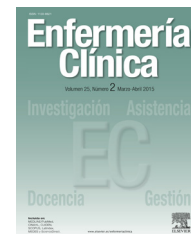




Enfermería Clínica

www.elsevier.es/enfermeriaclinica



ORIGINAL

Efecto de un programa de actividad física en el medio acuático sobre las constantes hemodinámicas en mujeres embarazadas

Juana María Vázquez-Lara^{a,*}, Carlos Ruiz-Frutos^b, Luciano Rodríguez-Díaz^a,
Jesús Ramírez-Rodrigo^c, Carmen Villaverde-Gutiérrez^d y Gema Torres-Luque^e

^a Hospital Universitario de Ceuta, Ceuta, España

^b Departamento de Sociología, Trabajo Social y Salud Pública, Universidad de Huelva, Huelva, España

^c Facultad de Ciencias de la Salud, Campus Universitario de Ceuta, Ceuta, España

^d Facultad de Ciencias de la Salud de Granada, Granada, España

^e Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad de Jaén, Jaén, España

Recibido el 13 de junio de 2017; aceptado el 29 de julio de 2017

PALABRAS CLAVE

Ejercicio;
Embarazo;
Inmersión;
Hemodinámica

Resumen

Objetivo: Evaluar el efecto de un programa de actividad física en el medio acuático con inmersión hasta el cuello, de seis semanas de duración, sobre las constantes hemodinámicas en mujeres gestantes.

Método: Se llevó a cabo un programa de actividad física en el medio acuático, de seis semanas de duración a un total de 46 mujeres embarazadas, que fueron distribuidas en grupo experimental que participó en el programa (n=18) y grupo control (n=28) que desarrolló los cuidados habituales. En los dos grupos se valoraron diferentes medidas hemodinámicas antes y después del programa.

Resultados: Al inicio del programa el promedio de presión arterial sistólica era similar en ambos grupos pero la presión arterial diastólica era ligeramente mayor en el grupo experimental. Cuando se contrastan las medidas en la última sesión, resultan significativamente mayores las presiones arteriales (sistólica, diastólica y media), en el grupo control ($p < 0,050$). De forma similar, los valores iniciales de volumen plasmático no diferían en ambos grupos, pero tras la intervención las mujeres del grupo control evidencian un mayor promedio ($p < 0,010$). La fracción de excreción de sodio (FENa) aumenta significativamente en el grupo experimental, tras la realización del programa, cuyo promedio se triplica ($p < 0,050$). Los niveles plasmáticos de aldosterona no muestran diferencias significativas entre ambos grupos en las distintas mediciones.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: juani.vazquez@andaluciajunta.es (J.M. Vázquez-Lara).

Conclusión: Un programa de ejercicios de natación e inmersión, en mujeres gestantes, contribuye al equilibrio hidrosalino, previniendo el aumento excesivo de volumen plasmático habitual en el embarazo, y en la actividad del eje renina-aldosterona.

© 2017 Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Exercise;
Pregnancy;
Immersion;
Haemodynamics

Effect of a physical activity programme in the aquatic environment on haemodynamic constants in pregnant women

Abstract

Objective: To evaluate the effect of a physical activity programme in the aquatic environment with immersion up to the neck, of six weeks duration, on haemodynamic constants in pregnant women.

Methods: A six-week physical activity programme in the aquatic environment was carried out with a total of 46 pregnant women, who were distributed into an experimental group (n = 18), which participated in the programme, and a control group (n = 28), which followed routine care. In both groups different haemodynamic measurements were evaluated before and after the program.

Results: At the beginning of the programme the mean systolic blood pressure was similar between groups, but diastolic blood pressure was slightly higher in the experimental group. When the measurements at the last session were compared, arterial pressures (systolic, diastolic and mean) were significantly higher in the control group (p < .050). Similarly, the initial plasma volume values did not differ between groups, but after the intervention, the control group women showed a higher mean (p < .010). The fraction of sodium excretion (FENa) increased significantly in the experimental group, after the programme, with a mean three times higher (p < .050). Aldosterone plasma levels did not show significant differences between the groups in the different measurements.

Conclusion: A programme of swimming and immersion exercises in pregnant women contributes to hydrosaline balance, preventing an excessive increase in usual plasma volume during pregnancy and in the activity of the renin-aldosterone axis.

© 2017 Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

¿Qué se conoce?

Se conoce el efecto que produce la inmersión en el agua en el equilibrio hidrosalino, sin embargo, se hacen necesarios estudios más específicos en embarazadas para dilucidar los mecanismos precisos, circulatorios y neuroendocrinos, implicados.

¿Qué aporta?

Los resultados positivos en diferentes variables hemodinámicas de un programa de actividad física en el medio acuático con inmersión hasta el cuello diseñado específicamente para mujeres embarazadas.

Introducción

Existe suficiente evidencia científica que indica que la práctica regular de ejercicio físico moderado realizado por una gestante sana, con un embarazo de evolución normal, no solo carece de riesgo para la salud de la gestante ni del feto, sino que sus beneficios se dejan sentir durante el propio embarazo y se manifiestan también en el parto y posparto^{1,2}. Entre los beneficios más positivos que proporciona el deporte y el ejercicio físico en general, se cuentan la mejora del sistema cardiovascular, la irrigación sanguínea y la tonificación del sistema músculo-esquelético³.

Los estudios realizados muestran que se puede practicar deporte moderado, adecuado a las circunstancias específicas de la gestación, sin que entrañe un riesgo para la salud materno-fetal. Además, otros estudios recientes indican el efecto del ejercicio físico sistemático en la prevención del incremento de peso excesivo de la gestante durante el embarazo, su contribución en el control de la presión arterial y prevención de la hipertensión y la diabetes gestacional. Por ello, se trata de una actividad beneficiosa tanto para la madre como para el feto, que también evita el riesgo de sobrepeso, y por consiguiente, de complicaciones en el parto⁴⁻⁶.

