



Rehabilitación cardiaca basada en el ejercicio: estudio de caso

Grado en Ciencias de la Actividad física y del
deporte

CURSO 2021-2022
Claudia Sanz Pons
José Manuel Sarabia Marín

Universidad Miguel Hernández de Elche

RESUMEN

Un bajo fitness cardiorrespiratorio junto con otros diversos factores como la obesidad, la hipertensión, el tabaquismo etc. pueden provocar una enfermedad cardiovascular como el infarto agudo de miocardio. En este estudio de caso se planteó una rehabilitación cardíaca basada en el ejercicio para reducir el riesgo de reinfarcto mejorando la composición corporal, la resistencia aeróbica, la función vagal del SNA y la fuerza máxima. Se planificaron 12 semanas de entrenamiento con una valoración inicial, una intermedia y una final que consistían en una prueba de esfuerzo, una evaluación indirecta del RM, una antropometría y una medición de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en reposo. Se prescribieron entrenamientos enfocados a la mejora de la fuerza (3 días por semana) y otros a la mejora de la resistencia aeróbica (2 días por semana). En los primeros, se entrenó en el gimnasio realizando 4 series de un bloque que estaba formado por 6 ejercicios multiarticulares además de un calentamiento previo. En los segundos, entre 40 y 60 minutos de bicicleta o de carrera a pie a una determinada intensidad. Se obtuvieron tanto mejoras en la composición corporal (reduciéndose la masa grasa), como en la función vagal del SNA (aumentándose el RMSSD y el índice parasimpático). Además, se incrementó la fuerza máxima y la eficiencia cardiorrespiratoria. Con estos resultados se puede concluir que la metodología de entrenamiento utilizada es efectiva para la optimización de todo aquello que se evaluó.

Palabras clave: infarto agudo de miocardio - rehabilitación cardíaca - entrenamiento concurrente - variabilidad de la frecuencia cardíaca

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la mayor causa de mortalidad mundial es la enfermedad cardiovascular y en muchos estudios se ha comprobado como la rehabilitación cardíaca es una estrategia efectiva para reducir la mortalidad de los pacientes que ya la padecen. (Anderson et al, 2016). Algunos de los factores de riesgo de padecerla son la hipertensión, el colesterol elevado, la diabetes, el tabaquismo, la inactividad física y la obesidad (Martín-Castellanos et al, 2017). En este trabajo se realiza una intervención en la fase III de rehabilitación cardíaca en un sujeto superviviente de un infarto agudo de miocardio. En este caso, el sujeto presentaba varios de los factores de riesgo como eran el colesterol elevado, obesidad, tabaquismo y además no realizaba actividad física (O'Donnell et al, 2008).

Aquellos que han sufrido una enfermedad coronaria aguda tienen problemas en el sistema nervioso autónomo (SNA), en concreto, un desequilibrio entre la rama simpática y la parasimpática del mismo (Bauernschmitt et al, 2004). La rama simpática se encarga de activar al organismo para facilitar la reacción a los estímulos. En cambio, la parasimpática, controla las funciones y actos involuntarios como desacelerar el corazón, dilatar los vasos sanguíneos, reducir el tamaño de la pupila, aumentar los jugos gástricos en los procesos de digestión y relajar los músculos del aparato digestivo. El equilibrio entre ambas funciones se puede controlar de manera indirecta a través de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, es decir, la variación que se produce entre los intervalos RR' del corazón en un electrocardiograma. Si esta se encuentra elevada indicaría un buen equilibrio del SNA y se podría interpretar un estado de forma óptimo. Por el contrario, si es baja, se identifica con una actividad elevada de la rama simpática, que se relaciona con un estado de forma y anímico generalmente bajo. Además, tener una elevada variabilidad está relacionada con menor riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares y con un envejecimiento de mejor calidad.

La variabilidad de la frecuencia cardiaca se conoce como la variación en el tiempo que transcurre entre los intervalos RR del electrocardiograma (obtenidos con el dato del RMSSD) y refleja la actividad del sistema nervioso autónomo sobre la función cardiaca (Manresa et al, 2020). Su aumento se considera un factor protector para el corazón y su medición podría ser una herramienta predictiva temprana o diagnóstica en enfermedades cardiovasculares (Kleiger et al, 1987) El sistema nervioso autónomo genera efectos inotrópicos y cronotrópicos en la función cardiaca, que pueden aumentar o disminuir esta variabilidad. Como está bien documentado, en estado de reposo hay un predominio parasimpático importante que mantiene una perfusión ventricular izquierda adecuada y favorece la ausencia de microisquemias.

La Acetilcolina estimula los receptores muscarínicos 2, que bloquean la acción simpática disminuyendo la concentración de [AMPc] y adicionalmente estimulan la salida de potasio ocasionando la repolarización a través de receptores rectificadores de potasio dependientes de acetilcolina (IKACH), que son compatibles con acciones inotrópicas y cronotrópicas negativas. Estos, tienden a aumentar la variabilidad de la frecuencia cardiaca ya que incrementan el tiempo de despolarización lenta en la etapa cuatro del potencial de acción de respuesta lenta. La predominancia del parasimpático en estado de reposo favorece la irrigación coronaria ya que permite que la diástole sea más prolongada y que el ventrículo izquierdo esté sometido a periodos más cortos de hipoxia (Veloza et al, 2019).

