MODIFICACIÓN DE LA FUNCIÓN DIASTÓLICA CARDÍACA LUEGO DE UN MES DE PROGRAMA DE EJERCICIO AERÓBICO.

ESTUDIO PILOTO.

AUTORES

Br. Acchini, Valentina[1]; Br. Acevedo, Rocío[1]; Br. Baccari, Melina[1]; Br. Karaoghlanian, Maria Sol[1]; Br. Menéndez, Romina[1]; Br. Sander, Mylena[1]; Dra. Florio, Lucía[2]; Dra. Loza, Gimena[2]; Dr. Rivoir, Santiago[3].

[1] Ciclo de Metodología Científica II 2023 - Facultad de Medicina Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
[2] Unidad Académica de Cardiología y [3] Unidad Académica de Medicina del Deporte - Hospital de Clínicas "Dr. Manuel Quintela", Montevideo, Uruguay.

Ciclo de Metodología Científica II-2023 - Grupo 17

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN 3
INTRODUCCIÓN 4
OBJETIVOS 7
METODOLOGÍA 7
- **Tipo y diseño de estudio** 7
- **Variables** 8
- **Programa de ejercicio** 8
- **Recolección de datos** 9
- **Plan de análisis** 10
- **Consideraciones éticas** 10

RESULTADOS 10
DISCUSIÓN 14
CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS 17
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 17
AGRADECIMIENTOS 19
ANEXOS 19

ÍNDICE DE FIGURAS

Tabla 1 **11**

Tabla 2 **11**

Gráfico 1 **12**

Gráfico 2 **12**

Gráfico 3 **13**

Gráfico 4 **13**

Tabla 3 **14**

RESUMEN

El corazón se adapta al ejercicio modificándose estructural y funcionalmente. En población general se ha observado aumento del volumen de la aurícula izquierda con la práctica del mismo en programas de ejercicio de más de 3 meses, sin embargo no está claro si está expresando aumento de presiones de llenado del ventrículo izquierdo como ocurre en otros escenarios; tampoco sabemos si programas más cortos impactan de igual manera la aurícula izquierda y la función diastólica. Nuestro objetivo general es explorar el efecto de un programa de ejercicio aeróbico de tipo continuo individualizado durante un mes, sobre función diastólica cardíaca, en personas físicamente inactivas. Para eso se realizó un estudio piloto, observacional en el cual se comparó un parámetro de función diastólica (relación E/e´, resultado primario) y otros relacionados (consumo de O2, volumen de aurícula izquierda y función de reservorio de la misma) antes y al finalizar programa de ejercicio aeróbico de 1 mes en sujetos con adherencia positiva. Además se evaluó la adherencia y se compararon resultados entre sexos. Se realizó análisis estadístico con tests no paramétricos para muestras pareadas y grupos independientes para la comparación entre sexos. Contó con autorización del comité de ética institucional y los participantes firmaron consentimiento informado. Se reclutaron 19 sujetos de los cuales 13 tuvieron adherencia. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los parámetros analizadas antes y después del programa de ejercicio, comparación E/e' mediana e intervalo intercuartilo basal: 5,47 [4,97-6,20]; fin del programa de ejercicio 6,10 [5,25-6,81], p=0,216. La adherencia global fue de 0,68; no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre sexos. Se concluyó que un programa de ejercicio aeróbico continuo individualizado por un mes, no se acompaña de cambios en función diastólica, ni otros resultados analizados.

Palabras claves: ejercicio aeróbico, función diastólica cardíaca, remodelado auricular

SUMMARY

The heart adapts to exercise by undergoing structural and functional modifications. In the general population, an increase in the volume of the left atrium has been observed with exercise programs lasting more than 3 months. However, it remains unclear whether this signifies an increase in filling pressures of the left ventricle, as seen on other stages. Additionally, it is not known whether shorter exercise programs have a similar impact on the left atrium and diastolic function. Our overall objective is to explore the effect of a one-month, individually tailored continuous aerobic exercise

program on cardiac diastolic function in physically inactive individuals. To achieve this, we conducted a pilot observational study in which a diastolic function parameter (E/e' ratio, primary outcome) and related measures (O2 consumption, left atrial volume, and reservoir function) were compared before and after a one-month aerobic exercise program in subjects with positive adherence. Adherence was assessed, and results were compared between sexes. Statistical analysis was performed using non-parametric tests for paired and independent samples for the comparison between sexes. The study had institutional ethical committee approval, and participants provided informed consent. Nineteen subjects were recruited, with 13 demonstrating positive adherence. No statistically significant differences were found in the analyzed parameters before and after the exercise program. The median E/e' ratio and interquartile range at baseline were 5.47 [4.97-6.20], and at the end of the exercise program were 6.10 [5.25-6.81], with a p-value of 0.216. Overall adherence was 0.68, and no statistically significant differences were observed between sexes. A one-month continuous, individually tailored aerobic exercise program did not result in changes in diastolic function or other analyzed outcomes.

Key words: aerobic exercise, cardiac diastolic function, atrial remodeling

INTRODUCCIÓN

Uno de los órganos que más se beneficia de la práctica de ejercicio físico es el corazón. Se sabe que éste se modifica estructural y funcionalmente, dependiendo del tipo de ejercicio o deporte y de variables individuales como sexo, edad, raza, peso corporal y patologías subyacentes generando así beneficios sobre la salud cardiovascular (1).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2) se define como actividad física a cualquier movimiento corporal producido por la contracción de los músculos esqueléticos, con el consiguiente consumo de energía por encima del metabolismo basal; por lo tanto es una práctica muy beneficiosa en muchos aspectos, tanto físicos como psicológicos. Dentro de ellos, tienen efectos protectores ampliamente demostrados ante enfermedades como diabetes, hipertensión y obesidad, además de beneficios cardiovasculares como mejoría de la clase funcional y capacidad aeróbica. Existen diversas maneras de realizar actividad física. Estas se pueden clasificar en dos grandes grupos: por un lado las que se realizan de forma no estructurada dando como ejemplo la realización de los quehaceres de la casa, y por otro lado se puede realizar actividad física de manera estructurada con el fin de mejorar o mantener la condición física, esta forma es la que se denomina: ejercicio físico, siendo un ejemplo