Entre los profundos cambios que implica la gestación, un aspecto particular lo constituyen las modificaciones cardiovasculares, con un incremento de la capacidad del sistema cardiovascular, como resultado de la vasodilatación del sistema vascular periférico y el aumento de la circulación venosa, además de un incremento del volumen circulante que al final del embarazo se eleva alrededor del 30-60%. Asimismo, se produce retención de agua y sal debido a la activación intensa del sistema renina-angiotensina-aldosterona⁷⁻¹⁰, habiéndose identificado factores vasodilatadores como la progesterona, aumento de la tasa de filtración glomerular, y agentes natriuréticos como el péptido natriurético auricular (PNA)^{11,12}.

En relación con ejercicios en el agua, este medio resulta idóneo para que la mujer en estado de gestación se mueva, en especial por la flotabilidad que implica, habiéndose señalado la natación como uno de los deportes más recomendables para las embarazadas, y se ha reiterado que las actividades en el agua además de ofrecer un amplio abanico de posibilidades para trabajar aportan un importante componente lúdico; por lo que son frecuentemente incluidas en programas de actividad física, durante el proceso de gestación¹³⁻¹⁵. La capacidad de flotación e ingravidez que proporciona el líquido favorecen la libertad de movimientos, de forma que la gestante puede adoptar posturas incómodas e imposibles de realizar en tierra firme. La presión del agua reduce el riesgo de lesiones tanto en la madre como en el bebé por traumatismos o movimientos bruscos, ya que impide sobrepasar los límites. Estos beneficios físicos también favorecen una actitud psicológica más positiva ya que, la libertad de movimientos, la relación con otras mujeres en el mismo estado o el placer de la actividad fomentan la relajación^{1,16-18}.

A nivel fisiológico, se ha señalado, como principal efecto de la inmersión, la redistribución del líquido extravascular en el espacio vascular y aumento de la diuresis, efecto que se produce muy rápidamente y es proporcional a la profundidad de inmersión, y es responsable de ajustes cardiovasculares reflejos, que justifican el aumento del volumen sanguíneo central, disminución de la frecuencia cardíaca, incremento en el volumen sistólico, aumento del gasto cardíaco y aumento en la diuresis y natriuresis¹⁹⁻²¹. Esto finalmente conduce a una disminución de la resistencia vascular periférica, disminución de la presión arterial sistémica (tanto sistólica como diastólica), y la activación del sistema renina-angiotensina-aldosterona ya referida, habiéndose sugerido que, con ello, la inmersión pudiera tener efectos positivos durante el embarazo, pudiendo prevenir edemas que aparecen durante este²²⁻²⁶.

En el ser humano, la exposición a ambientes hiperbáricos y por extensión cualquier modelo que someta al cuerpo a un gradiente de presión, conduce a modificaciones variadas, destacando: a) efectos generales de la presión sobre el organismo, desde un punto de vista fisicoquímico y fisiológico, b) efecto de la flotabilidad y c) alteración de la diuresis y excreción de iones^{27,28}. Así, la inmersión conduce a una diuresis significativamente mayor en comparación con los valores de preinmersión, además de una disminución de la presión arterial materna y la frecuencia cardíaca²⁹; el ejercicio prenatal parece producir una mejora hemodinámica

en la mujer embarazada^{19,23-26,29,30}. La profundidad de la inmersión condiciona el nivel de los cambios fisiológicos que dicha inmersión produce y cuando la inmersión se produce hasta el cuello, o es completa, estos cambios son mucho más drásticos, con el aumento de la diuresis y la natriuresis y una redistribución de los fluidos por la presión hidrostática, que son proporcionales al nivel de edema de la mujer gestante^{19,25}.

El ejercicio acuático moderado durante el embarazo es una alternativa segura y efectiva para el binomio madre e hijo. Sin embargo, debido a la escasez y heterogeneidad de los datos aportados en la literatura específica, se hacen necesarias investigaciones adicionales^{30,31}. Por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de un programa de actividad física en el medio acuático con inmersión hasta el cuello, de 6 semanas de duración, en mujeres embarazadas sanas, sobre variables hemodinámicas.

Método

Para la realización de este estudio se diseñó un ensayo clínico aleatorizado, con medidas anteriores y posteriores a la intervención. Al grupo experimental (GE) se le aplicó un programa de actividad física en el medio acuático para embarazadas (PAFMAE), con inmersión hasta el cuello, diseñado específicamente para estas gestantes y el grupo control (GC) siguió los cuidados habituales. El estudio se llevó a cabo desde mayo hasta julio de 2016 en el centro deportivo Body-Factory.

Muestra

La población de referencia corresponde a mujeres gestantes incorporadas al programa de control de embarazo del Sistema Público de Salud del Área Sanitaria de Ceuta. Para determinar el tamaño muestral adecuado se consideró el número mínimo de sujetos necesarios para que en un test de diferencia de medias de volumen plasmático, fuese capaz de detectar como significativa una diferencia de 5 unidades, con un error $\alpha = 0,050$ y $\beta = 0,020$, lo que exigía como mínimo dos grupos de 19 mujeres. En previsión de abandonos se eligieron inicialmente un total de 48 mujeres distribuidas mediante un modelo de asignación de 20 bloques de 5 números aleatorizados distribuidos entre el GC y el GE se obtuvieron 28 mujeres gestantes en el GC, el cual no siguió ningún programa de actividad física siendo sometido a un seguimiento normal del embarazo, con controles al inicio y final del periodo, y 20 mujeres gestantes en el GE (n=20) que realizó el programa PAFMAE detallado en la intervención.

Una vez iniciada la intervención, dos mujeres del grupo experimental causaron baja por patología obstétrica: amenaza de parto prematuro, lo que, finalmente conformó el grupo con 18 participantes (fig. 1).

