
Evaluación estadística de la estabilidad postural en pacientes con artrosis de rodilla por medio de coactivación muscular

Statistical evaluation of postural stability in patients with knee osteoarthritis through muscle coactivation

Jonathan Cano Bedoya^a
jonathancano@itm.edu.co

Natali Olaya Mira^b
nataliolaya@itm.edu.co

Isabel Cristina Soto Cardona^c
isabelsoto@itm.edu.co

Resumen

La artrosis u osteoartritis es una de las enfermedades degenerativas más prevalentes en el adulto mayor que afecta la integridad estructural y funcional del sistema musculoesquelético. A pesar de no existir una cura conocida para la artrosis, los síntomas se pueden mejorar por medio de ejercicios terapéuticos. En la actualidad una de las terapias que está tomando relevancia es la hidroterapia por su eficacia a corto plazo sobre el dolor y la función, debido principalmente a la disminución de los efectos de la gravedad y a la temperatura a la cual se acondiciona el medio que mejoran el flujo sanguíneo y facilitan la relajación muscular. Sin embargo, pocos estudios han examinado la influencia de la inmersión en agua sobre la estabilidad muscular, siendo gran parte de esta investigación anecdótica, y la que existe a nivel científico difiere en los métodos aplicados debido a la ausencia de protocolos estandarizados para evaluar el impacto de los recursos acuáticos terapéuticos y su papel en la rehabilitación. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar estadísticamente si existe diferencia entre la hidroterapia y la fisioterapia en la mejora de la estabilidad postural en pacientes con artrosis de rodilla que reduzca la necesidad de una intervención quirúrgica en esta población. Participaron dos grupos de estudio cada uno de 28 personas, el primer grupo realizó la terapia en tierra y el segundo en agua, antes y después de la intervención, se realizó la medición de la coactivación muscular. Se evaluó estadísticamente la base de datos y como resultado se obtuvo a partir del análisis descriptivo de cada grupo que el protocolo implementado en hidroterapia mejora en mayor medida la estabilidad postural de los pacientes, pero de acuerdo con la estadística inferencial donde se comparan los dos grupos de estudio, no hay diferencia estadísticamente significativa entre la terapia convencional y la hidroterapia, por lo tanto, independiente del medio donde se realice la terapia, se logrará una mejoría en la estabilidad postural luego de su implementación, lo que podría reducir la necesidad de una intervención quirúrgica en esta población.

^a Profesional Universitario Laboratorio Financiero. Instituto Tecnológico Metropolitano.

^b Docente Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas. Instituto Tecnológico Metropolitano.

^c Profesional Universitario Laboratorio de Biomecánica y Rehabilitación. Instituto Tecnológico Metropolitano.

Palabras clave: Artrosis, Hidroterapia, adulto mayor, estadística descriptiva, estadística inferencial

Abstract

Osteoarthritis is one of the most prevalent degenerative diseases in the elderly that affects the structural and functional integrity of the musculoskeletal system. Although there is no known cure for osteoarthritis, the symptoms can be improved by therapeutic exercises. Currently one of the therapies that is taking relevance is hydrotherapy for its short-term efficacy on pain and function, mainly due to the decrease in the effects of gravity and the temperature at which the medium is conditioned. Improves blood flow and facilitates muscle relaxation. However, few studies have examined the influence of immersion in water on muscle stability, a large part of this anecdotal research, and what exists at the scientific level differs in the methods applied due to the absence of standardized protocols to assess the impact of therapeutic aquatic resources and their role in rehabilitation. Therefore, the objective of this study was to determine statistically if there is a difference between hydrotherapy and physiotherapy in the improvement of postural stability in patients with osteoarthritis of the knee that reduces the need for surgical intervention in this population. Two study groups each of 28 people participated, the first group performed the therapy on the ground and the second in water, before and after the intervention, the muscle coactivation was measured. The database was statistically evaluated and as a result it was obtained from the descriptive analysis of each group that the protocol implemented in hydrotherapy improves to a greater extent the postural stability of the patients, but according to the inferential statistics where the two groups are compared of study, there is no statistically significant difference between conventional therapy and hydrotherapy, therefore, regardless of the environment where the therapy is performed, an improvement in postural stability will be achieved after its implementation, which could reduce the need for intervention surgical in this population.

Keywords: Arthrosis, hydrotherapy, elderly, descriptive statistic, inferential statistic

1. Introducción

El equilibrio y la estabilidad postural dependen directamente de las capacidades funcionales, tales como la fuerza, la resistencia, la coordinación y la propiocepción del sistema musculo-esquelético (López & Ronzio, 2014), el deterioro de estos mecanismos debido a los efectos de la vejez, plantea problemas serios en términos de salud pública y de costos socioeconómicos para las sociedades modernas, así como para la calidad de vida de las personas ancianas, siendo la artrosis una de las enfermedades más prevalentes (Lacour, 2016).

Entre los tratamientos no farmacológicos de menor costo para la artrosis, se encuentra la terapia física, donde actualmente está tomando gran relevancia la hidroterapia ya que esta, para fines de salud y de rehabilitación, se ha promovido desde hace siglos, usando su aplicación predominantemente en la práctica clínica para el tratamiento, la

rehabilitación y la gestión de las enfermedades crónicas. Sin embargo, pocos estudios han examinado la influencia aguda de la inmersión en agua sobre la función y la estabilidad muscular, siendo gran parte de esta investigación anecdótica (Abbiss, Peiffer, Netto, & Laursen, 2006), y la que existe a nivel científico difiere en los métodos aplicados debido a la ausencia de protocolos estandarizados (Mattos, Leite, Pitta, Cesar, & Bento, 2016; Park, Noh, & Kim, 2015)

Por lo tanto, el objetivo de este estudio es determinar estadísticamente si existe diferencia entre la hidroterapia y la fisioterapia en la mejora de la estabilidad postural en pacientes con artrosis de rodilla que reduzca la necesidad de una intervención quirúrgica en esta población.