Se realizó la medición tras levantarse por la mañana ya que en condiciones normales hay prevalencia del componente de alta frecuencia mediado por el simpático durante el día contrastando con el componente de baja frecuencia mediada por el parasimpático durante la noche. Se ha señalado que los pacientes con una enfermedad cardiovascular tienen mayores valores de FC en las 24 h, pero una menor variabilidad.

El ejercicio en pacientes dentro de un programa de rehabilitación cardiaca es de gran importancia debido a que va a facilitar la pérdida de peso, se va a reducir la presión arterial y se va a aumentar el consumo de oxígeno máximo (predicador de mortalidad).

La rehabilitación cardiaca después de un evento coronario se divide tradicionalmente en tres fases:

FASE I o Fase hospitalaria. Una vez el paciente es estabilizado, la rehabilitación cardiaca se lleva a cabo de forma progresiva de modo que el paciente alcance, antes del alta, pueda llevar a cabo un nivel de actividad similar al necesario para llevar a cabo tareas simples de autocuidado personal y movilización en el ámbito doméstico.

FASE II. Consiste en un programa intensivo de control de factores de riesgo y ejercicio monitorizado. Se lleva a cabo en las primeras semanas o meses tras el evento agudo de forma ambulatoria: el paciente acude una o varias veces a la semana al centro de salud u hospital para realizar la rehabilitación.

En esta fase intervienen diferentes profesionales como son el cardiólogo, el fisioterapeuta, el médico rehabilitador y el psicólogo. Además, se recomienda que el equipo incorpore también a un nutricionista que introduzca al paciente en las pautas de alimentación saludable.

FASE III. Es conocido que la adherencia a las recomendaciones médicas tras un evento isquémico cardiaco se reduce con el paso del tiempo debido a la pérdida de motivación y escasez de refuerzo positivo por los distintos responsables en la atención al paciente. En este sentido, las estrategias de intervención basadas en el conocimiento de la enfermedad e implicación del paciente en su propia enfermedad con distintos refuerzos positivos, pueden mejorar los resultados a largo plazo. La fase III de la rehabilitación cardiaca es la fase de mantenimiento. Consiste en programas de ejercicio bien en domicilio, o en centros deportivos, acompañados o no de sesiones de recuerdo con información sobre estilos de vida saludable. El objetivo es mantener y progresar en los hábitos de vida cardiosaludables adquiridos durante la fase II (Valle Muñoz et al, 2018).

Es de vital importancia la adherencia al ejercicio físico ya que se consiguen objetivos muy importantes de cara a la calidad de vida del paciente. Algunos de estos son: facilitar el control de los factores de riesgo, mejorar la capacidad física, evitar posibles alteraciones psicológicas, normalizar las relaciones socio-familiares y sexuales, facilitar la reincorporación laboral y disminuir o evitar futuros eventos coronarios adversos (reinfarto, angina, insuficiencia cardiaca, etc...) y los ingresos por dicho motivo.

El tipo de ejercicio más utilizado y que sabemos que aporta grandes beneficios durante la rehabilitación cardiaca es el aeróbico entrenado o bien con una metodología de alta intensidad (HIIT) o por una metodología de moderada intensidad (MCT). Este último sería utilizado de manera óptima para la mejora del fitness cardiorrespiratorio en personas con enfermedad cardiovascular al empezar la rehabilitación o también en aquellas que tengan un riesgo moderado o alto de reinfarto o arritmias. Por otro lado, la metodología de alta intensidad sería la más efectiva para la mejora de resistencia aeróbica en pacientes con mejor pronóstico cuyo riesgo de reinfarto es bajo. (Manresa et al, 2020). Como el sujeto evaluado no tiene un riesgo alto de infarto, vamos a tratar de combinar ambas metodologías en sus entrenamientos, pero, finalmente, se tratará de elegir en función de la adherencia que pueda crear en él una u otra.

El entrenamiento de fuerza ha demostrado ser efectivo con cargas que superen el 70% de 1 RM, pudiendo producir a su vez hipertrofia muscular (Kumar et al, 2009). Esto mejorará su composición corporal ya que se aumentará su masa muscular y, por tanto, uno de los factores de riesgo (la obesidad) puede reducirse o incluso eliminarse; además, con esto la sarcopenia, que se ve acentuada con la edad, se prevendrá (Hoffman et al, 2009)

Por tanto, un entrenamiento concurrente de ambas sería el idóneo: La masa muscular y la fuerza tanto de MMII como de MMSS se van a ver aumentadas, aunque en menor medida que solo con el entrenamiento de fuerza; el VO_2 máx se va a ver mejorado en igual medida que solo con un entrenamiento de resistencia y, por último, la pérdida de masa grasa va a ser mayor con la concurrencia. Además, la evidencia apunta a que la mejor manera de plantear el entrenamiento concurrente es separar los días dedicados a la resistencia y los días dedicados a la fuerza. De esta manera se maximizan las adaptaciones positivas y se minimizan las interferencias (Wilson et al, 2012). Como la disponibilidad del usuario es de 5 días a la semana, será posible realizar los entrenamientos de fuerza y resistencia separados por días.