A pesar de ello una evaluación a posteriori del test con estas 46 mujeres confirmó la capacidad del modelo para detectar una diferencia significativa de 5,2 unidades en el contraste del volumen plasmático.

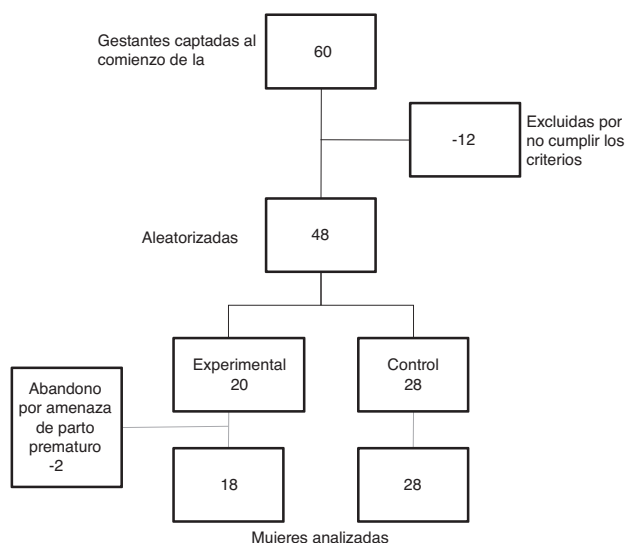


Figura 1 Diagrama de flujo del ensayo clínico aleatorizado.

Criterios de inclusión

Los requisitos para poder formar parte de la muestra fueron, para el GC: 1) ser mayor de edad, 2) estar embarazada desde el segundo trimestre de embarazo y que no fuera embarazo múltiple, 3) estar sana y carecer de patología, 4) no participar en otros programas de ejercicio físico, 5) no tomar ningún tipo de fármaco que pueda interferir en los resultados y 6) no tener ningún impedimento físico ni médico para la realización de actividad física; y para el GE, además, las gestantes que participaron debían comenzar en la semana 24-28 y terminar en la semana 32-36 y era necesario asistir como mínimo a un 90% de las sesiones.

Intervención

Se llevó a cabo un PAFMAE de 6 semanas de duración, con 2 sesiones por semana con una duración de 45 min cada sesión (12 sesiones en total). Para la elaboración de este programa se tuvieron en consideración modelos propuestos con los que finalmente se diseñaron actividades que no solo contenían esfuerzos en el medio acuático, sino que incluían estímulos hiperbáricos con agua hasta el cuello y pequeños periodos de inmersión completa³²⁻³⁴.

La estructura de cada sesión consistió en: calentamiento previo y ejercicios de adaptación al medio acuático (5 min), siguiendo con un grupo de ejercicios aeróbicos de nivel moderado (20 min), donde se trabajan grupos musculares (miembros superiores, miembros inferiores, trabajo respiratorio, dorsal y abdominal) así como trabajo de la pelvis (10 min), finalizando con una fase de relajación y ejercicios lúdicos (10 min).

La actividad se realizó en una piscina donde se hacía pie, con una temperatura de entre 28-30° c y en condiciones adecuadas para la seguridad de la gestante. En el desarrollo del programa se trabajó con grupos de 8-10 gestantes para asegurar un clima de trabajo adecuado¹². Las participantes recibieron indicaciones previas, entre las cuales figuraba la de tomar su desayuno habitual antes de ir al centro deportivo a realizar la actividad física.

El GC recibió igualmente indicaciones oportunas, en especial la de tomar su desayuno habitual el día del control, y continuó la práctica clínica habitual que no incluía ningún tipo de actividad física reglada, siendo sometidas a la valoración inicial y final a las 6 semanas, con idéntico protocolo.

VARIABLES Y RECOGIDA DE DATOS

Las participantes fueron entrevistadas para la recogida de datos sociodemográficos, tales como edad y semanas de gestación.

Se realizaron las valoraciones que se detallan a continuación al inicio y tras las 6 semanas del PAFMAE. Dichas valoraciones se realizaron al inicio de la consulta en el GC y al inicio del entrenamiento en el GE. Además, en el GE se obtuvo otra medida completa inmediatamente después de terminar la sesión de entrenamiento el último día del programa. Esto permitió ver el efecto directo de la práctica en el agua y de la inmersión (medida antes/después), el último día, en el que cabe esperar haber producido un cierto grado de adaptación.

- 1) Valoración de parámetros hemodinámicos: a) medición de la presión arterial (PA) a las embarazadas, en una situación de reposo y sentadas cómodamente, se le colocó un tensiómetro manual (RIESTER) y se le tomó la tensión arterial de forma manual. b) Medición de la frecuencia cardíaca, transcurridos al menos 5 min desde la toma de PA, se llevó a cabo la medición de la frecuencia cardíaca con el pulsímetro Polar F4 (Polar, Finlandia).
- 2) Medidas analíticas, a) sangre: hemoglobina, hematocrito, creatinina, calcio, fósforo, sodio, potasio, cloro, proteínas totales, osmolaridad y aldosterona. b) Orina: creatinina, calcio, fósforo, sodio, potasio, cloro y osmolaridad. A las gestantes del GC se les recogieron las muestras de sangre y orina durante las visitas del segundo y tercer trimestre que efectuaron en el área sanitaria durante su control de embarazo rutinario, que se hicieron prácticamente coincidentes en el tiempo, con las del GE. A las gestantes del GE se les recogieron dichas muestras en el centro deportivo, al inicio y al final del programa, en su caso, antes de iniciar el entrenamiento, para mantener así condiciones equivalentes con el GC. Todas las muestras fueron procesadas en el laboratorio designado para este fin, siguiendo idénticos protocolos.
- 3) Estimación de la variación de volumen plasmático Por el método de Dill y Costill³⁵, que estima el porcentaje de volumen plasmático (VP) en una situación posterior, de acuerdo con una referencia inicial, obtenida en un momento anterior. La variación observada puede relacionarse con el proceso o intervención que media entre la situación anterior y la posterior. La referencia de volumen inicial se obtiene en función del valor hematocrito (Hcr), considerando el 100% de un volumen de sangre (VS_1): $100 = Hcr + VP_1$, por tanto $VP_1 = 100 - Htc_1$. Por ejemplo, una mujer con 41 de Hcr, tendría como volumen plasmático de referencia inicial, 59. Sobre ese valor, y teniendo en cuenta como criterio de variación el cociente entre la concentración de hemoglobina inicial (Hg1) y final (Hg2), se obtiene el VP2. La variación en el