2. Justificación

Los cambios demográficos, sociales y tecnológicos de las últimas décadas han modificado el concepto de salud y de calidad de vida. Gracias a esto, por primera vez en la historia, la mayor parte de la población tiene una esperanza de vida igual o superior a los 60 años y según la Organización Mundial de la Salud (OMS) para 2050, se espera que hayan 2000 millones de personas en esa franja de edad pasando del 12% al 22% de la población mundial con respecto a 2015 (Organización Mundial de la Salud, 2015). Este cambio demográfico traerá grandes retos para los sistemas sanitarios y sociales debido a que con la vejez, se presentan varias afecciones degenerativas en la salud (Lacour, 2016), siendo la enfermedad más prevalente la artrosis, la cual afecta a cerca del 28% de la población mundial mayor a 60 años, y el 80% de esta presenta limitaciones en sus movimientos, por lo que se espera que para el 2020 sea la cuarta causa de discapacidad en el mundo, generando altos costos en su tratamiento. Por ejemplo, en España esta prevalencia supone un gasto de 4.800 millones de euros para la administración cada año, equivalente a un 0.5% del PIB español, donde el 46% de este importe corresponde a gastos asistenciales, el 22% a bajas laborales, el 13% a ingresos hospitalarios, el 7% a pruebas diagnósticas y el 5% a medicamentos (Ministerios de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad, 2012).

3. Metodología

3.1. Medición de la coactivación muscular:

La coactivación muscular, medida a partir de electromiografía de superficie, es una actividad de alta intensidad de la musculatura agonista (fuerza en el sentido del movimiento) de forma simultánea a una actividad de baja intensidad de la musculatura antagonista (músculos que producen fuerza en el sentido contrario) de una misma articulación (Nagai, Yamada, Uemura, Yamada, & Ichihashi, 2011). Se mide la actividad eléctrica de ambos grupos musculares y se saca un porcentaje, cuando este se acerca al

100 % existe poca estabilidad postural y lo opuesto ocurre cuando la coactivación tiende al 0 % (Le, Best, Khan, Mendel, & Marras, 2017) (Le, Aurand, et al., 2017).

Se evaluaron 6 grupos musculares que intervienen directamente en la estabilidad del miembro inferior: Tibial Anterior (Ti), Soleo (So), Vasto Medial (Vm), Bíceps Femoral (Bf) Gastrocnemio Medial (Gm) y Gastrocnemio Lateral (Gl) [14].(Candotti *et al.*, 2009). La medición fue realizada en el miembro inferior más afectado por la patología antes y después de realizar un protocolo de ejercicios.

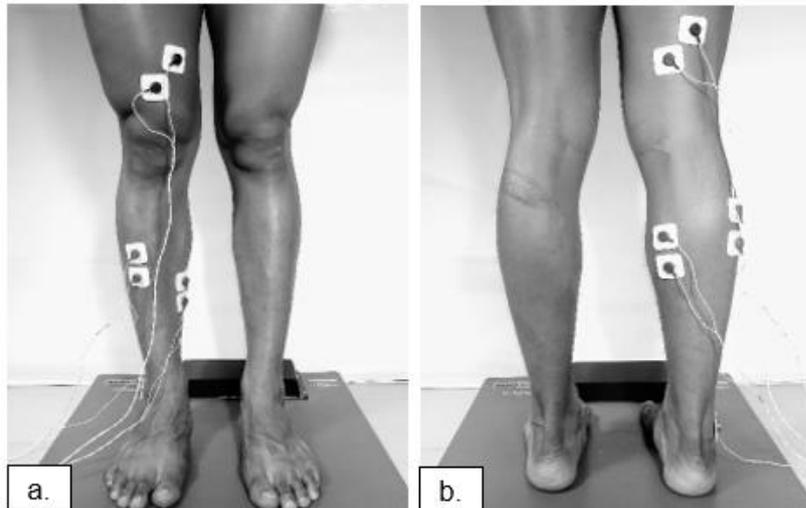


Figura 1: Posicionamiento de los electrodos. a. Vista anterior, b. Vista posterior.

En el estudio participaron para el grupo de Fisioterapia 27 mujeres y 1 hombre con una edad de 60.3 ± 8.4 años, de los cuales el 7% no presentaban síntomas o deficiencias funcionales, el 32% pocos síntomas, el 43% bastantes síntomas, el 7% muchos síntomas y el 11% muchísimos síntomas, de acuerdo con el índice de osteoartritis de las universidades Western Ontario y McMaster (WOMAC). El grupo de Hidroterapia era compuesto por 23 mujeres y 5 hombres con edades de 61.3 ± 6.1 años, de los cuales, el 4% no presentaba síntomas o discapacidad funcional, el 32% pocos síntomas, el 43% bastantes síntomas, el 10% muchos síntomas y el 11% muchísimos síntomas, acorde a la clasificación WOMAC.

Tabla 1: Descripción del grupo de pacientes que participaron en el estudio.

