del tejido conjuntivo provocado por la punción produce una deformación de la matriz extracelular, mediante la cual se activan los receptores aferentes. Además, la activación de los fibrocitos inducida por el movimiento de la aguja desencadena una cascada de transducción de señal; esto es, la activación de los canales iónicos y de las vías de señalización intracelulares. Todo ello conduce a la modificación de la expresión de diferentes genes que codifican componentes de la matriz extracelular, y la síntesis y secreción de proteínas que actúan sobre las células presentes en el tejido conjuntivo.

Así mismo, los fibrocitos interactúan con las fibras de tejido conjuntivo a través de las moléculas de adhesión celular que atraviesan la membrana celular, conectando, de esta forma, el citoesqueleto de las células con la matriz extracelular. Todo ello, unido a la acción de las metaloproteinasas, que producen la destrucción, formación y transformación de la propia matriz extracelular, hace que se desencadene una reorganización local del tejido conjuntivo(2,42).

#### Efecto eléctrico:

El efecto eléctrico se basa en la utilización de la corriente galvánica, que origina a su vez tres efectos: el electroquímico, el electrofísico y el electrotermal, que pasamos a describir.

- **El efecto electroquímico.** La corriente galvánica genera una respuesta polar, que sucede donde se sitúa el electrodo, y otra interpolar, la que se produce en el segmento orgánico situado entre el cátodo y el ánodo(43). El efecto electroquímico polar de la EPM se basa en la utilización del cátodo como electrodo activo. El cuerpo humano, compuesto de un 80% de agua y electrolitos, se comporta de forma similar a una disolución de cloruro sódico (NaCL) al paso de la corriente eléctrica. Si se aplica un potencial eléctrico a un conductor electrolítico, como es el cuerpo humano; esto es, un conductor de 2º tipo y donde los transportadores de carga eléctrica son los iones(44). De este modo, se produce una disociación electrolítica denominada electrolisis. Al reaccionar con el agua presente en el tejido, en el electrodo negativo o cátodo se produce una liberación de hidróxido de sodio (NaOH), dando lugar una activación inmediata de la

respuesta inflamatoria necesaria para restablecer la reparación del tejido blando alterado, y la licuefacción tisular, con liberación de hidrógeno.

El efecto interpolar generado por la corriente galvánica en los tejidos es despreciable teniendo en cuenta los tiempos tan cortos de aplicación (inferior a 30 segundos)(2).

- **El efecto electrofísico.** Consiste en la migración hacia cada uno de los polos de aquellas moléculas cargadas eléctricamente de signo contrario. El paso de la corriente galvánica crea un efecto iónico que provoca una migración de las moléculas y células que se encuentran cargadas eléctricamente hacia uno de los polos, sin provocar cambio en la configuración molecular. Por ello, el electrodo negativo ó cátodo atrae los iones cargados positivamente y repele aquellos cargados negativamente, denominándose cataforesis. Por el contrario, el electrodo positivo ó ánodo atrae los iones cargados negativamente y repele los iones cargados positivamente, definiéndose como anaforesis. El conjunto de cataforesis y anaforesis constituye la electroforesis(43).

La principal consecuencia de este movimiento iónico es la excitación del sistema nervioso periférico y ciertas respuestas indirectas, como contracciones de la musculatura lisa o esquelética, activación de respuestas vasculares y mecanismos analgésicos endógenos(2,26).

- **Efecto electrotermal.** El efecto electrotermal asociado al paso de la corriente galvánica por el organismo, se basa en la microvibración de las partículas cargadas que se encuentran en el medio conductor, y a las fuerzas de fricción que se

generan. Además de la resistencia al paso de la corriente se establece según la ley de Joule, donde la aplicación percutánea hace que esta resistencia sea poco importante. Esta misma resistencia provocaría la producción de calor, pero teniendo en cuenta los tiempos reducidos de aplicación, es despreciable en la electrolisis percutánea musculoesquelética(2).

#### **1.2.4. Indicaciones y contraindicaciones**

Las indicaciones generales a las que se dirigen las técnicas de fisioterapia invasiva son el tratamiento del dolor y otros síntomas asociados a disfunciones del sistema musculoesquelético, neurológico y cardiovascular. El fisioterapeuta deberá realizar una evaluación y un diagnóstico de fisioterapia para determinar de forma individual con cada paciente la pertinencia de las técnicas de fisioterapia invasiva(2).

En la actualidad es un procedimiento muy empleado tanto en el ámbito clínico general como en el deportivo.

Por ello, entendemos que son muy diversas las posibilidades terapéuticas de este procedimiento de Fisioterapia Invasiva. Si bien entendemos que hace falta afianzar todo este cuerpo de conocimiento con estudios válidos y fiables que redunden en una mayor evidencia científica.

Por el contrario, si existen una serie de contraindicaciones que pasamos a detallar.

Como **contraindicaciones absolutas** la electrolisis percutánea musculoesquelética no debería llevarse a cabo en las siguientes circunstancias:

- Miedo insuperable a las agujas (belenofobia).
- En un área o miembro con linfedema, ya que son más susceptibles de infección.
- Epilepsia, especialmente con epilepsia inestable.
- Alergia a los metales (especialmente al níquel). Podemos emplear agujas de otros materiales o revestidas de teflón.
- Alergia a los guantes de látex. Se pueden emplear de otro tipo de material
- Área que presente erosiones o heridas.
- Implantes protésicos.
- Implantes y dispositivos eléctricos.
- Tumores malignos o en las proximidades.
- Tatuajes

Es importante que cuando el tratamiento está contraindicado, el fisioterapeuta respete esta circunstancia y no se vea persuadido por un paciente entusiasta(2).



### 1.2.5. Reacciones adversas y complicaciones a la técnica de EPM

El riesgo potencial de las técnicas invasivas exige al profesional fisioterapeuta que conozca cuales son las complicaciones y efectos adversos asociados, así como las estrategias de prevención y las medidas a adoptar en caso de que sucedan.

Hasta ahora no se han realizado estudios donde se analicen las complicaciones y efectos adversos para la mayoría de las técnicas englobadas bajo el término de fisioterapia invasiva, salvo para la acupuntura, por lo que, aunque técnicas como la punción seca o la EPM, difieran de la acupuntura, todas estas emplean una aguja de punción sólida, por lo que se pueden establecer unas respuestas similares.

A continuación, se describen de forma breve los efectos adversos, complicaciones y accidentes más frecuentes(2,4,45).

- **Sangrado.** Consiste en una pequeña efusión sanguínea tras la retirada de la aguja. Es una de las reacciones adversas más frecuentes y de menor importancia. Suele ser mínimo y se controla rápidamente
- **Hematoma.** Tras la punción al perforar pequeños vasos, en ocasiones se puede provocar un sangrado mínimo que provoque un hematoma inmediato en la zona.
- **Aguja doblada.** Movimientos bruscos del paciente, involuntarios o una mala técnica pueden provocar que la aguja se doble. Únicamente deberemos cambiar la aguja por otra nueva y repetir la técnica.
- **Aguja bloqueada.** Tras la inserción y manipulación de la aguja, puede resultar difícil o imposible elevarla o hundirla, o incluso retirarla. Esto se debe a que las

fibras del tejido se entrelazan con el cuerpo de la aguja y la bloquean, a un espasmo muscular o a un movimiento del paciente.

- **Aguja rota.** La rotura puede deberse a una fabricación defectuosa o de escasa calidad, a la manipulación inadecuada de la aguja, a un espasmo muscular fuerte, a un movimiento repentino e incontrolado del paciente, a la retirada incorrecta de una aguja bloqueada o doblada o al uso prolongado de corriente galvánica. El punto de unión entre el cuerpo y el mango es la parte más expuesta a la rotura.
- **Infección local.** La negligencia en la utilización de técnicas asépticas estrictas puede causar una infección local.
- **Convulsiones.** Con poca frecuencia el paciente puede sufrir leves convulsiones tras la aplicación de la técnica invasiva. Como medida preventiva deberemos preguntar a los pacientes sobre antecedentes convulsivos.
- **Lesiones en nervios.** La lesión del nervio causada por punción directa suele dar lugar a una sintomatología inmediata que incluye dolor agudo e intenso en la zona de la punción que se irradia hacia la parte distal del miembro. También puede ser debida a la compresión producida por un hematoma. En los días siguientes es frecuente la sensación de hormigueos cuando el tejido es sometido a compresión, estiramiento, contracción voluntaria o en actividades de la vida diaria que implique a la zona de compromiso nervioso. Los síntomas se mantienen durante días, semanas, meses, e incluso, en raras ocasiones, permanentemente.

- **Pinchazo accidental.** El profesional, producto de una mala praxis, un descuido o un movimiento inesperado del paciente, puede sufrir un pinchazo accidental. El riesgo de transmisión de VIH, VHB y VHC es muy bajo.

En el caso de complicación o efecto adverso el profesional debe registrar lo sucedido en la historia clínica del paciente(2).

### 1.3. REACCIONES VEGETATIVAS EN LA EPM

Existe evidencia científica en cuanto a la electrolisis percutánea musculoesquelética que debemos destacar por ocasionar cambios en el sistema nervioso autónomo del sujeto. Estas alteraciones pueden derivar en una leve respuesta vasovagal que se caracteriza por la palidez, sudoración, piloerección, frialdad en la piel, mareo y efectos viscerales(4,12,37,45).

En este punto cabe destacar el artículo publicado por De la Cruz et al.(37), en el cual se evaluó a través de la variabilidad de la frecuencia cardíaca el efecto producido en el sistema nervioso autónomo durante la aplicación de EPM ecoguiada en futbolistas varones aficionados sanos. La actividad autónoma fue registrada tanto en reposo como durante la intervención. La aplicación de la EPM se realizó en el tendón rotuliano en una muestra de 22 jugadores, distribuidos en 2 grupos al azar. Al grupo control (n=11) se le realizó una evaluación ecográfica de ambas rodillas, mientras que al grupo de intervención (n=11) se le aplicó EPM ecoguiada en el tendón rotuliano de ambas rodillas. Ambos grupos no obtuvieron ninguna diferencia significativa en la medición basal, partiendo por tanto de una muestra homogénea. Sin embargo, durante la intervención se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo control y de intervención. Los participantes del grupo de intervención registraron un aumento estadísticamente significativo de la actividad parasimpática; así como, una disminución de la actividad simpática. El aumento de la actividad parasimpática se relaciona con una respuesta vegetativa del sistema nervioso autónomo. En consecuencia, se observó que la aplicación de EPM provoca cambios en sistema nervioso autónomo del sujeto(37).

En relación a este estudio de De la Cruz et al. presentamos una comunicación oral en el II Congreso de Fisioterapia Invasiva, la cual obtuvo el premio de mejor comunicación oral del evento (Anexo 1)

En otro trabajo realizado por el mismo grupo investigador(46) se analizó la respuesta vegetativa de un futbolista sano de 25 años durante la aplicación de EPM en el tendón rotuliano. A dicho sujeto se le registró previamente su actividad nerviosa basal, situada dentro de la normalidad, así como, se descartó que el sujeto sufriera cualquier tipo de aprensión, a través de la escala de aprensión psicológica personal (EAPP). Durante la aplicación de EPM se registró en el sujeto un aumento estadísticamente significativo de la actividad parasimpática y un descenso estadísticamente significativo de la actividad simpática. Ello supuso un descenso estadísticamente significativo del balance autónomo, que se tradujo en un predominio de la actividad parasimpática, que le ocasionó al sujeto una reacción vasovagal ó síncope con síntomas vegetativos transitorios(46) (Anexo 2).

El síncope vasovagal se debe a la reducción del flujo sanguíneo cerebral, que se produce como consecuencia de la activación de un reflejo que da lugar a una disminución brusca de la presión arterial y/o de la frecuencia cardíaca, ante un desencadenante que puede ser el dolor intenso durante la aplicación de electrolisis percutánea musculoesquelética. Esta respuesta vasovagal nos indica el nivel de activación provocado. Lo importante en estos casos es actuar de forma rápida y consecuente para minimizar la aparición de los síntomas(2,37).

Existen diversas situaciones que pueden facilitar el síncope vasovagal en el paciente y que el fisioterapeuta debe tener en cuenta para prevenirlo, como son la

hipoglucemia, la mala hidratación, la hipotensión, las situaciones de estrés o ansiedad o los episodios previos de síncope(2).

Debemos contemplar también aquí el trabajo realizado por Carvajal et al.(35,47), en el que se cuantificó por termografía la respuesta tras la aplicación de la electrolisis percutánea sobre el tendón rotuliano. De forma general, observó que había sujetos que presentaban una respuesta de ascenso o descenso de la temperatura cutánea de forma bilateral, lo que sugiere una activación autonómica simpática de origen central.

Como podemos observar a tenor de los estudios analizados y los datos obtenidos debemos ser cautos a la hora de realizar con seguridad un procedimiento de EPM.

No obstante, todos los estudios e investigaciones refieren que es necesario realizar más investigaciones que arrojen luz sobre este tema. Tal es el caso de esta tesis doctoral.

#### 1.4. VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA

El estudio de la variabilidad de la frecuencia cardíaca requiere antes de una aproximación al **Sistema Nervioso Autónomo (SNA)**. Concretamente, las reacciones vasovagales registradas durante la aplicación de electrolisis percutánea musculoesquelética, se relacionan con la actividad del SNA basado en el equilibrio entre el **sistema nervioso simpático (SNS)** y el **sistema nervioso parasimpático (SNP)**(2,4,37,48). En un estado de reposo predomina la estimulación vagal (SNP), la cual se encarga de disminuir rápidamente la frecuencia cardíaca (FC), mientras que en estados de ansiedad, stress y ejercicio físico predomina la estimulación del SNS, que aumenta la frecuencia del latido cardíaco(48–51).

Así, uno de los indicadores más actuales en el estudio del Sistema Nervioso Autónomo es la evaluación de la **Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca(VFC)**(48,50,52,53). La frecuencia cardíaca (FC) es uno de los parámetros no-invasivos más utilizado en el análisis y en la valoración de la actividad cardíaca(49,50,52), no obstante los latidos cardíacos de una de una persona sana se producen a una frecuencia variable. Este es el parámetro que representa la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC)(49,50).

La **VFC** es un parámetro indicador del nivel de salud cardiovascular, de manera que su análisis permite un estudio no invasivo de la actividad del sistema nervioso autónomo (SNA) sobre el nodo sinusal del corazón. No se sabe bien cuál es la relación exacta entre VFC y SNA, pero sí se puede afirmar que cuando aumenta la actividad simpática se produce un descenso de la VFC, mientras que cuando predomina la actividad

parasimpática aumenta la VFC. Por tanto, de alguna manera la VFC refleja el control del SNA sobre el sistema cardiovascular: una VFC alta es señal de un buen funcionamiento y adaptabilidad del SNA, considerado como un estado saludable, mientras que una baja VFC significa un funcionamiento anormal o una adaptabilidad insuficientes del SNA, lo cual es indicador de mala salud(50,53).

La VFC se define como la *variación de la frecuencia del latido cardiaco durante un intervalo de tiempo definido*(48–50,53). Se obtiene identificando el momento donde aparece cada onda R y se calcula el tiempo transcurrido entre dos ondas R consecutivas.



Figura 3. Intervalo RR.

Dada la posibilidad que tiene el parámetro de la VFC de aportar información sobre el estado de salud general del sistema cardiovascular, cada vez es mayor el protagonismo que está adquiriendo en el ámbito de las ciencias del deporte y de la salud, como herramienta de control del rendimiento físico-deportivo y del efecto de los tratamientos físicos(49,50,53).

Existen diferentes métodos para analizar la VFC, que permiten obtener múltiples y variados parámetros. Así, según el dominio de tiempo o frecuencia podemos obtener



diversos parámetros muy útiles para su estudio (Tabla 2). Sin embargo, por su representatividad y claridad destacaremos los parámetros obtenidos según el gráfico de dispersión de Poincaré(48,50,53).

El **gráfico de dispersión de Poincaré** se define como la representación gráfica del comportamiento dinámico de la señal cardíaca. Este gráfico no se puede considerar un verdadero método no lineal, dado que los intervalos RR consecutivos se trasladan a un diagrama de dispersión de dos dimensiones, en el cual cada punto de la serie RR está representado frente al valor anterior(37,48,50).

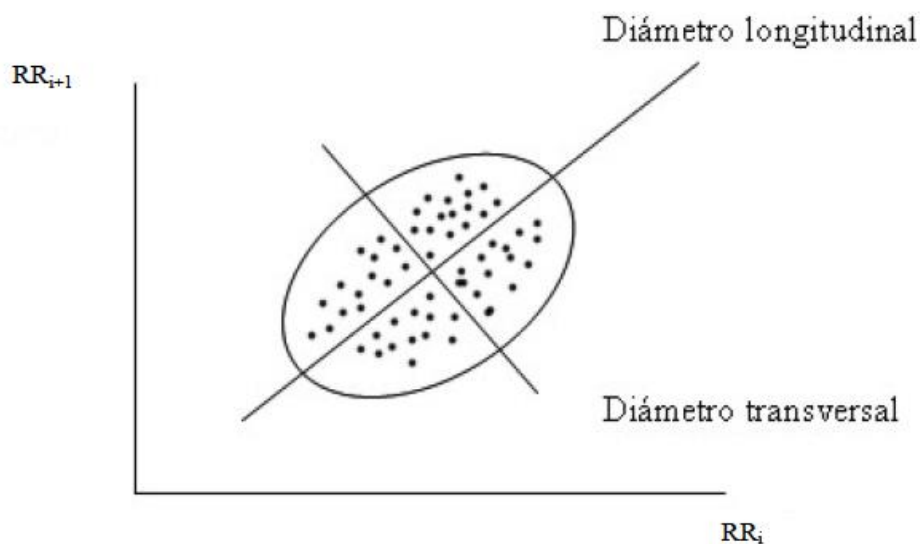


Figura 4. Gráfico de Dispersión de Poincaré.

El gráfico de dispersión Poincaré muestra de forma visual las variaciones que se producen en la serie de tiempos RR. En esta gráfica los datos tienden a ajustarse a una elipse, con un centroide coincidiendo con el centro de las marcas. El eje menor o transversal denominada SD1 describe los cambios de la frecuencia cardíaca a corto plazo,

y representa con ello los cambios producidos en el sistema parasimpático. El eje mayor de la elipse, denominado SD2, muestra la pendiente del eje longitudinal y describe absolutamente la desviación a largo plazo de la frecuencia cardíaca. SD2 representa así la acción inversa de la actividad simpática. Para facilitar el análisis del gráfico de dispersión de Poincaré, Naranjo et al.(48) idearon dos nuevos parámetros, denominados “índice SS” (“stress score index”) que representa de forma directa la actividad simpática, y “S:PS ratio” que refleja la interacción entre la actividad parasimpática y simpática(37,48,50).

Como consecuencia de todo lo anteriormente referido, la VFC es el resultado de las interacciones entre el Sistema nervioso autónomo -SNA- (con su equilibrio simpatico-vagal) y el sistema cardiovascular, por lo que se ha convertido en uno de los principales parámetros del estudio del sistema nervioso de forma no invasiva(49,50,54).

La aplicación de la VFC está en continuo crecimiento, ya no solo en el campo de la cardiología, sino también en el de la psicología o el ámbito deportivo, entre otros(48,49,55,56). Su descubrimiento en el campo de la Fisioterapia ha sido más reciente, convirtiéndose en una herramienta objetiva para la evaluación del Sistema Nervioso Autónomo en distintas terapias(12,57–60).

El estudio de la VFC en la Fisioterapia ha sido desarrollado sobre todo a través del efecto de métodos como la terapia fascial, la hidroterapia, la acupuntura o el masaje en el tratamiento del dolor crónico y la fibromialgia, con el fin de comprender mejor el proceso de dichas patologías(58,60–62).

En la tabla 2, descrita a continuación, se muestran los diferentes parámetros de medición, según el método de análisis, de la variabilidad de la frecuencia cardíaca.

<b>Método análisis</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Función</b>
<b>Dominio Temporal</b>	<b>SDRR</b>	Indica el concepto de variabilidad total.
	<b>RMSSD</b>	Variaciones a corto plazo de los intervalos RR.
	<b>pNN50</b>	Indica variaciones altas espontáneas de la FC.
	<b>SDANN</b>	Desviación estándar de los periodos RR en 5 minutos.
	<b>ASDNN</b>	Índice de las desviaciones estándar de los intervalos RR en 24h
<b>Dominio de Frecuencia</b>	<b>TP</b>	Potencia Total. Varianza de todos los componente de los intervalos RR inferiores a 0,4Hz
	<b>ULF</b>	Ultra low frequency. Rango de frecuencias inferiores a 0,003.
	<b>VLF</b>	Rango de frecuencias de 0,003 a 0,04.
	<b>LF</b>	Frecuencias de 0,04 a 0,15 Hz. Influencias del SNS.
	<b>HF</b>	Entre 0,15 y 0,4. Influencia del SNP.
	<b>LF/HF</b>	Proporción entre baja y alta frecuencia. Equilibrio simpatico-vagal.
<b>Diagrama Poincaré</b>	<b>SD1</b>	Diámetro transversal. Directamente proporcional a la actividad parasimpática
	<b>SD2</b>	Diámetro longitudinal. Inversamente proporcional a la actividad simpática
	<b>SS</b>	Inverso de SD2. Directamente proporcional a la actividad simpática
	<b>S:PS</b>	Interacción entre la actividad parasimpática y simpática.

Tabla 2. Parámetros de medición de la VFC.

## 1.5. JUSTIFICACIÓN

El **fútbol** ha sido y es el deporte más practicado del mundo(63–66). Por ello son muchos los autores que han reflejado en sus estudios las lesiones que en él se presentan(67–69). A pesar de que actividades como el rugby sean de naturaleza más agresiva, es el balompié el que presenta una mayor incidencia de lesiones(63). Concretamente, la incidencia de tendinopatías ocupan un lugar preponderante en el fútbol, cobrando especial importancia las que afectan al tendón rotuliano con una prevalencia del 40% al 50% con respecto al total(63,70).

La **Electrolisis Percutánea Musculoesquelética** ha demostrado ser, frente a la mayoría de tratamientos conservadores y quirúrgicos, un procedimiento eficaz en el tratamiento de la tendinosis patelar(8,11,22). Dicha técnica ha logrado mejorar la funcionalidad de los pacientes que padecían de dolor en el tendón rotuliano y acelerar su recuperación(8,11).

Estudios recientes sobre tendinopatías indican que, “los tratamientos actuales de Fisioterapia que se llevan a cabo en hospitales públicos, son poco efectivos a corto y largo plazo, desarrollándose con la única política de esperar y ver qué pasa”(25). Este hecho hace que los procesos de rehabilitación sean prolongados y por tanto costosos para una sanidad pública que se encuentra actualmente en una situación controvertida(2,25). La aplicación de la EPM, en tendones afectados, ha mostrado **reducir el proceso de rehabilitación**(11,22), además de **disminuir el riesgo de recidivas**(8,25). Estos aspectos son muy importantes en el mundo deportivo y que convierte esta técnica en una reducción del coste destinado a estas patologías(25,69).

Aunque el procedimiento de esta terapia ha demostrado ser **seguro y eficiente**(11,25), la punción hace que en varias ocasiones se produzcan reacciones vasovagales(2,4,37) que nos hacen interesarnos por el equilibrio del Sistema Nervioso Autónomo de aquel que las presenta(4,37,45).

A través de la **variabilidad de la frecuencia cardiaca** (VFC) podemos estudiar la actividad del sistema nervioso autónomo y de esta forma evaluar el **equilibrio simpaticovagal** que desata las citadas reacciones vasovagales(37,48,50). A pesar de que esta herramienta surgió en el ámbito de la cardiología, en la actualidad, campos como la psicología o la neumología ya lo consideran un parámetro imprescindible en sus investigaciones, y su uso en la medicina del deporte y en la Fisioterapia está cada vez más en auge(48,53,55,56).

La investigación sobre la influencia de la fisioterapia invasiva sobre el sistema nervioso autónomo es escasa, hasta el estudio publicado por De la Cruz et al.(37) donde se observaron los efectos que producía el tratamiento con EPM en los sujetos, la investigación existente se limitaba al campo de la acupuntura(37).

Por otro lado, se ha descubierto que los **cambios en la VFC** son diferentes entre las mujeres y los hombres(71–73), afirmándose que las mujeres tienen una mayor prevalencia de actividad parasimpática que los hombres y, por lo tanto, las mujeres muestran una mayor VFC(71). Moodithaya et al(72) mostraron que la actividad parasimpática fue significativamente mayor en mujeres adolescentes y adultas en comparación con varones de la misma edad. Además, descubrieron que las diferencias relacionadas con el género, en la regulación parasimpática, disminuye después de los 50 años de edad. Por su parte, Reulecke et al(73) sugirieron la necesidad de separar los

géneros masculino y femenino en los estudios que tratan de analizar el SNA durante los cambios de posición del individuo.

Ante el descubrimiento de la influencia que ejerce la EPM sobre el balance en el sistema nervioso autónomo de una determinada muestra(37), y conociendo las diferencias existentes en la VFC entre hombres y mujeres, surge la necesidad de indagar en estas cuestiones con el fin de conocer mejor su causa, y poder extrapolar los resultados a otros grupos de población.

Llegados a este punto nos planteamos dos líneas de investigación distintas, que se desarrollaran en dos proyectos diferentes:

En el **primer estudio**, conociendo las diferencias existentes en el sistema nervioso autónomo de hombres y mujeres, vimos la necesidad de extrapolar estos resultados a la población femenina, con el fin de conocer cómo afecta la EPM en el sistema nervioso autónomo de la mujer.

En el **segundo estudio**, y al tratarse la EPM de un procedimiento que combina la punción y la corriente galvánica, desarrollaremos ante esta situación una vía de investigación que averigüe si su efecto sobre el sistema nervioso autónomo es causado por la punción, o por la combinación de ésta con la corriente galvánica.

# OBJETIVOS

## **2. OBJETIVOS GENERALES**

1. Analizar el efecto de la EPM ecoguiada sobre el sistema nervioso autónomo de futbolistas sanas, durante el abordaje del tendón rotuliano, a través del estudio de la variabilidad de la frecuencia cardíaca.
2. Comparar, a través de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, el efecto que ejerce, sobre el sistema nervioso autónomo de futbolistas sanos, la aplicación de EPM, con y sin administración de la corriente galvánica, en el tendón rotuliano.



# ESTUDIO 1

### **3. ESTUDIO 1:**

***“AUTONOMIC ACTIVITY IN WOMEN DURING PERCUTANEOUS NEEDLE ELECTROLYSIS”***

***“RESPUESTA AUTÓNOMA EN MUJERES DURANTE LA ELECTROLISIS PERCUTÁNEA MUSCULOESQUELÉTICA”.***

### 3.1.RESUMEN

#### *“Respuesta Autónoma en mujeres durante la electrolisis percutánea musculoesquelética”*

**Objetivo.** La electrolisis percutánea musculoesquelética (EPM) ecoguiada es un nuevo abordaje mínimamente invasivo, que consiste en la aplicación de una corriente galvánica a través de una aguja de acupuntura. El objetivo fue evaluar los cambios en la actividad autonómica de la mujer durante la técnica de EPM ecoguiada en tendones patelares sanos mediante la medición y el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC).