momento 2 es función del cociente entre hemoglobinas calculado como: $VS_2 = 100 * Hb_1 / Hb_2$. Finalmente, para calcular el VP_2 , se tiene en cuenta el volumen celular que se obtiene a partir de la siguiente fórmula: $VC_2 = VS_2 - Htc_2$, así $VP_2 = VS_2 - VC_2$.

Análisis estadístico

Para el tratamiento estadístico hemos recurrido a la aplicación SPSS 20.0 © para Windows. Una vez constatado el carácter paramétrico de las medidas mediante el test de Kolmogorov-Smirnov, para el contraste de medias intragrupo se ha aplicado la prueba t de Student para muestras pareadas, y para las diferencias entre grupos, la prueba t de Student para muestras independientes. La comprobación de la homocedasticidad de las muestras se realizó mediante el test de Levene.

También, hemos recurrido al análisis ANCOVA en aquellos casos en que había que comprobar la participación de efectos fijos y variables, así como de covariables que pudiesen intervenir en el comportamiento de la variable dependiente. Asimismo, para evaluar el efecto sobre el volumen plasmático final se aplicó el análisis ANCOVA, con el grupo (experimental o control) como factor de efectos fijos y utilizando como covariable el volumen plasmático de referencia. En todos los casos se ha considerado como nivel de significación estadística el valor de probabilidad $p \leq 0,050$.

Aspectos éticos

Todas las participantes accedieron de forma voluntaria a la realización del estudio desde la consulta prenatal, además, fueron informadas por personal especializado, acerca de los procedimientos, riesgos y beneficios del estudio y firmaron un consentimiento informado al comienzo del mismo siguiendo la Declaración de Helsinki. Este trabajo de investigación recibió el consentimiento del Comité de Ética de la Investigación del Hospital Universitario de Ceuta.

Resultados

Las características de las participantes se reflejan en la [tabla 1](#). Las embarazadas del GC tuvieron una edad media de 31 años y la media de semanas de gestación al inicio del estudio fue de 27,3 y las del GE tuvieron una edad media de 29,5 años y la media de semanas de gestación al inicio del estudio fue de 24,1, concentrándose la mayor cantidad de mujeres entre las semanas 24 y 27 (76%) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en estas variables.

Presión arterial y frecuencia cardíaca

Todas las medidas obtenidas corresponden a valores moderado-bajos de PA. En la comparación intragrupo, las participantes del GE mantienen las PA sin diferencias significativas a lo largo del programa, excepto cuando se comparan la medida inicialmente, con la obtenida en la última sesión tras el ejercicio ([tabla 2](#)), donde la presión arterial sistólica es significativamente inferior a la inicial ($p < 0,050$). Por su

parte, en el GC, los valores de las PA en la última medida son significativamente superiores a los iniciales.

La comparación entre grupos muestra una diferencia estadísticamente significativa en la PA diastólica en la medición inicial ($p = 0,032$), superior en el GE vs. GC. Un posterior análisis de la covarianza puso de manifiesto la no intervención de esta diferencia, en la variación producida al final del programa ($p < 0,001$; potencia = 0,951). Más aún, cuando se contrastan las medidas en la última sesión, resultan significativamente mayores las PA (sistólica, diastólica y media), en el GC vs. GE ($p < 0,050$) ([tabla 2](#)).

Variación del volumen plasmático

En la comparación intragrupos, en el GE los valores de VP obtenidos por el método de Dill y Costill ([tabla 3](#)), en la medida final, antes de la sesión de entrenamiento, no muestran variación significativa aunque con una tendencia a la disminución en torno al 3% (65,7 vs. 63,3) con respecto al valor estimado al inicio del programa. Tras el entrenamiento tiene lugar un descenso promedio del 7,2% (65 vs. 60,3) con respecto al volumen antes del ejercicio, que en este caso sí alcanza consistencia estadística ($p < 0,001$). El grupo control, contrariamente, arroja en la medida final un incremento promedio de VP del 5,6% (66,4 vs. 70,1), aunque sin consistencia estadística.

En la comparación entre grupos, los valores iniciales no difieren, pero en la medida final las mujeres del GC evidencian un mayor promedio de VP que las que siguieron el programa ($p < 0,010$).

En el ANCOVA sobre el VP al final del programa resultó estadísticamente significativo el efecto del grupo ($p < 0,001$, potencia 0,990 y modelo corregido: $p < 0,001$, potencia 0,984).

Homeostasis de sodio ($[Na^+]$ plasmática, urinaria, fracción de excreción y aldosterona)

Tanto en la comparación intragrupos como entre grupos, la $[Na^+]$ plasmática ([tabla 4](#)) se mantiene constante, dentro de valores normales, en todos los casos, incluso después de la sesión de entrenamiento en la última medida del GE.

En cuanto a los valores urinarios en la medida final, el GC evidencia un valor promedio significativamente inferior al medido al inicio ($p < 0,050$) y, también, menor que el del GE ($p < 0,010$).

Los promedios obtenidos de la fracción de excreción de sodio (FENa) muestran también una constancia, sin que se produzcan diferencias, en ningún caso, entre los grupos ([tabla 5](#)). No obstante, es destacable el importante aumento significativo que muestra este parámetro, en el GE, tras la realización del ejercicio en el agua, cuyo promedio se triplica ($p < 0,050$).