MÉTODO / MEDIO	PIE ANALIZADO		SEXO		PESO [kg]	EDAD [años]
	Derecho	Izquierdo	Femenino	Masculino		
FISIOTERAPIA	67.8%	32.2%	96.4%	3.6%	62.9 ± 5.8	60.3 ± 8.4

HIDROTERAPIA	67.8%	32.2%	82.1%	17.9%	66.9 ± 7.1	61.3 ± 6.1
--------------	-------	-------	-------	-------	---------------	---------------

- *Caracterización de datos obtenidos*

Se aplicó estadística descriptiva e inferencial a los datos registrados con el fin de analizar cada variable y posteriormente, realizar la comparación entre grupos de estudio. También se realizó un análisis de correlación entre las variables.

3.1.1. Estadística descriptiva

Esta se realizó con el fin de describir apropiadamente las diversas características del conjunto de datos recolectados analizando las variables de la coactivación muscular, los promedios, los rendimientos y la variación implementado gráficos de dispersión como también diagramas de cajas y bigotes.

En la descripción de un conjunto tan grande de datos, fue necesario organizarlos dependiendo de la asistencia a las sesiones para determinar diversas características de la siguiente manera: se obtuvieron 2 registros por persona para cada sesión de hidroterapia o fisioterapia, para un total de 1344 registros al finalizar las 12 sesiones, y 56 datos para cada medición. Una falta de asistencia a alguna de las sesiones ocasiona la pérdida de dos registros de coactivación (uno previo a la implementación del protocolo, uno después de su realización). En la tabla 2 se presenta la cantidad de datos faltantes en todas las variables, observando que el porcentaje de datos faltantes para cada medio es muy similar.

Tabla 2: Datos Faltantes por ausencia.

Método de Medición de la Estabilidad	Medio de Aplicación de la Terapia	
	Fisioterapia	Hidroterapia
Coactivación	31.99%	37.95%

Además, la asistencia de todos los participantes del estudio no fue continua y todos los pacientes por lo menos asistieron a la primera sesión, como se muestra en la figura 2 La **X** indica el momento en el cual el paciente deja de asistir.

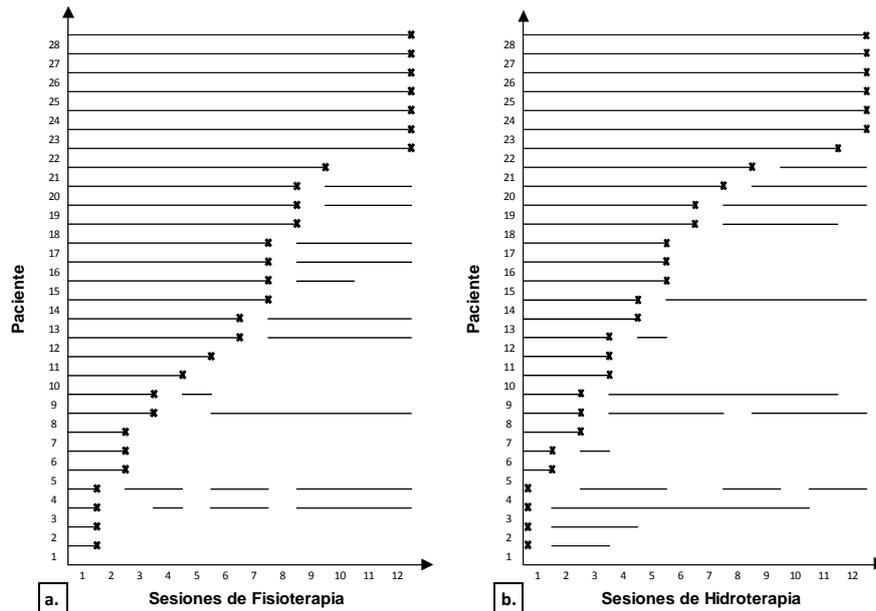


Figura 2: Asistencia de los pacientes a las sesiones de tratamiento. a. Fisioterapia. b. Hidroterapia

El fenómeno de la censura (datos incompletos) se presenta en este caso por la falta de asistencia a todas las sesiones, y es que, solo el 25% de la muestra asistió a 12 sesiones completas. En la tabla 3 se muestra las frecuencias relativas ordenando la información en tres grupos de la cual se obtiene que más del 50% de las personas asistieron entre 9 y 12 terapias, un 14.3% para las que asistieron entre 5 y 8 terapias, y entre el 25% y 30% para las que asistieron entre 1 y 4 terapias en ambos medios. Esta información es necesaria para ajustar el análisis de la muestra en grupos, tanto por la cantidad de semanas asistidas como por la continuidad para la evaluación del progreso de los pacientes, ya que en cada semana se realizaban tres sesiones de terapia con los mismos ejercicios, es decir que la terapia cambiaba semanalmente de acuerdo con el protocolo de terapia. Así es como se forman tres grupos: en el primero se encuentran los pacientes que asistieron entre 9 y 12 sesiones de terapia; en el segundo grupo, aquellos pacientes que asistieron entre 5 y 8 sesiones; por último, en el tercer grupo se encuentran los pacientes que realizaron entre una y cuatro sesiones de terapia.

Tabla 3: Frecuencia de asistencia por sesión de terapia

Grupos	Terapias Asistidas	Fisioterapia		Hidroterapia	
		Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
1	9-12	17	60.71%	15	53.57%
2	5-8	4	14.29%	4	14.29%

3	1-4	7	25.00%	9	32.14%
Total		28	100%	28	100%

El análisis no se hizo para datos censurados debido a que el interés de la presente investigación radica en el estudio de la diferencia entre la evolución de los pacientes que asistieron a las sesiones de fisioterapia e hidroterapia. El análisis de los datos fue calculado mediante la diferencia para cada una de las variables entre el dato de entrada (antes de la intervención, sea fisioterapia o hidroterapia) y el dato de salida (luego de la intervención, sea fisioterapia o hidroterapia). Lo esperado para dicho análisis es encontrar una reducción entre el dato de entrada y el de salida. Si el dato obtenido resultaba ser positivo, entonces esto era un indicativo de reducción del problema. En caso de la obtención de un resultado negativo o cero, se concluía que no existe mejora de acuerdo con el tratamiento aplicado. En este sentido, se comparan los métodos en cada una de las variables, es decir, el interés es comparar los resultados en ambos medios de terapia.

