

Entrenamiento en la mujer con Síndrome de Ovario Poliquístico

Trabajo de Fin de Grado
Por Robin Armas Rodríguez



Autor: Robin Armas Rodríguez
Tutor académico: Jesús Viciano Ramírez
Facultad: Facultad de Ciencias del deporte UGR
Fecha de entrega: 22/05/2020

PCOS



FACULTAD DE
CIENCIAS DEL DEPORTE

Universidad de Granada

Universidad de Granada

ÍNDICE

1. Introducción

1.1. ¿Qué es el Síndrome de Ovario Poliquístico (SOP)?

1.2. ¿Cómo se diagnostica?

1.3. ¿Cuáles son sus efectos en la salud de la mujer?

1.4. ¿A quién va dirigido este trabajo?

2. Entrenamiento

2.1. ¿Qué dice la evidencia sobre el efecto del entrenamiento en mujeres con SOP?

2.2. ¿Por qué incluir la actividad física como tratamiento para el SOP?

2.3. Evaluación de la evidencia y propuestas de mejora

2.4. Propuesta de una planificación de entrenamiento

2.5. ¿Cómo evaluar el programa de entrenamiento?

3. Otros puntos a tener en cuenta

3.1. Sensibilizadores de insulina

3.2. Abordaje Nutricional

3.3. Necesidad de trabajo multidisciplinar

4. Autoevaluación y conclusiones finales

4.1. Conclusiones

4.2. Desempeño y desarrollo profesional

5. Bibliografía

1. Introducción

1.1. ¿Qué es el Síndrome de Ovario Poliquístico?

El Síndrome de Ovario Poliquístico (SOP), o Polycystic Ovary Syndrome (PCOS) en inglés, es una alteración hormonal y metabólica [con una prevalencia entorno al 4-21% (Lizneva et al., 2016)] que ocurre únicamente en la mujer y se caracteriza por padecer resistencia a la insulina (IR), hiperandrogenismo, dislipemia, disfunción sexual, así como, aumento del riesgo de padecer Diabetes Tipo 2 (T2D) enfermedad coronaria, ansiedad, depresión y síndrome metabólico. En caso de embarazo, la probabilidad de desarrollar problemas derivados de éste aumentan, tales como: preeclampsia, diabetes gestacional, macrostomía fetal, etc. (Lizneva et al., 2016). La prevalencia del SOP se encuentra entre el 3 y el 21% a lo largo del mundo en mujeres en edad fértil, dependiendo del criterio utilizado para esta caracterización (Lizneva et al., 2016). “Fue inicialmente descrito por Stein y Leventhal en 1935. Se lo considera un síndrome, es decir, un conjunto de signos y síntomas en los que un solo test no realiza el diagnóstico, por lo que es necesaria una definición clara y basada en la evidencia debido a las implicancias clínicas que posee esta patología” (Nölting et al., 2011).

Se cree que existe una predisposición genética a sufrir SOP debido a varios puntos que se han ido observando a lo largo de estos últimos años. Por un lado, varias mujeres dentro de una misma familia padecían SOP, también se han observado similitudes fenotípicas entre mujeres con SOP y otros síndromes, donde la resistencia a la insulina e hiperandrogenismo están presentes, pudiendo indicar que existan mutaciones en los receptores de insulina en SOP. Asimismo, se ha encontrado que en cultivos celulares seguía habiendo resistencia a la insulina, aún sin intervención de un efecto ambiental en la aparición de IR, sugiriendo que puede haber predisposición genética en estas células. Por último, se han observado aumentos en la producción androgénica en hermanos de mujeres con SOP. Así como un aumento de síntomas de IR e hiperandrogenismo entre hermanas donde una o varias padece SOP, aunque existe una heterogeneidad fenotípica entre ellas. (Diamanti-Kandarakis y Dunaif, 2012).