Los niveles plasmáticos de aldosterona no muestran diferencias significativas entre los grupos ni al principio ni en la medida final, antes del entrenamiento ([tabla 5](#)). En la comparación intragrupos, en el GC se produce un incremento significativo ($p < 0,050$) de estos valores mientras que en el GE, sus valores se mantienen en la última medición antes del entrenamiento. Más aún, en la medición final después del entrenamiento, el promedio de aldosterona sufre un significativo descenso ($p < 0,050$) en dicho grupo.

Tabla 1 Características de la muestra. Valores obtenidos al inicio del programa. Mayo a julio de 2016

Grupos	Experimental (N=18)		Control (N=28)		P
	Media (DT)	IC95%	Media (DT)	IC95%	
Valores iniciales					
Edad (años)	31,0 (4,6)	29,0 - 32,9	29,5 (6,1)	27,4 - 31,6	0,236
Semanas de gestación	27,3 (2,6)	26,1 - 28,5	26,9 (2,9)	25,8 - 27,8	0,234
PA sistólica (mmHg)	110,6 (10)	106,0-115,2	109,0 (11)	104,9-113,1	0,697
PA diastólica (mmHg)	68,5 (7,2)	65,2-71,8	64,1 (9,6)	60,5-67,7	0,032
PA media (mmHg)	78,0 (7,4)	74,6-81,4	79,0 (8,7)	75,8-82,2	0,069
FC (lat/min)	85,3 (6,8)	82,2-88,4	81,9(11,5)	77,6-86,2	0,062
Volumen plasmático (%)	65,7 (2,4)	64,6-66,8	66,4 (2,4)	65,5-67,3	0,401
Plasma Na ⁺ (mEq/l)	135,7 (1,4)	135,1-136,4	136,3 (3,9)	134,8-137,7	0,523
Orina Na ⁺ (mEq/l)	147,5 (59,6)	120,0-175,0	113,7 (46,9)	96,3-131,1	0,059
FENA	0,6 (0,3)	0,5 - 0,7	0,5 (0,2)	0,4 - 0,6	0,360
Aldosterona (ng/l)	690,4 (183,3)	605,7- 775,1	528,3 (318,9)	410,2 - 646,4	0,132
IMC < 25	n= 4		n=10		0,532
25 - <30	n=7		n=10		
≥30	n=7		n=8		

DT: desviación típica; FC: frecuencia cardíaca; FENA: fracción de excreción de sodio; IC95%: intervalo de confianza al 95%; IMC: índice de masa corporal; PA: presión arterial.

Tabla 2 Comparación de la presión arterial y frecuencia cardíaca en las distintas mediciones y entre el grupo experimental y grupo control. Mayo a julio de 2016

			PAS mmHg	PAD mmHg	PAM mmHg	FC lpm
Grupo experimental	Inicial (a)	Media	110,6	68,5	78,0	85,3
		DT	10,0	7,2	20,8	6,8
		E.E.M.	2,4	1,8	4,9	1,6
	Final (b) (antes de la sesión de entrenamiento)	Media	105,8	66,1	68,0	82,4
		DT	12,0	8,8	29,6	4,8
		E.E.M.	2,8	2,1	6,5	1,1
	Final (c) (después de la sesión de entrenamiento)	Media	104,4	65,8	67,5	80,7
		DT	9,4	8,1	29,1	18,0
		E.E.M.	2,2	1,9	6,4	4,3
		<i>dif a-b</i>		0,150	0,406	0,80
	<i>dif a-c</i>		0,043	0,265	0,332	
	<i>dif b-c</i>		0,472	0,856	0,214	
Grupo control	Inicial (d)	Media	109,0	64,1	79,0	81,9
		DT	10,8	9,6	8,7	11,5
		E.E.M.	1,8	1,6	1,5	2,0
	Final (e)	Media	117,0	72,2	77,8	82,8
		DT	13,0	9,7	29,1	11,0
		E.E.M.	2,6	1,9	5,5	2,2
		<i>dif d-e</i>		0,006	0,004	0,002
Diferencias entre grupos (experimental - control)						
	<i>dif a-d</i>		0,697	0,031	0,070	0,065
	<i>dif b-e</i>		0,014	0,050	0,016	0,337

E.E.M: Error estándar de la media. FC: frecuencia cardíaca (medida en latidos por minuto); PAD: presión arterial diastólica; PAM: presión arterial media; PAS: presión arterial sistólica (medidas en mmHg); Se muestran los contrastes que han resultado significativos.

Discusión

Se ha establecido que durante el embarazo, tiene lugar vasodilatación arterial, con aumento de la compliance arterial y descenso de la PA, con un incremento en la excreción de sodio como consecuencia de factores como el aumento de la filtración glomerular, el efecto de la progesterona

y la participación de otros mediadores como el péptido natriurético auricular, y se ha señalado el incremento de los niveles de aldosterona como un mecanismo esencial para el mantenimiento de la homeostasis de este ion, contribuyendo a un aumento de la volemia^{11,12}. Nuestros datos, en el GC, parecen ajustarse a este modelo, como muestran el mantenimiento de los valores plasmáticos de

Tabla 3 Variación del volumen plasmático (VPL) (método Dill y Costill) en las distintas mediciones y entre el grupo experimental y grupo control. Mayo a julio de 2016

Grupo	Medición		Medición el último día de entrenamiento (solo GE)	
	Inicial	Final	Antes	Después
<i>GE</i>				
Media	65,7	63,6	64,0	58,6 ^{***}
DT	2,4	6,3	3,3	3,2
E.E.M.	0,6	1,5	0,8	0,8
<i>GC</i>				
Media	66,4	70,1		
DT	2,4	6,1		
E.E.M.	0,5	1,4		
<i>Total</i>				
Media	66,1	65,7		
DT	2,4	7,7		
E.E.M.	0,4	1,2		
$p \leq$	0,401	0,001		

Medición inicial: VPL de referencia en situación inicial. Medición final: variación estimada respecto del VPL inicial. Antes: VPL de referencia en la última sesión en el GE, antes del entrenamiento. Después: variación estimada respecto a VPL en la última sesión en el GE, después del entrenamiento. Nivel de significación en las diferencias intragrupo

^{***} : $p < 0,001$. En la comparación intergrupos, se señala el valor de «p» en la fila inferior.