Adicional a estas variables se crea un conjunto de datos llamado *promedio*, en cual contiene la *media* de los datos de cada paciente de las semanas que asistió a las terapias. También se elaboró un conjunto de datos llamado *rendimiento*, el cual mide la evolución de la diferencia de las medidas entre la primera y la última semana que el paciente asistió para analizar su rendimiento, sin tener en cuenta el avance en cada semana de estudio. Por ejemplo, hay pacientes que asistieron las 12 sesiones completas por lo cual su rendimiento es de doce sesiones, muy significativo. Para los pacientes que asistieron una sola sesión, el rendimiento es poco significativo. Se calculó otro conjunto de datos llamado *variación* el cual muestra en cada variable el porcentaje de cambios positivos que obtuvo cada paciente en el tiempo en que asistió a las terapias. Si el paciente en las 12 terapias presentaba 6 cambios positivos entonces este nuevo conjunto de datos mostrará un 50% de variación positiva. Lo ideal sería que cada paciente presentara el máximo de sus datos con porcentaje positivo. Esta medida oculta el número de terapias a las cuales cada paciente asistió, es decir, si un paciente asistió solo a una sesión y su variación fue positiva entonces el conjunto de datos mostrará un 100% de variación positiva, ya que solo asistió una sesión. Por esta razón es imposible hacer una comparación entre individuos, debido a que no todos asistieron al mismo número de sesiones.

3.1.2. Estadística inferencial

Se analizaron las variables teniendo en cuenta el medio donde se desarrolló la terapia (fisioterapia e hidroterapia). En primer lugar, se realizó la prueba de normalidad de *Shapiro Wilk* (uno de los más acertados test en estadística para probar normalidad), luego se probó la homogeneidad de varianza donde la prueba de *Bartlett* fue aplicada a los datos que presentaron normalidad, y la prueba de *Levene* para los que no presentaron

normalidad. Las pruebas enunciadas anteriormente fueron realizadas con y sin datos extremos (datos atípicos). Se compararon las medias de ambos grupos con el estadístico *t-student* para muestras independientes y se utilizó además la técnica de análisis de varianza ANOVA para probar la igualdad de medias, ya que esta prueba no es sensible al supuesto de homogeneidad de varianzas ni normalidad de los datos e incluso es comúnmente utilizada en estadística por su capacidad para descomponer la varianza, debido a los grupos y al azar en las observaciones. Posteriormente, en el análisis de las variables se retiraron datos atípicos que se cree pudieron estar mal medidos o tener alteraciones debido a los equipos y sistemas mediante los cuales se adquirieron los datos. La tabla 4 muestra la cantidad de datos atípicos retirados por variable.

Tabla 4: Cantidad de datos retirados por variable.

Cantidad de datos retirados	
Coactivación	
VmBf	0.21%
TiSo	0.43%
TiGm	0.21%
TiGI	0.86%

- *Análisis de varianza ANOVA*

Se realiza un análisis de varianza ANOVA de un factor. Dicho factor es el medio en el que se realiza la terapia y tiene, a su vez dos niveles (fisioterapia e hidroterapia). La unidad experimental se compone por muestras independientes, 28 pacientes realizaron el protocolo de fisioterapia y 28 de hidroterapia, y no existe aleatorización del tratamiento puesto que su clasificación para determinado grupo fue acorde al resultado mostrado por de la escala WOMAC mencionada previamente.

La prueba de hipótesis a contrastar fue la siguiente:

H_0 : La media del tratamiento fisioterapia es igual a la media del tratamiento hidroterapia

H_1 : La media del tratamiento fisioterapia no es igual a la media del tratamiento hidroterapia

Para efectos explicativos de la metodología usada en el análisis de varianza ANOVA con cada una de las variables, se tomará como ejemplo la variable VmBf.

La técnica de análisis ANOVA descompone la varianza del grupo de datos acorde con el factor. Los datos presentan una variabilidad debido al medio (fuente de variación:

factor) y a que las unidades muestrales son diferentes (fuente de variación: error). El medio introduce cambios puesto que la fisioterapia y la hidroterapia poseen características intrínsecas que las diferencian, incluso si se realiza el mismo protocolo de ejercicios. Las unidades muestrales cambian, debido a que características no homogéneas en el grupo de pacientes, tales como el peso y el sexo, pueden generar errores a las mediciones. El objetivo del uso de la prueba ANOVA es cuantificar cuál de las dos fuentes de variación es la que mayor varianza lleva en los datos, si el medio o el error. Es decir, se compara la variación debida a los tratamientos con la variación debida al azar o al error en cada dato (ecuación 1).

$$y_{ij} = \mu_i + e_{ij} \quad (1)$$

Donde,

y_{ij} = valor de la observación i que pertenece al tratamiento j ,

$j = 1,2$ porque hay 2 tratamientos, hidroterapia y fisioterapia,

$i = 1,2, \dots, 28$ porque hay 28 pacientes por tratamiento.

La media total es el promedio de las medias de los dos tratamientos considerados.