MÉTODO

Programa de entrenamiento

La intervención tuvo una duración total de 18 semanas entre las cuales hubo tres evaluaciones, una inicial; una intermedia, tras 6 semanas de entrenamiento y una final, tras otras 6 semanas entrenando. Durante las semanas de entrenamientos, se practicaron dos sesiones de fuerza y tres de resistencia teniendo una duración de una hora las de fuerza y de entre 40 a 90 minutos las de resistencia cardiorrespiratoria.

Antes de la intervención, se realizó un fase de familiarización que tuvo como duración 5 meses. Se consideró óptimo realizar un periodo largo debido a que el sujeto no tenía conocimiento alguno de la realización de ejercicios de fuerza ni del uso de ninguna de las máquinas del gimnasio.

En este periodo se practicaron, en primer momento, ejercicios en máquinas guiadas debido a que eran más sencillos de realizar y progresivamente se fueron añadiendo ejercicios con más grados de libertad como fueron la sentadilla, el press militar o el peso muerto entre otros.

En las dos sesiones de fuerza que se realizaron a la semana se entrenó "fullbody", es decir, se practicaron ejercicios tanto de tren superior como de core como de tren inferior.

Algunos de los ejercicios más entrenados fueron el press banca, la sentadilla, el jalón al pecho, el press militar, el peso muerto y planchas y sus diferentes variantes. En todas se realizaba un calentamiento en cinta de 5 min junto con movilidad articular de cuerpo completo. Posteriormente, una parte principal en la que se combinaban 5-6 ejercicios de los anteriormente nombrados con algunos otros más analíticos (curl de bíceps, tríceps en polea, elevaciones laterales para el trabajo del deltoides...) de modo que quede se alternaban uno de miembro superior con uno de inferior. La sesión se finalizaba con un HIIT corto en cinta o con un trabajo de core de unos 10 minutos. Puede verse detallada una sesión tipo de fuerza en la tabla 1.

Tabla 1. Sesión tipo de entrenamiento de fuerza de la semana 4.

EJERCICIOS	Intensidad (Kg, V, W, FC)	Volumen		Descanso (seg.)
		Reps	Series	
CALENTAMIENTO 10' cinta	6km/h con 6% de pendiente	X		X
ENTRENAMIENTO CONCURRENTE				
Leg extension	30kg	10	3	Se hace cada ejercicio descansando 1'30"
Remo gironda	25kg	10		
Prensa	100kg	10		
Press banca	35kg	10		
Triceps en polea	10-12.5kg	10		
PARTE PRINCIPAL HIIT en cinta	1'-----> 6.5km/h 45"-----> 10 km/h	Inclinación al 3% y repetirlo 4 veces		
VUELTA A LA CALMA Estiramientos				X
Nº SESIÓN: 10	FECHA:	1/20/2022	RPE: 7	OBJETIVO: Fuerza y resistencia Cardiorrespiratoria

Los días que se entrenó la resistencia cardiorrespiratoria, como puede observarse en la tabla 2, se combinaron la marcha con la carrera y la bici estática dependiendo del objetivo de cada una ya que el usuario alcanzaba frecuencias cardiacas mucho más elevadas cuando combinaba la marcha con la carrera. Estas sesiones oscilaban entre los 40 y los 90 minutos y en función de esta duración, la frecuencia cardiaca a la que se trabajó fue mayor o menor.

Tabla 2. Sesión tipo de entrenamiento de la resistencia cardiorrespiratoria de la semana 5.

Caminar y correr intercalado intentando mantener unas 120-125ppm durante 50 min
RPE: 7
Kms estimados: 6-7km
Kms realizados: 6,5km
Sensaciones: Dolor de piernas al inicio de la carrera

Todas las sesiones, bien sean de fuerza o de resistencia aróbica se analizaron mediante la percepción subjetiva del esfuerzo del sujeto con el RPE y mediante la monitorización de la frecuencia cardiaca de toda la actividad. De este modo se calcularon las Unidades Arbitrarias de carga (volumen en minutos x RPE) y se compararon para ver si la carga prescrita y la realizada coincidían.