Tabla 4 Niveles plasmáticos y urinarios de sodio (mEq/l) en las distintas mediciones y entre el grupo experimental y grupo control. Mayo a julio de 2016

Grupo	Sodio plasmático (mEq/l)			Sodio urinario (mEq/l)		
	Na S-1	Na S-2A	Na S-2D	Na O-1	Na O-2A	Na O-2D
<i>Experimental n=18</i>						
Media	135,7	136,4	136,4	147,5	154,4	152,7
DT	1,4	2,3	1,5	59,6	54,5	108,4
E.E.M.	0,3	0,5	0,3	13,7	12,8	25,5
<i>Control n=28</i>						
Media	136,3	135,8		113,7	98,2*	
DT	3,9	1,3		46,9	35,8	
E.E.M.	0,7	0,3		9,6	8,0	
<i>Total n=46</i>						
Media	136,0	136,1		128,7	124,8	
DT	3,1	1,8		54,9	53,2	
E.E.M.	0,5	0,3		8,4	8,6	
$p \leq$	0,523	0,285		0,064	0,001	

E.E.M.: error típico de la media. Las diferencias intragrupo que han resultado significativas se señalan

* : $p < 0,050$. En la línea inferior se indica el valor de p para las diferencias intergrupo que han resultado estadísticamente significativas.

Sodio plasmático (Na S) medido en miliequivalente litro. Na S-1: primera sesión; Na S-2A: última sesión, antes del entrenamiento; Na S-2D: última sesión, después del entrenamiento.

Sodio urinario (Na O) miliequivalente litro. Na O-1: primera sesión; Na O-2A: última sesión, antes del entrenamiento; Na O-2D: última sesión después del entrenamiento.

Na en la medida final, junto a una disminución del sodio urinario, paralelo a un incremento de aldosterona. Sin embargo, aunque también en el GE los niveles del ion se mantienen estables, en las mujeres pertenecientes a dicho grupo no se modificaron las concentraciones urinarias, ni se incrementaron significativamente los promedios de aldosterona.

En cuanto a los valores medios de la FENa, no se observan cambios significativos en las medidas iniciales y finales, en

ninguno de los grupos, lo que, por otra parte es lógico como resultado de una función tubular normal en mujeres sanas, que mantiene constante la fracción excretada de sodio. El hecho de que en el GE, al final del programa, disminuya ligeramente, aunque sin evidencia estadística, podría estar indicando en este grupo una tendencia a la mejora en la reabsorción de sodio. Tras la sesión de entrenamiento, en las madres participantes en el programa, sí resulta llamativo el incremento significativo que se produce en la FENa, lo

Tabla 5 Fracción de excreción de sodio y niveles plasmáticos de aldosterona en las distintas mediciones y entre el grupo experimental y grupo control. Mayo a julio de 2016

Grupo	FENa (1)	FENa (2 A)	FENa (2 D)	ALD (1) ng/l	ALD (2 A) ng/l	ALD (2 D) ng/l
<i>Experimental n=18</i>						
Media	0,6	0,5	1,5*	690,4	731,3	466,1**
DT	0,3	0,6	1,5	183,3	284,5	212,3
E.E.M.	0,1	0,2	0,3	42,1	67,1	50,0
<i>Control n=28</i>						
Media	0,5	0,5		528,3	679,9*	
DT	0,2	0,3		318,9	296,1	
E.E.M.	0,0	0,1		60,3	69,8	
<i>Total n=46</i>						
Media	0,5	0,5		593,8	705,6	
DT	0,3	0,5		281,6	287,3	
E.E.M.	0,0	0,1		41,1	47,9	

Ambos medidos en nanogramos por litro al inicio del programa (1) y en la última semana: antes de la sesión (2 A) y después de la sesión (2 D). Las diferencias intragrupo que han resultado significativas se señalan

* : $p < 0,050$, y

** : $p < 0,010$. No se encontraron diferencias intergrupo.

ALD: aldosterona; FENa: fracción de excreción de sodio.

que indica un claro efecto natriurético consecuencia de la actividad bajo el agua.

La variación en los niveles de aldosterona resulta consistente con lo anterior. Así, en el GC, el mantenimiento de la FENa estaría relacionado con un incremento de aldosterona, que paliaría los efectos natriuréticos observados durante el embarazo, en tanto que, en las mujeres que siguen el programa, no parece necesario este aumento adicional de la hormona, por lo que podemos deducir que las actividades en el agua y el efecto de la inmersión han contribuido a la homeostasis de Na, sin el efecto de retención de agua derivado de la misma.

Además, las variaciones observadas en los valores de volumen plasmático estimados apoyan este efecto del programa. Como indican nuestros resultados, el entrenamiento en inmersión parece moderar el incremento de volemia, con un menor valor promedio de VP, al final, en comparación con las mujeres del GC. En línea con lo anterior, esta disminución en el VP podría ser una consecuencia adaptativa ante el repetido estímulo de diuresis y natriuresis, durante las sesiones en el agua.

Asimismo, este efecto justificaría el hecho de que las presiones arteriales no se incrementen, como es de esperar, a medida que avanza el embarazo, como así ha sucedido en el GC, según los resultados observados, donde las presiones arteriales sistólica, diastólica y media resultaron significativamente mayores, en línea con los obtenidos por Torres-Luque et al.¹⁴ en un control de la presión arterial en un grupo de embarazadas sometidas a un programa de actividad física acuática a lo largo de varias semanas.