**Método.** Estudio caso-control. Se asignaron al azar a veinticuatro mujeres futbolistas a un grupo control, para el que se registró la VFC durante 10 minutos, tanto en reposo como durante un examen exhaustivo del tendón rotuliano y estructuras adyacentes, y un grupo experimental para el que se registró la VFC durante 10 minutos, tanto en reposo como durante la aplicación de EPM ecoguiada en el tendón rotuliano. Se evaluaron los siguientes parámetros de la VFC: intervalo NN medio, frecuencia cardiaca media, parámetros del dominio del tiempo (SDNN, rMSSD, pNN50), diámetros del gráfico de Poincaré (SD1, SD2), stress score (SS) Parasimpático (relación S / PS).

**Resultados.** No hubo diferencias entre los grupos en ninguna medida de referencia, ni diferencias significativas entre las mediciones basales del grupo control y experimental. El grupo experimental mostró aumentos estadísticamente significativos en el SDNN ( $p = 0,003$ ), rMSSD ( $p = 0,004$ ), SD1 ( $p = 0,004$ ), SD2 ( $p = 0,003$ ) y disminuciones estadísticamente significativas en SS ( $p = 0,01$ ) y S / PS ( $P = 0,02$ ), lo que indica un aumento parasimpático y una disminución de la actividad simpática.

**Conclusiones:** En las mujeres, la EPM ecoguiada se asoció con un desequilibrio autonómico caracterizado por una mayor actividad parasimpática, lo que podría dar lugar a una reacción vasovagal.

**Palabras clave.** Sistema nervioso autónomo; efectos adversos; ecografía; mujer; variabilidad de la frecuencia cardíaca

### 3.2.INTRODUCCIÓN

La electrolisis percutánea musculoesquelética (EPM) es un abordaje novedoso y mínimamente invasivo, que se basa en la aplicación de una corriente galvánica a través de una aguja de acupuntura(2,8). Esta técnica aplicada principalmente para tratar patologías musculoesqueléticas(8,9,11,31), induce, al igual que sucede con la acupuntura(74–77), cambios en la mecanotransducción del tendón(27,28).

Sin embargo, durante el desarrollo de este procedimiento, en el que se interviene con agujas, se han observado alteraciones del comportamiento autónomo. En su estudio, De la Cruz et al.(37) evaluaron los cambios en la actividad simpática y parasimpática del sujeto (a través de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC)) durante la aplicación de electrolisis percutánea en el tendón rotuliano sano de 22 futbolistas masculinos aficionados. Los resultados de esta investigación mostraron que la EPM ecoguiada provocaba en los hombres un desequilibrio autonómico caracterizado por una mayor actividad parasimpática, produciéndose, ocasionalmente, reacciones vasovagales. Estos fenómenos clínicos están mediados por el nervio vago y se caracterizan por un aturdimiento y malestar presentes en el paciente, no obstante, de forma excepcional, estas reacciones vasovagales pueden producir una pérdida de conciencia breve y reversible (síncope vasovagal)(37).

La relevancia de este hallazgo para la práctica clínica radica en la prevención de estas reacciones vagales clínicamente significativas (incluido el síncope). Por lo tanto, es importante indicar a los fisioterapeutas que esta técnica invasiva debe realizarse con el debido cuidado y control, y estar completamente preparado para atender cualquier reacción adversa(37).

La VFC se ha validado como una herramienta precisa para evaluar el estado del sistema nervioso autónomo en diversas situaciones(12,78–82). Dado que las reacciones vasovagales implican un desequilibrio autonómico caracterizado por un predominio de la actividad parasimpática, la VFC puede ser una herramienta útil para detectar estas reacciones. Kitagawa et al.(81) sugirieron que la estimulación con acupuntura de los puntos gatillo del músculo tibial anterior incrementa transitoriamente la actividad nerviosa parasimpática. Otros autores(51,83,84) informaron de una mayor actividad simpática durante el pinchazo de acupuntura, que generalmente es seguido por un aumento del tono parasimpático después.

Mujeres y hombres presentan diferencias fisiológicas y conductuales en la actividad cardíaca(71–73). Por lo general los hombres muestran una mayor actividad simpática. Por el contrario el sexo femenino se caracteriza por una actividad vagal dominante, y por tanto, presentan una VFC más elevada(71,73). La VFC sufre además cambios en función de la edad del sujeto, Moodithaya et al(72). mostraron que la actividad parasimpática fue significativamente mayor en mujeres adolescentes y adultas en comparación con varones de la misma etapa de edad. A la vez que demostraron que estas diferencias relacionadas con el género en la regulación parasimpática disminuyeron después de los 50 años de edad. Esto nos hace considerar el hecho de que hombres y mujeres responden de manera diferente en salud y enfermedad, y que por tanto se debe tener en cuenta a la hora de aplicar un tratamiento o evaluar su efecto(73).

Es por estas diferencias que Reulecke et al.(73), sugirieron la necesidad de separar los géneros en estudios relacionados con la VFC, con el objetivo de disminuir los sesgos en futuras investigaciones.

### 3.3.HIPÓTESIS

**Hipótesis:** La aplicación de electrolisis percutánea musculoesquelética ecoguiada, en el tendón rotuliano, produce un desbalance significativo en el sistema nervioso autónomo de futbolistas amateur sanas.

- Hipótesis nula: La aplicación de electrolisis percutánea musculoesquelética ecoguiada, en el tendón rotuliano, no produce un desbalance significativo en el sistema nervioso autónomo de futbolistas amateur sanas.

### 3.4.OBJETIVOS

#### 3.4.1. Objetivos principales:

1. Analizar el comportamiento del sistema nervioso simpático de futbolistas amateur sanas, durante la aplicación de electrolisis percutánea musculoesquelética ecoguiada en el tendón rotuliano, a través de la variabilidad de la frecuencia cardíaca.
2. Estudiar el comportamiento del sistema nervioso parasimpático de futbolistas amateur sanas, durante la aplicación de electrolisis percutánea musculoesquelética ecoguiada en el tendón rotuliano, a través de la variabilidad de la frecuencia cardíaca.
3. Comparar la medición basal con la medición durante la aplicación de la técnica EPM.

#### 3.4.2. Objetivos operativos:

1. Evaluar la VFC (10 minutos) durante el reposo para establecer los valores basales.
2. Registrar la VFC (10 minutos) durante la aplicación de la técnica EPM sobre el tendón rotuliano.
3. Establecer el comportamiento del sistema nervioso autónomo a través del gráfico de dispersión de Poincaré en el grupo control y grupo intervención.



### 3.5. MATERIAL Y MÉTODO

#### 3.5.1. Diseño

Según los criterios de Argimón y Jiménez(85) podemos describir este trabajo como un estudio **experimental**, pues pretende evaluar la relación causa efecto de un tratamiento específico para estudiar sus resultados en una muestra determinada, **aleatorizado** y **controlado**, pues la muestra, es distribuida por grupos al azar, **prospectivo** ya que en relación a la cronología de los hechos, el diseño de la investigación es anterior a los datos estudiados y **transversal** dado que la recogida de datos se realiza en un momento determinado en el tiempo.

#### 3.5.2. Criterios de inclusión y exclusión

En la selección de la muestra tendremos en cuenta como criterio de inclusión:

- ✓ Ser mujer
- ✓ Tener una edad comprendida entre los 18 y los 33 años
- ✓ Jugar al fútbol de forma amateur
- ✓ No padecer ninguna lesión musculoesquelética en la rodilla

Del mismo modo, serán excluidos del estudio:

- ✗ Los sujetos que no firmen el consentimiento informado o rehúsen de su participación en la investigación (Anexo3).
- ✗ Las participantes que reciban una puntuación mayor a 37,5 en la Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP)(86) (Anexo 4).

- ✘ Aquellas jugadoras que presenten algunas de las contraindicaciones de la EPM(2):
  - Enfermedad crónica articular
  - Intervención quirúrgica en la zona de interés
  - Prótesis o osteosíntesis en el área de intervención
  - Enfermedades cardíacas o tumorales
  - Coagulopatías
  - Estar bajo los efectos de determinados medicamentos (fluoroquinolones, anticoagulantes, corticoesteroides o antiinflamatorios no esteroideos)
  
- ✘ Mostrar alguna contraindicación característica de la punción(2):
  - Miedo insuperable a las agujas
  - Antecedentes de reacciones adversas a las agujas
  - Alteración del sistema inmunitario
  - Dificultad de expresar sus sensaciones adecuadamente
  - Epilepsia y/o alergia a los metales

### 3.5.2.1.Aspectos éticos

Todos los sujetos del estudio serán informados por escrito y verbalmente acerca del procedimiento de medición del estudio que llevaremos a cabo, mediante la firma de un **Consentimiento Informado** para la participación en dicho estudio (Anexo 3)). Se considerará la **ley 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal**(87) en el proceso de recogida y tratamiento de los datos de los distintos participantes del estudio. De esta forma, toda la información recogida será la estrictamente necesaria para la realización de nuestro estudio.

De acuerdo con la **Carta Internacional de los Derecho del Hombre**(68), adoptada por resolución 217 A (III) de la Asamblea General de las Naciones Unidas, de 10 de diciembre de 1948, la **delegación de Bioética de Gijón del año 2000**, de la **Sociedad Internacional de Bioética** y la **declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial**, en su versión revisada del año 2013(88), todos los procesos a realizar en nuestro estudio seguirán los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos.

Toda la información que recojamos durante nuestro trabajo será guardada en formato informático y físico y debidamente custodiada. También se tendrá en cuenta la privacidad de los sujetos no revelando ningún dato referente a su persona a cualquier individuo ajeno a la investigación.

El estudio obtuvo la aprobación del **Comité de Bioética de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío** (Anexo 5)

### 3.5.3. Variables

Para llevar un control más exhaustivo de los datos en este apartado describiremos las diferentes variables que pretendemos estudiar:

- **Variable independiente.** Vendrá dada por la aplicación de corriente galvánica, presentándose como una variable cualitativa dicotómica:
  - Intervención de EPM (descrita más adelante).
  - No intervención de EPM
  
- **Variables dependientes.** Representadas por todas las variables pertenecientes al estado neurofisiológico del sujeto derivadas de la VFC. Tendrán un carácter cuantitativo continuo.
  - Frecuencia Cardíaca (FC) evaluada en latidos por minuto (lpm)
  - Intervalo RR registrado en milisegundos (ms)
  - Desviación estándar de los periodos RR en 5 minutos (SDNN) calculada en milisegundos (ms)
  - Variaciones a corto plazo de los intervalos RR (RMSSD), registrada en milisegundos (ms)
  - Porcentaje de los intervalos RR consecutivos que discrepan en más de 50 ms (pNN50%) expresado en porcentaje (%)
  - SD1, diámetro transversal del gráfico de dispersión Poincaré, registrado en milisegundos (ms)
  - SD2, diámetro longitudinal del gráfico de dispersión Poincaré, registrado en milisegundos (ms)
  - SS, inversa de SD2, registrado en milisegundos (ms)

Existe otro conjunto de variables que nos permiten controlar la validez interna de nuestro estudio como es la escala e aprensión psicológica personal (EAPP).

Por otro lado, tenemos las variables de carácter personal que nos permiten extrapolar os resultados obtenidos como son el peso, la talla y el índice de masa corporal.

A continuación, detallamos el carácter de estas variables:

- **Variables antropométricas.** Peso, Talla e Índice de Masa Corporal. Todas ellas variables cuantitativas continuas, registradas en Kilogramos(Kg), metros(m) y  $\text{kg/m}^2$ , respectivamente, a través del cuestionario “datos personales”.
- **Aprensión Psicológica del sujeto.** Mediante la Escala de Aprensión Psicológica Personal(EAPP)(86)(Anexo 4), teniendo todos los sujetos una puntuación de 15 a 37 puntos.

### 3.5.4. Procedimiento

El proceso de medición se desarrolló en dos fases sucesivas en el tiempo.

1ª Fase: se realizó en las instalaciones del club. Donde tuvo lugar la recogida de la VFC basal.

La VFC fue registrada a través del hardware Firstbeat BODYGUARD® y analizada a través del software Firstbeat Uploader®(89). El receptor (Firstbeat BODYGUARD®) posee un canal con dos entradas que terminan en cómodos broches a los que se adaptan electrodos de electrocardiograma. Para una mayor facilidad a la hora de colocar el dispositivo, cada broche posee un color, amarillo y rojo. El primero se colocó bajo el tercio medial de la clavícula derecha, y el rojo en lado izquierdo del cuerpo por debajo del corazón (en la caja torácica)(70). Antes de colocar los electrodos se limpió debidamente la zona con alcohol.



Figura 5. Colocación del dispositivo Firstbeat®

Durante la evaluación, cada participante estuvo en sedestación en una habitación vacía y bien iluminada de forma que se encontrara exenta de estímulos externos que

alteraran su VFC basal. La medición se realizó a primera hora de la mañana y de forma previa a cualquier actividad deportiva, y en ayunas. La prueba duró 10 minutos debidamente cronometrados.

2ª Fase: tuvo lugar en la “Clínica Blanca de la Cruz”, en Sevilla.

En primer lugar, se llevó a cabo la recepción de cada participante y **aleatorización del sujeto** en uno de los 2 grupos de estudio grupo “intervención” o “control”.

Para ello se le pidió a cada participante que extrajera de un saco opaco un dado, si el dado era de color negro la participante pertenecería al grupo de intervención, y si, por el contrario, el dado era blanco, se correspondería con el grupo control. El saco contenía 24 dados, 12 de color negro y 12 de color blanco.

Tras esto, se situó a la participante en la habitación dispuesta para la realización de la prueba. La deportista se colocó en sedestación reclinada a 75° con una almohada cervical para que pudiera observar el desarrollo de la prueba. Para una correcta evaluación ecográfica de la rodilla se siguió el protocolo establecido por la Sociedad Europea de ecografía musculoesquelética, y se posicionó la articulación en una flexión de 20/30°. La colocación del hardware FirstBeat® fue análoga a la 1ª fase una vez que la futbolista estuvo en la camilla y de forma previa al comienzo de la prueba.

En el caso de pertenecer al **grupo control**, durante 10 minutos, se llevó a cabo la evaluación ecográfica de la rodilla siguiendo el protocolo establecido por la Sociedad Europea de Radiología Musculoesquelética. Se utilizó un ecógrafo General Electric Logic-E con un cabezal lineal de 12 Mhz y se usó gel hidrosoluble sobre el cabezal del ecógrafo para facilitar la señal de las imágenes. Tras esto se procedió a desactivar el registro de la VFC.

En el **grupo intervención** se procedió, durante 10 minutos, a la realización ecoguiada de electrolisis percutánea musculoesquelética, empleando un abordaje tanto longitudinal como transversal siguiendo los patrones y parámetros descritos según Valera y Minaya(2). Para completar los minutos de intervención, el sujeto observó en todo momento la preparación de la técnica (dispositivo EPI® y aguja), así como el reconocimiento mediante ecografía del área de interés y su ejecución. La aplicación de corriente galvánica se llevó a cabo mediante un certificado médico, específicamente desarrollado por la Directiva 93/42/CEE, el dispositivo EPI® (Medicina Avanzada, Barcelona España). El dispositivo Firstbeat® estuvo activado durante los 10 minutos que se prolongó la prueba.

Se emplearon agujas desechables, que fueron debidamente eliminadas tras su uso, depositándolas en un envase de residuos biosanitarios cortantes y punzantes(2).

Los distintos procedimientos se llevaron a cabo por un fisioterapeuta experto en fisioterapia invasiva ecoguiada.



### 3.5.5. Análisis de datos

En ambos estudios y en cada una de sus fases, los registros del intervalo RR de cada uno de los sujetos fueron volcados a un ordenador utilizando el software Firstbeat Uploader® (Firstbeat Technologies Jyväskylä, Finlandia)(89) y las series temporales fueron analizadas con el programa Kubios HRV® (University of Eastern Finland, Kuopio, Finlandia)(90).

Se obtuvieron los siguientes parámetros: intervalo RR, frecuencia cardíaca (FC), SDNN, rMSSD, pNN50%, SD1, SD2, SS y ratio S/PS(37,48).

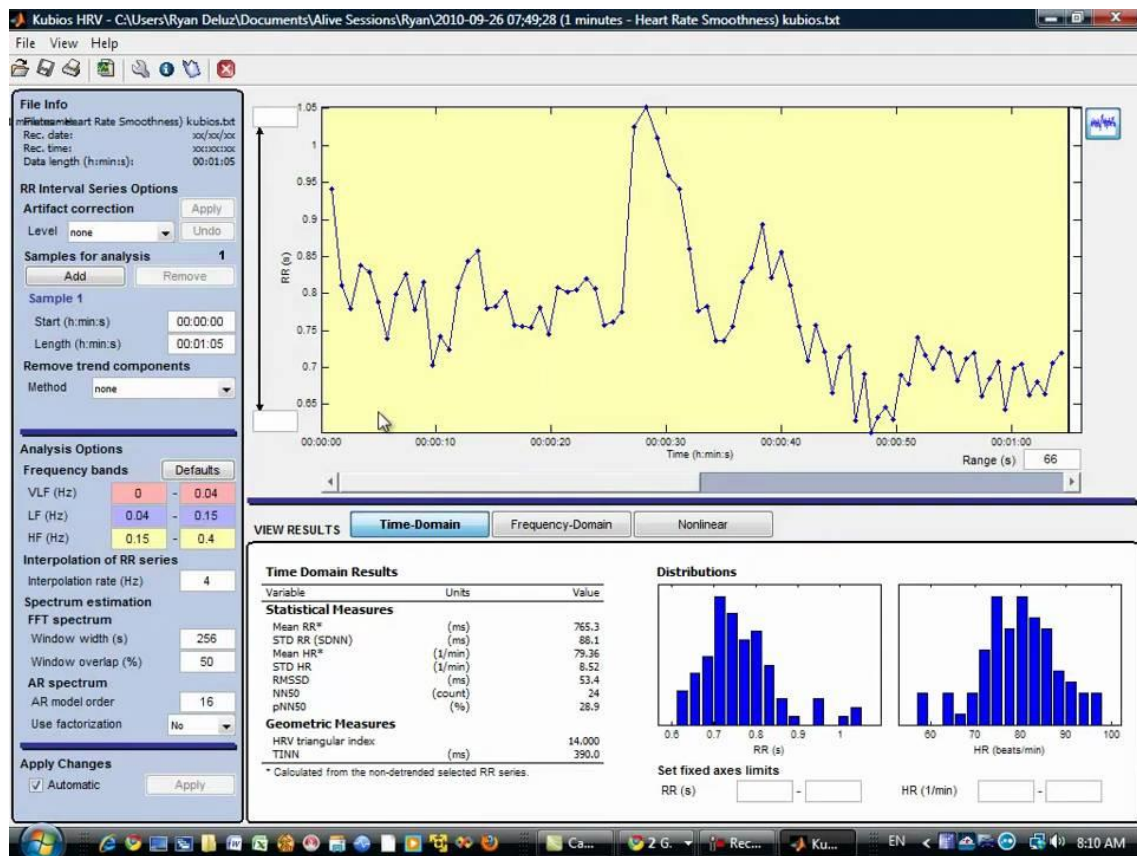


Figura 6. Software Kubios HRV

### **3.5.6. Análisis estadístico**

El paquete informático IBM SPSS versión 21.0 para Windows, fue el empleado para el análisis estadístico

En primer lugar, se realizará un estudio descriptivo de todas las variables a través de medidas de tendencia central y de dispersión como son la media y la desviación estándar (DE).

Para establecer la normalidad de las variables del estudio se aplicó el test Sharipo-Wilk, de forma conjunta y para cada uno de los grupos de estudio. Para establecer la existencia o no de significación estadística se utilizó la prueba “t-Student” para muestras independientes en la medición basal y durante la intervención de cada grupo y la prueba t-Student para muestras dependientes, para comparar la medición basal con la medición durante la intervención en ambos grupos. Se consideró un valor de  $p < 0,05$  para establecer el nivel de significación(91).

### 3.6. RESULTADOS

En la **tabla 3** se contemplan los resultados de las variables antropométricas de cada grupo, donde puede observarse que no hubo diferencias basales significativas en las variables demográficas entre los sujetos del grupo “control” y el grupo “experimental”, incluyendo la edad ( $23.92 \pm 3.37$  vs  $23.08 \pm 2.75$  años,  $p = 0.51$ ), el peso ( $60.92 \pm 6.40$  vs  $60.00 \pm 5.33$  kg,  $p = 0,71$ ), altura ( $167,75 \pm 0,06$  vs  $165,42 \pm 0,05$  cm,  $p = 0,34$ ), e índice de masa corporal ( $21,62 \pm 1,47$  vs  $21,98 \pm 2,33$ ,  $p = 0,65$ ).

	Edad (años)	Altura (cm)	Peso (Kg)	IMC
Grupo “control”	$23.92 \pm 3.37$	$167,75 \pm 0,06$	$60.92 \pm 6.40$	$21,62 \pm 1,47$
Grupo “experimental”	$23.08 \pm 2.75$	$165,42 \pm 0,05$	$60.00 \pm 5.33$	$21,98 \pm 2,33$

Tabla 3. Características basales de los grupos de estudio.

En la escala EAPP, el grupo control y grupo experimental obtuvieron  $21,67 \pm 4,66$  y  $22,42 \pm 4,29$ , respectivamente ( $p = 0,69$ ).

Todas las comparaciones se obtuvieron con un nivel de significación  $p > 0,05$ .

La **tabla 4** muestra la **media y la desviación estándar de las variables del estudio** (promedio del intervalo NN, media de la FC, SDNN, rMSSD, pNN50, SD1, SD2, SS y relación S / PS) en reposo (medida basal) y durante el examen ecográfico de la rodilla o la aplicación de la técnica EPM ecoguiada en los grupos control y experimental, respectivamente.

**No hubo diferencias** entre el grupo control y el grupo experimental en las **mediciones basales** del intervalo RR ( $872,28 \pm 131,20$  vs.  $890,58 \pm 125,38$  ms,  $p = 0,87$ ), FC  $68,79 \pm 10,48$  frente a  $72,14 \pm 15,36$  lpm,  $p = 0,53$ ), SDNN ( $63,40 \pm 26,35$  frente a  $72,82 \pm 26,48$  ms,  $p = 0,46$ ), RMSSD ( $53,10 \pm 29,82$  frente a  $64,44 \pm 30,94$  ms,  $p = 0,49$ ), pNN50 ( $30,89 \pm 20,88$  frente a  $35,32 \pm 19,54\%$ ,  $p = 0,82$ ), SD1 ( $42,54 \pm 23,48$  vs  $45,45 \pm 21,83$ ,  $p = 0,95$ ), SD2 ( $89,11 \pm 33,90$  vs  $96,53 \pm 35,56$ ,  $p = 0,69$ ), SS ( $13,20 \pm 6,61$  frente a  $11,65 \pm 3,93$ ,  $p = 0,53$ ) O relación S / PS ( $0,58 \pm 0,67$  frente a  $0,34 \pm 0,22$ ,  $p = 0,31$ ).

Tampoco existieron diferencias significativas entre las mediciones del grupo de control tomadas al inicio y durante el examen ecográfico ( $p > 0,05$ ).

Por contraste, comparado con los valores basales, **el grupo experimental** mostró **cambios estadísticamente significativos en todos los parámetros de la VFC** durante la EPM ecoguiada, excepto pNN50 (tabla 4): SDNN ( $72,82 \pm 26,48$  vs.  $121,08 \pm 42,17$  ms,  $p = 0,003$ ), RMSSD ( $64,44 \pm 30,94$  frente a  $111,26 \pm 43,60$  ms,  $p = 0,004$ ), SD1 ( $45,45 \pm 21,83$  frente a  $78,58 \pm 30,98$ ,  $p = 0,004$ ), SD2 ( $96,53 \pm 35,56$  frente a  $157,39 \pm 53,37$ ,  $p = 0,003$ ), SS  $11,65 \pm 3,93$  vs  $6,92 \pm 1,95$ ,  $p = 0,01$ ) o relación S / PS ( $0,34 \pm 0,22$  frente a  $0,11 \pm 0,06$ ,  $p = 0,02$ ).

	Medición basal			Medición Intervención		
	G. Control	G. Experimental	p	G. Control	G. Experimental	p
<b>Intervalo RR (ms)</b>	872.28±131.20	890.58±125.38	0.87	899.37±126.45	837.88±115.80	0.87
<b>FC (lpm)</b>	68.79±10.48	72.14±15.36	0.53	67.85±9.65	79.10±22.36	0,53
<b>SDNN (ms)</b>	63.40±26.35	72.82±26.48	0.46	68.03±28.65	121.08±42.17*	0.003
<b>rMSSD (ms)</b>	53.10±29.82	64.44±30.94	0.49	58.69±33.12	111.26±43.60*	0.004
<b>pNN50 (%)</b>	30.89±20.88	35.32±19.54	0.82	34.51±17.68	35.86±20.71	0,82
<b>SD1</b>	42.54±23.48	45.45±21.83	0.95	41.50±23.50	78.58±30.98*	0.004
<b>SD2</b>	89.11±33.90	96.53±35.56	0.69	94.91±33.77	157.39±53.37*	0.003
<b>SS</b>	13.20±6.61	11.65±3.93	0.53	12.36±6.04	6.92±1.95*	0.01
<b>S/PS Ratio</b>	0.58±0.67	0.34±0.22	0.31	0.52±0.56	0.11±0.06*	0.02

Tabla 4. Características de las variables estudiadas

En la **figura 7** se muestran las diferencias entre ambos grupos a los parámetros SD1, SS y S/SP ratio.