Prueba incremental aeróbica

En cuanto al análisis de la capacidad cardiorrespiratoria, debe elegirse el protocolo más adecuado según el tipo de ergómetro, las características del individuo (edad, agilidad, patología...) y el objetivo de la prueba. El tapiz rodante desarrolla un ejercicio en el cual las

pulsaciones máximas van a ser más alcanzables, obtiene un mayor trabajo y suele evitar la fatiga precoz por sobrecarga muscular que puede darse en cicloergómetro. Los incrementos de velocidad y/o pendiente dosifican el trabajo. El test de Bruce es el más clásico sobre todo utilizado en la evaluación de la CP isquémica. En este, el ejercicio se hace en etapas de tres minutos. En cada etapa aumenta tanto la velocidad, que comienza en 2,7 km/h y aumenta en 1,3 km/h, como la pendiente de la cinta, que comienza en 10% y aumenta un 2%. Se alcanzan niveles altos de esfuerzo de manera muy rápida

Ninguna de las pruebas se realizó con análisis de gases debido a que el Covid-19 nos lo impidió. Por este motivo, se estimó el VO₂máx de manera indirecta multiplicando los MET finales indicados por el protocolo de Bruce por 3,5.

En el hospital, durante la fase II de la rehabilitación el usuario realizó una prueba de esfuerzo máxima en la cual obtuvo un máximo de 158lpm. Como no se disponía de supervisión médica, la pruebas realizadas en el laboratorio siempre fueron submáximas, alcanzándose en ellas el 90% de la frecuencia cardiaca máxima obtenida inicialmente.

RM indirecto

En cada valoración se realizan test de RM indirectos de empuje de pecho, jalón al pecho y prensa de piernas para determinar en qué medida ha cambiado la fuerza máxima del sujeto. En cada uno de los ejercicios se realizaron 3 series de aproximación. La primera y como modo de calentamiento, se levantó un peso que sabíamos que el sujeto era capaz de levantar fácilmente 15 veces; la segunda, se aumentó el peso entre un 15 y un 25% (15% en press de banca, 20% en jalón al pecho y 25% en prensa de piernas) y se movilizó 12 veces. En la última serie antes de la efectiva, se incrementó de nuevo el peso entre un 10 y un 20% (en el mismo orden que el anterior) y se realizaron 10 repeticiones. Finalmente, y tras aumentarse entre un 5 y un 15% el peso a levantar, se realizó la serie efectiva, movilizando la carga entre 6-8 repeticiones y, mediante las fórmulas de Lander se estimó el RM del sujeto. Esta fórmula tiene la siguiente expresión:

$$1RM = (100 \times \text{Peso Levantado}) \div 101 \sqrt[3]{(2,67123 \times \text{Número de Repeticiones})}$$

HRV

Con una medición de la variabilidad de la frecuencia cardiaca durante 20 minutos a primera hora de la mañana se obtuvo el cambio en la activación tanto de la rama simpática como de la parasimpática del sistema nervioso autónomo.

El sujeto debía acudir al laboratorio para la medición poco después de despertarse, tras haber vaciado la vejiga y en ayunas. Allí, debía tumbarse en posición decúbito supino durante 20 minutos estando lo más relajado posible, pero sin dormirse. Durante ese tiempo el ritmo de la respiración era controlado mediante un metrónomo ajustado a un total de 14 respiraciones por minuto.

Para la medición, se hizo uso de un sensor de frecuencia cardiaca polar H9 y de la App Elite HRV obteniéndose un registro del cual se utilizaron los últimos 5 minutos para el análisis.

Antropometría

Finalmente, también se valoró al sujeto mediante una antropometría con el perfil restringido de ISAK. Se midió y se pesó al sujeto y además se midieron 8 pliegues cutáneos: tricipital, subescapular, bicipital, suprailíaco, supraespinal, abdominal, muslo medio y pantorrilla; 6 perímetros corporales: brazo relajado, brazo contraído, cintura, cadera y pantorrilla; 3 diámetros óseos: biepicondíleo del húmero, el fémur y el biestiloideo de la

muñeca. Con estos datos se obtuvo la composición corporal del sujeto. Mediante la fórmula de Dumin-Wom. se obtuvo el porcentaje de masa grasa, con la de Lee la cantidad de masa muscular y con la de Rocha la de masa ósea. Al 100% se le restó la suma de los porcentajes de las tres fórmulas y se sacó el resto de masa (vísceras, agua...)

Para esta medición se utilizó un plicómetro, un cajón de unos 60 centímetros, un rotulador, una tanita, una cinta métrica, un paquímetro y un estadiómetro

RESULTADOS

Resultados de la planificación

En la tabla 3 se detalla en primer lugar, el tipo de sesión que cada día se realiza. Además, se muestra el volumen y el RPE prescrito en un inicio y finalmente se plasma la frecuencia cardiaca media de cada sesión junto con el RPE que el sujeto ha percibido de cada una de ellas. Con todos estos datos se obtienen las unidades arbitrarias de carga con el método RPEsesión calculado como: volumen (min) x RPEs.

Para poder ver si lo planificado se corresponde con lo realizado se plantea la tabla 3. En color azul oscuro se muestra gráficamente la carga que se planificó inicialmente para cada una de las cinco sesiones semanales y en un turquesa aquella que se llevó a cabo realmente. Los días que aparecen sombreados solamente en el color oscuro es debido a que el sujeto no entrenó y los días que solamente aparece el turquesa es debido a que lo planificado y lo realizado corresponde a la misma carga de entrenamiento.

Tabla 3. Tipo de sesión y valores de carga de entrenamiento planificadas y realizadas.