En este punto es necesario hacer referencia a la diferencia inicial de PA diastólica, entre los grupos, mayor en el experimental, achacable a una posible respuesta a la novedad del inicio del programa, como posible factor de confusión en el comportamiento de la variable en las medidas posteriores. Un análisis de la covarianza nos ha permitido descartar la influencia de esta variable inicial en

las medidas subsiguientes, que sí responden, sin embargo, al efecto de la intervención.

Como uno de los modelos explicativos de los cambios vasculares y endocrinos durante el embarazo, se ha propuesto que, a medida que progresa este, se produce un continuo ajuste del equilibrio hidrosalino a las nuevas condiciones, con estímulo de la actividad del sistema renina-angiotensina-aldosterona y expansión del VP, lo que implica que los sistemas de control homeostático han de ir adaptándose, asumiendo la nueva situación como normal¹². Por otra parte, se ha destacado el papel de los receptores de volumen (carotídeos y pulmonares), que aumentan su tolerancia ante incrementos de VP, como mecanismo de adaptación para elevar la volemia en deportistas entrenados³⁶, fenómeno que puede estar presente también durante el embarazo.

En relación con la inmersión, está ampliamente constatado el efecto de los gradientes de presión que se generan, los cuales se traducen en un aumento de la circulación torácica, responsable de una respuesta homeostática característica, con disminución del tono simpático, inhibición aguda de renina, aumento de la excreción de Na y el subsiguiente incremento de la diuresis¹⁹⁻²¹. Este efecto agudo repetido, a lo largo del programa, podría haber funcionado como un sistema de drenaje y contribuido a evitar, en las madres participantes, una adaptación creciente de los receptores de volumen³⁶, a la vez que estimular los mecanismos responsables de la reabsorción de Na y contrarrestar el efecto de otros factores como el del péptido natriurético, lo que, en consecuencia, redundaría en un mejor control de la volemia y de la actividad del eje renina-aldosterona, como nuestros datos parecen evidenciar.

En conjunto, nuestros resultados sustentan el hecho de que el programa de ejercicio físico en inmersión, por la exposición a los gradientes de presión que implica, es responsable de ajustes circulatorios y endocrinos que han contribuido a la homeostasis de sodio y la volemia, moderando la respuesta mineralocorticoide. Esto puede justificarse

porque, a diferencia de la adaptación progresiva que se experimenta en el embarazo, la inmersión implica una respuesta aguda que provoca diuresis y natriuresis, lo que podría interferir en la acomodación de los mecanismos responsables de la homeostasis hidrosalina, y por tanto a los incrementos crónicos de volumen. En este sentido, algunos resultados publicados apuntan a su efecto positivo sobre los edemas y sus consecuencias positivas en embarazadas^{29,37}, habiéndose sugerido que la inmersión en agua es un medio efectivo para disminuir el edema periférico durante el embarazo²⁵.

Cabe destacar que se han localizado pocos estudios que lleven a cabo un programa físico de estas características, con inmersión en el agua en una población de mujeres gestantes enfocados desde un punto de vista hemodinámico e hidrosalino, con lo cual consideramos que los datos expuestos pueden abrir otra perspectiva en la comprensión de los cambios de fluidos producidos durante el embarazo, y el efecto de determinadas prácticas físicas. Sin embargo, este estudio no está exento de limitaciones, siendo la principal limitación del mismo el tamaño reducido de la muestra, es más, el tamaño en el GE fue inferior al GC y no alcanzó el calculado inicialmente para estimar la significación estadística, ya que, como se especifica en el diagrama de flujo, causaron baja dos gestantes del GE en la segunda semana del programa, aunque debido al escaso período de tiempo transcurrido, no se consideró oportuno hacer ningún tipo de análisis en función del número de sesiones a las que acudieron. Por otro lado, debido a las características de la prueba, no fue factible hacer un proceso de enmascaramiento, lo cual pudiera haber contribuido a un posible sesgo. No obstante, en todas las pruebas realizadas se constató la parametricidad y homogeneidad de varianzas entre los grupos contrastados. Finalmente, los efectos del programa se han determinado solamente en la última sesión antes y justamente después del entrenamiento, siendo de interés conocer si se mantienen posteriormente a medio o largo plazo. Todos estos elementos obligan a una interpretación prudente de los resultados y a la formulación de nuevos estudios que permitan consolidarlos.