de esto ir a clases de natación, es decir dedicar un momento del día específicamente a realizar ejercicio. A su vez, importan los diferentes componentes de las sesiones de ejercicio físico como intensidad, frecuencia, tipo y tiempo del mismo (FITT) (3) que realizan las personas, ya que relacionado a esto es que se producirán las diferentes adaptaciones fisiológicas que se observan en el individuo. Para comenzar, diferenciaremos al entrenamiento aeróbico vs. entrenamiento de fuerza. A pesar de que su principal diferencia es en función de las vías metabólicas que se utilizan; se puede describir al ejercicio aeróbico (también llamado de resistencia o cardiovascular) a aquel que utiliza los grandes músculos del cuerpo para movimientos rítmicos durante un periodo de tiempo, utilizando principalmente el metabolismo aeróbico; ejemplos de esto son correr y nadar. Por otra parte, en el ejercicio de fuerza o contrarresistencia (como por ejemplo el levantamiento de pesas) hay gran fuerza implicada mediante la producción explosiva de energía de forma anaeróbica, mejorando la potencia y aumentando la masa muscular dependiendo de la manifestación de la fuerza que se trabaje, sin aumentos significativos del consumo de oxígeno durante su realización (3,4). Con respecto a la intensidad del ejercicio (cuánto esfuerzo se debe implementar para realizarlo), se pueden utilizar escalas para definir la intensidad del mismo, una de ellas es la escala OMNI-RES desarrollada por Robertson y col., (2001,2002,2005) que se basa en la percepción subjetiva del esfuerzo (6,7). Al principio se empleó solamente en niños y luego se validó también en adultos. La escala va del 1 al 10; siendo 1 extremadamente fácil y 10 extremadamente difícil.

En cuanto a la frecuencia y tiempo de ejercicio, la OMS recomienda la práctica de 150 a 300 minutos de actividad física aeróbica semanal de intensidad moderada en adultos. Si se opta por actividad aeróbica intensa, se recomienda la práctica de al menos 75 a 150 minutos semanales, o una combinación equivalente de actividades moderadas e intensas a lo largo de la semana, considerando físicamente inactivos a quienes no cumplan con dichas recomendaciones (8).

Es importante destacar la diferencia entre persona sedentaria y persona físicamente inactiva, ya que puede generar confusión en sus conceptos. Según la guía de actividad física del Ministerio de Salud Pública (MSP), se define como persona sedentaria a aquella que en posición sentada o reclinada predominan actividades que requieren bajo gasto de energía por más de 6 horas al día (2); cumpliendo o no con las recomendaciones de 150 minutos semanales de actividad física moderada o equivalentes. A diferencia de la inactividad física, que es quien no cumple con las recomendaciones de ejercicio semanales según la OMS. Merece la pena mencionar las diferencias entre los conceptos sedentarismo e inactividad física, porque si bien están relacionados, tienen asociaciones distintas con diferentes componentes de salud y el acondicionamiento físico.

La práctica de actividad física conlleva a un aumento en el consumo de oxígeno y nutrientes. Para poder responder a esta demanda, se genera un aumento en la frecuencia cardíaca, contractilidad y una disminución de las resistencias periféricas, pudiendo llegar a un gasto cardíaco de hasta 35-40 l/min, siendo 8-10 veces mayor que el valor basal. Estos cambios mantenidos en el tiempo generan modificaciones estructurales y funcionales en el sistema cardiovascular (5). Como se ha observado en diversos estudios, el ejercicio aeróbico en la población general se asocia con dilatación ventricular y aumento de masa del ventrículo izquierdo, además de un aumento significativo del volumen de la aurícula izquierda (AI). En la práctica cardiológica habitual, el aumento del volumen de la AI suele expresar un incremento de las presiones de llenado del ventrículo izquierdo (VI), lo que no está comprobado en personas físicamente activas (1). El aumento de la distensibilidad de la AI facilita el llenado diastólico temprano del VI y representa un mecanismo de aumento del gasto cardíaco. Una adecuada función diastólica permite recibir la precarga cardíaca sin aumentar las presiones de llenado intracavitarias; definiendo diástole como tiempo del ciclo cardíaco durante el cual el miocardio no genera fuerza ni acortamiento, retornando a un estado de longitud y fuerza sin estrés (9). En estudios comparativos entre deportistas e inactivos se vio que los atletas tenían un consumo de oxígeno máximo (VO2máx) significativamente mayor, dimensiones significativamente más grandes de las cavidades cardíacas y una mayor masa del VI. Sin embargo, no se encontraron diferencias en la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) (10). Se ha estimado que el corazón empieza a desarrollar bradicardia fisiológica luego de dos semanas debido a un aumento del tiempo del llenado diastólico y en consecuencia del volumen sistólico posterior. A su vez, se produce una dilatación de las paredes sin engrosamiento (hipertrofia excéntrica) por un aumento del volumen de las cámaras cardíacas. Se genera un aumento en la densidad capilar (aumento del número de capilares por miofibrilla) proporcional al aumento del grosor del miocardio, dándose una mejora en la perfusión miocárdica. Esta adaptación es una de las más importantes para diferenciar una hipertrofia fisiológica de una patológica. También hay una mejoría en la distribución de oxígeno y sustratos debido a la angiogénesis. Además se dan adaptaciones funcionales tales como mayor relajación de la microcirculación coronaria y/o aumento en la producción del óxido nítrico en el endotelio coronario (4,11).

Cuando hay un aumento en la rigidez o presión del ventrículo izquierdo, la presión en la aurícula izquierda también se incrementa para garantizar un llenado adecuado del ventrículo. Esto puede resultar en la dilatación de la cámara y el estiramiento del músculo auricular. Por lo tanto, el agrandamiento de la aurícula izquierda en atletas altamente entrenados puede ser considerado como una respuesta fisiológica al acondicionamiento físico crónico e intenso (12,13).

Sin embargo, no está claro si el aumento del volumen de la AI traduce aumento de las presiones de llenado en personas físicamente activas, no deportistas. Como la evidencia respecto a la capacidad del ejercicio de modificar la función diastólica y el tiempo que se requeriría para ver cambios significativos es aún insuficiente, esta investigación propone explorar esta relación.
Para esto, se plantea como objetivo investigar si se generan modificaciones significativas en la función diastólica en sujetos sanos físicamente inactivos realizando un plan de ejercicio aeróbico individualizado durante el período de 4 semanas.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Explorar el efecto de un programa de ejercicio aeróbico durante un mes sobre la función diastólica cardíaca. La pregunta de investigación es si un programa de ejercicio físico aeróbico individualizado por 4 semanas, cambia la función diastólica en sujetos inactivos, sin contraindicación para ejercicio.

Objetivos específicos:

Primario: Comparar función diastólica (medida por relación E/e' por ecocardiografía Doppler) (14) antes y después de un programa de ejercicio aeróbico de 4 semanas.

Secundarios:
1. Comparar clase funcional (medida por prueba de escalón YMCA (Young Men 's Christian Association) para VO2max.) (15–17) antes y después de un programa de ejercicio aeróbico.
2. Comparar estructura auricular (medida por volumen de la aurícula izquierda) antes y después de un programa de ejercicio aeróbico.
3. Comparar función auricular (medida por strain auricular (función de reservorio)) antes y después de un programa de ejercicio aeróbico.
4. Evaluar adherencia al programa de ejercicio.
5. Comparar resultados primarios y secundarios entre sexos.