Por lo tanto, el efecto de cada tratamiento respecto a la media total sería:

$$\tau_i = \mu_i - \mu \quad (2).$$

Así la media de cada tratamiento puede ser expresada como el efecto del tratamiento más la media general, así:

$$\mu_i = \tau_i + \mu \quad (3)$$

$$y_{ij} = \tau_i + \mu + e_{ij} \quad (4)$$

donde el valor de cada observación es igual a la media general más el efecto del tratamiento más el error debido al azar ya explicado. A la ecuación 4 se le conoce como el modelo de efectos fijos, porque las conclusiones sólo aplican para los tratamientos considerados.

La tabla 15 muestra la descomposición de los datos dado el modelo de efectos fijos descrito en la ecuación 4.

Para el análisis de varianza de un factor se deben tener en cuenta el grado de libertad de los tratamientos (Gm), el grado de libertad total (Gt) y el grado de libertad de los errores (Ge). El primero corresponde a $k - 1$, donde k es el número de tratamientos, el segundo es $n - k$, siendo n el total de datos y el tercero equivale $Gt - Gm$.

$$Gm = 2 - 1 = 1$$

$$Gt = 56 - 2 = 54$$

$$Ge = 54 - 1 = 53$$

Se deben tener en cuenta los siguientes cálculos para el análisis de varianza de un factor, los grados de libertad de los tratamientos es $k - 1$, siendo k en número de tratamientos. Los grados de libertad del total es $n - k$, siendo n el total de datos, para DL será $56 - 2 = 54$. Los grados de libertad de los errores será la diferencia entre los grados de libertad del total y de los tratamientos.

Definidos los grados de libertad se elaboran las sumas de cuadrados totales

$$\sum_{i=1}^n (y_{ij} - \mu)^2$$

Siendo

y_{ij} cada dato de cada variable

μ el promedio global de todos los datos

i , como cada unidad experimental dentro de cada tratamiento y

j el total de tratamiento.

La suma de cuadrados de los tratamientos es

$$\sum_{j=1}^k (T_j - \mu)^2$$

siendo T_j el total dentro de cada tratamiento.

La suma de cuadrados del error es la diferencia entre la suma de cuadrados del total y de los tratamiento o equivalente a

$$\sum_{i=1}^r (y_{rj} - \bar{T}_j)^2,$$

siendo \bar{T}_j el promedio de cada tratamiento y r el total de unidades dentro de cada tratamiento.

Si el diseño es equilibrado, r es igual para todos los k tratamientos. En el caso de la variable DL, $k = 2$; $r = 1, 2, \dots, 28$; $n = 1, 2, \dots, 56$, $i = 1, 2, \dots, r$ y $j = 1, \dots, k$.

El análisis de varianza (ANOVA) está sujeto a dos supuestos, el de normalidad de los errores, los datos reciben la misma distribución del error, de acuerdo con el modelo de efectos fijos, y el de homogeneidad de varianzas entre grupos o tratamientos, suponiendo varianzas iguales. Es por ello, que una vez se tienen los residuales, es necesario hacer una prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas, aunque la técnica de ANOVA funciona bien si no se cumplen estos dos supuestos.

- *Análisis de correlación entre variables*

Se deseaba analizar la relación existente entre las variables de estudio de acuerdo con el método utilizado, es decir, coactivación o baropodometría, dando una medida numérica de la fuerza con la cual se asocian las variables.

El coeficiente de correlación como medida numérica, pertenece al rango $-1 \leq r \leq 1$. el valor de r varía de -1 a 0 si la correlación es negativa y se mueve entre 0 a 1 si la correlación es positiva. En la medida en que r se aproxima a ± 1 , mejor asociación habrá entre las variables X e Y.

$$\text{Coeficiente de correlación} = \frac{S_{XY}^2}{\sqrt{S_X^2 S_Y^2}}$$

Donde

$$S_X^2 = \text{Varianza de } X = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$S_Y^2 = \text{Varianza de } Y = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}$$

$$S_{XY}^2 = \text{Covarianza entre } X \text{ e } Y = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n - 1}$$

n = Total de datos

4. Resultados

Se utilizó el análisis de Coactivación en el método de hidroterapia y fisioterapia, la figura 3 muestra las variables de Coactivación que se pusieron a prueba en el medio de hidroterapia y fisioterapia.

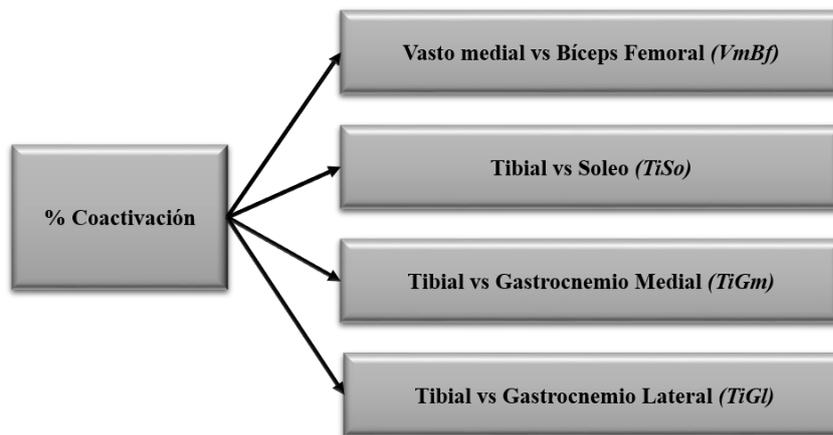


Figura 3: Variables de Coactivación

La figura 4 muestra los resultados semanales de la variable TiGl, algunas semanas los pacientes mostraban buenos resultados como lo es con la semana tres, la semana 6, finalmente la última semana presentó un rendimiento menor, pues la línea negra dentro del diagrama de cajas y bigotes representa el 50% de los pacientes, y estos muestran

valores por debajo de cero, más o menos el 40% de los pacientes mostraron mejoría en la última semana. La variable TiSo de la figura 5, muestra para las últimas dos semanas que la mediana se encuentra por encima de cero, eso queriendo ilustrar cambios positivos en los resultados. La variable TiGm de la figura 6 muestra resultados positivos entre la semana 5 y 8, y para la semana 12 presenta un valor máximo de mejoramiento de los pacientes, igual o mayor al de la semana 9, también en la terapia 12 el tamaño de la caja es muy grande y esto representa la varianza de los datos, casi todas las terapias de mostraban niveles altos de varianza en cada sesión.