	SESIÓN 1	SESIÓN 2	SESIÓN 3	SESIÓN 4	SESIÓN 5	SESIÓN 6	SESIÓN 7	SESIÓN 8
TIPO	CARDIO	FUERZA	CARDIO	FUERZA	CARDIO	CARDIO	FUERZA	CARDIO
RPE	5	4	5	7	4	5	5	6
VOLUMEN	60	50	50	45	50	60	50	40
FCmedia	99	110	115	110	125	120	100	100
RPEs	1	3	5	8	5	7		6
UAS	60	150	250	360	250	420	0	240
	SESIÓN 9	SESIÓN 10	SESIÓN 11	SESIÓN 12	SESIÓN 13	SESIÓN 14	SESIÓN 15	SESIÓN 16
TIPO	FUERZA	FUERZA	CARDIO	FUERZA	CARDIO	CARDIO	CARDIO	CARDIO
RPE	7	3	6	3	5	7	3	4
VOLUMEN	60	40	45	40	40	60	40	40
FCmedia	100	115	100	100	100	100	120	110
RPEs	6		6			6		3
UAS	360	0	270	0	0	360	0	120
	SESIÓN 17	SESIÓN 18	SESIÓN 19	SESIÓN 20	SESIÓN 21	SESIÓN 22	SESIÓN 23	SESIÓN 24
TIPO	FUERZA	CARDIO	FUERZA	CARDIO	CARDIO	FUERZA	CARDIO	FUERZA
RPE	7	5	8	4	7	2	7	4
VOLUMEN	60	45	50	60	60	50	50	60
FCmedia	100	120	135	100	100	115	100	100
RPEs	7	5		5	4		4	
UAS	420	225	0	300	240	0	200	0
	SESIÓN 25	SESIÓN 26	SESIÓN 27	SESIÓN 28	SESIÓN 29	SESIÓN 30		
TIPO	CARDIO	CARDIO	FUERZA	CARDIO	FUERZA	CARDIO		
RPE	7	5	8	2	7	5		
VOLUMEN	60	50	60	60	60	80		
FCmedia	100	115	100	100	125	90		
RPEs	4		7			5		
UAS	240	0	420	0	0	400		

Tabla 4. Gráfico comparativo de lo planificado y lo realizado por sesión.

	SESIÓN 1	SESIÓN 2	SESIÓN 3	SESIÓN 4	SESIÓN 5	SESIÓN 6	SESIÓN 7	SESIÓN 8
TIPO								
impacto	■	■	■	■	■	■	■	■
carga	■	■	■	■	■	■	■	■
ajuste	■	■	■	■	■	■	■	■
recuperación	■	■	■	■	■	■	■	■

	SESIÓN 9	SESIÓN 10	SESIÓN 11	SESIÓN 12	SESIÓN 13	SESIÓN 14	SESIÓN 15	SESIÓN 16
TIPO								
impacto	■	■	■	■	■	■	■	■
carga	■	■	■	■	■	■	■	■
ajuste	■	■	■	■	■	■	■	■
recuperación	■	■	■	■	■	■	■	■

	SESIÓN 17	SESIÓN 18	SESIÓN 19	SESIÓN 20	SESIÓN 21	SESIÓN 22	SESIÓN 23	SESIÓN 24
TIPO								
impacto	■	■	■	■	■	■	■	■
carga	■	■	■	■	■	■	■	■
ajuste	■	■	■	■	■	■	■	■
recuperación	■	■	■	■	■	■	■	■

	SESIÓN 25	SESIÓN 26	SESIÓN 27	SESIÓN 28	SESIÓN 29	SESIÓN 30
TIPO						
impacto	■	■	■	■	■	■
carga	■	■	■	■	■	■
ajuste	■	■	■	■	■	■
recuperación	■	■	■	■	■	■

Cambios en la resistencia aeróbica

En la primera prueba, en la cual se dispuso de supervisión médica, el sujeto alcanzó el máximo de su frecuencia cardiaca. Esta fue de 167 lpm y se obtuvo en la quinta etapa, es decir, a una velocidad de 8km/h y una pendiente del 18% con un tiempo total de la prueba de 17:15 min.

En la valoración intermedia, el sujeto alcanzó el 90% de su frecuencia cardiaca máxima (150 lpm) durante el primer minuto de la cuarta etapa, es decir, a una velocidad de 6,7 km/h y una pendiente del 16% con un tiempo total de la prueba de 13:15

Finalmente, en la última medición, el usuario solicitó parar la prueba por dolor en los miembros inferiores cuando había alcanzado 140 lpm, es decir, al 83% de su frecuencia cardiaca máxima. En ese momento se había logrado alcanzar el segundo minuto de la cuarta etapa (6,7km/h y 16% de pendiente), es decir, el tiempo total de la prueba fue de 14:15 min.

Cambios en la fuerza

Como se puede observar en la tabla 5, el usuario ha mejorado los valores de fuerza máxima tanto en el ejercicio de jalón al pecho (6,63%) como en el de prensa de piernas (27,33%) pero se ha mantenido en el press de banca (-0,74%).