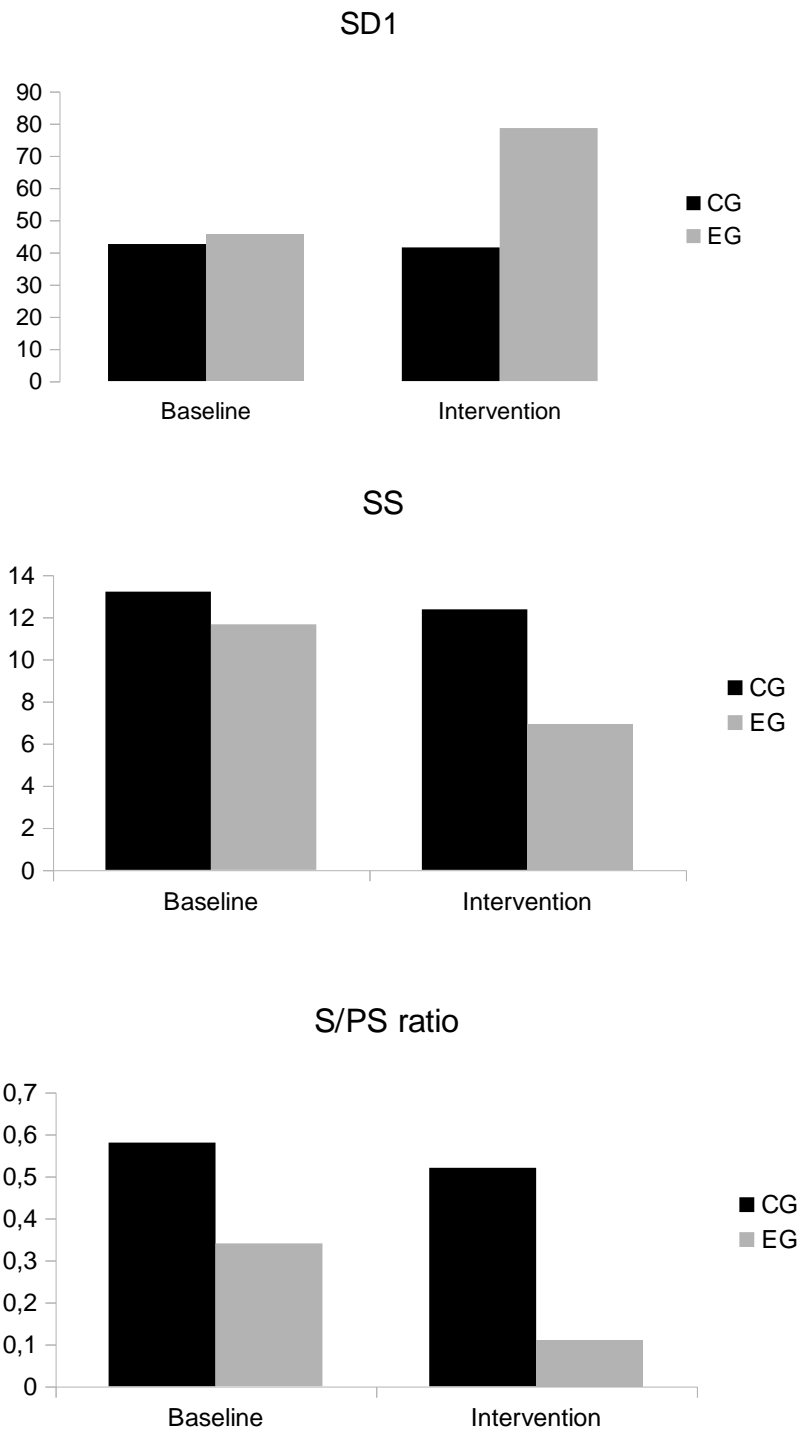


Figura 7. Análisis de los resultados basales y durante la intervención en los parámetros SD1, SS y S/SP

### 3.7. DISCUSIÓN

El hallazgo más importante de este primer estudio fue detectar un aumento significativo de la actividad parasimpática durante la aplicación de electrolisis percutánea ecoguiada en el tendón rotuliano de futbolistas femeninas amateur, a través del análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca. Se observaron incrementos estadísticamente significativos en los parámetros de la actividad parasimpática de la VFC (SDNN, rMSSD, SD1) y se observó una disminución estadísticamente significativa en los parámetros de actividad simpática (SS) de la VFC. También, se observaron aumentos estadísticamente significativos en SD2 que implica de la misma forma una disminución de la actividad simpática. En general, esto sugiere que la aplicación de la técnica de EPM ecoguiada por provoca un desequilibrio autonómico con predominio en la actividad parasimpática.

Este descubrimiento, de cara a la práctica clínica de la fisioterapia invasiva, y concretamente a la aplicación de la técnica de EMP, es especialmente relevante ya que estas reacciones vasovagales pueden desencadenar en nuestros pacientes, ya sean de sexo femenino o masculino, una serie de reacciones adversas que tenemos que saber controlar y atender con el fin de mejorar la salud y bienestar de nuestro paciente.

Pasamos ahora a discutir cada uno de los apartados del estudio:

### **3.7.1. Medición Basal**

La literatura científica que recoge los efectos adversos en la Fisioterapia Invasiva es muy escasa, únicamente queda reflejado en el estudio de De la Cruz et al.(37) en 2016 en futbolistas varones sanos, limitándose el resto de la literatura al campo de la acupuntura(4,45).

En su investigación Macpherson et al.(45) recogieron el tipo y frecuencia de efectos adversos de la acupuntura en Reino Unido. Estos profesionales informaron sobre eventos adversos y reacciones transitorias asociadas con 34.407 tratamientos, entre los cuales se hallaron principalmente efectos adversos leves en 43 tratamientos que se correspondían, entre otros, con náuseas y desmayos, y reacciones psicológicas y emocionales(45). Por su parte Wenju et al.(4), durante los 55 años que duró su estudio sobre la recogida de los eventos adversos en la acupuntura, describieron una frecuencia de entre 6,71% y 8,6% en efectos adversos leves y tan sólo de un 0,001% 0,185 en efectos adversos graves (muerte, traumatismo en órganos, ingreso hospitalario), lo que implica que en comparación con los medicamentos prescritos comúnmente entre la población, la punción resulta un tratamiento seguro(4).

Ante estos hallazgos y los descritos en clínica por diferentes fisioterapeutas, De la Cruz et al.(34) vieron la necesidad de estudiar dichos efectos adversos durante la aplicación EPM con el fin de controlar estas reacciones y salvaguardar el bienestar del paciente.

Para valorar con objetividad las reacciones autónomas y controlar así la aprensión y actividad emocional de los participantes en nuestro estudio, como ya lo hicieran De la Cruz et al.(37), se aplicó la Escala de Aprensión Psicológica Personal(86), cuya media de los resultados fue de 22 puntos, un resultado muy inferior al establecido como nivel de



neuroticismo a considerar que se sitúa en 37,5 puntos.

Por lo tanto, parece improbable que cualquier sujeto de este estudio manifestara algún grado significativo de aprensión a la aguja o a la corriente eléctrica que de otro modo podría haber tenido un impacto en los resultados. En consecuencia, los cambios en la VFC se pueden atribuir únicamente a la aplicación de electrolisis percutánea musculoesquelética.

El análisis de la VFC se ha aplicado a varias condiciones patológicas(60,62) además del desempeño deportivo. En este contexto, hemos identificado artículos sobre la VFC que implican el masaje terapéutico(59), la terapia craneosacral(61), la acupuntura(12) y la EPM(37). Algunos autores han informado de un aumento en la VFC basada en el aumento de la actividad parasimpática que se ha traducido en técnicas diseñadas para reducir el estrés fisiológico(57,60,62). Otros autores han informado de un aumento del sistema simpático durante la punción de la acupuntura, que generalmente es seguida por un aumento del tono parasimpático posterior(12).

Además, sabemos que los cambios en la VFC basal son diferente entre hombres y mujeres (71–73), ya que estas últimas presenta una mayor prevalencia de actividad parasimpática y por tanto muestran una VFC mayor(71) tal y como mostró Moodithaya et al.(72).

Este hecho puede observarse al comparar los resultados basales de la muestra con los obtenidos en el estudio llevado a cabo por De la Cruz et al.(37) Nuestro estudio se llevó a cabo en 24 mujeres futbolistas federadas en un club amateur con una media de edad de  $23,5 \pm 3,06$ . En la investigación dirigida por De la Cruz et al.(37) la muestra estuvo compuesta por 22 futbolistas varones amateur con una media de edad de  $23,55 \pm 4,33$  años. En ambos trabajos se realizó el mismo tipo de prueba, herramienta de medida y tiempo de medición. La media de la frecuencia cardiaca en las futbolistas de nuestro estudio fue

de  $70,48 \pm 12,92$  latidos por minuto (lpm), mientras que en los futbolistas varones fue de  $69,23 \pm 10,81$  lpm. En cuanto a la variabilidad de la frecuencia cardíaca basal, los valores SD1 y SS del equipo femenino fueron de  $43,99 \pm 22,65$  y  $12,43 \pm 5,27$  respectivamente, mientras que el equipo masculino SD1 obtuvo un valor de  $44,14 \pm 20,77$  y SS  $8,81 \pm 3,35$ . A pesar de no encontrar diferencias significativas al comparar la actividad parasimpática entre ambas muestras si podemos destacar la diferencia en el sistema simpático, claramente inferior en el caso de los futbolistas varones. Por lo que, de acuerdo con Reuleck et al.(73), es necesario a la hora de realizar una evaluación de la VFC, separar ambos sexos para evitar sesgos en los resultados de un estudio.

En el análisis de la situación basal de nuestro estudio pudimos observar que no hubo diferencias significativas entre las variables del grupo control y el grupo experimental. Esto determina que ambos grupos partieron de una muestra homogénea (tabla 4). A partir de esta similitud, los resultados finales del estudio pueden atribuirse al factor intervención y ofrecer por tanto mayor rigurosidad en las conclusiones de nuestro trabajo.

### 3.7.2. Intervención

#### *Variabilidad de la frecuencia cardíaca en el grupo control*

El estudio de la variabilidad de la frecuencia cardíaca basal durante la intervención del grupo control no mostró diferencias estadísticamente significativas. A las participantes del grupo control se les realizó una exploración ecográfica de ambas rodillas, procedimiento que no provocó ningún efecto sobre su balance autónomo.

La actividad parasimpática representada por SD1 tuvo un valor de  $42.54 \pm 23.48$  en la situación basal y de  $41.50 \pm 23.50$  durante la valoración ecográfica. Por otra parte, la actividad simpática basal medidas a través del valor de SD2 y SS fue de  $89.11 \pm 33.90$  y  $13.20 \pm 6.61$  respectivamente, y durante la intervención de  $94.91 \pm 33.77$  y  $12.36 \pm 6.04$  (Tabla 4).

Esto se traduce en que el grupo control no experimentó ninguna alteración de la actividad nerviosa autónoma durante la intervención.

#### *Variabilidad de la frecuencia cardíaca en el grupo de intervención*

En el grupo experimental se procedió a la aplicación de electrolisis percutánea musculoesquelética ecoguiada en ambas rodillas, provocándose un cambio estadísticamente significativo en la actividad simpática y parasimpática de las participantes durante el examen posttest de la variabilidad de la frecuencia cardíaca.

La actividad parasimpática en reposo del grupo experimental fue SD1  $45.45 \pm 21.83$ , mientras que durante la intervención ascendió a  $78.58 \pm 30.98$  ( $p = 0,004$ ). Por otro lado, la actividad simpática obtuvo unos valores basales de  $96.53 \pm 35.56$

( $p=0.69$ ),  $11.65\pm 3.93$  ( $p=0.53$ ) y  $0.34\pm 0.22$  ( $p = 0.31$ ) correspondientes con los parámetros SD2, SS y S/SP ratio respectivamente. En la medición posttest SD2 aumentó significativamente a un valor de  $157.39\pm 53.37$  ( $p=0,004$ ) mientras que el valor de SS y S/PS ratio disminuyó también de forma significativa a  $6.92\pm 1.95$  ( $p=0,01$ ) y  $0.11\pm 0.06$  ( $p=0,02$ ). Esta diferencia entre los parámetros de la actividad simpática se debe a que SD2 representa la acción inversa de la actividad nerviosa simpática, mientras que el parámetro SS y S/PS describen de una forma directa esta actividad(48).

Estos resultados nos sugieren, que la aplicación de la técnica de EPM ecoguiada provoca un desequilibrio autonómico con predominio en la actividad parasimpática que debemos tener en cuenta a la hora de aplicar esta terapia con el fin de salvaguardar el bienestar de nuestro paciente, y evitar situaciones de riesgo como es el síncope vasovagal (figura15).

En su estudio análogo sobre futbolistas varones amateur De la Cruz et al.(37) obtuvieron los siguientes resultados en el grupo experimental: el sistema nervioso parasimpático representado por SD1 pasó de  $40.71\pm 15.32$  en reposo a  $67.35\pm 25.67$  ( $p=0.004$ ), y en el sistema simpático SD2 pasó de  $125.53\pm 45.99$  a  $191.54\pm 58.08$  ( $p=0.003$ ) y SS de  $9.10\pm 3.71$  a  $5.68\pm 1.75$  ( $p=0.01$ ).

Al comparar los datos obtenidos por De la Cruz et al.(37) y nuestros resultados observamos que los valores de las mujeres son ligeramente superiores a los de los hombres, lo que significa que el cambio de la respuesta autonómica es mayor en las mujeres que en los hombres, por lo que debe tenerse también en cuenta a la hora de realizar el tratamiento.

### 3.8. CONCLUSIONES

Una vez expuestos y analizados los resultados podemos concluir:

- La aplicación de EPM ecoguiada en futbolistas amateur sanas, aumenta de forma estadísticamente significativa la actividad nervosa parasimpática.
- La aplicación de EPM ecoguiada en futbolistas amateur sanas, conduce a una disminución estadísticamente significativa del sistema nervioso simpático.
- La aplicación de EPM ecoguiada en futbolistas amateur sanas provoca una reacción vasovagal.

ESTE ESTUDIO HA SIDO PUBLICADO EN LA REVISTA “*EUROPEAN JOURNAL OF INTEGRATIVE MEDICINE*” (Anexo 6)

# ESTUDIO 2

#### **4. ESTUDIO 2:**

***“AUTONOMIC RESPONSES TO ULTRASOUND-GUIDED PERCUTANEOUS NEEDLE ELECTROLYSIS: EFFECT OF NEEDLE PUNCTURE OR ELECTRICAL CURRENT?”***

***“RESPUESTA AUTONÓMICA A LA ELECTROLISIS PERCUTÁNEA MUSCULOESQUELÉTICA ECOGUIADA: ¿EFECTO DE LA PUNCIÓN O DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA?”***

#### 4.1.RESUMEN

***“Respuesta autónoma en la electrolisis percutánea musculoesquelética: ¿efecto de la punción o de la corriente eléctrica?”***

**Objetivo.** Saber si los cambios en la actividad simpática y parasimpática (analizados a través de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca) durante la Electrolisis Percutánea Musculoesquelética (EPM) ecoguiada se deben al efecto de la punción con aguja solamente o a la técnica EPM per sé que combina punción y la corriente galvánica.

**Método.** Estudio experimental, caso-control. Treinta y seis jugadores masculinos fueron asignados aleatoriamente a tres grupos. Un grupo control (CG = 12 jugadores), para quienes la VFC se registró durante 10 minutos, tanto en reposo como durante un examen ecográfico exhaustivo del tendón rotuliano y estructuras adyacentes; Un primer grupo experimental (grupo EPM = 12 jugadores), para quienes la VFC se registró durante 10 minutos, tanto en reposo como durante la aplicación de EPM ecoguiada en el tendón rotuliano; Y un segundo grupo experimental (grupo punción = 12 jugadores), para quienes la VFC se registró durante 10 minutos, tanto en reposo como durante la aplicación de EPM ecoguiada sin corriente eléctrica en el tendón rotuliano. Se evaluaron los siguientes parámetros de la VFC: intervalo NN medio, frecuencia cardiaca media, parámetros del dominio del tiempo (SDNN, rMSSD, pNN50), diámetros del gráfico de Poincaré (SD1, SD2), stress score (SS) Parasimpático (relación S / PS).

**Resultados.** No hubo diferencias entre los grupos en ninguna medida de referencia, ni hubo diferencias significativas entre las mediciones de los grupos de control (control versus intervención). El grupo EPM mostró incrementos estadísticamente significativos en SD1 ( $p = 0,01$ ) y SD2 ( $p = 0,004$ ) y disminuciones estadísticamente significativas en la proporción SS y S / PS ( $p = 0,03$ , en ambos), lo que indica un aumento de la actividad



parasimpática y una disminución de la actividad simpática, respectivamente. El grupo de punción mostró aumentos estadísticamente significativos en SD2 ( $p = 0,02$ ) y disminuciones estadísticamente significativas en SS ( $p = 0,02$ ), lo que indica una disminución de la actividad simpática.

**Conclusiones.** La aplicación de la técnica de EPM ecoguiada provocó un aumento mensurable de la actividad parasimpática (detectada por la VFC), que se debió a la combinación de punción con aguja y corriente eléctrica.

**Palabras Clave.** Electrolisis percutánea musculoesquelética ecoguiada; variabilidad de la frecuencia cardíaca; balance autónomo; efectos adversos.

## 4.2.INTRODUCCIÓN

La electrolisis percutánea musculoesquelética ha supuesto un gran avance en el tratamiento de las tendinopatías provocando una importante reducción del tiempo de tratamiento y recuperación y disminuyendo el riesgo de recidivas(8,11,25).

Se trata de una técnica innovadora perteneciente a la denominada, Fisioterapia Invasiva, la cual pretende reparar el tejido dañado mediante una reacción electroquímica controlada, ocasionada por la administración de corriente galvánica a través de un electrodo de aguja. Esta técnica se realiza de forma ecoguiada para una mayor precisión y exactitud del tratamiento(2,9,37).

Otros procedimientos de Fisioterapia Invasiva como son la punción seca(5,26), la electroacupuntura(75) o la acupuntura(74,76), también han demostrado su eficacia en la resolución de numerosas patologías musculoesqueléticas, sin embargo, en muchos de ellos se han registrado alteraciones en el sistema autónomo del sujeto(4,37,83). La variabilidad de la frecuencia cardíaca es un parámetro indicador del nivel de salud que muestra de forma fiable la actividad del sistema nervioso autónomo(50). Son muchos los autores que han utilizado la VFC para evaluar el efecto de diferentes tratamientos o situaciones sobre el sistema autonómico del paciente. Es el caso de Girbersberg et al.(57), Takamoto et al.(58) o Zamunér et al.(60), quienes analizaron el efecto de la terapia craneosacra, compresión de puntos gatillo e hidroterapia respectivamente, sobre el sistema autónomo, a través de la VFC, en pacientes con dolor crónico.

En el campo de la fisioterapia invasiva Kitagawa et al.(81) sugirieron que la estimulación con acupuntura de los puntos gatillo del músculo tibial anterior incrementa progresivamente la actividad nerviosa parasimpática. De la misma forma que otros investigadores(83,84) han demostrado un aumento de la actividad simpática durante la

punción de la acupuntura, que generalmente es seguida por un aumento del tono parasimpático después. De la Cruz et al.(37) mostraron que la EPM ecoguiada en futbolistas varones jóvenes estaba asociada con un desequilibrio autonómico caracterizado por una mayor actividad parasimpática. Este desequilibrio pueden desencadenar una serie de reacciones vasovagales, mediadas por el nervio vago que se caracterizan por un aturdimiento y malestar, que ponen en compromiso el bienestar del paciente, y que pueden provocar de forma excepcional una pérdida de conciencia breve y reversible (síncope vagal)(37).

La importancia de este hallazgo radica en dar a conocer dichas reacciones para prevenir a los fisioterapeutas de su presencia y que puedan actuar en consecuencia garantizando el bienestar y comodidad del paciente.

No obstante, la EPM es una terapia que combina punción y corriente continua, por lo que es plausible la necesidad de una investigación que evalúe el efecto de ambas técnicas por separado para conocer si la corriente continua ejerce un efecto en el sistema nervioso autónomo del sujeto o si por el contrario se debe únicamente a la punción.

#### 4.3.HIPÓTESIS

**Hipótesis:** La aplicación de electrolisis percutánea ecoguiada, en el tendón rotuliano, provoca un desbalance en el sistema nervioso autónomo del sujeto, debido a la aplicación conjunta de punción y corriente galvánica.

- **Hipótesis nula:** La aplicación de electrolisis percutánea ecoguiada, en el tendón rotuliano, no provoca un desbalance en el sistema nervioso autónomo, debido a la aplicación conjunta de punción y corriente galvánica.

#### 4.4.OBJETIVOS

##### **Objetivos Principales:**

1. Analizar los cambios en la actividad nerviosa autónoma, medida a través de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), durante la aplicación de electrolisis percutánea musculoesquelética ecoguiada (EPM) a futbolistas amateur sanos.
2. Cuantificar los cambios en la actividad nerviosa autónoma, registrada a través de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), durante la aplicación de punción ecoguiada, sin administración de corriente a futbolistas amateur sanos.
3. Indagar si el desequilibrio autónomo provocado en futbolistas amateur sanos al aplicar EPM, es debido al efecto de la punción o a la combinación de la punción y la corriente galvánica.

##### **Objetivos operativos:**

1. Evaluar la VFC (10 minutos) durante el reposo para establecer los valores basales.
2. Registrar la VFC (10 minutos) durante la aplicación de la técnica EPM sobre el tendón rotuliano.
3. Establecer el comportamiento del sistema nervioso autónomo a través del gráfico de dispersión de Poincaré en el grupo control, el grupo punción y el grupo EPM.

## 4.5. MATERIAL Y MÉTODO

### 4.5.1. Diseño

Al igual que en la primera investigación, y siguiendo los criterios de Argimón y Jiménez(85), se trata de un estudio **experimental**, pues evalúa la causa-efecto de un tratamiento específico en una muestra determinada, **aleatorizado** y **controlado**, pues la muestra es distribuida por grupos al azar, **prospectivo** ya que en relación a la cronología de los hechos, el diseño de la investigación es anterior a los datos estudiados y **transversal** puesto que la recogida de datos se realiza en un momento determinado en el tiempo.

### 4.5.2. Criterios de inclusión y exclusión

En la selección de la muestra tendremos en cuenta como criterio de inclusión:

- ✓ Ser hombre
- ✓ Tener una edad comprendida entre los 18 y los 33 años
- ✓ Jugar al fútbol de forma amateur
- ✓ No padecer ninguna lesión musculoesquelética en la rodilla

Del mismo modo, serán excluidos del estudio:

- ✗ Los sujetos que no firmen el consentimiento informado o rehúsen de su participación en la investigación (Anexo 3).
- ✗ Los/las participantes que reciban una puntuación mayor a 37,5 en la Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP)(86) (Anexo 4).

✘ Aquellos/as jugadores/as que presenten algunas de las contraindicaciones de la EPM(2):

- Enfermedad crónica articular
- Intervención quirúrgica en la zona de interés
- Prótesis o osteosíntesis en el área de intervención
- Enfermedades cardíacas o tumorales
- Coagulopatías
- Estar bajo los efectos de determinados medicamentos (fluoroquinolones, anticoagulantes, corticoesteroides o antiinflamatorios no esteroideos)

✘ Mostrar alguna contraindicación característica de la punción(2):

- Miedo insuperable a las agujas
- Antecedentes de reacciones adversas a las agujas
- Alteración del sistema inmunitario
- Dificultad de expresar sus sensaciones adecuadamente
- Epilepsia y/o alergia a los

#### 4.5.2.1. Aspectos Éticos

Todos los sujetos del estudio serán informados por escrito y verbalmente acerca del procedimiento de medición del estudio que llevaremos a cabo, mediante la firma de un **Consentimiento Informado** para la participación en dicho estudio (Anexo 3). Se considerará la **ley 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal**(87) en el proceso de recogida y tratamiento de los datos de los distintos participantes del estudio. De esta forma, toda la información recogida será la estrictamente necesaria para la realización de nuestro estudio.

De acuerdo con la **Carta Internacional de los Derecho del Hombre**(68), adoptada por resolución 217 A (III) de la Asamblea General de las Naciones Unidas, de 10 de diciembre de 1948, la **delegación de Bioética de Gijón del año 2000**, de la **Sociedad Internacional de Bioética** y la **declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial**, en su versión revisada del año 2013(88), todos los procesos a realizar en nuestro estudio seguirán los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos.

Toda la información que recojamos durante nuestro trabajo será guardada en formato informático y físico y debidamente custodiada. También se tendrá en cuenta la privacidad de los sujetos no revelando ningún dato referente a su persona a cualquier individuo ajeno a la investigación.

Esta investigación obtuvo la aprobación del **Comité de Bioética de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío** (Anexo 7)



### 4.5.3. Variables

Para llevar un control más exhaustivo de los datos en este apartado describiremos las diferentes variables que pretendemos estudiar:

- **Variable Independiente.** En este estudio la variable independiente, vendrá dada por la aplicación de corriente galvánica y la punción. Se presentará como una variable cualitativa tricotómica:
  - Intervención ecoguiada con punción y corriente galvánica
  - Intervención ecoguiada con punción sin administración de corriente eléctrica.
  - Intervención ecoguiada sin punción ni corriente eléctrica.
- **Variables dependientes.** Todas las variables pertenecientes al estado neurofisiológico del sujeto derivadas de la VFC serán comunes en ambos estudios. Tendrán un carácter cuantitativo continuo.
  - Frecuencia Cardíaca (FC) evaluada en latidos por minuto (lpm)
  - Intervalo RR registrado en milisegundos (ms)
  - Desviación estándar de los periodos RR en 5 minutos (SDNN) calculada en milisegundos (ms)
  - Variaciones a corto plazo de los intervalos RR (RMSSD), registrada en milisegundos (ms)
  - Porcentaje de los intervalos RR consecutivos que discrepan en más de 50 ms (pNN50%) expresado en porcentaje (%)
  - SD1, diámetro transversal del gráfico de Poincaré, registrado en milisegundos (ms)
  - SD2, diámetro longitudinal del gráfico de Poincaré, registrado en milisegundos (ms)

- SS, inversa de SD2, registrado en milisegundos (ms)

Existe otro conjunto de variables que nos permiten controlar la validez interna de nuestro estudio como es la escala e aprensión psicológica personal (EAPP).

Por otro lado, tenemos las variables de carácter personal que nos permiten extrapolar os resultados obtenidos como son el peso, la talla y el índice de masa corporal.

A continuación, detallamos el carácter de estas variables:

- **Variables antropométricas.** Peso, Talla e Índice de Masa Corporal. Todas ellas variables cuantitativas continuas, registradas en Kilogramos(Kg), metros(m) y  $\text{kg/m}^2$ , respectivamente, a través del cuestionario “datos personales”.
- **Aprensión Psicológica del sujeto.** Mediante la Escala de Aprensión Psicológica Personal(EAPP)(86)(Anexo 4), teniendo todos los sujetos una puntuación de 15 a 37 puntos.

#### 4.5.4. Procedimiento

El proceso de medición se desarrolló en dos fases sucesivas en el tiempo

1ª Fase: se realizó en las instalaciones del club deportivo correspondiente. Donde tuvo lugar la recogida de la VFC basal.

La VFC fue registrada a través del hardware Firstbeat BODYGUARD® y analizada a través del software Firstbeat Uploader®. La colocación del dispositivo se realizó de forma análoga al primer estudio, con la salvedad de que en el caso de que el sujeto presente bello en la zona a colocar el electrodo, deberá rasurarse previamente.