METODOLOGÍA

Tipo y diseño de estudio

Observacional, diseño antes y después, no randomizado y con carácter exploratorio, en el que no se realizó cegado ni uso de placebo.

Población objetivo: Población general sin contraindicaciones ni limitación para realizar ejercicio aeróbico y que desee iniciarse en la práctica de ejercicio.

Selección y tamaño de muestra N previsto: 16 sujetos.

Estrategias de reclutamiento: elegidos por afinidad (voluntarios que deseaban iniciarse en la práctica de ejercicio aeróbico cercanos a los investigadores reclutados en forma directa: familiares, amigos, propios investigadores).

Criterios de inclusión

- Sujetos entre 18 y 45 años que deseen ingresar a un programa de ejercicio aeróbico moderado continuo por 1 mes.
- Sujetos físicamente inactivos en los últimos 3 meses.

Criterios de exclusión

- Limitación funcional u osteoarticular para realizar ejercicio aeróbico
- Contraindicación para práctica de ejercicio aeróbico (patologías crónicas descompensadas o patologías agudas), presencia de cardiopatía estructural significativa (valvulopatía con disfunción al menos moderada, FEVI menor a 45%, ritmo no sinusal de base).
- Para realizar el análisis, adherencia menor a 3 semanas consecutivas de ejercicio durante la investigación.

Variables

Definición de variables

Función diastólica: parámetro ecocardiográfico relación E/e´ (pico onda E de llenado mitral, promedio de e´septal y lateral basal), de estas mediciones se encargó una ecocardiografista experimentada.

Capacidad funcional y VO2max: test de escalón de YMCA estimando el VO2 máx (mL/kg/min).

Remodelado cardíaco: volumen de aurícula izquierda indexado (ml/m2), método biplano área/longitud por ecocardiografía.

Rigidez auricular: medida según strain auricular (función de reservorio, %).

Adherencia: Cumplimiento de al menos 3 semanas consecutivas de programa de ejercicio aeróbico.

Programa de ejercicio

Se realizó test de escalón YMCA y ecocardiografía basal en Hospital de Clínicas en Unidad Académica de Medicina del Ejercicio y Deporte y Unidad Académica de Cardiología.
Se realizó un programa de ejercicio aeróbico guiado por deportólogo de manera individualizada. Las sesiones de ejercicio se prescribieron respetando la estructura de tres partes: 1) Entrada en calor, de 8 a 10 min mediante ejercicios de movilidad articular y/o el ejercicio aeróbico realizado en la parte principal a intensidad leve (OMNI 3-4); 2) La parte principal, se realizó a intensidad moderada, guiándose por la escala de percepción del esfuerzo 5-6 OMNI que se correlaciona con un 40%-69% de la frecuencia cardíaca de reserva (% FCR) y del VO2 máx (%), se educó al sujeto mostrando ejemplos de actividades a esta intensidad y correcta utilización de la escala. En los casos que el sujeto disponga de reloj o pulsera con sensores de frecuencia cardíaca se utilizó también su FCR entre el 40% y 69% para monitorear la intensidad. Se escogieron ejercicios aeróbicos como andar en bicicleta, caminata/trote en el domicilio o al aire libre y/o natación según posibilidades y preferencias del sujeto. El tiempo mínimo fue de 30 min, al inicio fraccionado en no menos de 10 min según la condición física inicial del individuo; 3) Vuelta a la calma, de 5 a 10 min de la actividad física aeróbica que realizó en la parte principal a intensidad leve (OMNI 3-4), posteriormente estiramiento estático de grandes grupos musculares de miembros inferiores, dos repeticiones de 30 segundos por cada grupo muscular (cuádriceps, psoas ilíaco, isquiosurales, aductores, glúteo medio y tríceps sural) y miembros superiores (deltoides, trapecio, dorsal ancho, pectoral mayor, bíceps, tríceps) según hayan sido solicitados en la parte principal.

El objetivo inicial del programa (semanas 1 y 2) fue que los participantes progresaran hacia la acumulación de 30 min de ejercicio aeróbico continuo de intensidad moderada en tres días a la semana. Luego (semana 3 y 4) se estimuló al sujeto a la mantención del plan y en los casos que fuera posible, aumentar la frecuencia semanal hasta un máximo de 5 veces por semana o el tiempo de las sesiones hasta 60 min cada una. El programa de ejercicio se mantuvo durante 4 semanas.

Se realizó semanalmente un contacto telefónico por cada participante para evaluar los diferentes componentes del ejercicio físico (frecuencia, intensidad, tipo y tiempo de cumplimiento) y evaluar la adherencia.

Al finalizar el programa de ejercicio se repitió el test de escalón YMCA y ecocardiografía en Hospital de Clínicas.

Recolección de datos

Previo a empezar con el programa de ejercicio individual se recolectaron los datos patronímicos de cada sujeto, se confirmaron criterios de inclusión y exclusión, luego se realizó un test de escalón que consta de que el voluntario suba y baje un escalón durante 3 minutos. Al finalizar el tiempo, se observó y se registró la frecuencia cardíaca (FC) mientras estaban de pie, en los primeros 5 segundos mediante pulsera GARMIN forerunner 235. Con esto se calculó el consumo máximo de oxígeno (VO2max) mediante datos patronímicos, antropométricos y FC post prueba utilizando la siguiente fórmula: VO2peak (mL/kg/min−1) = 129.89 – 6.86(sexo) - [1.02(edad)] - [0.25(circunferencia de cintura)] - [0.25(FC)]. Se utilizó para hacer seguimiento y ver la evolución de los voluntarios luego de 4 semanas de acondicionamiento físico.

Otras variables que se utilizaron son la relación E/e' y la medición del volumen de la aurícula izquierda.

Se realizó doble ingreso a la base de recolección de datos para evitar errores en el registro.

Plan de análisis

Se realizó con JASP como paquete estadístico y se utilizó STATA13 para construcción de gráficas.

Las variables cuantitativas (relación E/e´, VO2 máx (mL/kg/min), volumen de aurícula izquierda indexado (ml/m2) y función de reservorio auricular (%)) se resumen en mediana e intervalo intercuartilo, asumiendo una distribución no normal y las cualitativas (sexo, adherencia) en frecuencia absoluta y relativa.

Se compararon las variables basal vs fin de programa de ejercicio mediante la prueba no paramétrica (prueba de Wilcoxon para datos pareados). El resultado principal y los secundarios cuantitativos se plasmaron en gráficos de tipo antes-después.