Tabla 5. Cambios en el RM del sujeto

EVALUACIÓN 1	EVALUACIÓN 2	EVALUACIÓN 3	
12-28KG // RM= 40,5KG	4-30KG // RM= 33,2KG	8-30KG // RM= 40,2KG	PRES BANCA
6-45KG // RM= 52,8KG	6-45KG // RM= 52,8KG	8-45KG // RM= 56,3KG	JALÓN AL PECHO
8-110KG // RM= 137,6KG	10-130KG // RM= 174,29	8-140KG // RM= 175,2KG	PRENSA

Cambios en la composición corporal

En cuanto a las diferencias en el perfil antropométrico entre una valoración inicial y una intermedia y puede observarse en las tablas, en las primeras 6 semanas ya hubo una disminución de la masa grasa (-1,1kg) junto con el mantenimiento de la masa muscular teniendo en cuenta que el peso en ambas fue el mismo: 80kg.

No se pudo realizar una valoración final antropométrica por imposibilidad de cuadrar horarios con el sujeto, pero intuimos que se mejoró ligeramente ya que el sujeto siguió entrenando y manteniendo la dieta equilibrada llevada a cabo hasta la fecha.

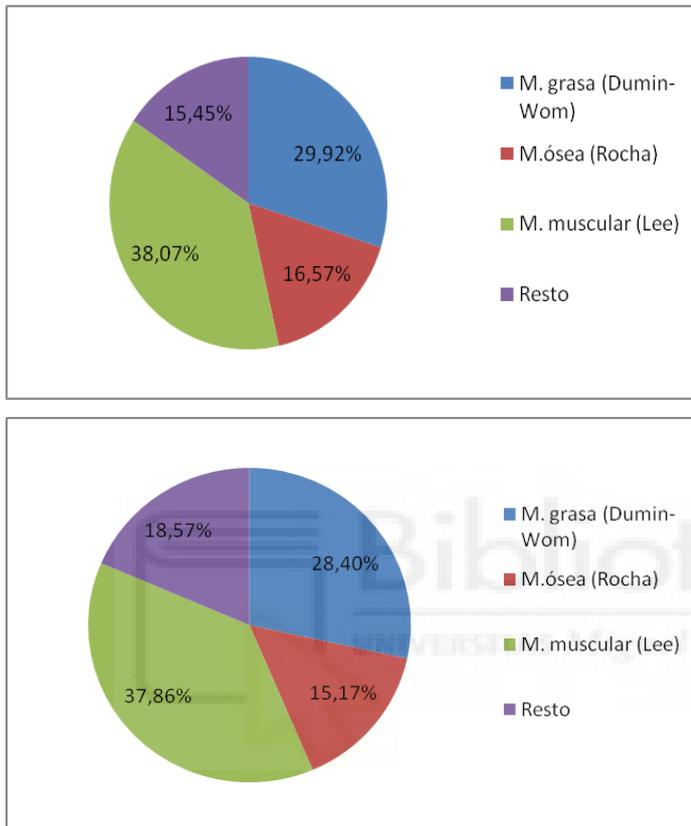


Figura 1. Composición corporal pre y post intervención respectivamente.

Cambios en la activación del SNA

Como se observa en la tablas, el RMSSD aumenta entre la valoración inicial y la final (de 54.4 a 61.5 ms), al igual que el índice PNS (de 1.72 a 2.25) (Manresa et al, 2020)

Además, como se puede comprobar en el índice SNS, la rama simpática del sistema nervioso autónomo ha disminuido ligeramente.