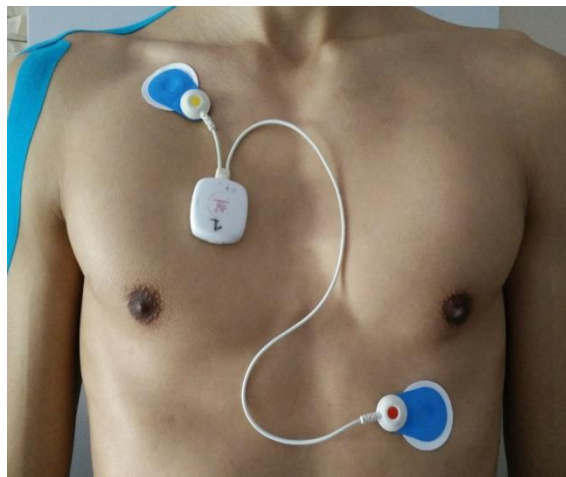


Figura 8. Colocación Firstbeat® en hombres.

Durante la evaluación, el participante estuvo en sedestación en una habitación vacía de forma que se encontrara exento de estímulos externos que alteraran su VFC basal. Antes de colocar los electrodos se limpió debidamente la zona con alcohol y se rasuró el vello cuando fue necesario. La prueba duró 10 minutos debidamente cronometrados y se realizó por la mañana en ayunas desde la noche y de forma previa a cualquier tipo de actividad física.

2ª Fase: tuvo lugar en un gabinete de fisioterapia en Huelva.

En primer lugar, se llevó a cabo la recepción del paciente y **aleatorización del sujeto** en uno de los 3 grupos de estudio grupo “EPM”, “punción” o “control”.

Para ello se le pidió a cada participante que extrajera de un saco opaco un dado, si el dado era de color negro el participante pertenecería al grupo EPM, si el dado que extrajera era de color rojo pertenecería al grupo punción, y si el dado extraído fuera blanco se correspondería con el grupo control. El saco contenía 36 dados: 12 de color negro, 12 de color rojo y 12 de color blanco.

Tras esto, se situó al participante en la habitación dispuesta para la realización de la prueba. El sujeto se colocó en sedestación reclinada a 75° con una almohada cervical para que pudiera observar el desarrollo de la prueba. Para una correcta evaluación ecográfica de la rodilla a evaluar, ésta se situó en una flexión de 20/30° y se siguió el protocolo establecido por la Sociedad Europea de Ecografía Musculoesquelética. La colocación del hardware FirstBeat® fue análoga a la 1ª fase una vez que el deportista estuvo en la camilla y de forma previa al comienzo de la prueba.

En el caso de pertenecer al **grupo control**, durante 10 minutos, se llevó a cabo la evaluación ecográfica de la rodilla siguiendo el protocolo establecido por la Sociedad Europea de Radiología Musculoesquelética. Se utilizó un ecógrafo General Electric Logic-E con un cabezal lineal de 12 Mhz y se usó gel hidrosoluble sobre el cabezal del ecógrafo para facilitar la señal de las imágenes. Tras esto se procedió a desactivar el registro de la VFC.



Figura 9. Valoración ecográfica de la rodilla en el grupo control.

Si se trataba de un participante del **grupo “EPM”**, la intervención se realizó a lo largo de 10 minutos, realizando un abordaje tanto longitudinal como transversal siguiendo los patrones y parámetros descritos según Valera y Minaya(2). Para completar los minutos de intervención, el sujeto observó en todo momento la preparación de la técnica (dispositivo EPI® y aguja), así como el reconocimiento mediante ecografía del área de interés y su ejecución. La aplicación de corriente galvánica se llevó a cabo mediante un certificado médico, específicamente desarrollado por la Directiva 93/42/CEE, el dispositivo EPI® (Medicina Avanzada, Barcelona España). El dispositivo Firstbeat® estuvo activado durante los 10 minutos que se prolongó la prueba.

Por último, si el sujeto pertenecía al **grupo “punción”**, la metodología usada durante la medición fue análoga a la de grupo “EPM”, con la única diferencia de que no se les administró corriente.



Figura 10. Intervención EPM ecoguiada sobre tendón rotuliano en el grupo experimental.

#### **4.5.5. Análisis de Datos**

Al igual que hiciéramos en el primer estudio, los registros del intervalo RR de cada uno de los sujetos fueron volcados a un ordenador utilizando el software Firstbeat Uploader® (Firstbeat Technologies Jyväskylä, Finlandia)(89) y las series temporales fueron analizadas con el programa Kubios HRV® (University of Eastern Finland, Kuopio, Finlandia)(90).

Se obtuvieron los siguientes parámetros: intervalo RR, frecuencia cardíaca (FC), SDNN, rMSSD, pNN50%, SD1, SD2, SS y ratio S/PS(37,48).

#### **4.5.6. Análisis Estadístico**

El paquete informático IBM SPSS versión 21.0 para Windows fue el empleado para el análisis estadístico

En primer lugar, se realizó un estudio descriptivo de todas las variables a través de medidas de tendencia central y de dispersión como son la media y la desviación estándar (DE).

Para establecer la normalidad de las variables del estudio se aplicó el test Sharipo-Wilk, de forma conjunta y para cada uno de los grupos de estudio. Para establecer la existencia o no de significación estadística se utilizó la prueba “t-Student” para muestras independientes en la medición basal y durante la intervención de cada grupo y la prueba t-Student para muestras dependientes para comparar la medición basal con la medición durante la intervención en ambos grupos. Se consideró un valor de  $p < 0,05$  para establecer el nivel de significación(91).

#### 4.6. RESULTADOS

En la **tabla 5** se contemplan los resultados de las variables antropométricas de los diferentes grupos de estudio, donde puede observarse que no hubo diferencias significativas entre el grupo control, el grupo EPM y el grupo “punción”, incluyendo la edad ( $22,92 \pm 4,32$  vs.  $24,25 \pm 4,05$  vs  $25,92 \pm 5,35$  años), peso ( $74,33 \pm 12,17$  vs.  $76,08 \pm 6,42$  vs  $77,33 \pm 8,02$  kg), altura ( $176,50 \pm 6,63$  frente a  $181,83 \pm 3,21$  frente a  $176,17 \pm 5,20$  cm) e índice de masa corporal ( $23,77 \pm 2,77$  vs  $23,29 \pm 2,13$  vs  $24,92 \pm 2,46$ ). Reflejándose así la homogeneidad de la muestra.

	Edad	Altura	Peso	IMC
Grupo Control	$22,92 \pm 4,32$	$176,5 \pm 6,63$	$74,33 \pm 12,17$	$23,77 \pm 2,77$
Grupo EPM	$24,25 \pm 4,05$	$181,83 \pm 3,21$	$76,08 \pm 6,42$	$23,29 \pm 2,13$
Grupo Punción	$25,92 \pm 5,35$	$176,17 \pm 5,2$	$77,33 \pm 8,02$	$24,92 \pm 2,46$

Tabla 5. Características basales de los 3 grupos de estudio.

En la escala EAPP, el grupo control, el grupo EPM y grupo punción obtuvieron  $23,17 \pm 4,51$ ,  $22,50 \pm 4,87$  y  $22,17 \pm 4,39$ , respectivamente.

Todas las comparaciones se obtuvieron con un nivel de significación  $p > 0,05$ .

La **tabla 6** muestra la media y la desviación estándar (DE) de las variables del estudio (media del intervalo NN, media de la FC, SD1, SD2, SS y relación S / PS) en reposo (medida de referencia) y durante el examen ecográfico de la rodilla, la aplicación de electrolisis percutánea ecoguiada o la aplicación de la técnica de EPM ecoguiada sin corriente eléctrica en los grupos control, EPM y punción, respectivamente. Además, la



tabla 6 muestra el porcentaje de incremento ( $\Delta$ , en%) entre las intervenciones antes y después de cada grupo.

**No hubo diferencias significativas** entre el grupo control y los dos grupos experimentales en las mediciones basales del intervalo RR (todos  $p > 0,05$ ).

Tampoco existieron diferencias significativas entre las mediciones del grupo control tomadas al inicio y durante el examen ecográfico de la rodilla ( $p > 0,05$ ).

Por contraste, en comparación con los valores basales, **el grupo EPM mostró aumentos estadísticamente significativos** en los dos parámetros siguientes de VFC durante la intervención: **SD1 ( $72,93 \pm 31,17$  vs.  $42,22 \pm 15,22$   $p = 0,01$ ) y SD2 ( $189,15 \pm 55,99$  vs.  $120,08 \pm 47,74$ ,  $p = 0,004$ ), y disminuciones estadísticamente significativas en los siguientes dos parámetros de VFC durante la intervención: **SS ( $5,72 \pm 1,68$  vs  $9,73 \pm 4,16$ ,  $p = 0,03$ ) y relación S / PS ( $0,09 \pm 0,06$  vs  $0,31 \pm 0,28$   $p = 0,03$ ),** estos tres últimos marcados con una cruz roja en la tabla.**

En comparación con los valores basales, **el grupo de punción mostró incrementos estadísticamente significativos en SD2 ( $142,06 \pm 44,74$  vs.  $103,14 \pm 28,53$ ,  $p = 0,02$ ) y disminuciones estadísticamente significativas en SS ( $7,71 \pm 2,51$  vs  $10,48 \pm 3,26$ ,  $p = 0,02$ ) durante la intervención.**

	GRUPO CONTROL				GRUPO EPM				GRUPO PUNCIÓN			
	Basal	Intervención	% Δ	p	Basal	Intervención	% Δ	p	Basal	Intervención	% Δ	p
<b>Intervalo RR (ms)</b>	907.37±165.55	931.88±107.62	2.70		926.96±126.53	952.41±159.20	2.75		1008.58±114.45	976.56±91.24	-3.17	
<b>FC (lpm)</b>	70.07±11.69	66.50±7.49	-5.09		69.05±8.93	66.18±10.69	-4.16		61.84±12.38	66.53±13.80	7.58	
<b>SD1</b>	46.90±25.11	48.85±19.98	4.14		42.22±15.22	<b>72.92±31.17*</b>	72.71	0.01	51.50±31.80	66.60±45.87	29.31	
<b>SD2</b>	129.34±44.35	139.05±53.02	7.51		120.08±47.74	<b>189.15±55.99*†</b>	57.53	0.004	103.14±28.53	<b>142.06±44.74*</b>	37.74	0.02
<b>SS</b>	8.58±2.87	7.98±2.39	-7.02		9.73±4.16	<b>5.72±1.68*†</b>	-41.21	0.03	10.48±3.26	<b>7.71±2.51*</b>	-26.40	0.02
<b>S/PS Ratio</b>	0.27±0.24	0.20±0.12	-25.84		0.31±0.28	<b>0.09±0.06*†</b>	-69.49	0.03	0.34±0.41	0.21±0.25	-39.39	

Tabla 6. Resultados de las variables del estudio

La **Figura 11** muestra la **comparación entre los grupos “EPM” y “punción”** durante la técnica de EPM guiada por ultrasonido o la técnica de EPM ecoguiada sin corriente eléctrica, respectivamente. Hubo diferencias estadísticamente significativas en la SD2 ( $189,15 \pm 55,99$  vs  $142,06 \pm 44,74$ ,  $p = 0,03$ ), SS ( $5,72 \pm 1,68$  vs  $7,71 \pm 2,51$ ,  $p = 0,03$ ) y relación S / PS ( $0,09 \pm 0,06$  vs  $0,21 \pm 0,25$ ,  $p = 0,04$ ).

La **Figura 12** muestra la **comparación de las relaciones SD1, SS y S/PS** entre tres grupos.

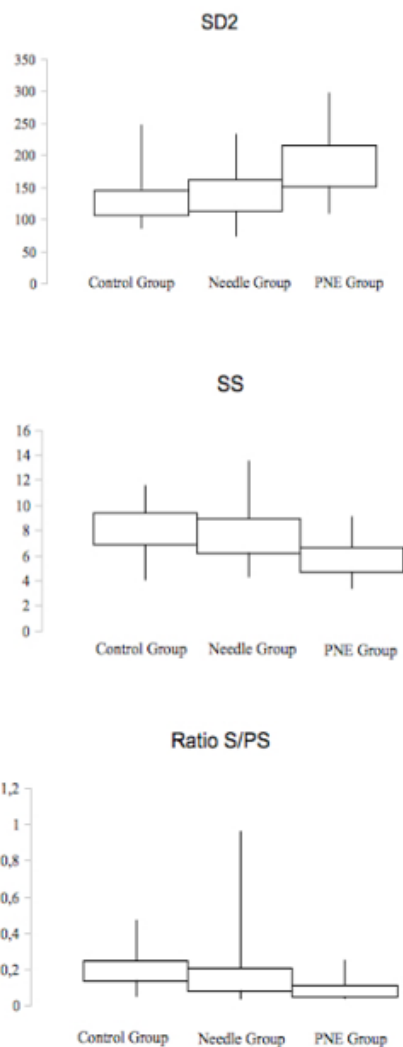


Figura 11. Actividad simpática de los 3 grupos durante la intervención.

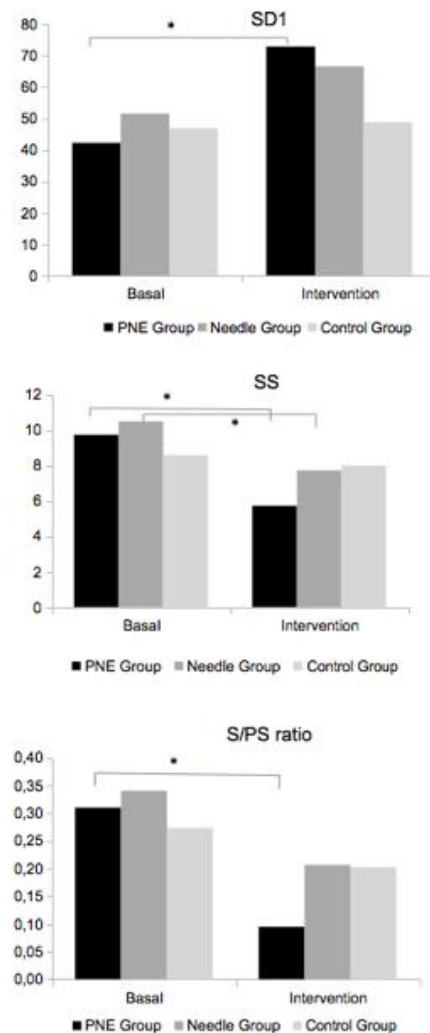


Figura 12. Relaciones de SD1, SS y S/PS de los 3 grupos en reposo y durante la intervención.

#### 4.7. DISCUSIÓN

La principal aportación del estudio fue detectar un desbalance del sistema nervioso autónomo, signo predisponente a una reacción vasovagal potencial, durante la aplicación ecoguiada de electrolisis percutánea musculoesquelética en el tendón patelar de jugadores de fútbol varones sanos, a través del análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca. Concretamente, se observó un aumento estadísticamente significativo de la actividad parasimpática (SD1) de aquellos participantes que se sometieron a la aplicación de EPM, con un tamaño de efecto de  $d=0,5$ , y un descenso estadísticamente significativo de la actividad simpática (SS) con un tamaño de efecto de  $d=0,7$ . Esto no ocurrió en aquellos a los que se les aplicó punción ecoguiada sin corriente, indicando así el efecto que ejercen, sobre el sistema autónomo, conjuntamente la punción y la corriente características de esta técnica.

La relevancia de este hallazgo para la práctica clínica radica en evitar reacciones vasovagales clínicamente significativas (incluido el síncope), por lo que es importante aconsejar a los fisioterapeutas que esta técnica invasiva debe realizarse con el debido cuidado y uno debe estar completamente preparado para atender cualquier reacción adversa.

#### **4.7.1. Medición basal**

Como ya se hiciera en el estudio anterior y en el de De la Cruz et al.(37) y con el objetivo de controlar las reacciones adversas debido a sentimientos y emociones del paciente, descritas en estudios como el de Winju et al.(4), se procedió a pasar la Escala de aprensión psicológica personal a todas las participantes. La media de los resultados fue de 23 puntos, un resultado muy inferior al establecido como nivel de neuroticismo a considerar que se sitúa en 37,5 puntos.

De ello, se puede deducir que: por un lado, que no tuvimos que excluir a ningún sujeto del estudio ya que no padecían miedo incontrolable a las agujas o a la corriente eléctrica y, por otro lado, los cambios obtenidos en el estudio se debieron exclusivamente a la intervención.

Son muchos los autores que han analizado la VFC con el fin de estudiar diferentes situaciones patológicas(58–61), así como otros lo han empleado para evaluar el estado de un individuo de cara a elaborar un perfil psicológico o físico(49,51,67). En el ámbito deportivo encontramos el estudio de Naranjo et al.(48) donde se analizaba la VFC de un equipo de fútbol profesional. La comparativa entre los valores cardíacos basales de deportistas profesionales y amateur nos muestra la diferencia de entrenamiento y estilo de vida entre ambos.

Nuestro estudio se llevó a cabo con futbolistas amateur, con una muestra de 36 futbolistas varones con una media de edad de  $23,55 \pm 4,33$  años. Por su parte la investigación dirigida por Naranjo et al.(48), se realizó en 25 futbolistas de un equipo de fútbol profesional con una media de edad similar. En ambos trabajos se realizó el mismo

tipo de prueba, herramienta de medida y tiempo de medición. La media de la frecuencia cardiaca en los futbolistas amateur fue de  $66,98 \pm 11$  lpm, mientras que en los futbolistas profesionales se obtuvo una media de  $59,98 \pm 7.77$ . En cuanto a la variabilidad de la frecuencia cardíaca basal, los valores SD1 y SS del equipo profesional se situaron en  $69,16 \pm 44.59$  y  $6,87 \pm 2.88$  respectivamente, mientras que en los futbolistas aficionados SD1 obtuvo un valor de  $46,87 \pm 26,22$  y SS de  $9,58 \pm 3,43$ . Al comparar los resultados podemos observar que la actividad parasimpática es más elevada en los futbolistas profesionales, al mismo tiempo que la actividad simpática es menor, lo que indica una preparación física más elevada y un estado de salud más óptimo, propia de un deportista de élite, que la encontrada en los futbolistas amateur.

En el análisis de la situación basal de nuestro estudio pudimos observar que no hubo diferencias significativas entre las variables del grupo control y los dos grupos experimentales. Esto determina que los tres grupos de sujetos fueron homogéneos (tabla 6). Al partir de esta similitud, los resultados finales del estudio pueden atribuirse al factor intervención y ofrecer por tanto mayor rigurosidad en las conclusiones de nuestro trabajo. Muchos autores parten de una homogeneidad de la muestra para una mejor observación del efecto de la intervención(12,48,60)

#### **4.7.2. Intervención**

##### *Variabilidad de la frecuencia cardíaca del grupo control*

La comparación entre la variabilidad de la frecuencia cardíaca basal y postest del grupo control no mostró diferencias significativas. A los sujetos del grupo control se les realizó una exploración ecográfica de ambas rodillas, procedimiento que no provocó ninguna reacción sobre su balance autónomo.

La actividad parasimpática tuvo un valor de  $46.90 \pm 25.11$  en la situación basal que pasó a un valor de  $48.85 \pm 19.98$  durante la valoración ecográfica. Por su parte, la actividad simpática fue de  $8.58 \pm 2.87$  en reposo que se transformó en  $7.98 \pm 2.39$  durante la intervención (Tabla 8).

Podemos deducir, por tanto, que en el grupo control no experimento ninguna alteración de la actividad nerviosa autónoma.

##### *Variabilidad de la frecuencia cardíaca en el grupo “punción”*

A los participantes del grupo “punción” se les sometió, en ambas rodillas, a la aplicación de electrolisis percutánea ecoguiada sin administración de corriente continua, lo cual provocó cambios estadísticamente significativos en la actividad simpática de los distintos sujetos.

La actividad simpática del grupo “punción” en el registro pretest fue SD2  $103.14 \pm 28.53$  y SS  $10.48 \pm 3.26$ , mientras que en resultado postest se registró una actividad de  $142.06 \pm 44.74$  en SD2 y  $7.71 \pm 2.51$  en SS. La actividad parasimpática

representada por SD1 tuvo un valor basal de  $42.22 \pm 15.22$  y de  $72.92 \pm 31.17$  durante la intervención. Esto nos indica que se produjo un aumento estadísticamente significativo en SD2 ( $p=0,02$ ) y una disminución estadísticamente significativa de SS ( $p=0,02$ ), lo que nos sugiere que la aplicación de la técnica de punción ecoguiada, sin administración de corriente eléctrica, provoca un desequilibrio autonómico, sin ser lo suficientemente grande como para que exista un predominio de la actividad parasimpática. Otros autores han investigado la influencia de técnicas invasivas como la acupuntura sobre el sistema autónomo (12,81,83,84,92,93). Es el caso de Huang et al. (83) quienes llegaron a la conclusión de que la estimulación mediante acupuntura conducía una alteración del equilibrio simpaticovagal, debido a un aumento en la actividad nerviosa parasimpática, unos resultados que coinciden con el estudio que llevaron a cabo Yasuzo et al. (92). En la misma línea, Kitagawa et al. (81) demostraron que la estimulación con acupuntura de los puntos gatillo del músculo tibial anterior incrementa la actividad nerviosa parasimpática. Por otro lado, investigadores como Hideaki et al. (84) y Streitberg et al. (93), sugieren un aumento de la actividad simpática durante la punción de la acupuntura en una primera instancia, que progresivamente es seguida de un aumento de tono parasimpático. Es por esto que, autores como Sakai et al. (12), proponen técnicas como la acupuntura para el tratamiento del dolor crónico, debido a la acción inhibitoria que ejerce sobre el sistema nervioso simpático.

#### *Variabilidad de la frecuencia cardíaca en el grupo "EPM"*

En el grupo experimental "EPM", donde se procedió a la aplicación de electrolisis percutánea musculoesquelética ecoguiada de sendas rodillas, se produjo un cambio estadísticamente significativo en la actividad simpática y parasimpática del sujeto durante



el examen posttest de la variabilidad de la frecuencia cardíaca.

La actividad parasimpática en reposo del grupo EPM fue  $SD1\ 42.22\pm 15.22$  mientras que durante la intervención ascendió a  $72.92\pm 31.17$  ( $p=0,01$ ), por su parte la actividad simpática obtuvo unos valores basales de  $120.08\pm 47.74$ ,  $9.73\pm 4.16$  y  $0.31\pm 0.28$  correspondientes con los parámetros SD2, SS y S/SP ratio respectivamente. En la medición posttest SD2 aumentó significativamente a un valor de  $189.15\pm 55.99$  ( $p=0,004$ ) mientras que el valor de SS y S/PS ratio disminuyó también de forma significativa a  $5.72\pm 1.68$  y  $0.09\pm 0.06$  ( $p=0,03$ ). Esto nos sugiere que la aplicación de la técnica de EPM ecoguiada provoca un desequilibrio autonómico con predominio en la actividad parasimpática (figuras 15 y 16).

Si comparamos los resultados de los grupos “EPM” y “punción” durante la aplicación de la técnica electrolisis percutánea ecoguiada, o la aplicación de la técnica EPM ecoguiada sin corriente eléctrica, respectivamente, hubo diferencias estadísticamente significativas en SD2, SS y relación S / PS. En el grupo EPM se observó durante la intervención una disminución de la actividad simpática lo suficientemente amplia como para afectar el equilibrio entre la actividad parasimpática y simpática, reflejada como relación S / PS (figuras 15 y 16). Este resultado podría ser debido a que la diferencia ( $\Delta$ , en%) entre antes y durante las intervenciones en el grupo EPM fue mayor que en el grupo de punción (tabla 6). Esto significa que la combinación de agujas y corriente eléctrica fue la causa de la respuesta vasovagal. Sin embargo, lejos de representar un descubrimiento desfavorable, este estudio muestra que la aplicación de EPM tienen un efecto positivo en el organismo, pues provoca una respuesta segmentaria, activando el sistema nervioso central, que es el responsable de iniciar los procesos de reparación tisular. Esto es conocido como el fenómeno de respuesta lucha-huida, que se produce en el organismo ante una situación de amenaza(94,95).

Al mismo tiempo, este fenómeno de lucha huida puede desencadenar un desequilibrio autonómico que debemos tener en cuenta de cara a aplicar la técnica de electrolisis percutánea musculoesquelética, con el fin de realizarlo de una forma segura para el paciente y evitar así respuestas potencialmente graves como el síncope vasovagal(37).

#### 4.8. CONCLUSIONES

Tras la valoración de nuestros datos y el análisis de los resultados podemos afirmar las siguientes conclusiones:

- La aplicación de electrolisis percutánea musculoesquelética ecoguiada provoca una reacción vasovagal en futbolistas amateur sanos.
- La aplicación de punción ecoguiada sin administración de corriente, conduce a una disminución de sistema nervioso simpático (SS) alterando el equilibrio autónomo, sin predominio de la actividad parasimpática, en futbolistas amateur sanos.
- La aplicación de EPM, esto es punción con administración de corriente galvánica, produce un aumento significativo del sistema nervioso parasimpático (SD1) y una disminución de sistema nervioso simpático (SS) provocando un desbalance autónomo, en futbolistas amateur sanos.

ESTE ESTUDIO HA SIDO PUBLICADO EN LA REVISTA “*JOURNAL OF ALTERNATIVE AND COMPLEMENTARY MEDICINE*”(Anexo 8)

# CONCLUSIONES

## 5. LIMITACIONES Y PROSPECTIVA:

Consideramos que este estudio tiene ciertas limitaciones. En primer lugar, el tamaño muestral, a pesar de presentar un efecto clínico considerable, sigue siendo reducido de cara a poder extrapolar los datos a la población general. En este sentido ampliaremos la muestra en futuros estudios con el fin de afianzar los resultados obtenidos en este estudio.

En ambos estudios nos hemos limitado al estudio del efecto en futbolistas, por lo que sería interesante analizar el efecto de la EPM en otras prácticas deportivas, así como en personas con un nivel de actividad más reducido. De la misma forma podríamos abordar otros niveles de edad pues se ha demostrado que existen cambios en la VFC relacionados con este factor.

Por otro lado, en este trabajo la aplicación de EPM se ha realizado sobre sujetos sanos, por lo que otra vía de investigación interesante sería el análisis de la VFC durante la aplicación de EPM en pacientes con una patología concreta susceptible de tratar con dicha técnica.

## 6. CONCLUSIONES GENERALES:

Una vez dadas a conocer ambas investigaciones llegamos a las siguientes conclusiones generales:

- La electrolisis percutánea musculoesquelética ejerce el mismo efecto en mujeres y hombres, provocando un desbalance autónomo ocasionado por un aumento de la actividad parasimpática y una disminución de la actividad simpática.
- La electrolisis percutánea musculoesquelética sin administración de corriente provoca un desequilibrio autónomo insuficiente para inducir una reacción vasovagal, siendo la aplicación conjunta de punción y corriente galvánica la responsable de provocar un desbalance autónomo capaz de ocasionar un síncope vagal.