Para comparar resultados entre sexos, se resumen los resultados primarios y secundarios en forma independiente y se comparó la diferencia del resultado primario o secundario cuantitativo (antes-después) entre hombres y mujeres mediante prueba de U de Mann Whitney y Chi cuadrado para comparar adherencia. Se consideró significativo una p menor a 0.05.

Consideraciones éticas

El trabajo se llevó a cabo conforme a los principios, leyes y decretos que rigen la investigación en seres humanos en nuestro país. Se realizó consentimiento informado y cuenta con la aprobación del Comité de Ética institucional.

RESULTADOS

En el período de julio a octubre de 2023 fueron reclutados 19 sujetos al programa, de los cuales 13 adhirieron según los criterios preestablecidos. Las características basales de los 19 sujetos reclutados se muestran en la tabla 1.

	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Mediana	IIC [valor p25 - valor p75]
	(n = 19)			
Sexo Femenino	8	0.4		
Edad			24.00	[22.75; 27.00]
FEVI			61.00	[58.75; 64.00]
Talla (cm)			172.00	[165.50; 176.50]
Peso (kg)			68.90	[64.90; 80.00]
Circunferencia abdominal (cm)_0			81.05	[75.15; 88.65]
FC post test_0			137.00	[121.75; 145.50]
VO2max_0			47.50	[41.80; 52.75]
E/e._0			5.62	[5.02; 6.33]
VolumenAI_0 (ml/m2)			25.08	[22.00; 27.00]
Strain auricular_0			46.20	[42.81; 52.55]

Tabla 1: Características basales de 19 sujetos reclutados.

En la tabla 2 se muestran los resultados del objetivo primario y los secundarios cuantitativos en los 13 sujetos incluídos en el análisis por cumplir adherencia. Como también las gráficas de tipo antes y después de los mismos (gráficos 1,2,3 y 4).

	Basal	Final	P
E/e'	5.47 [4.97; 6.20]	6.10 [5.25; 6.81]	0.216
VO2 max	48.40 [43.95; 53.65]	50.10 [48.45; 53.80]	0.146
Vol. AI	26.00 [23.00; 27.50]	24.00 [22.50; 31.00]	0.972
Strain AI	51.40 [43.00; 53.00]	44.60 [37.83; 47.10]	0.093
n=13			

Tabla 2: resultado primario y resultados secundarios cuantitativos en 13 sujetos que tuvieron adherencia al programa de ejercicio.

No se encontraron cambios significativos ni en el resultado primario ni en los secundarios cuantitativos.

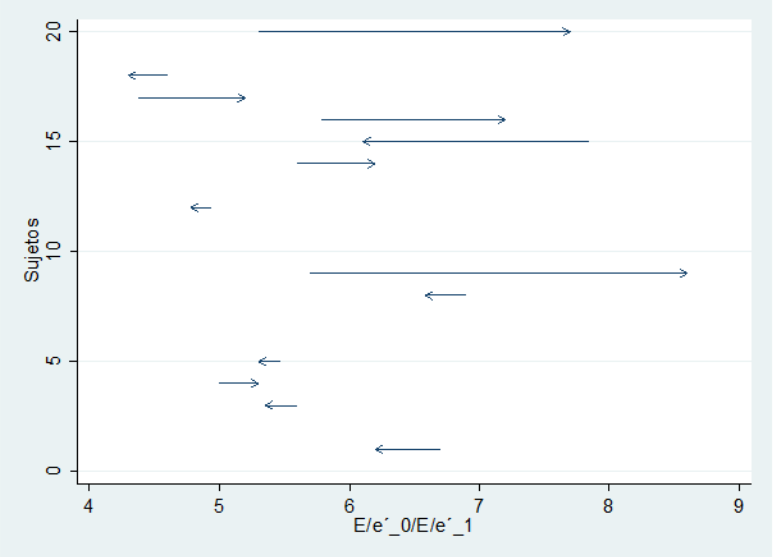

Gráfico 1: resultado primario: variación de E/e´ basal - fin programa de ejercicio.

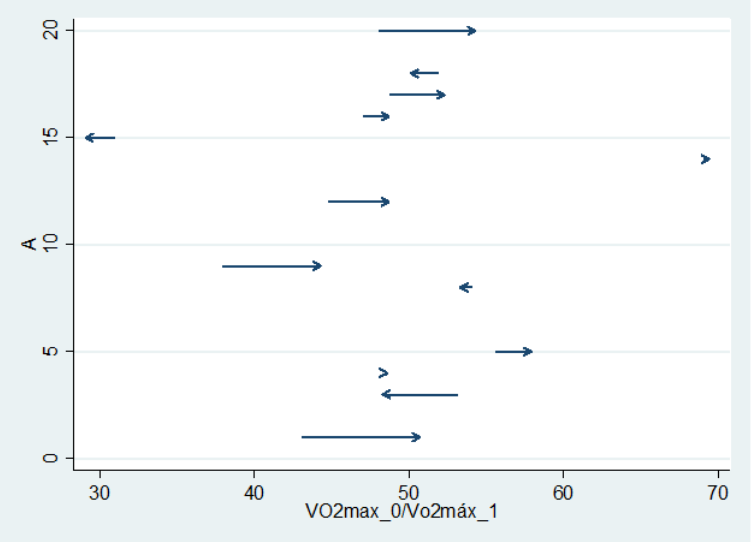

Gráfico 2: resultado secundario: variación de consumo de O2 basal - fin programa de ejercicio.

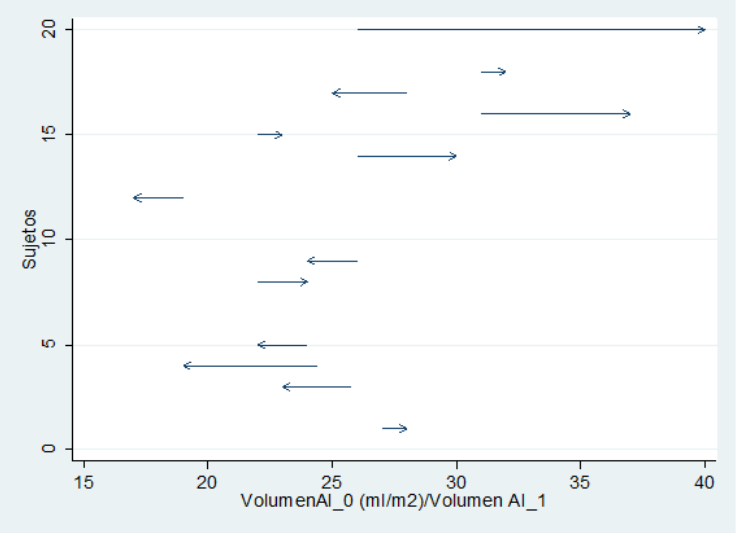

Gráfico 3: resultado secundario: variación de volumen indexado de AI basal - fin programa de ejercicio