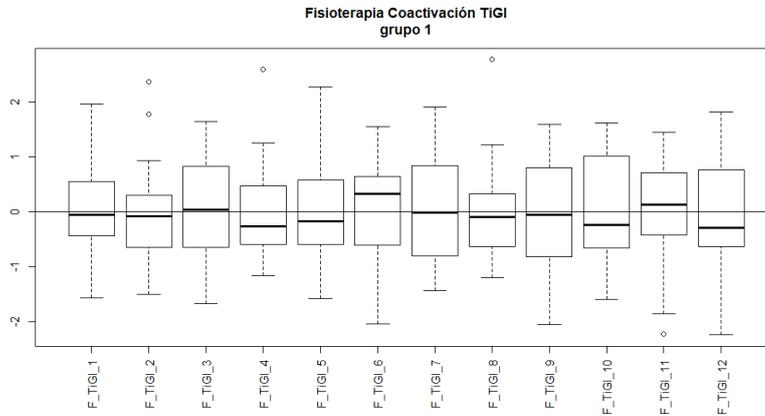


Figura 4: Variable TiGI

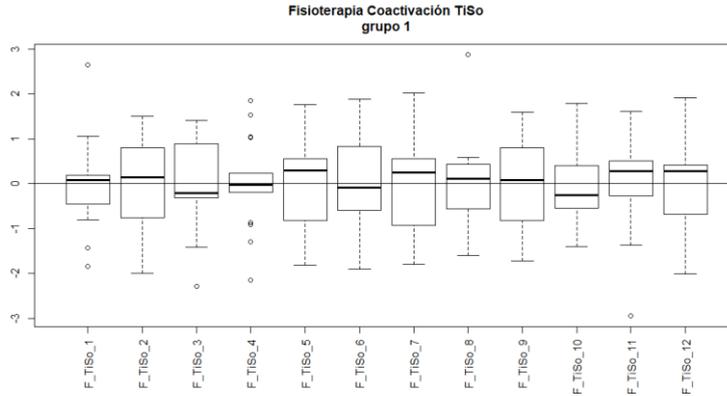


Figura 5: Variable TiSo

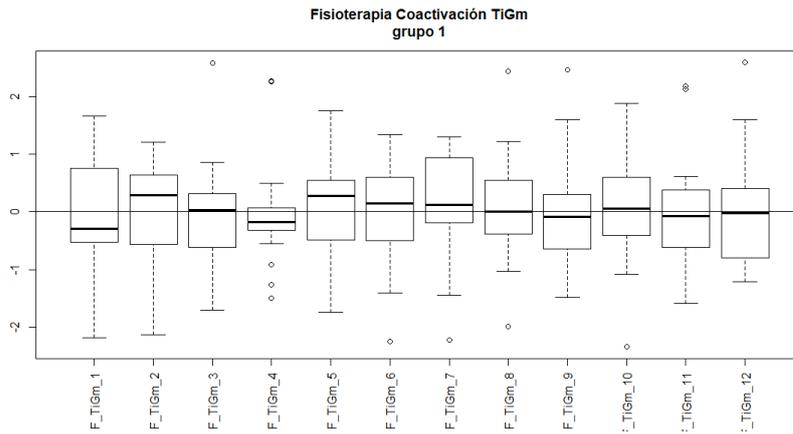


Figura 6: Variable TiGm

La figura 7 muestra el desempeño de los resultados en el variable VmBf, las últimas semanas muestran la mediana ubicarse en el valor de cero, por lo tanto, el resultado resulta ser positivo para la mitad de los pacientes. En la figura 8 el valor promedio de estas cuatro variables muestra que la variable VmBf tiene valores mejores que las variables TiGm y TiGl, pero en las cuatro variables, aunque la varianza es grande ya no se logran ver datos perdidos y casi que el 50% de los pacientes tienen resultados mayores que cero, es decir, positivos en el sentido que se comienza a corregir el problema.