## 7. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS:

Tras dar a conocer detalladamente ambos estudios, obtenemos las siguientes conclusiones específicas:

1. La aplicación de EPM ecoguiada en futbolistas amateur sanas, aumenta de forma estadísticamente significativa la actividad nervosa parasimpática.
2. La aplicación de EPM ecoguiada en futbolistas amateur sanas, conduce a una disminución estadísticamente significativa del sistema nervioso simpático.
3. La aplicación de EPM ecoguiada en futbolistas amateur sanas provoca una reacción vasovagal.
4. La aplicación de electrolisis percutánea musculoesquelética ecoguiada provoca una reacción vasovagal en futbolistas amateur sanos.
5. La aplicación de punción ecoguiada sin administración de corriente, conduce a una disminución de sistema nervioso simpático (SS) alterando el equilibrio autónomo, sin predominio de la actividad parasimpática, en futbolistas amateur sanos.
6. La aplicación de EPM, esto es punción con administración de corriente galvánica, produce un aumento significativo del sistema nervioso parasimpático (SD1) y una disminución de sistema nervioso simpático (SS) provocando un desbalance autónomo, en futbolistas amateur sanos.

## 8. CONSIDERACIONES FINALES

Debido a la repercusión de los resultados que posee esta tesis doctoral, de cara a la práctica clínica, añadimos unas consideraciones finales para dar más luz a las conclusiones descritas:

- La aplicación de EPM ecoguiada en sujetos sanos produce cambios en el SNA de forma más acusada en mujeres que en hombres. Este hecho debe tenerse en cuenta en el ámbito clínico
- En la Fisioterapia Invasiva, debemos diferenciar la respuesta del SNA ante la aplicación de punción (sin administración de corriente) donde se produce una disminución en la actividad del Sistema Nervioso Simpático, y la aplicación de EPM ecoguiada, que provoca una subida de la actividad del Sistema Nervioso Parasimpático unido a un descenso de la actividad del Sistema Nervioso Simpático. Este hecho debe tenerse en cuenta en el ámbito clínico



# BIBLIOGRAFÍA

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Gallego T. Bases Teóricas y Fudamentos de la Fisioterapia. Panamericana EM, editor. Madrid, España; 2007.
2. Valera-Garrido F, Minaya-Muñoz F. Fisioterapia Invasiva. 2nd ed. Barcelona: Elsevier España, S.L.; 2016.
3. Mayoral-Del Moral O, Torres-Lacomba M. Fisioterapia invasiva y punción seca. Informe sobre la eficacia de la punción seca en el tratamiento del síndrome de dolor miofascial y sobre su uso en Fisioterapia. *Cuest fisioter.* 3(38):206–17.
4. He W, Zhao X, Li Y, Xi Q, Guo Y. Adverse events following acupuncture: a systematic review of the Chinese literature for the years 1956-2010. *J Altern Complement Med.* 2012;18(10):892–901.
5. Dunning J, Butts R, Mourad F, Young I, Flannagan S, Perreault T. Dry needling: a literature review with implications for clinical practice guidelines. *Phys Ther Rev.* 2014;19(4):252–65.
6. Chou LW, Hsieh YL, Kuan TS, Hong CZ. Needling therapy for myofascial pain: recommended technique with multiple rapid needle insertion. *BioMedicine.* 2014;4:13.
7. Liu B, Wang Y, Xu H, Chen Y, Wu J, Mo Q, et al. Effect of electroacupuncture versus pelvic floor muscle training plus solifenacin for moderate and severe mixed urinary incontinence in women: a study protocol. *BMC Complement Altern Med.* 2014;14:301.
8. Abat F, Gelber PE, Polidori F, Monllau JC, Sanchez-Ibanez JM. Clinical results after ultrasound-guided intratissue percutaneous electrolysis (EPI) and eccentric exercise in the treatment of patellar tendinopathy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;
9. Valera-Garrido F, Minaya-Muñoz F, Medina-Mirapeix F. Ultrasound-guided percutaneous needle electrolysis in chronic lateral epicondylitis: short-term and long-term results. *Acupunct Med.* 2014;32(6):446–54.
10. Smith J, Sellon JL. Comparing PRP injections with ESWT for athletes with chronic patellar tendinopathy. *Clin J Sport Med.* 2014;24(1):88–9.
11. Abat F, Diesel WJ, Gelber PE, Polidori F, Monllau JC, Sanchez-Ibanez JM. Effectiveness of the Intratissue Percutaneous Electrolysis (EPI(R)) technique and isoinertial eccentric exercise in the treatment of patellar tendinopathy at two years follow-up. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2014 Jul 14;4(2):188–93.
12. Sakai S, Hori E, Umeno K, Kitabayashi N, Ono T, Nishijo H. Specific acupuncture sensation correlates with EEGs and autonomic changes in human subjects. *Auton Neurosci.* 2007;133(2):158–69.
13. Baptiste-Sarlandière J. Mémoires sur L'électro-Puncture. 1st ed. Chez L'auteur, Rue De Richelieu, N° 60 ; Et Chez Mlle Delaunay, Libraire, Rue Saint-Jacques N

- 71, editor. Paris; 1825.
14. Guirro, E; Guirro R. Fisioterapia dermato-funcional: fundamentos recursos patologías. 3rd ed. Manole, editor. São Paulo, Brasil; 2002.
  15. Sánchez J. ¿Fascitis o fasciosis? Bases biológicas de su tratamiento mediante electrolisis percutánea intratisular (EPI). *Podol Clínica*. 2004;5(1):22–9.
  16. Sánchez J. Fascitis plantar: tratamiento regenerativo mediante electrolisis percutánea intratisular (EPI). *Podol Clínica*. 2010;11(2):36–48.
  17. Sánchez J. Tratamiento mediante electrolisis percutánea (EPI) ecoguiada de una tendinopatía de Aquiles en un futbolista profesional. *Podol Clínica*. 2008;9(4):118–29.
  18. Minaya F, Valera F SIJ. Efectividad de la Electrolisis Percutánea Intratisular (EPI) versus punción seca en los puntos gatillo miofasciales (PGM) del atebrazo. In: X Congrso Nacional SETLA (Sociedad Española de Traumatología laboral) Toledo. Toledo;
  19. Valera F, Minaya F SIJ. Cambios clínicos en el síndrome del tunel del carpo con la aplicación de la Electrolisis Percutánea Intratisular (EPI). *Fisioter Calid Vida*. 2011;14(1):17–9.
  20. Valera F, Minaya F, Sánchez JM BDA. Efectividad de la Electrolisis Percutánea Intraticular (EPI) ecoguiada en la artrofibrosis de rodilla. In: XI Congreso Nacional SETLA. Gijón;
  21. Valera F, Minaya F BDA. Efecto fibrolítico de la Electrolisis Percutánea Intratisular (EPI) en las adherencias miofasciales. In: II Congrso Nacional y III Regional de Fisioterapia: Informe de Casos. Murcia.
  22. Valera-Garrido F., Minaya-Munoz F, Sanchez-Ibanez JM. Efectividad de la electrólisis percutánea intratisular (EPI®) en las tendinopatías crónicas del tendón rotuliano. *Trauma*. 2010;21(4):227–36.
  23. Minaya, F; Valera, F.; Sánchez J. Uso de la Electrólisis Percutánea Intratisular (EPI) en la epicondilalgia crónica: Caso clínico. *Fisioter calid vida*. 2011;1(14):13–6.
  24. Serrano J, Javier F, Reina E, Herrador M. Tratamiento de la tendinopatía crónica cuadrípital. 2011;14(1):20-23.
  25. Minaya F, Valera F, Sánchez JM, Medina i Mirapeix F. Estudio de coste-efectividad de la electrólisis percutánea intratisular (EPI®) en las epicondilalgias. *Fisioterapia*. 2012;5(34):208–15.
  26. Valera, F. Minaya, F. Sánchez, JM. García, P. Valderrama, F. Medina Mirapeix, F et al. Comparison of the acute inflammatory response and proliferation of dry needling and electrolysis percutaneous intratissue in healthy rat Achilles tendon. *Br J Sport Med*. 2013;47(2).
  27. Abat F, Valles SL, Gelber PE, Polidori F, Stitik TP, Garcia-Herreros S, et al. Molecular repair mechanisms using the Intratissue Percutaneous Electrolysis technique in patellar tendonitis. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2014;58(4):201–5.

28. Abat F, Valles S-L, Gelber P-E, Polidori F, Jorda A, García-Herreros S, et al. An experimental study of muscular injury repair in a mouse model of notexin-induced lesion with EPI® technique. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2015;7(1):7.
29. Abat, F. Gelber, PE. Monllau, JC. Sanchez Ibañez J. Large Tear of the Pectoralis Major Muscle in an Athlete. Results after Treatment with Intratissue Percutaneous Electrolysis (EPI®). *Sport Med Doping Stud.* 2014;4(2).
30. Dolores R-Moreno M. Results of the Electrolysis Percutaneous Intratissue in the shoulder pain: infraspinatus, A Randomized Controlled Trial Resultados de la electrólisis percutánea intratisular en el dolor en el hombro: infraespinoso, un ensayo controlado aleatorio Résultats de l'Électrolyse Percutanée Intra-tissulaire contre la douleur de l'épaule: Muscle sous-épineux. Une étude contrôlée et randomisée. *Rev Cuba Ortop y Traumatol.* 2015;29(1):76–87.
31. Arias-Buría JL, Truyols-Domínguez S, Valero-Alcaide R, Salom-Moreno J, Atín-Arratibel MA, Fernández-de-las-Peñas C. Ultrasound-Guided Percutaneous Electrolysis and Eccentric Exercises for Subacromial Pain Syndrome: A Randomized Clinical Trial. *Evidence-Based Complement Altern Med.* 2015;2015:1–9.
32. Moreno C, Mattiussi G, Núñez FJ. Therapeutic results after ultrasound-guided intratissue percutaneous electrolysis (EPI®) in the treatment of rectus abdominis-related groin pain in professional footballers: a pilot study. *J Sports Med Phys Fitness.* 2016;56(10):1171–8.
33. Abat F, Sánchez-Sánchez JL, Martín-Nogueras AM, Calvo-Arenillas JI, Yajeya J, Méndez-Sánchez R, et al. Randomized controlled trial comparing the effectiveness of the ultrasound-guided galvanic electrolysis technique (USGET) versus conventional electro-physiotherapeutic treatment on patellar tendinopathy. *J Exp Orthop.* 2016;3(1):34.
34. Mattiussi G, Moreno C. Treatment of proximal hamstring tendinopathy-related sciatic nerve entrapment: presentation of an ultrasound-guided Intratissue Percutaneous Electrolysis application. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2016;6:248–52.
35. Carvajal, O; Alvarez, D; Medina, F; Minaya F. Effects of percutaneous needle electrolysis of the patellar tendon on local and contralateral temperature, measured with infrared thermography. *Rev Fisioter Invasiva.* 2016;1(1):18–25.
36. Padrón, A; Rojas S. A comparative study between low and high intensity percutaneous needle electrolysis in patients with patellar tendinopathy: a structural and functional analysis. *Rev Fisioter Invasiva.* 2016;1(1):10–7.
37. de la Cruz B, Albornoz M, García P, Naranjo J. Autonomic responses to ultrasound-guided percutaneous needle electrolysis of the patellar tendon in healthy male footballers. *Acupunct Med.* 2016 ; 34(4):275-9
38. Moreno C, Mattiussi G, Javier Núñez F, Messina G, Rejc E. Intratissue Percutaneous Electrolysis (EPI®) combined with Active Physical Therapy for the treatment of Adductor Longus Enthesopathy-related Groin Pain: a randomised trial. *J Sports Med Phys Fitness.* 2017; 57(10):1318-1329.
39. García, J; Barroso, JF; Loro, JM; Limiana ES. A novel approach in the treatment

- of acute whiplash syndrome: ultrasound-guided needle percutaneous electrolysis. A randomized controlled trial. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017;4(En impresión).
40. García P, de la Cruz B, Naranjo J, Albornoz M. Autonomic activity in women during percutaneous needle electrolysis. *Eur J Integr Med.* 2017;11:53-58.
  41. García P, De la Cruz B, Naranjo J, Albornoz M. Autonomic Responses to Ultrasound-Guided Percutaneous Needle Electrolysis: Effect of Needle Puncture or Electrical Current? *J Altern Complement Med.* 2017;(En impresión)
  42. Langevin HM, Churchill DL, Fox JR, Badger GJ, Garra BS, Krag MH. Biomechanical response to acupuncture needling in humans. *J Appl Physiol.* 2001;91(6):2471-8.
  43. Albornoz-Cabello M, Maya-Martín J, Domínguez-Maldonado G, Espejo-Antúnez L, Heredia-Rizo AM. Effect of interferential current therapy on pain perception and disability level in subjects with chronic low back pain: A randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2017 Feb;31(2):242-249.
  44. Maya J A-CM. *Electroterapia.* 1st ed. Sevilla U de, editor. Sevilla; 2009.
  45. MacPherson H, Thomas K, Walters S, Fitter M. A prospective survey of adverse events and treatment reactions following 34,000 consultations with professional acupuncturists. *Acupunct Med.* 2001;19(2):93-102.
  46. García, P. Albornoz, M. De la Cruz, B. Naranjo J. Reacción adversa al aplicar electrolisis percutánea musculoesquelética en tendón patelar. A propósito de caso. In: *II Congreso Internacional de Fisioterapia Invasiva.* Madrid.
  47. Carvajal-fernández O. Cambios en el flujo sanguíneocutáneo tras la plicación de electrolisis percutánea en el tendón rotuliano. Madrid. Departamento de Fisioterapia, facultad de medicina de la Universidad CEU-San Pablo.
  48. Naranjo J, de la Cruz B, Sarabia E, de Hoyo M, Cobo SD. Two New Indexes for the Assessment of Autonomic Balance in Elite Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2015 May;10(4):452-7
  49. De La Cruz B, Naranjo J. Multiscale time irreversibility of heartbeat at rest and during aerobic exercise. *Cardiovasc Eng.* 2010;10(1):1-4.
  50. de la Cruz B, Sarabia E. La variabilidad de la frecuencia cardíaca en la valoración del rendimiento. In: *Valoración del rendimiento del deportista en el laboratorio.* Esmon Publicidad; 2013. p. 461-500.
  51. Sañudo B, César-Castillo M, Tejero S, Nunes N, de Hoyo M, Figueroa A. Cardiac autonomic response during recovery from a maximal exercise using whole body vibration. *Complement Ther Med.* 2013;21(4):294-9.
  52. Shaffer F, McCraty R, Zerr CL. A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Front Psychol.* 2014 Sep 30;5:1040.
  53. Rodas G, Carbadillo CP, Ramos J, Capdevilla L. Variabilidad de la frecuencia cardíaca; concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (I). *AMD.* 2008;25(123):41-7.

54. de la Cruz B, López C, Naranjo J. Analysis of heart rate variability at rest and during aerobic exercise: a study in healthy people and cardiac patients. *Br J Sports Med.* 2008;42(9):715–20.
55. Lotufo PA, Valiengo L, Bensenor IM, Brunoni AR. A systematic review and meta-analysis of heart rate variability in epilepsy and antiepileptic drugs. *Epilepsia.* 2012 Feb;53(2):272–82.
56. Conder RL, Conder AA. Heart rate variability interventions for concussion and rehabilitation. *Front Psychol.* 2014;5:890.
57. Girsberger W, Bänziger U, Lingg G, Lothaller H, Endler P-C. Heart rate variability and the influence of craniosacral therapy on autonomous nervous system regulation in persons with subjective discomforts: a pilot study. *J Integr Med.* 2014;12(3):156–61.
58. Takamoto K, Sakai S, Hori E, Urakawa S, Umeno K, Ono T, et al. Compression on trigger points in the leg muscle increases parasympathetic nervous activity based on heart rate variability. *J Physiol Sci.* 2009;59(3):191–7.
59. Chan Y-C, Wang T-J, Chang C-C, Chen L-C, Chu H-Y, Lin S-P, et al. Short-term effects of self-massage combined with home exercise on pain, daily activity, and autonomic function in patients with myofascial pain dysfunction syndrome. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(1):217–21.
60. Zamunér AR, Andrade CP, Forti M, Marchi A, Milan J, Avila MA, et al. Effects of a hydrotherapy programme on symbolic and complexity dynamics of heart rate variability and aerobic capacity in fibromyalgia patients. *Clin Exp Rheumatol.* 2015;33(1 Suppl 88):73–81.
61. Castro-Sánchez AM, Matarán-Peñarrocha GA, Sánchez-Labraca N, Quesada-Rubio JM, Granero-Molina J, Moreno-Lorenzo C. A randomized controlled trial investigating the effects of craniosacral therapy on pain and heart rate variability in fibromyalgia patients. *Clin Rehabil.* 2011;25(1):25–35.
62. Lee Y-H, Park BNR, Kim SH. The effects of heat and massage application on autonomic nervous system. *Yonsei Med J.* 2011;52(6):982–9.
63. Noya J, Sillero M. Epidemiología de las lesiones en el fútbol profesional español en la temporada 2008-2009. *AMD.* 2012;29(150):750–66.
64. Kellis E, Katis A. Biomechanical characteristics and determinants of instep soccer kick. *J Sport Sci Med.* 2007;6(December 2006):154–65.
65. Scurr J, Hall B. The effects of approach angle on penalty kicking accuracy and kick kinematics with recreational soccer players. *J Sport Sci Med.* 2009;8(June):230–4.
66. Häggglund M, Zwerver J, Ekstrand J. Epidemiology of patellar tendinopathy in elite male soccer players. *Am J Sports Med.* 2011;39(9):1906–11.
67. Morente-Sanchez J, Zandonai T, Mateo-March M, Sanabria D, Sanchez-Munoz C, Chiamulera C, et al. Acute effect of Snus on physical performance and perceived cognitive load on amateur footballers. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25(4):e423-31.

68. Butler RJ, Lehr ME, Fink ML, Kiesel KB, Plisky PJ. Dynamic balance performance and noncontact lower extremity injury in college football players: an initial study. *Sports Health*. 2013 Sep;5(5):417–22.
69. Kiesel K, Plisky P, Butler R. Functional movement test scores improve following a standardized off-season intervention program in professional football players. *Scand J Med Sci Sports*. 2011;21(2):287–92.
70. Rudavsky A, Cook J. Physiotherapy management of patellar tendinopathy (jumper's knee). *J Physiother*. 2014 Sep;60(3):122–9.
71. Koenig J, Thayer JF. Sex differences in healthy human heart rate variability: A meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev*. 20;64:288–310.
72. Moodithaya S, Avadhany ST. Gender Differences in Age-Related Changes in Cardiac Autonomic Nervous Function. *J Aging Res*. 2012;2012:1–7.
73. Reulecke S, Charleston-Villalobos S, Voss A, González-Camarena R, González-Hermosillo J, Gaitán-González MJ, et al. Men and women should be separately investigated in studies of orthostatic challenge due to different gender-related dynamics of autonomic response. *Physiol Meas*. 2016;37(3):314–32.
74. Speed C. Acupuncture's role in tendinopathy: new possibilities. *Acupunct Med*. 2015;33(1):7–8.
75. Inoue M, Nakajima M, Oi Y, Hojo T, Itoi M, Kitakoji H. The effect of electroacupuncture on tendon repair in a rat Achilles tendon rupture model. *Acupunct Med*. 2015;33(1):58–64.
76. de Almeida M dos S, de Freitas KM, Oliveira LP, Vieira CP, Guerra FDR, Dolder MAH, et al. Acupuncture increases the diameter and reorganisation of collagen fibrils during rat tendon healing. *Acupunct Med*. 2015;33(1):51–7.
77. Almeida M dos S de, Guerra FDR, de Oliveira LP, Vieira CP, Pimentel ER. A hypothesis for the anti-inflammatory and mechanotransduction molecular mechanisms underlying acupuncture tendon healing. *Acupunct Med*. 2014;32(2):178–82.
78. Naranjo J, De la Cruz B, Sarabia E, De Hoyo M, Domínguez-Cobo S. Heart Rate Variability: a Follow-up in Elite Soccer Players Throughout the Season. *Int J Sports Med*. 2015;36(11):881–6.
79. de la Cruz B, Lopez CL, Orellana JN. Analysis of heart rate variability at rest and during aerobic exercise: a study in healthy people and cardiac patients. *Br J Sports Med*. 2008;42(9):715–20.
80. Cataldo A, Zangla D, Cerasola D, Vallone V, Grusso G, Lo Presti R, et al. Influence of baseline heart rate variability on repeated sprint performance in young soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*. 2016;56(4):491–6.
81. Kitagawa Y, Kimura K, Yoshida S. Spectral analysis of heart rate variability during trigger point acupuncture. *Acupunct Med*. 2014;32(3):273–8.
82. Jones SMW, Guthrie KA, Reed SD, Landis CA, Sternfeld B, LaCroix AZ, et al. A yoga & exercise randomized controlled trial for vasomotor symptoms: Effects on heart rate variability. *Complement Ther Med*. 2016;26:66–71.

83. Huang H, Zhong Z, Chen J, Huang Y, Luo J, Wu J, et al. Effect of acupuncture at HT7 on heart rate variability: an exploratory study. *Acupunct Med.* 2015;33(1):30–5.
84. Hideaki W, Tatsuya H, Shogo M, Naruto Y, Hideaki T, Yoichi M, et al. Effect of 100 Hz electroacupuncture on salivary immunoglobulin A and the autonomic nervous system. *Acupunct Med.* 2015;33(6):451–6.
85. Argimón, JM. Jimménez J. Métodos de investigación clínica y epidemiológica. 3rd ed. Elsevier E, editor. 2004.
86. Albornoz Cabello M, Rebollo Roldán J, García Pérez R. Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP) en Fisioterapia. *Rev Iberoam Fisioter Kinesol.* 2005;2(8):77–87.
87. Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.
88. Mundial AM. Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. 1964.
89. Technologies F. Firstbeat. Vol. 2015. 2015.
90. Tarvainen MP, Niskanen J-P, Lipponen JA, Ranta-aho PO, Karjalainen PA, Berntson G, et al. Kubios HRV – Heart rate variability analysis software. *Comput Methods Programs Biomed.* 2014;113(1):210–20.
91. J C. Statistical power analysis for the behavior sciences. 2nd ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.; 1988.
92. Kurono Y, Minagawa M, Ishigami T, Yamada A, Kakamu T, Hayano J, et al. Acupuncture to Danzhong but not to Zhongting increases the cardiac vagal component of heart rate variability. *Auton Neurosci.* 2011;161(1–2):116–20.
93. Streitberger K, Steppan J, Maier C, Hill H, Bacs J, Plaschke K. Effects of Verum Acupuncture Compared to Placebo Acupuncture on Quantitative EEG and Heart Rate Variability in Healthy Volunteers. *J Altern Complement Med.* 2008;14(5):505–13.
94. Carvajal O, Álvarez D, Medina F M-MF. Efectos de la electrolisis percutánea en el tendón rotuliano sobre la temperatura local y contralateral medida con termografía infrarroja. *Rev Fisioter Incasiva.* 2016;1(1).
95. MaYun-Tao MA, Zang HC eds. *Biomedical Acupuncture for Pain Management: An Integrative Approach.* Elsevier SL, editor. 2005.



# ANEXOS

## 10. ANEXOS

### 10.1. ANEXO 1. PREMIO COMUNICACIÓN ORAL

# II Congreso Internacional de Fisioterapia Invasiva

Madrid, 23 de octubre de 2016

El Comité Científico del II Congreso Internacional de Fisioterapia Invasiva

#### CERTIFICA QUE:

La **comunicación oral** titulada RESPUESTA AUTÓNOMA DURANTE LA APLICACIÓN DE LA ELECTROLISIS PERCUTÁNEA MUSCULOESQUELÉTICA EN JUGADORES DE FUTBOL, presentada por Blanca de la Cruz Torres, Paula García Bermejo, Manuel Albornoz Cabello, José Naranjo Orellana ha recibido el

#### Premio a la mejor comunicación oral

Y para que conste a los efectos oportunos, expido el presente documento en Madrid a veintitrés de octubre de dos mil dieciséis.



Dr. D. Francisco Minaya Muñoz

Presidente del Comité Científico del II Congreso Internacional de Fisioterapia Invasiva



10.2. ANEXO 2. COMUNICACIÓN PÓSTER.

# II Congreso Internacional de Fisioterapia Invasiva



Madrid, 23 de octubre de 2016

El Comité Científico del II Congreso Internacional de Fisioterapia Invasiva

**CERTIFICA QUE:**

La siguiente **comunicación póster** ha sido presentada en el congreso:

**CP-18: Reacción adversa al aplicar electrolisis percutánea musculoesquelética en tendón patelar. A propósito de caso.**

Autores

**Paula García Bermejo, Manuel Albornoz Cabello, Blanca de la Cruz Torres, José Naranjo Orellana.**

Y para que conste a los efectos oportunos, expido el presente documento en Madrid a veintitrés de octubre de dos mil dieciséis.



Dr. D. Francisco Minaya Muñoz

Presidente del Comité Científico del II Congreso Internacional de Fisioterapia Invasiva



### 10.3. ANEXO 3. CONSENTIMIENTO INFORMADO

Lea detenidamente esta información, y firme cada página dejando constancia de que ha sido leída y comprendida. Es necesario que hayan sido resueltas todas las dudas que le surjan al respecto, antes de firmar el consentimiento informado al final de este documento, que expresa su decisión firme y voluntaria de participar en esta investigación.

Todos los procesos a realizar en nuestro estudio seguirán los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos de acuerdo con la Carta Internacional de los Derechos del Hombre, adoptada por resolución 217 A (III) de la Asamblea General de las Naciones Unidas, de 10 de Diciembre de 1948; la delegación de Bioética de Guijón del año 2000, de la Sociedad Internacional de Bioética; la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, en su versión del año 2013 y la Ley 15/1999 de Protección de Datos de Carácter personal.

#### ¿De qué trata esta investigación?

La **electrolisis percutánea musculoesquelética**, conocida como **EPM**, se ha convertido en una de las técnicas más novedosas en fisioterapia, con unos resultados muy positivos en procesos tendinosos patológicos. Sin embargo, su aplicación se ve restringida por tratarse de un método más invasivo que otros más conservadores.

La EPM es un abordaje mínimamente invasivo ecoguiado, que consiste en la aplicación de una corriente galvánica a través de una aguja de acupuntura en la zona a tratar; de esta forma se desencadena un proceso inflamatorio local controlado, que aumenta la actividad celular y reparación del área.

La **variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC)** es, actualmente, uno de los parámetros más utilizados en el análisis y valoración de la actividad cardiaca, a través del cual podemos estudiar la actividad del Sistema Nervioso Autónomo.

El tratamiento de regiones como es el tendón rotuliano permite al paciente observar la técnica y ser más consciente de cómo se desarrolla ésta, un factor influyente cuando medimos la VFC durante la intervención con EPI®. Así mismo, deportistas sanos como pueden ser futbolistas jóvenes aficionados, nos ofrecen una actividad cardiaca regular y favorable para el análisis de la variabilidad cardiaca.

El objetivo de nuestro trabajo es comparar los cambios producidos en la VFC en dos situaciones: cuando aplicamos EPI®, y cuando realizamos un tratamiento más tradicional, como es el masaje de cyriax, en el tendón rotuliano de futbolistas sanos amateur. De esta forma podríamos evaluar cómo afecta cada técnica en el equilibrio autónomo del paciente, y evaluar de una forma más objetiva las ventajas e inconvenientes de procedimientos tan innovadores como la EPI®.