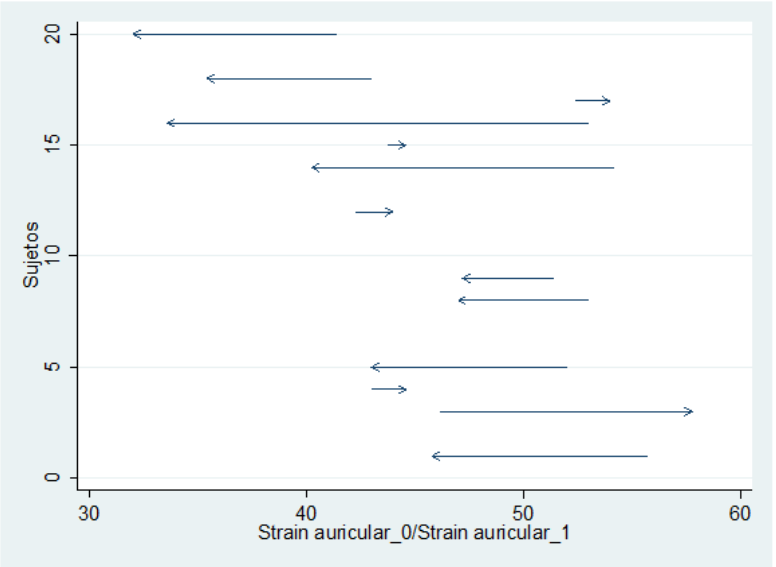

Gráfico 4: resultado secundario: variación de strain de AI basal - fin programa de ejercicio

En cuanto a la adherencia de los sujetos se vio una frecuencia relativa de 0,68 de adherencia positiva.

Resultado secundario comparación entre sexos: ningún resultado da significativo. Sin embargo, las mujeres mostraron un aumento del consumo de O2 muy cercano a la significación estadística (tabla 3).

Resultado de Wilcoxon para muestras pareadas según sexo:

Variable_resultado	MUJERES (n=6)			HOMBRES (n=7)		
	P	Mediana	IIC [p25 - p75]	P	Mediana	IIC [p25 - p75]
E/e'	0.67	-0.05	[-0.16; 2.67]	0.33	0.29	[-0.17; 0.82]
VO2 max	0.07	5.1	[0.20; 6.40]	0.88	0.4	[-1.80; 2.30]
Vol AI	0.80	-0.5	[-2.00; 1.00]	0.22	1	[-2.75; 4.00]
SAI	0.44	-1.68	[-9.40; 1.60]	0.17	-7.6	[-13.95; 1.60]

Tabla 3: la mediana de aumento de consumo de oxígeno comparando mujeres vs. hombres.

En forma post hoc se analizaron los resultados primarios y secundarios sin tener en cuenta adherencia (considerando los 19 sujetos reclutados) y todos los resultados son no significativos: variación de E/e´ p= 0,33; Variación de Vo2 p= 0,16; Variación de VAi p= 0,42; Variación de SAI p= 0,10.

DISCUSIÓN

Presentamos resultado de estudio observacional piloto sobre cambios de función diastólica tras un mes de programa de ejercicio aeróbico, donde no se encontraron diferencias significativas en cuanto al parámetro de función diastólica E/e', ni tampoco en los objetivos secundarios relacionados con la función diastólica.

En relación con otros estudios realizados, en pacientes con insuficiencia cardiaca se vieron resultados no significativos luego de planes de ejercicio aeróbico en parámetros como fracción de eyección luego de 12 semanas (18), aunque con mejoría en cuanto a la calidad de vida y clase funcional. A su vez también hay una investigación realizada con ejercicio HIIT (High Intensity Interval Training) en población general que sí logró ver modificaciones a partir de un mes de duración (19,20). Dicho esto, consideramos que nuestra investigación estaría afín con la tendencia de estos trabajos siendo probable que el no encontrar resultados significativos se relacione con el bajo N, el tipo de ejercicio y la duración del mismo. Igualmente muchos estudios ya realizados, son en atletas de élite, no pudiéndose comparar con voluntarios sedentarios que realizan ejercicio de manera recreativa.

Algo similar ocurrió en la investigación por Yaman et al. donde compararon las funciones sistólicas y diastólicas en dos grupos de personas sedentarias y deportistas antes y después de realizar un programa de ejercicio de baja intensidad por tres años aproximadamente, aclarando que las adaptaciones fisiológicas al ejercicio de baja intensidad no eran claras en su estudio, con significación

estadística débil. De todas maneras concluyeron que el mismo puede tener efectos beneficiosos sobre las funciones diastólica y sistólica del miocardio (21). Otro estudio relacionado con esto fue realizado comparando un grupo de personas sanas inactivas, otro con lesión en médula espinal que no realizaron ejercicio, con atletas parapléjicos con lesión de médula espinal que realizaron ejercicio y tras 1 año se vio que los pacientes parapléjicos sedentarios mostraron una peor función diastólica del VI en relación a los otros dos grupos (22).

En nuestro trabajo los resultados en cuanto al consumo de oxígeno (VO2 máx) no fueron significativos, a pesar de ser uno de los valores en los que se ha observado más cambios en distintos estudios, mostrando cambios heterogéneos en relación a diversos factores como edad, sexo, tipo e intensidad del ejercicio que se realice, etc. (23,24). En nuestro estudio, la poca variabilidad podría atribuirse tanto al tamaño muestral como al poco tiempo de ejercicio y la intensidad del mismo. De todas maneras, en los sujetos de sexo femenino se vieron valores muy cercanos a ser significativos, lo cual nos lleva a hipotetizar si los comportamientos son inherentes al sexo, si las mujeres se adaptan mejor al mismo, o en realidad puede deberse a que comenzaron con peores valores basales de consumo de oxígeno debido a una mayor tendencia al sedentarismo en este sexo (25). Otra hipótesis podría ser debido a que el sexo masculino suele realizar ejercicio físico con más frecuencia y eso generaría una pre adaptación al consumo de oxígeno, viéndose reflejado en los resultados.
En la investigación realizada por Cicek et al. en Turquía 2017, midió los efectos del ejercicio aeróbico en mujeres sedentarias por 16 semanas, observándose un aumento del VO2máx además de otras mejoras a nivel del ventrículo izquierdo. Así concluyeron que el ejercicio aeróbico es el ejercicio más eficaz para mejorar la función diastólica del ventrículo izquierdo (26).
El VO2máx suele ser menor en mujeres que en hombres. Las razones de esto son las siguientes: las mujeres tienen menor contenido de hemoglobina y glóbulos rojos en sangre generando una menor capacidad de distribución del oxígeno a los tejidos periféricos, también tienen un tamaño menor de las cavidades cardiacas con un menor volumen sistólico y por consiguiente un menor gasto cardíaco. Por último, hay un aumento del tejido adiposo y disminución del tejido muscular con una menor demanda de oxígeno (27).