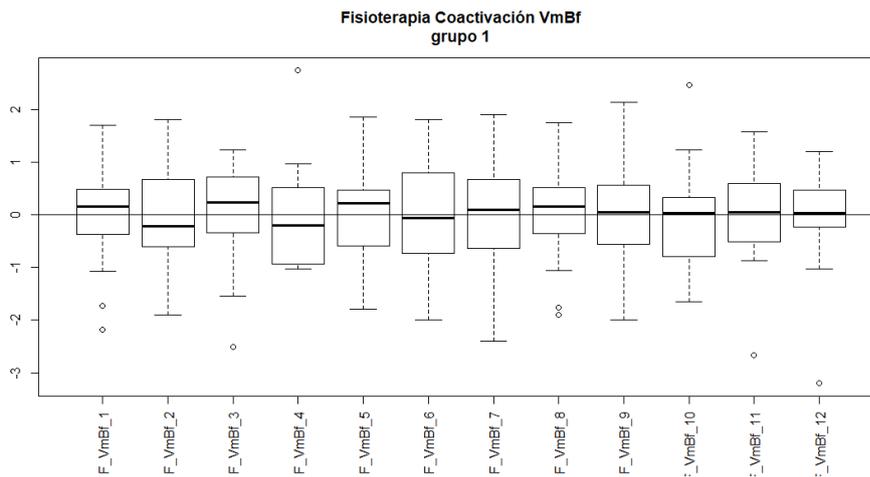


Figura 7: Variable TiGm

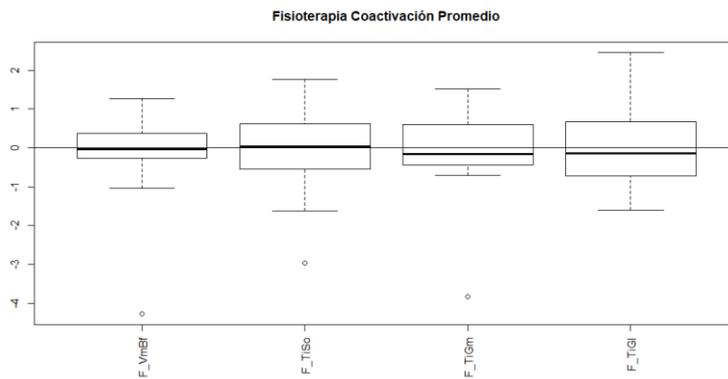


Figura 8: Fisioterapia Coactivación promedio

En el caso del análisis de Coactivación en hidroterapia, todas las variables a excepción de la variable TiSo los resultados en las semanas resultaron tener muchos valores por encima de cero, también tiene alta variabilidad, pero se generan resultados positivos en los pacientes. La figura 9 muestra el valor promedio de las cuatro variables, pero de los resultados en agua resultan ser muy parecidos a los resultados promedio con hidroterapia.

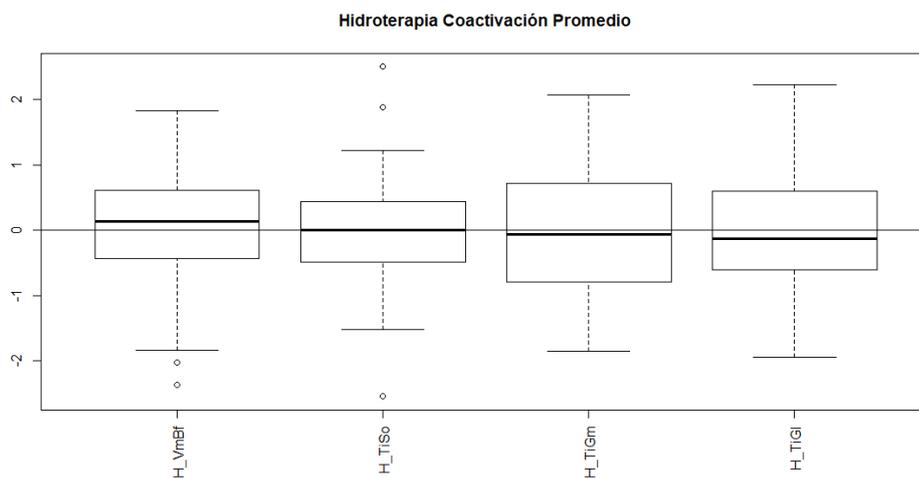


Figura 9: Hidroterapia Coactivación promedio

La figura 10 presenta un gráfico de los 56 pacientes que participaron en el experimento, y el eje vertical del gráfico representa el porcentaje de variaciones positivas que tuvo el paciente en el total de las semanas que se hizo la prueba. Alrededor del 90% de los pacientes mostraron rendimientos entre el 25% y 75% de todas las sesiones asistidas. Se hizo un análisis de normalidad de las cuatro variables de Coactivación y todas resultaron

tener un comportamiento normal (tabla 5). En la tabla 6 se hizo la prueba de normalidad de los datos de las variables y cada una resulta tener igualdad de varianzas al comprar el medio de hidroterapia con fisioterapia.

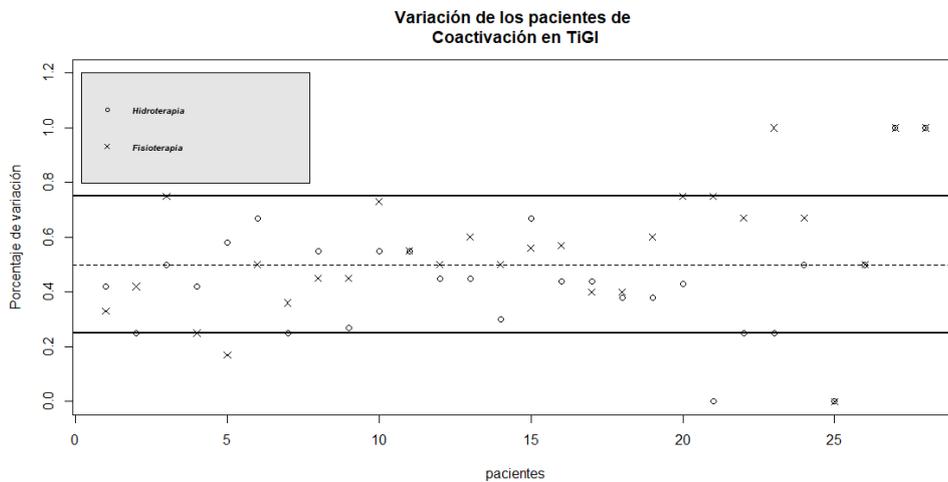


Figura 10: Variación de los resultados en los pacientes de Coactivación.