Nuestra investigación se dividirá en dos fases:

- 1ª Fase: recogida de la VFC, en reposo, de cada jugador participante en el estudio a lo largo de 2 semanas (10 minutos por sujeto).
- 2ª Fase: medición de la VFC mientras se aplica EPI® o cyriax, según el grupo “A” o “B”, una vez concluida la fase 1 y con una duración de 1 día (10 minutos por sujeto).

Los **beneficios** de este proyecto comprenderán tanto el ámbito asistencial como el docente e investigador. Los **riesgos** para los participantes son nulos.

1. He leído y comprendido la información anterior, así como aceptado las condiciones del estudio *“Influencia de la aplicación de EPI® en la variabilidad de la frecuencia cardiaca de futbolistas sanos amateur”*
2. Doy fe de no haber omitido o alterado datos al informar sobre mi historial.
3. Doy el consentimiento para el tratamiento de la información que de mi obtenga con fines sanitarios, científicos o educativos, con forme a las normas legales. De acuerdo con la Ley 15/1999 de Protección de Datos de Carácter personal, los datos que se me requieren (edad, profesión, historial, etc.) son necesarios para realizar el estudio correctamente. No se revelará mi identidad bajo ningún concepto, así como tampoco mis datos personales, a personas externas a la investigación.
4. Me ha sido explicado de forma comprensible:
  - El procedimiento a realizar.
  - Los beneficios y riesgos del proyecto propuesto.
5. He podido hacer preguntas sobre el estudio y han sido contestadas de forma clara y precisa.
6. Comprendo que mi participación es voluntaria.
7. He hablado con \_\_\_\_\_  
(investigador o persona autorizada y DNI).
8. Comprendo que puedo retirarme de la prueba cuando quiera y sin tener que dar explicación alguna.

### **PARTICIPANTE**

**Yo D.** \_\_\_\_\_

**ACEPTO libremente la participación en el estudio.**

En \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Firma y DNI del participante

\_\_\_\_\_  
Firma y DNI de la investigadorA

## 10.4. ANEXO 4. ESCALA DE APRENSIÓN PSICOLÓGICA PERSONAL

(EAPP)

Esta escala valora la aprensión, desde el autopoicionamiento, a la asistencia fisioterapéutica. La información será usada con la máxima discreción y procurando la confidencialidad de los datos, que serán destruidos en cuanto formen parte de las estadísticas globales.

Señale cada respuesta con un círculo. Ajústese a la siguiente graduación de los niveles de su respuesta en cada pregunta.

**1. Muy raramente (prácticamente nunca)****2. Alguna vez (casi nunca)****3. Frecuentemente (bastantes veces)****4. Continuamente (prácticamente siempre)**

1. ¿Siente usted que su estado de ánimo sufre altibajos?	1	2	3	4
2. ¿Se siente desdichado/a sin motivo?	1	2	3	4
3. ¿Se ve usted a sí mismo/a como una persona irritable?	1	2	3	4
4. A menudo ¿se siente harto/a (“un poco al límite”)?	1	2	3	4
5. ¿Tiene usted sentimientos de culpabilidad?	1	2	3	4
6. ¿Se ve usted a sí mismo/a como una persona nerviosa?	1	2	3	4
7. ¿Se considera usted como una persona sufridora?	1	2	3	4
8. ¿Se ve usted a sí mismo/a como una persona tensa?	1	2	3	4
9. ¿A menudo se siente apático/a y cansado/a sin motivo?	1	2	3	4
10. ¿A menudo siente usted que su vida es muy monótona?	1	2	3	4
11. ¿Sufre usted de los “nervios”?	1	2	3	4
12. ¿Se siente usted solo/a?	1	2	3	4
13. ¿Se inquieta usted por cosas terribles que podrían suceder?	1	2	3	4
14. ¿Se siente usted intranquilo/a por su salud?	1	2	3	4
15. ¿Es usted una persona que se afecta fácilmente ante según qué cosas?	1	2	3	4

## 10.5. ANEXO 5. CERTIFICADO COMITÉ DE ÉTICA



Servicio Andaluz de Salud  
CONSEJERÍA DE SALUD

**Informe Dictamen Favorable  
Proyecto Investigación Biomédica**

C.P. HRV durante EPM - C.I. 1076-N-16

12 de diciembre de 2016

**CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío**

Dr. Víctor Sánchez Margalet  
Presidente del CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío

### CERTIFICA

**1º.** Que el CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío en su reunión del día 29/09/2016, acta 10/2016 ha evaluado la propuesta del promotor referida al estudio:

**Título:** RESPUESTA AUTONOMA DURANTE LA APLICACIÓN DE ELECTROLISIS PERCUTÁNEA MUSCULOESQUELÉTICA (EPM) EN MUJERES FUTBOLISTAS AMATEUR

**Código Promotor:** HRV durante EPM **Código Interno:** 1076-N-16  
**Promotor:** Investigador

**1º.** Considera que

- El estudio se plantea siguiendo los requisitos de la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica y su realización es pertinente.
- Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificados los riesgos y molestias previsibles para el sujeto.
- Son adecuados tanto el procedimiento para obtener el consentimiento informado como la compensación prevista para los sujetos por daños que pudieran derivarse de su participación en el estudio.
- El alcance de las compensaciones económicas previstas no interfiere con el respeto a los postulados éticos.
- La capacidad de los Investigadores y los medios disponibles son apropiados para llevar a cabo el estudio.

**2º.** Por lo que este CEI emite un **DICTAMEN FAVORABLE**.

**3º.** Este CEI acepta que dicho estudio sea realizado en los siguientes CEI/Centros por los Investigadores:

CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío Blanca De la Cruz Torres  
(Fisioterapia) Universidad de Sevilla

Lo que firmo en Sevilla, a 12 de diciembre de 2016

Fdo: NOMBRE  
SANCHEZ  
MARGALET  
VICTOR MANUEL  
- NIF 28691159Q

Firmado digitalmente por NOMBRE  
SANCHEZ MARGALET VICTOR  
MANUEL - NIF 28691159Q  
Fecha: 2016.12.12 09:56:35 +01'00'

Dr. Víctor Sánchez Margalet  
Presidente del CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío

10.6. ANEXO 6. ARTICULO PUBLICADO EN “*EUROPEAN JOURNAL OF INTEGRATIVE MEDICINE*”

Accepted Manuscript

Title: Autonomic activity in women during percutaneous needle electrolysis

Authors: Paula García Bermejo, Blanca de la Cruz Torres, José Naranjo Orellana, Manuel Albornoz Cabello



PII: S1876-3820(17)30019-7  
DOI: <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.eujim.2017.02.002>  
Reference: EUJIM 652

To appear in:

Received date: 8-12-2016  
Revised date: 7-2-2017  
Accepted date: 7-2-2017

Please cite this article as: García Bermejo Paula, de la Cruz Torres Blanca, Naranjo Orellana José, Albornoz Cabello Manuel. Autonomic activity in women during percutaneous needle electrolysis. *European Journal of Integrative Medicine* <http://dx.doi.org/10.1016/j.eujim.2017.02.002>

This is a PDF file of an unedited manuscript that has been accepted for publication. As a service to our customers we are providing this early version of the manuscript. The manuscript will undergo copyediting, typesetting, and review of the resulting proof before it is published in its final form. Please note that during the production process errors may be discovered which could affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.



**ABSTRACT**

**Introduction.** Ultrasound (US)-guided percutaneous needle electrolysis (PNE) is a minimally invasive approach, which involves the application of a galvanic current through an acupuncture needle. The aim was to assess the changes in female's autonomic activity during the US-guided PNE technique on healthy patellar tendons by measurement and analysis of heart rate variability (HRV).

**Methods.** Twenty four female footballers were randomly allocated to a control group, for whom HRV was recorded for 10 minutes, both at rest and during an exhaustive US examination of the patellar tendon and adjacent structures; and an experimental group, for whom HRV was recorded for 10 minutes, both at rest and during application of US-guided PNE in the patellar tendon. The following HRV parameters were assessed: mean NN interval, mean heart rate, time domain parameters (SDNN, rMSSD, pNN50), diameters of the Poincaré plot (SD1,SD2), stress score (SS), and sympathetic/parasympathetic ratio (S/PS ratio).

**Results:** There were no differences between groups in any baseline measurements, nor any significant differences between control group measurements (baseline vs. intervention). After the application of the US-guided PNE technique, the experimental group exhibited statistically significant increases in SDNN ( $p=0.003$ ), rMSSD ( $p=0.004$ ), SD1 ( $p=0.004$ ), SD2 ( $p=0.003$ ) and statistically significant decreases in SS ( $p=0.01$ ) and S/PS ratio ( $p=0.02$ ), indicating increased parasympathetic and decreased sympathetic activity.

**Conclusions:** In women, US-guided PNE was associated with an autonomic imbalance characterized by greater parasympathetic activity, which could potentially result in an adverse reaction.

**Key words:** autonomic nervous system; adverse events; ultrasonography; women; heart rate variability

**TEXT****INTRODUCTION**

In 1825, Jean Baptiste Sarlandière published his "Memoires sur l'électropuncture", combining galvanic current with inserted acupuncture needles. Around 1950, Ryodoraku created a galvanic needling method used by thousands of acupuncturists in Japan. Currently, ultrasound (US)-guided percutaneous needle electrolysis (PNE) is a minimally invasive approach that involves the application of a galvanic current through an acupuncture needle[1] for the treatment of musculoskeletal pathologies[2-4]. Much like acupuncture[5-8], this technique is believed to influence mechanotransduction in tendon[9,10].

By using this needling procedure, alterations of the autonomic behavior were observed during the technique application. De la Cruz et al[11] assessed the changes in sympathetic and parasympathetic activity (analyzed through heart rate variability -HRV) during US-guided PNE on the healthy patellar tendon of male amateur footballers. They showed US-guided PNE in men was associated with an autonomic imbalance characterized by greater parasympathetic activity. These clinical phenomena are mediated by the vagus nerve and characterized by lightheadedness and malaise. Exceptionally, vasovagal reactions may result in brief and reversible loss of consciousness (vasovagal syncope). The relevance of this finding to clinical practice lies in the avoidance of clinically significant vagal reactions (including syncope). Therefore, it is important to advise physiotherapists that this invasive technique should be performed with due care and one must be fully prepared to attend to any adverse reaction.

HRV has been validated as an accurate tool to assess the status of the autonomic nervous system

## ACCEPTED MANUSCRIPT

(both sympathetic and parasympathetic components) under various conditions[12-17]. Given that vasovagal reactions involve an autonomic imbalance characterized by a predominance of parasympathetic activity, HRV may be a useful tool to detect these reactions. Kitagawa et al[18] suggested that acupuncture stimulation of trigger points of the tibialis anterior muscle transiently increases parasympathetic nerve activity. Other authors[19-21] have shown increased sympathetic activity during acupuncture needling, which is generally followed by increased parasympathetic tone afterwards.

However, HRV changes are different between females and males[22-24]. Generally, women have a higher prevalence of parasympathetic activity than men and therefore, women show greater HRV[22]. Moodithaya et al[23] showed the parasympathetic activity was significantly higher in adolescent and adult females compared to males of the same age stages. They also demonstrated that these gender-related differences in parasympathetic regulation diminished after the age of 50 years. Reulecke et al[24] suggested the need for gender separation in studies of the dynamics of autonomic regulation during orthostatic challenge. Currently, there appear to be no articles which have investigated US-guided PNE in women. For this reason, the aim of this study was to assess the changes in sympathetic and parasympathetic activity (analyzed through HRV) during US-guided PNE on the healthy patellar tendon of a group of female amateur football players in order to establish if they show the same response as male players.

## METHOD

**Participants.** We studied a total of 24 members of an amateur female football club split randomly into two groups, each comprised of 12 players: a control group and an experimental group. Exclusion criteria were: (a) pathology in the patellar tendon; (b) Prior knowledge or experience of this technique; (c) personal psychological apprehension scale (PPAS) score higher than 37.5[25]; (d) commonly accepted contraindications to PNE including chronic joint disease, surgery,

## ACCEPTED MANUSCRIPT

prosthesis or osteosynthesis in the area of intervention, cardiac disease, neoplasia, coagulopathy, use of certain drugs (fluoroquinolones, anticoagulants, corticosteroids or non-steroidal anti-inflammatories)[26]; (e) any contraindications to needling *per se* including unsurmountable fear of needles, history of adverse reaction to needling, immunocompromise, difficulty expressing feelings appropriately and/or allergy to metals[26]; (f) epilepsy; and (g) pregnancy.

The Local Ethics Board approved the study which followed all principles described in the Declaration of Helsinki. All subjects signed an informed written consent to participate in this study.

**Procedures.** Firstly, all subjects filled in the PPAS, the general aim of which was to measure the psychological apprehension of the subjects during electro physiotherapeutic treatment. This scale aims to evaluate, by means of the opinion and self-positioning of the subjects, an individual's degree of apprehension to the application of an electrical current[25]. Subsequently, HRV was recorded in the early morning and after fasting overnight. HRV was recorded for the control group (CG) for 10 minutes, both at rest and during an exhaustive US examination of the patellar tendon and adjacent structures using a high resolution grayscale US machine (Logiq, GE Healthcare, Wisconsin, USA) with a linear probe (12 MHz) according to European Society of Musculoskeletal Radiology guidelines[27]; HRV was recorded for the experimental group (EG) for 10 minutes, both at rest and during application of US-guided PNE in the patellar tendon. The patellar tendon was selected because its pathology is one of the most commonly accepted indications for this technique[3,4,11] although all study participants had healthy patellar tendons and did not suffer from any patellar pathology. The US-guided PNE technique was applied using a specifically developed medically certified (Directive 93/42/EEC) device (EPI Advanced Medicine, Barcelona, Spain), which produces galvanic electricity through the negative electrode. This is applied using a modified electrosurgical scalpel that incorporates acupuncture needles (0.3 mm in diameter) of different lengths. The intensity can be adjusted by changing either the duration of stimulation or the output current (mA) of the device. Conversely, the machine's polarity is fixed (i.e. only cathode

flow is usable). During each procedure, all of which were performed by the same experienced operator, volunteers were sitting on the bed, leaning back on the recliner at 75 degrees with a pillow under the knees (figure 1), to minimize the risk of any potential vagal reaction. Isopropyl alcohol was used to prepare the skin and polyvidone iodine was specifically avoided to prevent a tattooing effect of the negative current. Finally, we used a single needle but three US-guided precise applications at a fixed intensity of 3 mA were performed for 3 seconds each, according to Valera-Garrido and Minaya-Muñoz's protocol[28]. The approaches were in the body of tendon.

#### **Measurement of heart rate variability**

A Firstbeat Bodyguard (Firstbeat Technologies, Jyväskylä, Finland) heart rate (HR) monitor was used to record HR data for 10 minutes in every session (10 minutes at rest and 10 minutes during US or US-guided PNE). Data was downloaded from the devices to a computer using Firstbeat Uploader software (Firstbeat Technologies, Jyväskylä, Finland) and all the RRI series were imported into the Kubios (University of Eastern Finland, Kuopio, Finland) software package, which was used to calculate all HRV parameters. The HRV methods most commonly used for this purpose are based on the time domain [12] and the Poincaré plot[29]. For the time domain, there are several parameters that, according to the Task Force[12], provide information about parasympathetic activity such as the standard deviation of the RR intervals (SDNN), the square root of the mean of the sum of the squares of the differences between the adjacent RR intervals (rMSSD), and the number of adjacent RR interval (RRI) pairs that differ by >50 ms in the full register, divided by the total number of RRIs and expressed as a percentage (pNN50). By contrast, the Poincaré plot reflects HRV fluctuations [30]. Physiologically, the transverse axis (SD1) is a measurement of the short-term changes in RRIs and is considered an indicator of parasympathetic activity[31]. The physiological meaning of the longitudinal axis (SD2) is not as clear but it is thought that it reflects the long-term changes in RRIs and it is considered an inverse indicator of sympathetic activity[32]. Naranjo et al[33] recently defined two new indices to facilitate the physiological interpretation of

## ACCEPTED MANUSCRIPT

the Poincaré plot: the stress score (SS) and the sympathetic-parasympathetic ratio (S/PS), respectively. The SS is expressed as the inverse of the diameter SD2 multiplied by 1000 and it is considered to be directly proportional to sympathetic activity at the sinus node. The S/PS ratio is expressed as the quotient of SS and SD1 and it is considered to reflect autonomic balance- that is, the relationship between sympathetic and parasympathetic activity.

**Statistical analysis**

All variables were expressed as mean and standard deviation and the normality of the data distribution was evaluated using the Shapiro-Wilk test. Data were first analyzed using a two-factor repeated measures analysis of variance (ANOVA) with one between-group factor (CG versus EG) and one within-group factor (baseline versus intervention). The Games-Howell post-hoc test was used for multiple comparisons. Data were analyzed with the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) v.21 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) and statistical significance was set at  $p < 0.05$ .

**RESULTS**

There were no significant baseline differences in any demographic variables between the subjects in the CG and the EG, including age ( $23.92 \pm 3.37$  vs  $23.08 \pm 2.75$  years,  $p = 0.51$ ), weight ( $60.92 \pm 6.40$  vs  $60.00 \pm 5.33$  kg,  $p = 0.71$ ), height ( $167.75 \pm 0.06$  vs  $165.42 \pm 0.05$  cm,  $p = 0.34$ ), and body mass index ( $21.62 \pm 1.47$  vs  $21.98 \pm 2.33$ ,  $p = 0.65$ ). On the PPAS scale, the CG and EG scored  $21.67 \pm 4.66$  and  $22.42 \pm 4.29$ , respectively ( $p = 0.69$ ).

Table 1 shows the mean and standard deviation of the study variables (mean NN interval, mean HR, SDNN, rMSSD, pNN50, SD1, SD2, SS and S/PS ratio) at rest (baseline measurement) and during ultrasound examination or application of the US-guided PNE technique in control and experimental

groups, respectively. There were no differences between the control group and the experimental group in the baseline measurements of NN interval ( $872.28 \pm 131.20$  vs.  $890.58 \pm 125.38$  ms,  $p=0.87$ ), HR  $68.79 \pm 10.48$  vs.  $72.14 \pm 15.36$  bpm,  $p=0.53$ ), SDNN ( $63.40 \pm 26.35$  vs.  $72.82 \pm 26.48$  ms,  $p=0.46$ ), RMSSD ( $53.10 \pm 29.82$  vs.  $64.44 \pm 30.94$  ms,  $p=0.49$ ), pNN50 ( $30.89 \pm 20.88$  vs.  $35.32 \pm 19.54\%$ ,  $p=0.82$ ), SD1 ( $42.54 \pm 23.48$  vs.  $45.45 \pm 21.83$ ,  $p=0.95$ ), SD2 ( $89.11 \pm 33.90$  vs.  $96.53 \pm 35.56$ ,  $p=0.69$ ), SS ( $13.20 \pm 6.61$  vs.  $11.65 \pm 3.93$ ,  $p=0.53$ ) or S/PS ratio ( $0.58 \pm 0.67$  vs.  $0.34 \pm 0.22$ ,  $p=0.31$ ).

There were no significant differences between the control group measurements taken at baseline and during the ultrasound examination (all  $p>0.05$ ). By contrast, compared to baseline values, the experimental group exhibited statistically significant changes all parameters of HRV during US-guided PNE, except pNN50 (table 1): SDNN ( $72.82 \pm 26.48$  vs.  $121.08 \pm 42.17$  ms,  $p=0.003$ ), RMSSD ( $64.44 \pm 30.94$  vs.  $111.26 \pm 43.60$  ms,  $p=0.004$ ), SD1 ( $45.45 \pm 21.83$  vs.  $78.58 \pm 30.98$ ,  $p=0.004$ ), SD2 ( $96.53 \pm 35.56$  vs.  $157.39 \pm 53.37$ ,  $p=0.003$ ), SS ( $11.65 \pm 3.93$  vs.  $6.92 \pm 1.95$ ,  $p=0.01$ ) or S/PS ratio ( $0.34 \pm 0.22$  vs.  $0.11 \pm 0.06$ ,  $p=0.02$ ).

## DISCUSSION

The main finding of this study was a significant increase in parasympathetic activity during application of the US-guided PNE technique in healthy patellar tendons of female football players, by means of simple HRV measurements. Statistically significant increases were observed in parameters HRV of parasympathetic activity (SDNN, rMSSD, SD1) (table 1, figure 2) and statistically significant decrease were observed in parameters HRV of sympathetic activity (SS) (figure 2). Also, a statistically significant increases were observed in SD2 that means a decreased of sympathetic activity. Overall this suggests that the application of the US-guided PNE technique causes an autonomic imbalance with predominance in parasympathetic activity. This was showed a statistically significant decrease in S/PS ratio (figure 2). However, these results have a positive

effect because this technique causes a segmental response (central nervous system activation) that starts the repair processes. This is known as the response of the organism to a threat (fight-flight response)[34,35].

Malliani [36] suggests that data from the study of heart rate variability, a non-invasive technique offering indications of changes in the autonomic nervous system, may be used to investigate the neurovegetative regulation of the activity of other organs. This is an interesting point since the ability to quantitatively study neural mechanisms involved in the physiotherapist technique by non-invasive methods is very limited. In the field of physiotherapy, HRV is now being incorporated into evaluation of the physiological effect of different techniques. In this context, we have identified papers on HRV involving therapeutic massage[37-39], craniosacral therapy[40], acupuncture[20,21,41] and PNE[11]. Some authors have reported an increase in HRV based on increased parasympathetic activity that has been translated into techniques designed to reduce physiological stress[38,40]. Other authors have reported increased sympathetic activity during acupuncture needling, which is generally followed by increased parasympathetic tone afterwards [20,21,41]. During US-guided PNE, De la Cruz et al[11] showed an increased parasympathetic activity in male soccer players. According to the literature [24, 42-45], it should be necessary to know women's autonomic response during US-guided PNE as men and women may respond differently in health and disease. For instance, in men, sympathetic nerve activity is typically elevated compared to women [42-45]. Therefore, authors declared that studies of HRV in men and women should be done separately [24].

In both studies, a trend towards increased parasympathetic activity and decreased sympathetic activity is observed in both groups, although the changes were significant only in the experimental group. This autonomic imbalance seems to be elicited by the needling technique *per se*, regardless of the participants' attitudes. In fact, subjects (both control and experimental group) in both studies scored an average of 23 points on the PPAS, which is much less than the threshold of 37.5 that was considered to indicate apprehension [25]. Consequently, changes in HRV should be due to



## ACCEPTED MANUSCRIPT

technique and this could be important in order to avoid serious vagal reactions such as syncope. Also, in both studies, baseline values in experimental group are different: women's values are slightly higher than men's values; and during US-guided PNE, autonomic response was different: De la Cruz et al[11] only observed significant changes in SDNN, SD1 and SD2 in men, while in this study, women showed significant changes in SDNN, rMSSD, SD1, SD2, SS and ratio S/PS. This means that the change of the autonomic response is higher in women than in men. This finding is important to know because this should be borne in mind during clinical treatment in women, too.

**Study limitations**

The PNE technique causes a change in autonomic balance. Therefore, the technique is likely to have a local and a segmental effect. It would be interesting to undertake future studies that clarify the local and segmental therapeutic mechanisms of this technique. In particular, we are aware that that the number of subject in this study was small. It will be necessary to increase the number of subjects in further studies.

It is also important to consider that all kinds of needles may cause vasovagal reaction and this needs to be controlled for in future studies.

**CONCLUSION**

In conclusion, application of the US-guided PNE technique caused a measurable increase in parasympathetic activity (detected by HRV) in women and this response is no different to that observed previously in male players.

**Authors** All research done by the authors

**Financial** No

**Conflict of interests** The authors state that they have no conflicts of interest.

**Patient consent** Obtained.

**Ethics approval** University Hospital Virgen Macarena-Virgen del Rocío.

## REFERENCES

- [1] Valera-Garrido F, Minaya-Muñoz F, Medina-Mirapeix F. Ultrasound-guided percutaneous needle electrolysis in chronic lateral epicondylitis: short-term and long-term results. *Acupunct Med* 2014;32(6):446–54.
- [2] Arias-Buría JL, Truyols-Domínguez S, Valero-Alcaide R, Salom-Moreno J, Atín-Arratibel MA, Fémadez-de-las-Peñas C. Ultrasound-guided percutaneous electrolysis and eccentric exercises for subacromial pain syndrome: a randomized clinical trial. *Evid Based Complement Alternat Med* 2015;2015: 315219.
- [3] Abat F, Diesel WJ, Gelber PE, Polidori F, Monllau JC, Sanchez-Ibañez JM. Effectiveness of the Intratissue Percutaneous Electrolysis (EPI®) technique and isoinertial eccentric exercise in the treatment of patellar tendinopathy at two years follow-up. *Muscles Ligaments Tendons J* 2014;4(2):188–93.
- [4] Abat F, Gelber PE, Polidori F, Monllau JC, Sanchez-Ibañez JM. Clinical results after ultrasound-guided intratissue percutaneous electrolysis (EPI) and eccentric exercise in the treatment of patellar tendinopathy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015; 23(4):1046-1052.
- [5] de Almedia Mdos S, Guerra Fda R, de Oliveira LP, Viera CP, Pimentel ER. A hypothesis for the anti-inflammatory and mechanotransduction molecular mechanisms underlying acupuncture tendon healing. *Acupunct Med* 2014;32(2):178-82.
- [6] Speed C. Acupuncture's role in tendinopathy: new possibilities. *Acupunct Med* 2015;33(1):7-8.
- [7] Inoue M, Nakajima M, Oi Y, Hojo T, Itoi M, Kitakoji H. The effect of electroacupuncture on tendon repair in a rat Achilles tendon rupture model. *Acupunct Med* 2015;33(1):58-64.
- [8] de Almedia Mdos S, de Freitas KM, Oliveira LP, Vieira CP, Guerra Fda R, Dolder MA, Pimmentel ER. Acupuncture increases the diameter and reorganisation of collagen fibrils during rat tendon healing. *Acupunct Med* 2015;33(1):51-7.
- [9] Abat F, Valles SL, Gelber PE, Polidori F, Jorda A, García-Herreros S, Monllau JC, Sanchez-Ibañez JM. An experimental study of muscular injury repair in a mouse model of notexin-induced lesion with EPI® technique. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 2015;17:7.
- [10] Abat F, Valles SL, Gelber PE, Polidori F, Stitik TP, García-Herreros S, Monllau JC, Sanchez-Ibañez JM. Molecular repair mechanisms using the intratissue percutaneous electrolysis technique in patellar tendinosis. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol* 2014; 58(4):201-205.