Respecto a la estructura auricular (volumen de la aurícula izquierda) y la función (strain auricular), este último es uno de los parámetros relacionados con el llenado del VI y la función diastólica, expresa que la aurícula izquierda es más rígida cuanto más bajo es este valor. En este estudio llega casi a la significación aumentando la rigidez, lo cual puede deberse a un proceso transitorio de adaptación, donde la aurícula izquierda aumenta su exigencia y aún no le dio el tiempo de ser más

complaciente (28), por lo tanto sigue siendo rígida con una exigencia mayor. A partir de estos resultados se plantea la hipótesis de que al comenzar un programa de ejercicio físico, se genera una sobrecarga de volumen, aumentando la exigencia cardiovascular con la consiguiente rigidez auricular transitoria. En relación a esto, los estudios realizados han sido en deportistas en los que se evalúan los parámetros estructurales y funcionales posterior a 11 semanas de ejercicio, donde no hubo cambios significativos en los parámetros auriculares estructurales y ninguno de los atletas cayó por debajo del valor de referencia del strain de AI. (29)

En cuanto a la adherencia al ejercicio, de los 20 sujetos de investigación convocados 19 comenzaron efectivamente el ejercicio. De los mismos adhirieron 0,68%, es decir, 2 de cada 3 personas. Por lo tanto es importante nombrar cómo influyeron las limitaciones del estudio en la adherencia al ejercicio. Al ser un estudio domiciliario, desconocemos si los voluntarios cumplieron totalmente con el programa asignado. Probablemente se hubieran obtenido diferentes resultados si se realizaba el estudio, por ejemplo en un gimnasio con supervisión de investigadores y/o profesionales con los voluntarios presentes en un mismo sitio. Hay evidencia (4) respecto a cómo influye en la adherencia y la motivación el entrenamiento grupal en un sitio ambientado para la realización de ejercicio, a diferencia de un entrenamiento domiciliario sin supervisión. También en este último punto influye la psicología y la conducta personal. Según (Pico, 2018) “La adherencia puede definirse como el grado de cumplimiento de los deportistas en todas las distintas tareas que engloba un entrenamiento. Está asociada a diversas variables psicológicas, como son la motivación, las creencias personales y la autorregulación” (4).
El iniciar un entrenamiento luego de un período mantenido de inactividad, genera inseguridades con respecto a rendimiento, técnica y otras variables; influyendo de manera significativa en la motivación y mantenimiento en el tiempo del entrenamiento.
Para próximos estudios, quizás se obtengan mejores resultados si se plantea una rutina de entrenamiento para todos los voluntarios por igual, supervisado en un mismo sitio y con una duración mayor a 12 semanas. Se destacó de la investigación el relato de los sujetos al avanzar en las semanas del programa de ejercicio, cómo éste influyó de manera positiva en su rendimiento y motivación, lo cual mejoró su adherencia en la investigación y la continuación del mismo post estudio.

Otra de las razones por las cuales el estudio pudo no ser significativo es debido al tamaño muestral y su obtención, resultando en un N pequeño que no es muestra representativa de la población. Al ser los sujetos elegidos por afinidad de los investigadores, en ausencia de randomización y cegado, el

trabajo presenta un riesgo aumentado de sesgos. Los mismos voluntariamente se ofrecieron por su interés en iniciar la práctica de ejercicio o colaborar con el estudio por ser familiares, amigos y/o compañeros de confianza.

Finalmente queremos destacar varias fortalezas del estudio, entre las que se encuentran el haber contado con el curso de Metodología Científica II al comienzo del año con el fin de guiarnos en los pasos a seguir para este estudio. A su vez poder realizarlo en el Hospital de Clínicas Dr. Manuel Quintela, el cual es un hospital universitario, donde se nos permitió realizar el estudio, utilizar sus instalaciones y contar con un equipo de profesionales quienes nos acompañaron en todas las etapas de la investigación. Tanto Cardiología con el apoyo de una misma operadora técnica cardióloga para analizar las imágenes por ultrasonido de todos los sujetos, como Deportología para guiar el plan de ejercicio y supervisar su evolución en las 4 semanas. También destacamos que para la obtención de los resultados se utilizó el mismo reloj Garmin para las pruebas de escalón, lo cual disminuyó su margen de error.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Un programa de ejercicio aeróbico continuo individualizado por 4 semanas, no se acompaña de cambios significativos en la función diastólica, ni estructura auricular.
Como perspectiva de trabajo y nuestras conclusiones sería interesante profundizar en el estudio del efecto del ejercicio aeróbico sobre función diastólica y el consumo de oxígeno planteandonos mayor tiempo de seguimiento o testeo de distintos tipos aeróbicos continuos/HIIT y también poder analizar las distintas variables relacionadas con la variación del consumo de oxígeno entre sexos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Florio L, Rivoir S. ¿Cómo afecta el ejercicio físico con fines de salud o el deporte recreativo a la aurícula izquierda? Meta-análisis de estudios observacionales y experimentales. SPORT TK-Rev Euroam Cienc Deporte. 2 de octubre de 2022;1.
2. MSP_GUIA_ACTIVIDAD_FISICA.pdf [Internet]. [citado 30 de mayo de 2023]. Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-salud-publica/sites/ministerio-salud-publica/files/documentos/campanas/MSP_GUIA_ACTIVIDAD_FISICA.pdf
3. Ministerio de Salud Pública. Manual de prescripción de actividad física [Internet]. 2022. Disponible en: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/MSP_MANUAL_PARA_PRESCRIPCION_ACTIVIDAD_FISICA.pdf