Tabla 5: Prueba de normalidad de las variables de Coactivación

ANÁLISIS DE NORMALIDAD DE LOS RESIDUALES: Test de Shapiro Wilks		
Coactivación	Valor -p	Decisión
VmBf	0.8891	Si normalidad
TiSo	0.526	Si normalidad
TiGm	0.1233	Si normalidad
TiGl	0.7676	Si normalidad

Tabla 6: Prueba de homogeneidad de varianzas de las variables de Coactivación

ANÁLISIS DE HOMOGENEIDAD VARIANZA : Test de Barlett		
Coactivación	Valor p	Decisión
VmBf	0.2755	Varianzas iguales
TiSo	0.1605	Varianzas iguales
TiGm	0.6155	Varianzas iguales
TiGl	0.1414	Varianzas iguales

Tabla 7: Prueba de homogeneidad de varianzas de las variables de Coactivación

IGUALDAD DE MEDIAS: Prueba t para muestras independientes				
Coactivación	Valor p	Decisión	Decisión	Decisión
VmBf	1.2092	53	0.232	Igualdad de medias
TiSo	-0.4694	52	0.6407	Igualdad de medias
TiGm	1.048	53	0.2994	Igualdad de medias
TiGl	-1.835	50	0.07246	Igualdad de medias

Tabla 8: Prueba de homogeneidad de varianzas de las variables de Coactivación

En la tabla 7 y 8 se hace la prueba de comparación de medias, en la primera con la prueba t para dos grupos (fisis e hidro), comparando, no hay diferencias, y también al utilizar la prueba ANOVA, las conclusiones son las mismas, las medias de fisioterapia e hidroterapia son igual y ambas mejoran los resultados en los pacientes atendidos.

5. Conclusión

El análisis descriptivo, el cual busca obtener información sobre la población basándose en el estudio de los datos específicos del registro, indica que la hidroterapia a diferencia de la fisioterapia tiene mayores efectos positivos a largo plazo sobre la población de estudio. Sin embargo, teniendo en cuenta los resultados obtenidos a través del estudio estadístico inferencial, no existen diferencias muy significativas entre la aplicación de los protocolos en los medios de fisioterapia como de hidroterapia. Por lo tanto, tomando como referencia lo anterior, independientemente del medio seleccionado para la aplicación del protocolo de rehabilitación biomecánica para artrosis de rodilla, se logrará una mejoría en la estabilidad postural luego de su implementación, esto podría reducir la necesidad de una intervención quirúrgica en esta población.

Es necesario apoyarse con los métodos estadísticos para evaluar los resultados de procedimientos experimentales, iniciando con una estadística descriptiva que permita visualizar la información que se va a analizar y posterior, hacer uso de pruebas más potentes para confirmar la sospechas que deja la estadística descriptiva, por ejemplo, la igualdad de medias o igualdad de efectividad de los resultados al comparar diferentes grupos de individuos o variables.

Recibido: 2019-02-24

Aceptado: 2019-06-17

Referencias

- Abbiss, C. R., Peiffer, J. J., Netto, K. J., & Laursen, P. B. (2006). Reliability of surface EMG measurements of the quadriceps during maximal isometric contractions following water immersion. *Journal of Musculoskeletal Research*, *10*(4), 197–203. <https://doi.org/10.1142/S021895770600187X>

- Candotti, C. T., Loss, J. F., Bagatini, D., Soares, D. P., da Rocha, E. K., de Oliveira, Á. R., & Guimarães, A. C. S. (2009). Cocontraction and economy of triathletes and cyclists at different cadences during cycling motion. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19(5), 915–921. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2008.04.008>
- Lacour, M. (2016). Envejecimiento del control postural y del equilibrio. *EMC - Podología*, 18(1), 1–9. [https://doi.org/10.1016/S1762-827X\(15\)76065-7](https://doi.org/10.1016/S1762-827X(15)76065-7)
- Le, P., Aurand, A., Dufour, J. S., Knapik, G. G., Best, T. M., Khan, S. N., ... Marras, W. S. (2017). Development and testing of a moment-based coactivation index to assess complex dynamic tasks for the lumbar spine. *Clinical Biomechanics*, 46(May), 23–32. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2017.05.001>
- Le, P., Best, T. M., Khan, S. N., Mendel, E., & Marras, W. S. (2017). A review of methods to assess coactivation in the spine. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2016.12.004>
- López, C., & Ronzio, O. (2014). *Efectos de la hidroterapia en pacientes adultos mayores con artrosis de rodilla: Revisión bibliográfica sistemática*. Instituto Universitario de Ciencias de la Salud.
- Mattos, F. De, Leite, N., Pitta, A., Cesar, P., & Bento, B. (2016). Effects of aquatic exercise on muscle strength and functional performance of individuals with osteoarthritis : a systematic review. *Revista Brasileira de Reumatología*, 6(6), 530–542.
- Ministerios de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad. (2012). Estrategia en enfermedades reumáticas y musculoesqueléticas del Sistema Nacional de Salud. 1–4. Madrid,
- Nagai, K., Yamada, M., Uemura, K., Yamada, Y., & Ichihashi, N. (2011). Differences in muscle coactivation during postural control between healthy older and young adults. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 53(3), 338–343. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2011.01.003>
- Organización Mundial de la Salud. (2015). *Informe mundial sobre el envejecimiento y la salud*. Estados Unidos de América. Recuperado de http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/186466/1/9789240694873_spa.pdf?ua=1
- Park, B., Noh, J., & Kim, M. (2015). The effects of aquatic trunk exercise on gait and muscle activity in stroke patients: a randomized controlled pilot study. *Journal of Physical*, 10–14. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.3549>