- [11] De la Cruz B, Albornoz M, García P, Naranjo J. Autonomic responses to ultrasound-guided percutaneous needle electrolysis of the patellar tendon in healthy male footballers. *Acupunct Med* 2016; 34(4):275-279.
- [12] Task Force of ESC and NASPE: Heart rate variability, standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation* 1996, 93(5):1043-1065.
- [13] Naranjo J, De la Cruz B, Sarabia E, De Hoyo M, Domínguez-Cobo S. Heart rate variability: a follow-up in elite soccer players throughout the season. *Int J Sports Med* 2015; 36 (11):881-886.
- [14] Cataldo A1, Zangla D, Cerasola D, Vallone V, Grusso G, Lo Presti R, Traina M. Influence of baseline heart rate variability on repeated sprint performance in young soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2016 ;56(4):491-6.
- [15] Kitagawa Y, Kimura K, Yoshida S. Spectral analysis of heart rate variability during trigger point acupuncture. *Acupunct Med* 2014;32:273–8.
- [16] Sakai S, Hori E, Umeno K, Kitabayashi N, Ono T, Nishijo H. Specific acupuncture sensation correlates with EEGs and autonomic changes in human subjects. *Auton Neurosci* 2007;30,133:158–69.
- [17] Jones SM, Guthrie KA, Reed SD, et al. A yoga & exercise randomized controlled trial for vasomotor symptoms: Effects on heart rate variability. *Complement Ther Med* 2016; 26:66-71.
- [18] Buonacera A, Boukhris M, Tomasello SD, et al. Impact of left ventricular remodeling and renal function on 24h-ECG recordings and cardiovascular outcome in elderly hypertensive patients. *Eur J Intern Med.* 2016;29:71-7.
- [19] Lazzarini PE, Acampa M, Capecchi PL, et al. Association between high sensitivity C-reactive protein, heart rate variability and corrected QT interval in patients with chronic inflammatory arthritis. *Eur J Intern Med.* 2013;24(4):368-74.
- [20] Hideaki W, Tatsuya H, Shogo M, Naruto Y, Hideaki T, Yoichi T, Yoshihiro O, Kazuo U, Hidenori T. Effect of 100 Hz electroacupuncture on salivary immunoglobulin A and the autonomic nervous system. *Acupunct Med* 2015;33:451–6.
- [21] Huang H, Zhong Z, Chen J, Huang Y, Luo J, Wu J, Liao H, Zhen E, Lin R, Fasmer OB, Wik G. Effect of acupuncture at HT7 on heart rate variability: an exploratory study. *Acupunct Med* 2015;33:30–5.
- [22] Koenig J, Thayer JF. Sex differences in healthy human heart rate variability: A meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev* 2016;64:288-310.
- [23] Moodithaya S, Avadhany ST. Gender Differences in Age-Related Changes in Cardiac Autonomic Nervous Function. *J Aging Res* 2012; 2012: 679345: 1-7.
- [24] Reulecke S, Charleston-Villalobos S, Voss A, González-Camarena R, et al. Men and women should be separately investigated in studies of orthostatic challenge due to different gender-

- related dynamics of autonomic response. *Physiol Meas* 2016;37(3):314-32.
- [25] Albornoz M, Rebollo J, García R. Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP) en Fisioterapia. *Rev Iberoam Fisioter Kinesol* 2005;2:77-87.
- [26] Valera-Garrido F, Minaya-Muñoz F. *Fisioterapia Invasiva*. 1st ed. Barcelona: Elsevier España, S.L.; 2013.
- [27] Beggs I, Bianchi S, Bueno A, et al. Musculoskeletal Ultrasound Technical Guidelines. V Knee. European Society of Musculoskeletal Radiology. <http://www.essr.org/html/img/pool/knee.pdf>, 2015 (accessed 13.09.2016).
- [28] Valera-Garrido F, Minaya-Muñoz F, eds. *Fisioterapia Invasiva*. 2<sup>nd</sup> ed. Barcelona: Elsevier España, S.L., 2016.
- [29] Kamen PW, Tonkin AM. Application of the Poincaré plot of heart rate variability: a new measure of functional status in heart failure. *Aust N Z J Med* 1995; 25: 18-26.
- [30] Brennan M, Palaniswami M, Kamen P. Do existing measures of Poincaré plot geometry reflect nonlinear features of heart rate variability. *IEEE Trans Biomed Eng* 2001; 48:1342-1347.
- [31] Mourot L, Bouhaddi M, Perrey S, Rouillon JD, Regnard J. Quantitative Poincaré plot analysis of heart rate variability: effect of endurance training. *Eur J Appl Physiol* 2004;91(1):79-87.
- [32] Hoshi RA, Pastre CM, Vanderlei LC, Godoy MF. Poincaré plot indexes of heart rate variability: relationships with other nonlinear variables. *Auton Neurosci* 2013;177(2):271-4.
- [33] Naranjo J, De la Cruz B, Sarabia E, De Hoyo M, Domínguez-Cobo S. Two new indexes for the assessment of autonomic balance in elite soccer players. *Int J Sports Physiol Perform* 2015; 10(4): 452-7.
- [34] MaYun-Tao MA, Zang HC, eds. *Biomedical Acupuncture for Pain Management: An Integrative Approach*. St. Louis: Elsevier, 2005.
- [35] Carvajal O, Álvarez D, Medina F, Minaya-Muñoz F. Efectos de la electrolisis percutánea en el tendón rotuliano sobre la temperatura local y contralateral medida con termografía infrarroja. *Rev Fisioter Invasiva* 2016; 1(1): 18-25.
- [36] Malliani A. Heart rate variability: from bench to bedside. *Eur J Int Med* 2005;16:12-20.
- [37] Wälchli C, Saltzwedel G, Krüerke D, Kaufmann C, Schnorr B, Rist L, Eberhard J, Decker M, Simoes-Wüst AP. Physiologic effects of rhythmical massage: a prospective exploratory cohort study. *J Altern Complement Med* 2014;20(6):507-15.
- [38] Chuang C-Y, Tsai C-N, Kao M-T, Huang SH. Effects of massage therapy intervention on autonomic nervous system promotion in integrated circuit design company employees. *IFMBE Proceedings* 2014; 43: 562-564.
- [39] Tbuttagat V, Eungpinichpong W, Chatchawan U, Kharmwan S. The immediate effects of traditional Thai massage on heart rate variability and stress-related parameters in patients with

## ACCEPTED MANUSCRIPT

- back pain associated with myofascial trigger points. *J Bodyw Mov Ther* 2011; 15(1): 15
- [40] Girsberger W, Bänziger U, Lingg G, Lothaller H, Endler PC. Heart rate variability and the influence of craniosacral therapy on autonomous nervous system regulation in persons with subjective discomforts: A pilot study. *J Integr Med* 2014; 12(3): 156-161.
- [41] Sakai S, Hori E, Umeno K, Kitabayashi N, Ono T, Nishijo H. Specific acupuncture sensation correlates with EEGs and autonomic changes in human subjects. *Auton Neurosci* 2007;30;133(2):158–69.
- [42] Convertino VA. Gender differences in autonomic functions associated with blood pressure regulation. *Am J Physiol* 1998; 275 R1909–20.
- [43] Fu Q, Witkowski S, Okazaki K, Levine BD. Effects of gender and hypovolemia on sympathetic neural responses to orthostatic stress. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2005; 289: R109–16.
- [44] Hart EC, Joyner AJ. The curse of the sympathetic nervous system: are men or women more unfortunate?. *J Physiol* 2010; 88: 4345–6.
- [45] Jarvis SS, Florian JP, Curren MJ, Pawelczyk JA. Sex differences in vasoconstrictor reserve during 70 deg head-up tilt. *Exp Physiol* 2010; 95: 184–93.

## TABLE

Table 1. Heart rate variability parameters before and during US examination or US-guided PNE

	Control Group		Experimental Group	
	Baseline	Intervention	Baseline	Intervention
NN Interval (ms)	872.28±131.20	899.37±126.45	890.58±125.38	837.88±115.80
HR (bpm)	68.79±10.48	67.85±9.65	72.14±15.36	79.10±22.36
SDNN (ms)	63.40±26.35	68.03±28.65	72.82±26.48	121.08±42.17*
rMSSD (ms)	53.10±29.82	58.69±33.12	64.44±30.94	111.26±43.60*
pNN50 (%)	30.89±20.88	34.51±17.68	35.32±19.54	35.86±20.71
SD1	42.54±23.48	41.50±23.50	45.45±21.83	78.58±30.98*
SD2	89.11±33.90	94.91±33.77	96.53±35.56	157.39±53.37*
SS	13.20±6.61	12.36±6.04	11.65±3.93	6.92±1.95*
S/PS Ratio	0.58±0.67	0.52±0.56	0.34±0.22	0.11±0.06*

## ACCEPTED MANUSCRIPT

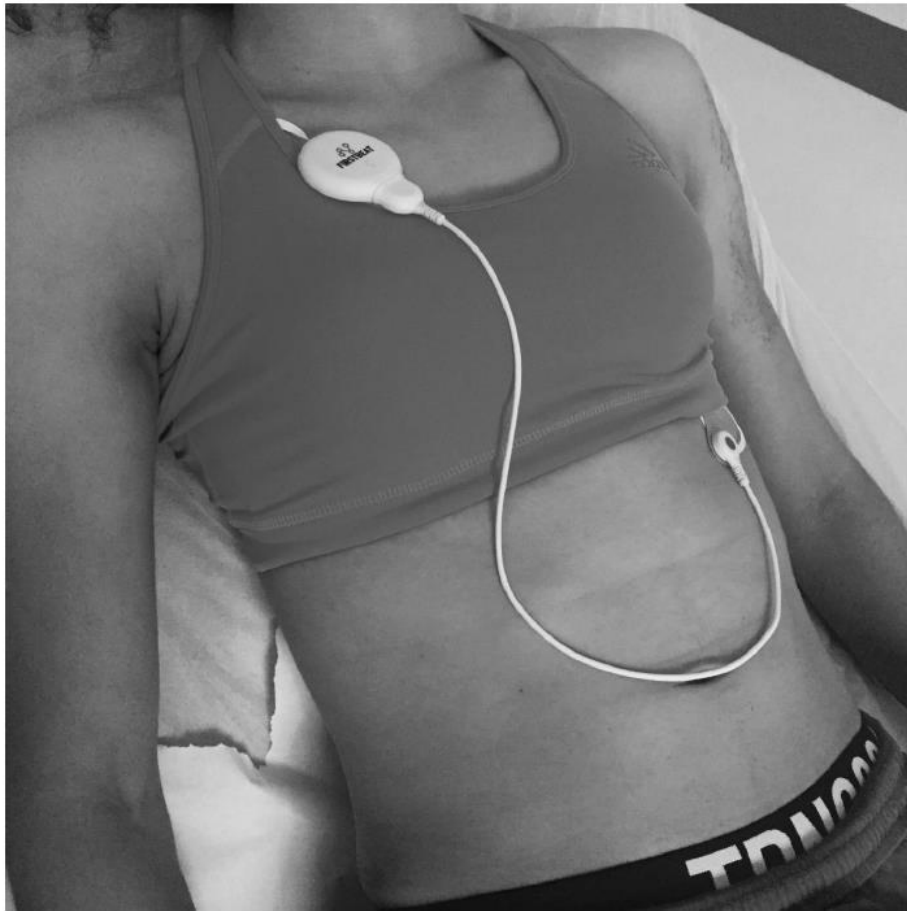
Data are mean  $\pm$  SD. Interventions in the control and experimental groups consisted of ultrasound (US) examination and US-guided percutaneous needle electrolysis (PNE), respectively. NN interval = normal RR interval (RRI); HR = heart rate, SDNN = standard deviation of NN interval; rMSSD = square root of the mean of the sum of the squares of the differences between adjacent RRIs; pNN50 = number of adjacent RRI pairs that differ by more than 50 ms in the full register, divided by the total number of RRIs and expressed as a percentage; SD1 = transverse axis of Poincaré plot; SD2 = longitudinal axis of Poincaré plot, SS = stress score (inverse of diameter SD2 X 1000); S/PS ratio = quotient of SS and SD1. \*  $p < 0.05$  baseline versus intervention scores for experimental group only.

## CAPTIONS TO ILLUSTRATIONS

Figure 1. Measurement of HRV during the study.

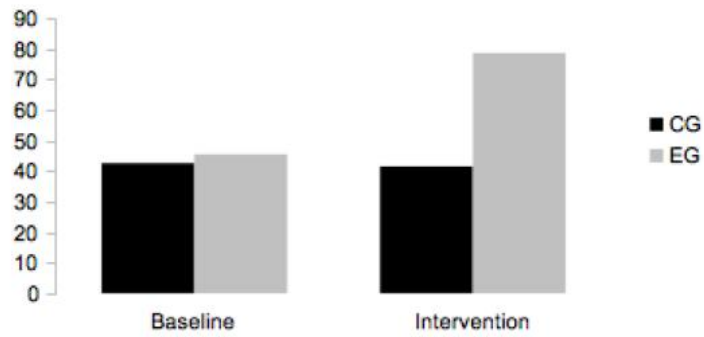
Figure 2. Comparison of SD1, SS and S/PS ratio at baseline and during intervention between control group and experimental group.

ACCEPTED MANUSCRIPT

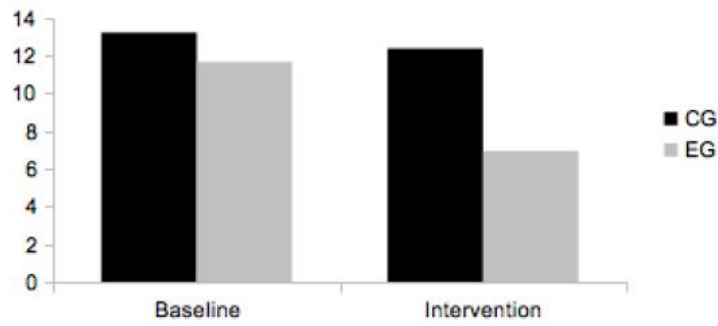


ACCEPTED MANUSCRIPT

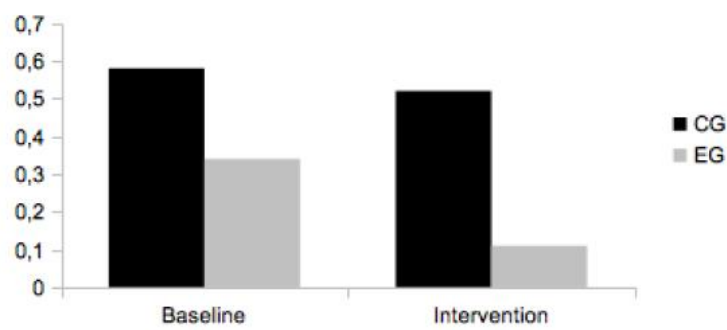
### SD1



### SS



### S/PS ratio





## 10.7. ANEXO 7. CERTIFICADO COMITÉ CIENTÍFICO



Servicio Andaluz de Salud  
CONSEJERÍA DE SALUD

**Informe Dictamen Favorable  
Proyecto Investigación Biomédica**

C.P. TFM 14-15 - C.I.

22 de julio de 2015

**CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío**

Dr. Víctor Sánchez Margalet  
Presidente del CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío

### CERTIFICA

1º. Que el CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío en su reunión del día 30/06/2015, acta 06/2015 ha evaluado la propuesta del promotor referida al estudio:

**Título:** ANÁLISIS DEL SISTEMA NERVIOSO AUTONOMO DURANTE LA APLICACIÓN DE CORRIENTE GALVÁNICA EN FUTBOLISTAS AMETAUR

**Código Promotor:** TFM 14-15 **Código Interno:** 0330-N-15  
**Promotor:** Investigador

1º. Considera que

- El estudio se plantea siguiendo los requisitos de la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica y su realización es pertinente.
- Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificados los riesgos y molestias previsibles para el sujeto.
- Son adecuados tanto el procedimiento para obtener el consentimiento informado como la compensación prevista para los sujetos por daños que pudieran derivarse de su participación en el estudio.
- El alcance de las compensaciones económicas previstas no interfiere con el respeto a los postulados éticos.
- La capacidad de los Investigadores y los medios disponibles son apropiados para llevar a cabo el estudio.

2º. Por lo que este CEI emite un **DICTAMEN FAVORABLE**.

3º. Este CEI acepta que dicho estudio sea realizado en los siguientes CEI/Centros por los Investigadores:

CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío

Paula García Bermejo  
*Universidad de Sevilla*

Lo que firmo en Sevilla, a 22 de julio de 2015

Fdo:

NOMBRE SANCHEZ  
MARGALET VICTOR  
MANUEL - NIF  
28691159Q

Firmado digitalmente por NOMBRE  
SANCHEZ MARGALET VICTOR  
MANUEL - NIF 28691159Q  
Nombre de reconocimiento (DN):  
c=es, o=FNMT, ou=fnmt clase 2 ca,  
ou=703002447, cn=NOMBRE  
SANCHEZ MARGALET VICTOR  
MANUEL - NIF 28691159Q  
Fecha: 2015.07.22 12:01:45 +02'00'

Dr. Víctor Sánchez Margalet  
Presidente del CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío

10.8. ANEXO 8. ARTÍCULO PUBLICADO EN “*JOURNAL OF ALTERNATIVE AND COMPLEMENTARY MEDICINE*”

THE JOURNAL OF ALTERNATIVE AND COMPLEMENTARY MEDICINE  
Volume X, Number X, 2017, pp. 1–7  
© Mary Ann Liebert, Inc.  
DOI: 10.1089/acm.2016.0339



ORIGINAL ARTICLE

## Autonomic Responses to Ultrasound-Guided Percutaneous Needle Electrolysis: Effect of Needle Puncture or Electrical Current?

Paula García Bermejo,<sup>1</sup> Blanca De la Cruz Torres, PhD,<sup>1</sup>  
José Naranjo Orellana, PhD,<sup>2</sup> and Manuel Albornoz Cabello, PhD<sup>1</sup>

### Abstract

**Objective:** The aim of this study was to establish if the changes in sympathetic and parasympathetic activity (analyzed through heart-rate variability [HRV]) during ultrasound (US)-guided percutaneous needle electrolysis (PNE) is due to the effect of needle puncture only or of the PNE technique per se where the puncture and galvanic current are combined.

**Methods:** This was an experimental, case-control study that took place at the University of Seville. Subjects were 36 male footballers who were randomly allocated to three groups: a control group (CG; 12 players), for whom HRV was recorded for 10 min, both at rest and during an exhaustive US examination of the patellar tendon and adjacent structures; a first experimental group (PNE group; 12 players), for whom HRV was recorded for 10 min, both at rest and during application of US-guided PNE in the patellar tendon; and a second experimental group (needle group; 12 players), for whom HRV was recorded for 10 min, both at rest and during application of US-guided PNE without electrical current in the patellar tendon. The outcome measures were the diameters of the Poincaré plot (SD1, SD2), stress score, and sympathetic/parasympathetic ratio.

**Results:** There were no differences between groups in any baseline measurements, nor were there any significant differences between CG measurements (baseline vs. intervention). The PNE group exhibited statistically significant increases in SD1 ( $p=0.01$ ) and SD2 ( $p=0.004$ ) and statistically significant decreases in SS and S/PS ratio ( $p=0.03$ ), indicating increased parasympathetic and decreased sympathetic activity, respectively. The needle group exhibited statistically significant increases in SD2 ( $p=0.02$ ) and statistically significant decreases in SS ( $p=0.02$ ), indicating decreased sympathetic activity.

**Conclusions:** The application of the US-guided PNE technique caused a measurable increase in parasympathetic activity (detected by HRV), which was due to the combination of needle puncture and electric current.

**Keywords:** ultrasound-guided percutaneous needle electrolysis, heart-rate variability, autonomic balance, adverse events

### Introduction

ULTRASOUND (US)-GUIDED percutaneous needle electrolysis (PNE) is a novel and minimally invasive approach that involves the application of a galvanic current through an acupuncture needle.<sup>1–3</sup> This technique has mainly been applied to treat musculoskeletal pathologies.<sup>1,4–7</sup> Much like acupuncture,<sup>8–11</sup> this technique is believed to influence mechanotransduction in the tendons.<sup>1,2</sup>

Techniques involving puncture of the skin are common in physiotherapy. These procedures may use a mechanical stimulus, as in acupuncture or dry needling,<sup>12,13</sup> or apply electrical current, as in electroacupuncture,<sup>14</sup> stimulation of myofascial trigger points,<sup>15</sup> or electrostimulation using galvanic current.<sup>1,2</sup>

In these procedures, in which needling is applied, alterations of the autonomous behavior have been observed during the technique application. Heart-rate variability (HRV) has

<sup>1</sup>Department of Physiotherapy, University of Seville, Seville, Spain.

<sup>2</sup>Department of Sport and Computing, Pablo de Olavide University, Seville, Spain.

been validated as an accurate tool to assess the status of the autonomic nervous system (both sympathetic and parasympathetic components) under various conditions.<sup>16-18</sup> In fact, an autonomic imbalance, analyzed through HRV, has been shown in physiotherapy techniques involving puncture. Kitagawa et al.<sup>19</sup> suggested that acupuncture stimulation of trigger points of the tibialis anterior muscle transiently increases parasympathetic nerve activity. Others<sup>20-22</sup> have shown increased sympathetic activity during acupuncture needling, which is generally followed by increased parasympathetic tone afterwards. De la Cruz et al.<sup>23</sup> showed US-guided PNE in men was associated with an autonomic imbalance characterized by greater parasympathetic activity. Occasionally, vasovagal reactions may occur. These clinical phenomena are mediated by the vagus nerve and characterized by lightheadedness and malaise. Exceptionally, vasovagal reactions may result in brief and reversible loss of consciousness (vasovagal syncope). The relevance of this finding to clinical practice lies in the avoidance of clinically significant vagal reactions (including syncope). Therefore, it is important to advise physiotherapists that this invasive technique should be performed with due care, and one must be fully prepared to attend to any adverse reaction.

For this reason, the aim of this study was to establish whether the changes in sympathetic and parasympathetic activity (analyzed through HRV) during US-guided PNE are due to the effect of needle puncture only or of the PNE technique per se where the needle puncture and galvanic current were combined. In other words, does galvanic current play any role in the autonomous changes observed?

## Materials and Methods

### Participants

A total of 36 members of an amateur male football club were studied, split randomly into three groups, each comprising 12 players: a control group (CG) and two experimental groups. Exclusion criteria were: (1) pathology in the patellar tendon; (2) a Personal Psychological Apprehension Scale (PPAS) score  $>37.5$ <sup>24</sup>; (3) commonly accepted contraindications to PNE, including chronic joint disease, surgery, prosthesis, or osteosynthesis in the area of intervention, cardiac disease, neoplasia, coagulopathy, use of certain

drugs (fluoroquinolones, anticoagulants, corticosteroids, or non-steroidal anti-inflammatories)<sup>25</sup>; (4) any contraindications to needling per se, including unsurmountable fear of needles, history of adverse reaction to needling, immunocompromise, difficulty expressing feelings appropriately, and/or allergy to metals<sup>25</sup>; and (5) epilepsy.

The local ethics committee approved the study, which complied with all the principles set out in the Declaration of Helsinki. All subjects signed informed written consent to participate in this study.

### Procedures

First, all subjects filled in the PPAS, the general aim of which was to measure the psychological apprehension of the subjects during electrophysiotherapeutic treatment. This scale aims to evaluate, by means of the opinion and self-positioning of the subjects, an individual's degree of apprehension to the application of an electrical current.<sup>24</sup> Subsequently, HRV was recorded in the early morning and after fasting overnight. HRV was recorded for the CG for 10 min, both at rest and during an exhaustive US examination of the patellar tendon and adjacent structures using a high-resolution grayscale US machine (Logiq; GE Healthcare, Madison, WI) with a linear probe (12 MHz), according to European Society of Musculoskeletal Radiology guidelines.<sup>26</sup> HRV was recorded for two experimental groups: a first experimental group (PNE-G) for 10 min, both at rest and during application of US-guided PNE in the patellar tendon (Fig. 1); and a second experimental group (Needle-G) for 10 min, both at rest and during application of US-guided PNE in the patellar tendon without application of electric current.

The patellar tendon was selected because patellar tendinopathy is one of the most commonly accepted indications for this technique,<sup>6,7</sup> although all study participants had healthy patellar tendons and did not suffer from any patellar pathology. The US-guided PNE technique was applied using a specifically developed medically certified (Directive 93/42/EEC) device (EPI Advanced Medicine, Barcelona, Spain), which produces galvanic electricity through the negative electrode cathodic flow. This is applied using a modified electro-surgical scalpel that incorporates acupuncture needles

**FIG. 1.** Heart-rate variability recorded during application of ultrasound (US)-guided percutaneous needle electrolysis (PNE) in the patellar tendon. Subjects sat on the bed, leaning back on the recliner at an angle of 75° with a pillow below the knee.



## HEART-RATE VARIABILITY DURING ELECTROLYSIS

3

(0.3 mm in diameter) of different lengths. The intensity can be adjusted by changing either the duration of stimulation or the output current (mA) of the device. Conversely, the machine's polarity is fixed (i.e., only cathodic flow is usable). During each procedure, all of which were performed by the same experienced operator, volunteers sat on the bed, leaning back on the recliner at an angle of 75° with a pillow below their knees (Fig. 1) in order to minimize the risk of any potential vagal reaction (Fig. 1). Finally, three US-guided precise applications at a fixed intensity of 3 mA for 3 s were performed, according to Valera-Garrido and Minaya-Muñoz's protocol.<sup>27</sup> The applications were in the tendon.

*Measurement of HRV*

A Firstbeat Bodyguard (Firstbeat Technologies, Jyväskylä, Finland) heart rate (HR) monitor was used to record HR data for 10 min in every session (at rest and during US or US-guided PNE). Data were downloaded from the devices to a computer using the Firstbeat Uploader software (Firstbeat Technologies), and all the RRI series were imported into the Kubios software package (University of Eastern Finland, Kuopio, Finland), which was used to calculate all HRV parameters. To calculate the autonomic balance, the HRV method commonly used for this purpose is based on the Poincaré plot.<sup>28</sup> This method reflects HRV fluctuations.<sup>29</sup> Physiologically, the transverse axis (SD1) is a measurement of the short-term changes in RRIs and is considered an indicator of parasympathetic activity.<sup>30</sup> The physiological meaning of the longitudinal axis (SD2) is not as clear, but it is thought that it reflects the long-term changes in RRIs, and it is considered an inverse indicator of sympathetic activity.<sup>31</sup> Naranjo et al.<sup>32</sup> recently defined two new indexes to facilitate the physiological interpretation of the Poincaré plot: the stress score (SS) and the sympathetic-parasympathetic ratio (S/PS), respectively. The SS is expressed as the inverse of the diameter SD2 multiplied by 1000, and it is considered to be directly proportional to sympathetic activity at the sinus node. The S/PS ratio is expressed as the quotient of SS and SD1, and it is considered to reflect autonomic balance, that is, the relationship between sympathetic and parasympathetic activity.