4. Vela Ramos DJ. Adaptaciones cardiovasculares al ejercicio físico en personas sanas [Internet] [info:eu-repo/semantics/bachelorThesis]. 2014. Disponible en: http://uvadoc.uva.es/handle/10324/7133
5. Deporte, modificaciones fisiológicas y evaluación para la prevención de la muerte súbita. (Parte II). Corazón del deportista. Rev Urug Cardiol [Internet]. 11 de noviembre de 2020 [citado 2 de noviembre de 2023];35(5). Disponible en: http://suc.org.uy/sites/default/files/2020-11/a12-173-190.pdf
6. Utter AC, Robertson RJ, Green JM, Suminski RR, Mcanulty SR, Nieman ADC. Validation of the Adult OMNI Scale of Perceived Exertion for Walking/Running Exercise: Med Sci Sports Exerc. octubre de 2004;36(10):1776-80.
7. Robertson RJ, Goss FL, Dubé J, Rutkowski J, Dupain M, Brennan C, et al. Validation of the Adult OMNI Scale of Perceived Exertion for Cycle Ergometer Exercise: Med Sci Sports Exerc. enero de 2004;36(1):102-8.
8. Directrices de la OMS Sobre Actividad Física y Comportamientos Sedentarios [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2021 [citado 2 de noviembre de 2023]. (WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee). Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK581972/
9. D'Ascenzi F, Pelliccia A, Natali BM, Cameli M, Andrei V, Incampo E, et al. Increased left atrial size is associated with reduced atrial stiffness and preserved reservoir function in athlete's heart. Int J Cardiovasc Imaging. abril de 2015;31(4):699-705.
10. Engvall JE, Aneq MÅ, Nylander E, Brudin L, Maret E. Moderately trained male football players, compared to sedentary male adults, exhibit anatomical but not functional cardiac remodelling, a cross-sectional study. Cardiovasc Ultrasound. diciembre de 2021;19(1):36.
11. López Chicharro J, Fisiología del ejercicio. 4ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2023.
12. Martinez MW, Kim JH, Shah AB, Phelan D, Emery MS, Wasfy MM, et al. Exercise-Induced Cardiovascular Adaptations and Approach to Exercise and Cardiovascular Disease. J Am Coll Cardiol. octubre de 2021;78(14):1453-70.
13. D'Andrea A, Bossone E, Radmilovic J, Riegler L, Pezzullo E, Scarafile R, et al. Exercise-Induced Atrial Remodeling. Cardiol Clin. noviembre de 2016;34(4):557-65.
14. Nagueh SF. Diastology: 2020-A practical guide. Echocardiography. noviembre de 2020;37(11):1919-25.
15. Selland CA, Kelly J, Gums K, Meendering JR, Vukovich M. A Generalized Equation for Prediction of VO2peak from a Step Test. Int J Sports Med. julio de 2021;42(09):833-9.
16. American College of Sports Medicine, Riebe D, Ehrman JK, Liguori G, Magal M, editores. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Tenth edition. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2018. 472 p.
17. Bennett H, Parfitt G, Davison K, Eston R. Validity of Submaximal Step Tests to Estimate Maximal Oxygen Uptake in Healthy Adults. Sports Med. mayo de 2016;46(5):737-50.
18. Long L, Mordi IR, Bridges C, Sagar VA, Davies EJ, Coats AJ, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation for adults with heart failure. Cochrane Heart Group, editor. Cochrane Database Syst Rev [Internet]. 29 de enero de 2019 [citado 12 de noviembre de 2023];2019(1). Disponible en: http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD003331.pub5
19. Mahjoub H, Le Blanc O, Paquette M, Imhoff S, Labrecque L, Drapeau A, et al. Cardiac remodeling after six weeks of high-intensity interval training to exhaustion in endurance-trained men. Am J Physiol-Heart Circ Physiol. 1 de octubre de 2019;317(4):H685-94.
20. Pelliccia A, Sharma S, Gati S, Bäck M, Börjesson M, Caselli S, et al. 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. Eur Heart J. 1 de enero de 2021;42(1):17-96.
21. Yaman B, Akpınar O, Kemal HS, Cerit L, Sezenöz B, Açıkgöz E, et al. The beneficial effect of low-intensity exercise on cardiac performance assessed by two-dimensional speckle tracking

echocardiography. Echocardiography. diciembre de 2020;37(12):1989-99.
22. De Rossi G, Matos-Souza JR, Costa E Silva ADA, Campos LF, Santos LG, Azevedo ER, et al. Physical Activity and Improved Diastolic Function in Spinal Cord–Injured Subjects. Med Sci Sports Exerc. mayo de 2014;46(5):887-92.
23. Arboleda-Serna VH, Feito Y, Patiño-Villada FA, Vargas-Romero AV, Arango-Vélez EF. Effects of high-intensity interval training compared to moderate-intensity continuous training on maximal oxygen consumption and blood pressure in healthy men: A randomized controlled trial. Biomédica. 1 de septiembre de 2019;39(3):524-36.
24. Weston KS, Wisløff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. Br J Sports Med. agosto de 2014;48(16):1227-34.
25. Lavielle Sotomayor P, Pineda Aquino V, Jáuregui Jiménez O, Castillo Trejo M. Actividad física y sedentarismo: Determinantes sociodemográficos, familiares y su impacto en la salud del adolescente. Rev Salud Pública. 1 de mayo de 2014;16(2):161-72.
26. Cicek G, Imamoglu O, Gullu A, Celik O, Ozcan O, Gullu E, et al. The effect of exercises on left ventricular systolic and diastolic heart function in sedentary women: Step-aerobic vs core exercises. J Exerc Sci Fit. diciembre de 2017;15(2):70-5.
27. González NF, Rivas AD. Actividad física y ejercicio en la mujer. Rev Colomb Cardiol. enero de 2018;25:125-31.
28. Aguirre Gonzalez Amaia. FUNCIÓN Y ESTRUCTURA CARDÍACA EN DEPORTISTAS DE RESISTENCIA A CORTO Y LARGO PLAZO [Internet]. [España]: Universidad de Zaragoza; 2015. Disponible en: https://zaguan.unizar.es/record/47987/files/TAZ-TFG-2015-857.pdf
29. Sareban M, Winkert K, Sperlich B, Berger MM, Niebauer J, Steinacker JM, et al. Speckle tracking-derived bi-atrial strain before and after eleven weeks of training in elite rowers. Sci Rep. 24 de septiembre de 2018;8(1):14300.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia nos gustarìa agradecer a nuestros orientadores la Prof. Lucía Florio, la Dra. Gimena Loza y el Dr. Santiago Rivoir que con entusiasmo y voluntad nos dieron estrategías desde el primer día para introducirnos en el mundo de la investigación. Al Hospital de Clínicas Dr. Manuel Quintela, por ser el espacio de aprendizaje continuo que es. A los voluntarios que sin ningún tipo de retribución decidieron involucrarse en este proyecto.

Agradecemos también a los docentes de Metodología Científica II por la disponibilidad de ayudarnos siempre y de guiarnos en este camino.