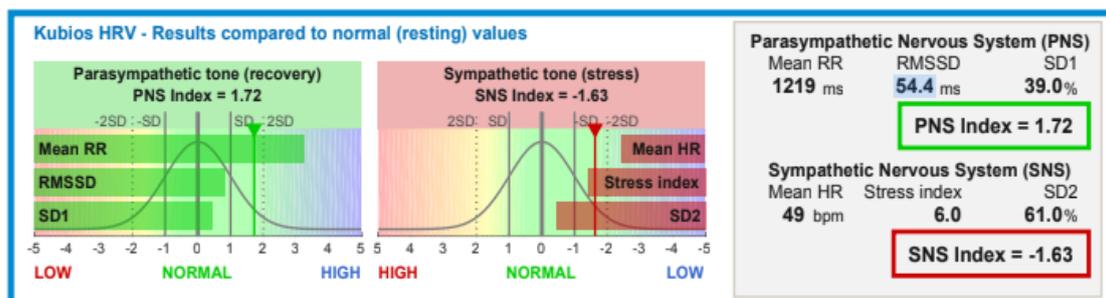


Figura 7. Resultados activación nerviosa pre intervención

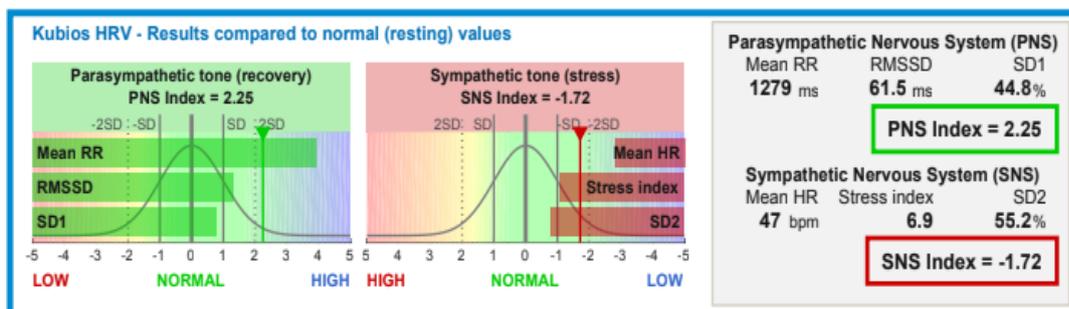


Figura 8. Resultados activación nerviosa post intervención

DISCUSIÓN

No podemos comparar entre la primera valoración y la última ya que no fueron estandarizadas: la primera fue máxima, la segunda fue submáxima (90% Fcmáx.) y la última se detuvo por fatiga en MMII. Sí que puede verse que en el mismo instante en que se detuvo la última prueba, el sujeto presentaba 139ppm, al igual que en la primera de ellas, es decir, la misma frecuencia cardíaca para el mismo esfuerzo en ambas. Por tanto, puede concluirse que se ha mejorado la resistencia cardiorrespiratoria ya que se ha mejorado la eficiencia.

Estos cambios suponen que existe un aumento del consumo máximo de oxígeno, lo que genera estos beneficios: disminución del riesgo de reinfarto, de mortalidad en un 22% (Ibañez et al. 2017), del riesgo de padecer enfermedades crónicas como pueden ser el Alzheimer, diabetes o determinados cánceres y de tener complicaciones en un postoperatorio, independientemente de la operación que sea (Ross et al. 2016).

Las mejoras en la fuerza máxima son claramente observables tanto en el ejercicio de prensa de piernas como en jalón al pecho. Sin embargo, estas no se ven reflejadas en el press banca. Esto seguramente venga dado a que todo lo planificado no se ha realizado y a que además esas sesiones iban más enfocadas a la mejora de la fuerza de los músculos de miembros superiores que participan en el empuje.

Estos cambios en la fuerza van a provocar un aumento de la masa muscular, es decir, se va a prevenir la sarcopenia; se va a disminuir el riesgo de caídas y de deterioro cognitivo (Carlos et al. 2014). Además, esa pérdida de masa grasa va a reducir la obesidad y por tanto se va a disminuir o eliminar uno de los factores de riesgo de enfermedad cardiovascular (Martín-Castellanos et al. 2017).

Los cambios en la activación simpática y parasimpática del sistema nervioso autónomo nos indican que ha habido una mejora en el funcionamiento del sistema nervioso autónomo ya que la variabilidad de la frecuencia cardíaca (RMSSD pre y post) ha aumentado.

Además, la actividad simpática que indica el SNS de la tabla 8 se ha visto ligeramente reducida. este dato es, junto con el anterior, muy positivo debido a que una hiperactividad simpática puede con el tiempo alterar la función cardíaca por diversos mecanismos, dentro de los que se incluyen sobrecarga de calcio, hipoxia, aumento de permeabilidad del sarcolema y muerte miocítica. Por tanto, haber reducido ligeramente esta actividad nos indica que el paciente tiene menos riesgo cardiovascular por tener una menor actividad cardíaca. (Veloza et al. 2019)

Gracias a una mejora en los hábitos alimenticios y al entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia cardiorrespiratoria el paciente ha mejorado su composición corporal a pesar de no haberse realizado todos los entrenamientos planificados.

No podemos especificar si estos cambios se han debido a la mejora en la dieta o por el entrenamiento, pero quizá la combinación de ambas haya provocado esa reducción de 1,1kg de masa grasa a pesar del mantenimiento del peso (80kg) y de la masa ósea y muscular.

CONCLUSIÓN

Como puede deducirse mediante las cuestiones anteriormente referidas, es decir, la mejora de la composición corporal, la mejora de la eficiencia en la prueba de esfuerzo, el aumento de la fuerza máxima y el aumento de activación de la rama parasimpática en reposo, ponen de manifiesto que la metodología seguida en los entrenamientos ha sido eficaz a pesar de no haberse realizado todo aquello que se había planeado inicialmente.

Por lo tanto y como ya la evidencia científica nos indicaba (González-Badillo y Serna, 2002), la combinación de fuerza junto con la resistencia separados en diferentes días es un método efectivo para la mejora de todos los aspectos que en este caso se han valorado debido a que se han generado mejoras.