A pesar de ello y en conclusión, a la luz de las evidencias expuestas, un programa de ejercicios de natación e inmersión, en mujeres gestantes, contribuye al equilibrio hidrosalino, previniendo los aumentos excesivos de volumen plasmático que son habituales en la gestación, y en la actividad del eje renina-angiotensina-aldosterona.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Miranda MD, Navío C, Rodríguez V. Beneficios de la natación en el embarazo. *La educación maternal en el agua*. Trances. 2013;5:373–8.
2. Artal R, O'Toole M. Guidelines of the American college of obstetricians and Gynaecologists for exercise during pregnancy and postpartum period. *Br J Sports Med*. 2003;37:6–12.
3. Gaston A, Prapavessis H. Tired, moody and pregnant? Exercise may be the answer. *Psychol Health*. 2013;28:1353–69.
4. Leppänen M, Aittasalo M, Raitanen J, Kinnunen TI, Kujala UM, Luoto R. Physical activity during pregnancy: Predictors of change perceived support and barriers among women at increased risk of gestational diabetes. *Matern Child Health J*. 2014;18:2158–66.
5. Barakat R. El ejercicio aeróbico moderado durante el embarazo su relación con el comportamiento de la tensión arterial materna. *Eur J Hum Mov*. 2005;13:119–31.
6. Carpenter RE, Emery SJ, Uzun O, D'Silva LA, Lewis MJ. Influence of antenatal physical exercise on haemodynamics in pregnant women: a flexible randomisation approach. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2015;15:186.
7. Amezcua C. Patrón de actividad física en el embarazo: Factores asociados con la realización de actividad física en el tiempo libre [tesis doctoral]. Granada: Universidad de Granada; 2010.
8. Perales M, Luaces M, Barriopedro MI, Montejo R, Barakat R. Efectos de un programa de ejercicio físico supervisado sobre la estructura cardiaca durante la gestación. *Ensayo clínico aleatorizado. Progresos de Obstetricia y Ginecología*. 2012;55:209–15.
9. Bajo Arenas JM, Melchor Marcos JC, Mercé LT. Fundamentos de obstetricia. Madrid: Sociedad Española de Ginecología y Obstetricia(SEGO); 2007.
10. Kim EH, Lim JH, Kim YH, Park YW. The relationship between aldosterone to renin ratio and ri value of the uterine artery in the preeclamptic patient vs normal pregnancy. *Yonsei Med J*. 2008;49:138–43.
11. Luft FC, Gallery EDM, Lindheimer MD. Normal and abnormal volume homeostasis. San Diego: Elsevier; 2009. p. 269–85.
12. Lindheimer MD, August PH. Aldosterone, maternal volumen status and healthy pregnancies: a cycle of differing views. *Nephrol Dial Transplant*. 2009;24:1712–4.
13. Sans Otero R, Santandreu Ojeda MA. Preparación maternal en el agua. *Matronas Profesión*. 2002;7:33–6.
14. Torres-Luque G, Torres-Luque L, García Chacón S, Villaverde Gutiérrez C. Seguimiento de un programa de actividad física en el medio acuático para mujeres embarazadas. XI. *Kronos: Actividad Física y Salud*; 2012. p. 84–92. II.
15. Lynch AM, McDonald S, Magann EF, Evans SF, Choy PL, Dawson B, et al. Effectiveness and safety of a structured swimming program in previously sedentary women during pregnancy. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2003;14:163–9.
16. Smith SA, Michel Y. A pilot study on the effects of aquatic exercises on discomforts of pregnancy. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs*. 2006;35:315–23.
17. Bgeginski R, Finkelstein I, Alberton CL, Tartaruga MP, Krue LFM. Effects of water-gymnastics training on hemodynamic variables in pregnant women at rest. *IJARE*. 2009;3:6.
18. Cuesta-Vargas AI, González-Sánchez M. Calidad de vida relacionada con la salud tras un programa comunitario de hidrocinesiterapia para embarazadas. *Rev Iberoam Fisioter Kinesiol*. 2010;13:22–8.
19. Souttanakis H. Aquatic exercise and thermoregulation in pregnancy. *Clin Obstet Gynecol*. 2016;59:576–90.
20. Goodlin RC, Hoffmann KL, Williams NE, Buchan P. Shoulder-out immersion in pregnant women. *J Perinat Med*. 1984;12:173–8.
21. Baciuk EP, Pereira RI, Cecatti JG, Braga AF, Cavalcante SR. Water aerobics in pregnancy: cardiovascular response, labor and neonatal outcomes. *Reprod Health*. 2008;5:10.
22. Torres G, Torres L, Villaverde C. Directrices en programas de actividad física durante el período de gestación. *Revista de Educación Física DEFDER*. 2011;1:39–50.
23. Aristizabal JAC. Enfermedad cardiaca y embarazo. *Memorias Curso de Actualización en Ginecología y Obstetricia*. 2013;19:21.
24. Kent T, Gregor J, Deardorff L, Katz V. Edema of pregnancy: a comparison of water aerobics and static immersion. *Obstetrics & Gynecology*. 1999;94:726–9. Part1.

25. Irion JM, Irion GL. Water immersion to reduce peripheral edema in pregnancy. *J Womens Health Phys Therap.* 2011;35:46–9.
26. Katz VL. Water exercise in pregnancy. *Semin Perinatol.* 1996;20:285–91.
27. Sánchez García J, Villaverde Gutiérrez C, Ramírez Rodrigo J, Ruiz Villaverde G, Arroyo Morales M, Ruiz Villaverde R. ACTH, beta-endorphin, and levels of anxiety in middle-age athletes. *Int J Sport Psychol.* 2004;35:149–56.
28. Heenan AP, Wolfe LA, Davies GA, McGrath MJ. Effects of human pregnancy on fluid regulation responses to short-term exercise. *J Appl Physiol.* 2003;95:2321–7.
29. Katz VL, Rozas L, Ryder R, Cefalo RC. Effect of daily immersion on the edema of pregnancy. *Am J Perinatol.* 1992;9:225–7.
30. Iglesias Constante SM. Revisión de la efectividad del ejercicio acuático durante el embarazo. *Metas de Enfermería.* 2014;17:13.
31. Hartmann S, Bung P. Physical exercise during pregnancy-physiological considerations and recommendations. *J Perinat Med.* 1999;27:204–15.
32. Dill DB, Costill DL. Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *J Appl Physiol* (1985). 1974;37:247–8.
33. Jiménez Jaén F. Efecto de aplicación del programa de preparación al parto AIPAP® (acondicionamiento integral y pélvico en el agua), en la finalización del parto. Libro de ponencias y comunicaciones del congreso nacional de matronas del XI congreso de la FAME. 2012:107–8.
34. Del Castillo Obeso M. Disfruta de tu embarazo en el agua: actividades acuáticas para la mujer gestante. Barcelona: INDE; 2002. p. 139.
35. Almagro ALC, Rojas PPS. Educación maternal en el agua: una alternativa en la Región de Murcia. *Enferm Clin.* 2003;13:321–3.
36. Convertino VA. Blood volume response to physical activity and inactivity. *Am J Med Sci.* 2007;334:72.
37. Smyth RM, Aflaifel N, Bamigboye AA. Interventions for varicose veins and leg oedema in pregnancy. *Cochrane Libr.* 2015;19.