ANEXOS

Tabla de recolección de datos.xlsx

FORMULARIO CONSENTIMIENTO INFORMADO

Hoja de información:

PROYECTO: **MODIFICACIÓN DE LA FUNCIÓN DIASTÓLICA CARDÍACA LUEGO DE UN MES DE PROGRAMA DE EJERCICIO AERÓBICO. ESTUDIO PILOTO.**

Docentes responsables:

- Dra. Florio, Lucía
- Dra. Loza, Gimena
- Dr. Rivoir, Santiago

Estudiantes responsables: Br. Acchini, Valentina; Br. Acevedo, Rocío; Br. Baccari, Melina; Br. Karaoghlanian, Sol; Br. Menéndez, Romina; Br. Sander, Mylena.

Lo estamos invitando a participar del estudio “Modificación de la función diastólica cardíaca luego de un mes de programa de ejercicio aeróbico. Estudio piloto”, se le realiza la invitación por cumplir con los criterios de edad de 18 a 45 años, no tener contraindicaciones para realizar ejercicio y ser físicamente inactivo desde hace 3 meses.

Este estudio es realizado en el marco del curso Metodología Científica ll (MC2) de la carrera Dr. en Medicina. El grupo de trabajo está integrado por docentes del Hospital de Clínicas de los Departamentos de Cardiología y Medicina del Deporte; y estudiantes de Facultad de Medicina, Universidad de la República.

La práctica de ejercicio aeróbico modifica la estructura y la función cardíaca optimizándola. La función diastólica es parte de la función cardíaca y se corresponde con el tiempo que el corazón no se contrae, siendo una etapa activa de la cual depende el buen funcionamiento global cardíaco. No hay mucha información acerca de la capacidad del ejercicio aeróbico de modificar la función cardíaca durante la diástole. El objetivo de este trabajo es investigar el efecto de un programa de ejercicio aeróbico individualizado ejecutado durante un mes, sobre la función diastólica cardíaca.

Su participación consistirá en:

Al comienzo de la investigación se le realizará una serie de preguntas en relación a su salud y actividad diaria mediante un formulario de duración aproximada de 5 minutos.

Posteriormente se le solicitará que concurra al Hospital de Clínicas para realizarle un Ecocardiograma Doppler que será hecho por la Dra. Gimena Loza, Cardióloga; es un estudio no invasivo que dura aproximadamente 20 minutos. También se le solicitará que realice un test de cajón en el cual debe subir y bajar de un escalón por 3 minutos.

Luego se le orientará para realizar un programa de ejercicio físico aeróbico guiado por el Dr. Santiago Rivoir, Deportólogo. Durante el mismo se le propondrá realizar 30 a 60 minutos de ejercicio semanal, en 3 a 5 sesiones durante 4 semanas.

En una segunda instancia, durante la semana posterior a las 4 semanas de ejercicio, se le solicitará que concurra al Hospital de Clínicas para repetir el ecocardiograma y el test de escalón.

En suma, usted deberá concurrir 2 veces al Hospital de Clínicas.

Durante el mes de desarrollo del programa de ejercicio nos estaremos contactando para registrar el cumplimiento de la propuesta y contestar cualquier consulta necesaria. Si no se cumple con esta serie de pasos, no estaremos cumpliendo el objetivo de nuestro trabajo.

Para esto, se solicita el consentimiento teniendo en cuenta que no recibirá ningún beneficio directo, pago o compensación más allá de la introducción a un estilo de vida saludable a cambio de participar y mediante la información obtenida de los resultados del estudio. Los riesgos a los que se ve expuesto son mínimos, relacionados a la práctica del ejercicio (lesiones traumáticas menores), por eso se recomienda seguir indicaciones de ejercicio seguro, signos y síntomas de alarma que serán supervisadas por el Deportólogo. A continuación se enumeran las principales medidas a tener en cuenta para la práctica de ejercicio en forma segura:

1. Las características del entrenamiento se deciden en función de los datos clínicos del paciente y de las pruebas de control realizadas.
2. Suspender o no comenzar ejercicios si presenta dolor en el tórax, mareos, náusea o vómitos, sangrado activo y/o alteración de la visión.
3. No realizar ejercicios con fiebre o malestar general.
4. Se recomienda que la intensidad del esfuerzo sea moderada (valor 5-6 de la escala de OMNI del 0 al 10).
5. Se aconseja no realizar ejercicios en ayunas, preferentemente realizarlo 1 hora después de una comida ligera o 3 horas después de una comida principal.
6. Hacer calentamiento previo durante al menos 10 minutos para que aumente de forma gradual: la frecuencia cardiaca, la elasticidad muscular y la temperatura corporal.

7. Realizar la salida del esfuerzo o vuelta a la calma siempre de forma progresiva.
8. Al finalizar se realizarán estiramientos musculares de los grupos trabajados para evitar lesiones y/o disminuir dolores post esfuerzo.
9. En este período evite hacer ejercicios “con actitud competitiva”.
10. El lugar para realizar ejercicio debe de tener una adecuada temperatura, ventilación y humedad, de preferencia serán realizados al aire libre.
11. Es importante ingerir líquidos (de preferencia agua) antes, durante y después del ejercicio.
12. Utilizar ropa y calzado adecuados.

Se puede retirar en cualquier momento de esta investigación sin necesidad de un motivo y no recibiendo ningún perjuicio.
Los datos obtenidos se manejarán de forma anónima y se utilizarán exclusivamente para la investigación. La investigación se publicará como parte de la monografía del Grupo 17 del curso MC2, donde se realizará un póster y eventual publicación en revista.
Al finalizar la investigación el equipo investigador se compromete a comunicar los resultados a todos los participantes y a devolverles el mejor consejo de salud individualizado a cada uno respecto a la práctica de ejercicio aeróbico.

CONSENTIMIENTO INFORMADO.

Se me ha invitado a participar del estudio “Modificación de la función diastólica cardíaca luego de un mes de programa de ejercicio aeróbico. Estudio piloto”. Entiendo que el objetivo del mismo es investigar el efecto de un programa de ejercicio aeróbico individualizado ejecutado durante un mes, sobre la función diastólica cardíaca.
Comprendo que mi participación se basa en contestar una serie de preguntas, concurrir al Hospital de Clínicas en 2 ocasiones donde se me realizará un ecocardiograma y un test de cajón, antes y después de realizar un programa de ejercicio aeróbico de 30 a 60 minutos de 3 a 5 veces por semana durante 4 semanas.
He obtenido y comprendido los riesgos y beneficios, fui informado sobre el derecho a consultar con un médico o familiar y realizar preguntas a los responsables de la investigación mediante el número **099428796 (Dr. Santiago Rivoir, Investigador - Deportólogo) y 098439609 (Br. Valentina Acchini, Investigadora)**.
Por tanto decido participar voluntariamente en el presente estudio.

Nombre del participante: _____

C.I: _____

Firma: _____

Fecha: _____

Lugar: _____

Firma del investigador y aclaración de firma: _____