Además, el sujeto se ha adherido al deporte y tras la intervención ha continuado realizando ejercicio físico en un gimnasio, apuntando a clases dirigidas de pesas y bicicleta estática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson L, Oldridge N, Thompson DR, Zwisler AD, Rees K, Martin N, Taylor RS. Exercise-Based Cardiac Rehabilitation for Coronary Heart Disease: Cochrane Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Coll Cardiol.* 2016 Jan 5;67(1):1-12. doi: 10.1016/j.jacc.2015.10.044. PMID: 26764059.
- O'Donnell CJ, Elosua R. Factores de riesgo cardiovascular. Perspectivas derivadas del Framingham Heart Study [Cardiovascular risk factors. Insights from Framingham Heart Study]. *Rev Esp Cardiol.* 2008 Mar;61(3):299-310. Spanish. PMID: 18361904.
- Manresa-Rocamora, A., Sarabia, J. M., Sánchez-Meca, J., Oliveira, J., Vera-García, F. J., & Moya-Ramón, M. (2021). Are the Current Cardiac Rehabilitation Programs Optimized to Improve Cardiorespiratory Fitness in Patients? A Meta-Analysis. *Journal of Aging and Physical Activity*, 29(2). <https://doi.org/10.1123/japa.2019-0363>
- Wilson JM, Marin PJ, Rhea MR, Wilson SM, Loenneke JP, Anderson JC. Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *J Strength Cond Res.* 2012 Aug;26(8):2293-307. doi: 10.1519/JSC.0b013e31823a3e2d. PMID: 22002517.
- Valle Muñoz, D. A. (2018). *Rehabilitación cardíaca*. Fundación Española del Corazón. <https://fundaciondelcorazon.com/informacion-para-pacientes/tratamientos/rehabilitacion-cardiaca.html>
- Ross, R., Blair, S. N., Arena, R., Church, T. S., Després, J. P., Franklin, B. A., Haskell, W. L., Kaminsky, L. A., Levine, B. D., Lavie, C. J., Myers, J., Niebauer, J., Sallis, R., Sawada, S. S., Sui, X., & Wisløff, U. (2016). Importance of Assessing Cardiorespiratory Fitness in Clinical Practice: A Case for Fitness as a Clinical Vital Sign: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*, 134(24). <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000000461>
- Ibáñez, B., James, S., Agewall, S., Antunes, M. J., Bucciarelli-Ducci, C., Bueno, H., Caforio, A. L., Crea, F., Goudevenos, J. A., Halvorsen, S., Hindricks, G., Kastrati, A., Lenzen, M. J., Prescott, E., Roffi, M., Valgimigli, M., Varenhorst, C., Vranckx, P., Widimsk, P., . . . Zeymer, U. (2017). Guía ESC 2017 sobre el tratamiento del infarto agudo de miocardio

en pacientes con elevación del segmento ST. *Revista Española de Cardiología*, 70(12), 1082.e1-1082.e61. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2017.10.048>

- Martín-Castellanos, Ángel, Cabañas Armesilla, María Dolores, Barca Durán, Francisco Javier, Martín Castellanos, Pedro, & Gómez Barrado, José Javier. (2017). Obesidad y riesgo de infarto de miocardio en una muestra de varones europeos: el índice cintura-cadera sesga el riesgo real de la obesidad abdominal. *Nutrición Hospitalaria*, 34(1), 88-95. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.982>
- Bauernschmitt R, Malberg H, Wessel N, Kopp B, Schirmbeck E, Lange R (2004) Deterioro del control autonómico cardiovascular en pacientes poco después de una cirugía cardíaca. *Eur J Cardiothorac Surg* 25(3):320–326
- Hoffman, J. R., Ratamess, N. A., Tranchina, C. P., Rashti, S. L., Kang, J., & Faigenbaum, A. D. (2009). Effect of Protein-Supplement Timing on Strength, Power, and Body-Composition Changes in Resistance-Trained Men. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 19(2), 172–185. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.19.2.172>
- Kleiger RE, Miller JP, Bigger JT Jr, Moss AJ (1987) Disminución de la variabilidad de la frecuencia cardíaca y su asociación con una mayor mortalidad después de un infarto agudo de miocardio. *Soy J Cardiol* 59(4):256–262
- Kumar, V., Selby, A., Rankin, D., Patel, R., Atherton, P., Hildebrandt, W., Williams, J., Smith, K., Seynnes, O., Hiscock, N., & Rennie, M. J. (2009). Age-related differences in the dose-response relationship of muscle protein synthesis to resistance exercise in young and old men. *The Journal of Physiology*, 587(1), 211–217. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2008.164483>
- Manresa-Rocamora, A., Ribeiro, F., Sarabia, JM et al. Rehabilitación cardíaca basada en ejercicios y función parasimpática en pacientes con enfermedad de las arterias coronarias: una revisión sistemática y un metanálisis. *Clin Auton Res* 31, 187–203 (2021). Veloz, L., Jiménez, C., Quiñones, D., Polanía, F., Pachón-Valero, L. C., & Rodríguez-Triviño, C. Y. (2019b). Variabilidad de la frecuencia cardíaca como factor predictor de las enfermedades cardiovasculares. *Revista Colombiana de Cardiología*, 26(4), 205–210. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2019.01.006>
- González-Badillo, JJ., Ribas, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de la fuerza*. Barcelona: INDE.