*Statistical analysis*

All variables were expressed as the mean and standard deviation, and the normality of the data distribution was evaluated using the Shapiro-Wilk test. Data were first analyzed using a two-factor repeated-measures analysis of variance with three between-group factors (CG vs. PNE-G, CG vs. Needle-G, and PNE-G vs. Needle-G) and one within-group factor (baseline vs. intervention). The Games-Howell post hoc test was used for multiple comparisons. Data were analyzed with IBM SPSS Statistics for Windows v.21 (IBM Corp., Armonk, NY), and statistical significance was set at  $p < 0.05$ .

**Results**

There were no significant baseline differences between the CG, PNE-G, and Needle-G in any demographic variables, including age ( $22.92 \pm 4.32$  vs.  $24.25 \pm 4.05$  vs.  $25.92 \pm 5.35$

years), weight ( $74.33 \pm 12.17$  vs.  $76.08 \pm 6.42$  vs.  $77.33 \pm 8.02$  kg), height ( $176.50 \pm 6.63$  vs.  $181.83 \pm 3.21$  vs.  $176.17 \pm 5.20$  cm), and body mass index ( $23.77 \pm 2.77$  vs.  $23.29 \pm 2.13$  vs.  $24.92 \pm 2.46$  kg/m<sup>2</sup>). On the PPAS scale, the control and two experimental groups scored  $23.17 \pm 4.51$ ,  $22.50 \pm 4.87$ , and  $22.17 \pm 4.39$  ( $p > 0.05$ ).

Table 1 shows the mean and standard deviation (SD) of the study variables (mean NN interval, mean HR, SD1, SD2, SS, and S/PS ratio) at rest (baseline measurement) and during US examination or application of the US-guided PNE technique or application of the US-guided PNE technique without electric current in the control, PNE, and needle groups, respectively. Table 1 also shows the difference ( $\Delta$ , in %) between before and after interventions in each group.

There were no differences between the CG and two experimental groups in the baseline measurements of NN interval ( $p > 0.05$ ).

There were no significant differences between the CG measurements taken at baseline and during the US examination ( $p > 0.05$ ). By contrast, compared with baseline values, the PNE-G exhibited statistically significant increases in the following two parameters of HRV during intervention: SD1 ( $72.93 \pm 31.17$  vs.  $42.22 \pm 15.22$ ;  $p = 0.01$ ) and SD2 ( $189.15 \pm 55.99$  vs.  $120.08 \pm 47.74$ ;  $p = 0.004$ ). This group also exhibited statistically significant decreases in the following two parameters of HRV during intervention: SS ( $5.72 \pm 1.68$  vs.  $9.73 \pm 4.16$ ;  $p = 0.03$ ) and S/PS ratio ( $0.09 \pm 0.06$  vs.  $0.31 \pm 0.28$ ;  $p = 0.03$ ). Compared with baseline values, the Needle-G exhibited statistically significant increases in SD2 ( $142.06 \pm 44.74$  vs.  $103.14 \pm 28.53$ ;  $p = 0.02$ ) and statistically significant decreases in SS ( $7.71 \pm 2.51$  vs.  $10.48 \pm 3.26$ ;  $p = 0.02$ ) during intervention.

Figure 2 shows the comparison between the PNE-G and Needle-G during US-guided PNE technique or US-guided PNE technique without electric current, respectively. There were statistically significant differences in SD2 ( $189.15 \pm 55.99$  vs.  $142.06 \pm 44.74$ ;  $p = 0.03$ ), SS ( $5.72 \pm 1.68$  vs.  $7.71 \pm 2.51$ ;  $p = 0.03$ ), and ratio S/PS ( $0.09 \pm 0.06$  vs.  $0.21 \pm 0.25$ ;  $p = 0.04$ ).

Figure 3 shows the comparison of SD1, SS, and S/PS ratio between the three groups.

**Discussion**

The main finding of this study was a significant autonomic imbalance (in keeping with a potential vasovagal reaction) during application of the US-guided PNE technique in healthy patellar tendons of male football players by means of simple HRV measurements. The relevance of this finding to clinical practice lies in the avoidance of clinically significant vasovagal reactions (including syncope). Therefore, it is important to advise physiotherapists that this invasive technique should be performed with due care, and one must be fully prepared to attend to any adverse reaction.

In the PNE-G, a statistically significant increases were observed in the marker of parasympathetic activity, SD1 ( $p = 0.01$ ). Furthermore, a statistically significant increase was found in SD2 ( $p = 0.004$ ), which is indicative of decreased sympathetic activity, as well as a statistically significant decrease in SS and S/PS ratio ( $p = 0.03$ ). Overall, this suggests that the application of the US-guided PNE

TABLE 1. HEART-RATE VARIABILITY PARAMETERS BEFORE AND DURING US EXAMINATION, US-GUIDED PNE, OR US-GUIDED PNE WITHOUT ELECTRIC CURRENT

	Control group			PNE group			Needle group		
	Baseline	Intervention	%Δ	Baseline	Intervention	%Δ	Baseline	Intervention	%Δ
NN interval (ms)	907.37 ± 165.55	931.88 ± 107.62	2.70	926.96 ± 126.53	952.41 ± 159.20	2.75	1008.58 ± 114.45	976.56 ± 91.24	-3.17
HR (bpm)	70.07 ± 11.69	66.50 ± 7.49	-5.09	69.05 ± 8.93	66.18 ± 10.69	-4.16	61.84 ± 12.38	66.53 ± 13.80	7.58
SD1	46.90 ± 25.11	48.85 ± 19.98	4.14	42.22 ± 15.22	72.92 ± 31.17*	72.71	51.50 ± 31.80	66.60 ± 45.87	29.31
SD2	129.34 ± 44.35	139.05 ± 53.02	7.51	120.08 ± 47.74	189.15 ± 55.99**†	57.53	103.14 ± 28.53	142.06 ± 44.74*	37.74
SS	8.58 ± 2.87	7.98 ± 2.39	-7.02	9.73 ± 4.16	5.72 ± 1.68**†	-41.21	10.48 ± 3.26	7.71 ± 2.51*	-26.40
S/PS ratio	0.27 ± 0.24	0.20 ± 0.12	-25.84	0.31 ± 0.28	0.09 ± 0.06**†	-69.49	0.34 ± 0.41	0.21 ± 0.25	-39.39

Heart-rate variability (HRV) parameters before and during intervention in each group. The mean ± SD for each HRV parameter and group, and the difference (Δ, in %) between before and during interventions in the control, PNE group, and needle group consisted of US examination, US-guided PNE, and US-guided PNE without electric current, respectively.

\* $p < 0.05$  baseline versus intervention scores for PNE group and needle group.

\*\* $p < 0.05$  significant difference during intervention between PNE group and needle group.

US, ultrasound; PNE, percutaneous needle electrolysis; NN interval, normal RR interval (RR); HR, heart rate; bpm, beats per minute; SD1, transverse axis of Poincaré plot; SD2, longitudinal axis of Poincaré plot; SS, stress score (inverse of diameter  $SD2 \times 1000$ ); S/PS ratio, quotient of SS and SD1.

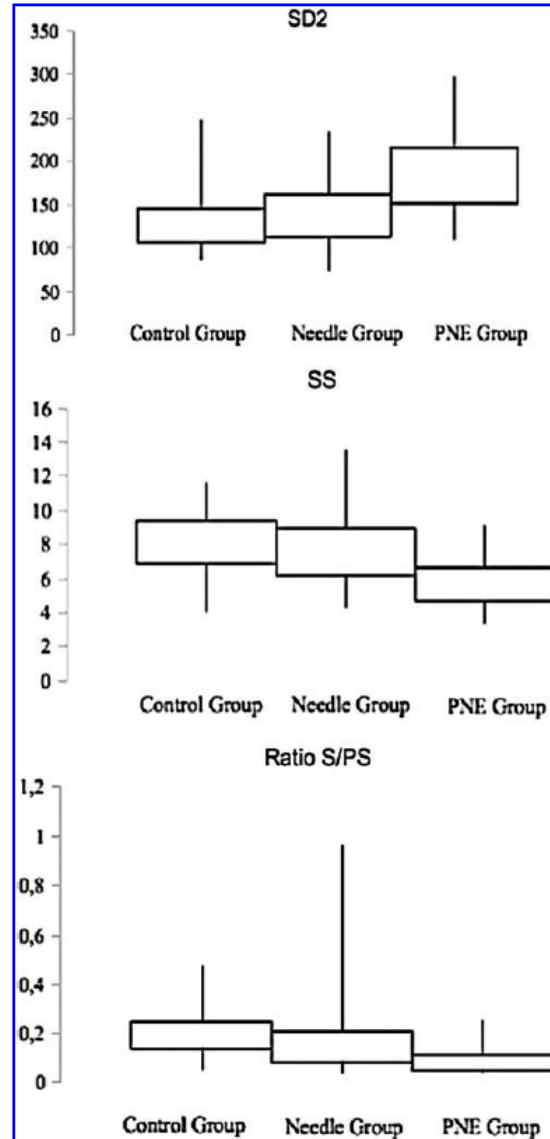


FIG. 2. Box-and-whiskers plot of SD2, SS, and ratio S/PS during US examination, US-guided PNE, and US-guided PNE without electric current, in control, PNE, and needle groups, respectively. The box represents the lower and upper quartiles, and the whiskers represent the total range. SD1, transverse axis of Poincaré plot; SD2, longitudinal axis of Poincaré plot; SS, stress score; S/PS, quotient of SS and SD1.

technique causes an autonomic imbalance with a predominance in parasympathetic activity (Fig. 3). However, in the Needle-G, a statistically significant increase in SD2 ( $p=0.02$ ) was demonstrated, which is indicative of decreased sympathetic activity, as well as a statistically significant decrease in SS ( $p=0.02$ ). Overall, this suggests that the application of the US-guided PNE technique without application of electrical current causes an autonomic

## HEART-RATE VARIABILITY DURING ELECTROLYSIS

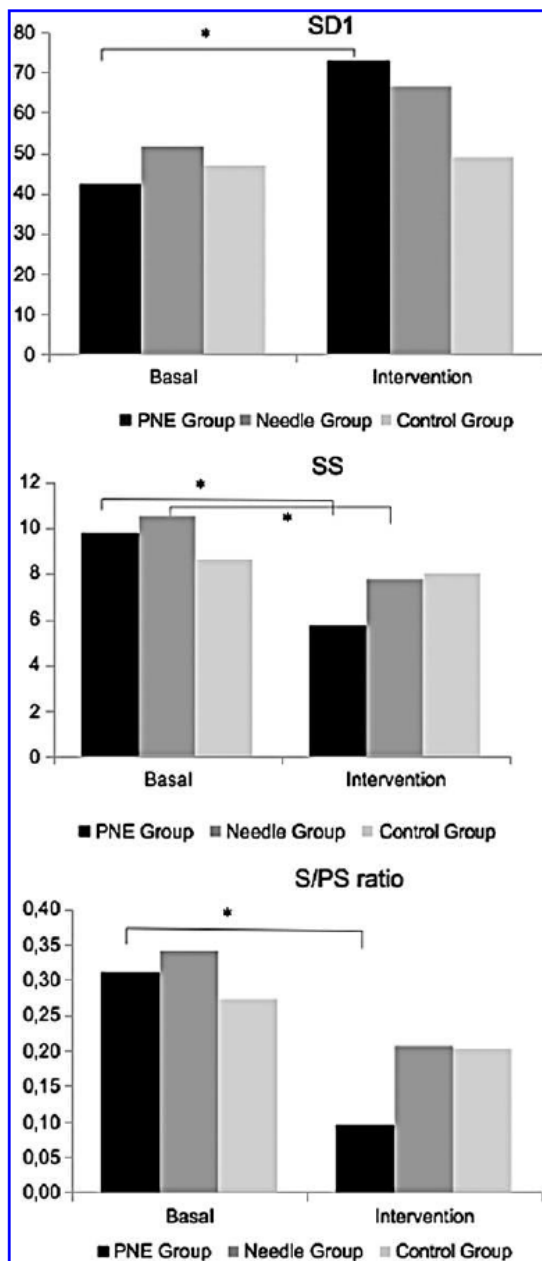


FIG. 3. Comparison of SD1, SS, and S/PS ratio between baseline and the intervention for each group. \* $p < 0.05$ .

imbalance but not large enough to be a predominance in parasympathetic activity. When the PNE-G and Needle-G were compared during the application of the US-guided PNE technique or application of the US-guided PNE technique without electric current, respectively, there were a statistically significant differences in SD2, SS, and ratio S/PS. Only the PNE-G during intervention showed a decrease

in sympathetic activity enough to affect the balance between parasympathetic and sympathetic activity, reflected as ratio S/PS (Fig. 3). This result could be because the difference between before and during the interventions in the PNE-G was higher than in the Needle-G (Table 1). This means that the combination of needling and electric current was a cause of vagal response. However, these results have a positive effect because this technique causes a segmentary response (central nervous system activation) that starts the repair processes. This is known as the response of the organism to a threat (fight-flight response).<sup>33,34</sup>

In this particular study, it would appear that this autonomic imbalance was elicited by the needling technique per se, regardless of the participants' attitudes, which were generally positive. In fact, subjects in both control and experimental groups scored an average of 23 points on the PPAS, which is much less than the threshold of 37.5 that is considered to indicate apprehension.<sup>24</sup> Thus, it appears unlikely that any study subject manifested any significant degree of apprehension to the needling or the electrical current that may otherwise have had an impact on the results. Consequently, the HRV changes were attributable to the study's physiotherapy technique, which it is considered important to acknowledge in order to avoid serious vasovagal reactions such as vasovagal syncope.

The analysis of HRV has been applied to several pathological conditions<sup>16</sup> in addition to sports performance.<sup>17,18</sup> In this context, papers on HRV have been identified involving therapeutic massage,<sup>35-37</sup> craniosacral therapy,<sup>38</sup> acupuncture,<sup>39-41</sup> and PNE.<sup>23</sup> Some authors have reported an increase in HRV based on increased parasympathetic activity that has been translated into techniques designed to reduce physiological stress.<sup>35,36,38</sup> Other authors have reported increased sympathetic activity during acupuncture needling, which is generally followed by increased parasympathetic tone afterwards.<sup>39-41</sup> In this study, comparing two experimental groups of homogeneous subjects, a trend toward increased parasympathetic activity and decreased sympathetic activity was observed in both groups, although the changes were only statistically significant in the PNE-G. In light of the fact that US-guided PNE is a needling technique, it is likely that subjects were experiencing an autonomic imbalance, and this should be borne in mind during clinical treatment to avoid potentially serious adverse reactions such as vasovagal syncope.

#### Limitations and recommendations

The PNE technique causes an autonomic imbalance. Therefore, the technique has a local and a segmental effect. It would be interesting for future studies to clarify the local and segmental therapeutic mechanisms of this technique.

However, HRV changes are different between females and males.<sup>42-44</sup> Generally, women have a higher prevalence of parasympathetic activity than men do, and therefore women show greater HRV.<sup>42</sup> Also, it would be interesting for future studies to determine the autonomic response to PNE in women.

#### Conclusion

In conclusion, application of the US-guided PNE technique caused a measurable increase in parasympathetic

activity (detected by HRV), which was due to the combination of needle puncture and electric current.

#### Author Disclosure Statement

There are no financial interests to disclose.

#### References

- Valera-Garrido F, Minaya-Muñoz F, Medina-Mirapeix F. Ultrasound-guided percutaneous needle electrolysis in chronic lateral epicondylitis: Short-term and long-term results. *Acupunct Med* 2014;32:446–454.
- Abat F, Valles SL, Gelber PE, et al. An experimental study of muscular injury repair in a mouse model of notexin-induced lesion with EPI® technique. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 2015;17:7.
- Abat F, Valles SL, Gelber PE, et al. Molecular repair mechanisms using the intratissue percutaneous electrolysis technique in patellar tendinosis. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol* 2014;58:201–205.
- Moreno C, Mattiussi G, Nuñez FJ. Therapeutic results after ultrasound-guided intratissue percutaneous electrolysis (EPI®) in the treatment of rectus abdominis-related groin pain in professional footballers: A pilot study. *J Sports Med Phys Fitness* 2016;56:1171–1178.
- Arias-Burúa JL, Truyols-Domínguez S, Valero-Alcaide R, et al. Ultrasound-guided percutaneous electrolysis and eccentric exercises for subacromial pain syndrome: A randomized clinical trial. *Evid Based Complement Alternat Med* 2015;2015:315219.
- Abat F, Diesel WJ, Gelber PE, Polidori F, et al. Effectiveness of the intratissue percutaneous electrolysis (EPI®) technique and isoinertial eccentric exercise in the treatment of patellar tendinopathy at two years follow-up. *Muscles Ligaments Tendons J* 2014;4:188–193.
- Abat F, Gelber PE, Polidori F, et al. Clinical results after ultrasound-guided intratissue percutaneous electrolysis (EPI) and eccentric exercise in the treatment of patellar tendinopathy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015;23:1046–1052.
- de Almedia Mdos S, Guerra Fda R, de Oliveira LP, et al. A hypothesis for the anti-inflammatory and mechanotransduction molecular mechanisms underlying acupuncture tendon healing. *Acupunct Med* 2014;32:178–182.
- Speed C. Acupuncture's role in tendinopathy: New possibilities. *Acupunct Med* 2015;33:7–8.
- Inoue M, Nakajima M, Oi Y, et al. The effect of electroacupuncture on tendon repair in a rat Achilles tendon rupture model. *Acupunct Med* 2015;33:58–64.
- de Almedia Mdos S, de Freitas KM, Oliveira LP, et al. Acupuncture increases the diameter and reorganization of collagen fibrils during rat tendon healing. *Acupunct Med* 2015;33:51–57.
- Chou LW, Hsieh YL, Kuan TS, et al. Needling therapy for myofascial pain: Recommended technique with multiple rapid needle insertion. *BioMedicine* 2014;4:13.
- Liu B, Wang Y, Xu H, et al. Effect of electroacupuncture versus pelvic floor muscle training plus solifenacin for moderate and severe mixed urinary incontinence in women: A study protocol. *BMC Complement Altern Med* 2014;14:301.
- Dunning J, Butts R, Mourad F, et al. Dry needling: A literature review with implications for clinical practice guidelines. *Phys Ther Rev* 2014;19:252–265.
- Dommerholt J, Mayoral-del Moral O, Gröbli C. Trigger point dry needling. *J Man Manip Ther* 2006;14:70E–87E.
- Task Force of ESC and NASPE: Heart rate variability, standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation* 1996;93:1043–1065.
- De la Cruz B, López C, Naranjo J. Analysis of heart rate variability at rest and during aerobic exercise: A study in healthy people and cardiac patients. *Br J Sports Med* 2008;42:715–720.
- Naranjo J, De la Cruz B, Sarabia E, et al. Heart rate variability: A follow-up in elite soccer players throughout the season. *Int J Sports Med* 2015;36:881–886.
- Kitagawa Y, Kimura K, Yoshida S. Spectral analysis of heart rate variability during trigger point acupuncture. *Acupunct Med* 2014;32:273–278.
- Sakai S, Hori E, Umeno K, et al. Specific acupuncture sensation correlates with EEGs and autonomic changes in human subjects. *Auton Neurosci* 2007;133:158–169.
- Hideaki W, Tatsuya H, Shogo M, et al. Effect of 100 Hz electroacupuncture on salivary immunoglobulin A and the autonomic nervous system. *Acupunct Med* 2015;33:451–456.
- Huang H, Zhong Z, Chen J, et al. Effect of acupuncture at HT7 on heart rate variability: An exploratory study. *Acupunct Med* 2015;33:30–35.
- De la Cruz B, Albornoz M, García P, et al. Autonomic responses to ultrasound-guided percutaneous needle electrolysis of the patellar tendon in healthy male footballers. *Acupunct Med* 2016;34:275–279.
- Albornoz M, Rebollo J, García R. Escala de Aprensión Psicológica Personal (EAPP) en Fisioterapia. *Rev Iberoam Fisioter Kinesol* 2005;2:77–87.
- Valera-Garrido F, Minaya-Muñoz F, eds. *Fisioterapia Invasiva*. 1st ed. Barcelona: Elsevier España, S.L., 2013.
- Beggs I, Bianchi S, Bueno A, Cohen M, et al. Musculoskeletal ultrasound technical guidelines. Online document at: [www.essr.org/html/img/pool/knee.pdf](http://www.essr.org/html/img/pool/knee.pdf), accessed September 1, 2016.
- Kamen PW, Tonkin AM. Application of the Poincaré plot of heart rate variability: A new measure of functional status in heart failure. *Aust N Z J Med* 1995;25:18–26.
- Valera-Garrido F, Minaya-Muñoz F, eds. *Fisioterapia Invasiva*. 2nd ed. Barcelona: Elsevier España, S.L., 2016.
- Brennan M, Palaniswami M, Kamen P. Do existing measures of Poincaré plot geometry reflect nonlinear features of heart rate variability? *IEEE Trans on Biomed Eng* 2001;48:1342–1347.
- Mourot L, Bouhaddi M, Perrey S, et al. Quantitative Poincaré plot analysis of heart rate variability: Effect of endurance training. *Eur J Appl Physiol* 2004;91:79–87.
- Hoshi RA, Pastre CM, Vanderlei LC, et al. Poincaré plot indexes of heart rate variability: Relationships with other nonlinear variables. *Auton Neurosci* 2013;177:271–274.
- Naranjo J, De la Cruz B, Sarabia E, et al. Two new indexes for the assessment of autonomic balance in elite soccer players. *Int J Sports Physiol Perform* 2015;10:452–457.
- MaYun-Tao MA, Zang HC, eds. *Biomedical Acupuncture for Pain Management: An Integrative Approach*. St. Louis, MO: Elsevier, 2005.
- Carvajal O, Álvarez D, Medina F, et al. Efectos de la electrolisis percutánea en el tendón rotuliano sobre la temperatura local y contralateral medida con termografía infrarroja. *Rev Fisioter Invasiva* 2016;1:18–25.
- Wälchli C, Saltzwedel G, Krücker D, et al. Physiologic effects of rhythmical massage: A prospective exploratory cohort study. *J Altern Complement Med* 2014;20:507–515.

## HEART-RATE VARIABILITY DURING ELECTROLYSIS

7

36. Chuang C-Y, Tsai C-N, Kao M-T, et al. Effects of massage therapy intervention on autonomic nervous system promotion in integrated circuit design company employees. *IFMBE Proc* 2014;43:562–564.
37. Buttagat V, Eungpinichpong W, Chatchawan U, et al. The immediate effects of traditional Thai massage on heart rate variability and stress-related parameters in patients with back pain associated with myofascial trigger points. *J Bodyw Mov Ther* 2011;15:15.
38. Girsberger W, Bänziger U, Lingg G, et al. Heart rate variability and the influence of cranosacral therapy on autonomic nervous system regulation in persons with subjective discomforts: A pilot study. *J Integr Med* 2014; 12:156–161.
39. Sakai S, Hori E, Umeno K, et al. Specific acupuncture sensation correlates with EEGs and autonomic changes in human subjects. *Auton Neurosci* 2007;30:133: 158–169.
40. Hideaki W, Tatsuya H, Shogo M, et al. Effect of 100 Hz electroacupuncture on salivary immunoglobulin A and the autonomic nervous system. *Acupunct Med* 2015;33: 451–456.
41. Huang H, Zhong Z, Huang Y, et al. Effect of acupuncture at HT7 on heart rate variability: An exploratory study. *Acupunct Med* 2015;33:30–35.
42. Koenig J, Thayer JF. Sex differences in healthy human heart rate variability: A meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev* 2016;64:288–310.
43. Moodithaya S, Avadhany ST. Gender differences in age-related changes in cardiac autonomic nervous function. *J Aging Res* 2012;2012:679345.
44. Reulecke S, Charleston-Villalobos S, Voss A, et al. Men and women should be separately investigated in studies of orthostatic challenge due to different gender-related dynamics of autonomic response. *Physiol Meas* 2016;37:314–332.

Address correspondence to:  
 Blanca De la Cruz Torres, PhD  
 University of Seville  
 Avicena Street  
 41009 Seville  
 Spain  
 E-mail: bcruz@us.es



# AGRADECIMIENTOS

Leer mi tesis doctoral fue una decisión que tomé hace unos años, cuando no tenía ni una pequeña idea de lo grande que era esta profesión, pero sabía, por lo que me contaban profesores y tutores de prácticas, lo importante que era la investigación para darle mayor peso a nuestra ciencia y otorgarle el valor que se merecía. Desde entonces, decidí adentrarme en este mundo complejo, que a veces se torna oscuro, que no siempre es reconocido pero que, otras tantas, te devuelve luz y una sonrisa del paciente agradecido por proporcionarle un tratamiento innovador y eficaz a su dolencia. Al fin y al cabo, es por y para ellos, y su satisfacción es nuestro mayor regalo.

Hoy he cumplido un sueño, que no es una meta, sino un paso más, al que no podría haber llegado si no fuera por las personas que me han empujado y me han brindado su apoyo más incondicional.

En primer lugar, quisiera dar las gracias a la Profesora Doctora Blanca de la Cruz. El azar quiso ponernos en la misma línea y no hubo duda de que acertó. Gracias por abrirme este mundo de la fisioterapia invasiva, que al principio sonaba un poco macabro, pero que poco a poco fue embelesándome hasta querer especializarme en él. Gracias por ser una fuente de inspiración, de ideas e inquietud constante por querer ser cada día mejor.

Gracia, a la par, al Profesor Doctor Manuel Albornoz. Gracias por poner orden a los números, palabras y pensamientos, y hacer que todo parezca más fácil. Por aguantar mi queísmo, y mis frases infinitas de párrafos de media página. Gracias por tus palabras de apoyo, por el cariño brindado desde el minuto uno y tus ánimos en situaciones difíciles.

Gracias, de corazón, a los dos, por abrirme puertas y ventanas, por estar a cada paso dándome impulso y brindarme la confianza que necesitaba para llegar hasta aquí.

Gracias infinitas a todos y cada uno de los participantes de este proyecto. Sin duda no llegaríamos a ningún lado si no fuera por ellos que, libremente, y con el fin de colaborar en el crecimiento de la fisioterapia, se prestan a toda clase de pruebas e interminables cuestionarios. Gracias, especialmente, al club deportivo “Los Rosales”, del que fui fisioterapeuta durante cuatro años y que, sin bacilar y con la mejor de sus sonrisas se ofrecieron a participar, en cada propuesta, sin dudarlos. Gracias por vuestra confianza, por el respeto y cariño cada día, por hacer de mí una mejor fisioterapeuta y, sobre todo, mejor persona.

Por último, y no menos importante, gracias a mis amigos y familiares, que a pesar de no saber muy bien de que iba todo esto, han seguido conmigo el proceso, sufriendo cada palo y alegrándose de cada victoria; aguantado cada crisis y comprendiendo mis ausencias.

Gracias mamá y papá, por estar ahí, ahora más lejos, pero igualmente al otro lado. Por las palabras de aliento, por creer en mí y en mi potencial, por darme todo lo que estaba en vuestra mano para llegar a lo que me proponga; por educarme y amarme para llegar a ser la persona que soy hoy.