Al igual que en el párrafo anterior, ciertas investigaciones concuerdan en que puede haber diversos orígenes ambientales, a parte de la predisposición genética, a sufrir SOP debido a factores que abarcan desde la etapa prenatal hasta la niñez, donde se ha podido producir una predisposición ambiental que, sumada a una supuesta predisposición genética, podrían aumentar en gran porcentaje la probabilidad de sufrir SOP en un futuro si los hábitos de vida no son adecuados. De esta manera, hay tres supuestos orígenes (Diamanti-Kandarakis y Dunaif, 2012):

1. **Exceso de andrógenos en la etapa prenatal:** en animales (concretamente Monos Rhesus, un macaco procedente la Asia meridional) se ha observado que una exposición prenatal de testosterona en monas embarazadas producía síntomas de SOP en los recién nacidos. Así, los recién nacidos machos también reflejaban síntomas de IR, hiperandrogenismo disfunción de las células β -pancreáticas, etc. Por otro lado, la evidencia en humanos es escasa, sin embargo, se ha observado que una exposición hiperandrogénica por parte de la madre puede concluir con SOP en la hija en un futuro, aunque se necesita de mayor investigación, ya que,

la aromatasas de la placenta debería actuar como barrera ante el hiperandrogenismo materno.

2. **Restricción de desarrollo intrauterino:** se conoce que un bajo peso al nacer está relacionado con sufrir patologías metabólicas en un futuro, ya sea cercano o no. Asimismo, también se ha demostrado que la presencia de diabetes gestacional puede suponer una resistencia a la insulina, u otras disfunciones metabólicas, futura en el recién nacido. Aún así, la evidencia no es clara al respecto y en estudios observacionales de larga duración no se encontró relación entre un peso menor al nacer y el desarrollo de síntomas de SOP.
3. **Precursores del SOP en la infancia:** se ha observado que las hijas de mujeres con SOP tienen niveles superiores de Testosterona y niveles mayores de Hormona Antimülleriana, así como, de folículos y de volumen ovárico, que el grupo control (hijas de mujeres sin SOP).

De esta manera, Diamanti-Kandarakis y Dunaif (2012) establecen que la evidencia sugiere que el SOP puede haberse iniciado inicialmente desde la etapa prenatal hasta la niñez, pudiendo estar afectadas por una predisposición genética en los padres.

1.2. ¿Cómo se diagnostica?

Podríamos decir que existen 4 tipos de fenotipos cuando hablamos de SOP (siguiendo el consenso de Rotterdam), según (Lizneva et al., 2016):

- 1) **PCOS Clásico:** serían los fenotipos 1 y 2 asociados con la presencia de amenorrea, hiperinsulinemia, resistencia a la insulina, aumento del riesgo de padecer síndrome metabólico, aumento de la prevalencia en obesidad, dislipemia, así, estos fenotipos suelen tener un alto nivel de Hormona Antimülleriana (AMH), que se relaciona con la infertilidad en la mujer. Por último, suelen tener un ciclo menstrual bastante irregular.
- 2) **PCOS Ovulatorio:** el llamado fenotipo C, es un tipo de SOP que tiene una prevalencia moderada (recordemos que los fenotipos A y B tienen una prevalencia fuerte de sufrir las patologías mencionadas en el punto 1) de padecer: dislipemia, hiperandrogenismo, hirsutismo, síndrome metabólico, etc. También se vio en un estudio observacional italiano que las mujeres con mayor nivel socioeconómico sufren de PCOS ovulatorio y no tanto de PCOS clásico, según este estudio, puede ser debido a la diferencia entre los niveles de insulina y la distribución del tejido adiposo por el tipo de alimentos consumidos, en relación a su calidad nutricional.
- 3) **PCOS No-Hiperandrogénico:** conocido como fenotipo D, en este tipo la prevalencia de sufrir síndrome metabólico es bastante menor al de los otros dos tipos, así, el grado de disfunción metabólica es menor también. Asimismo, los niveles de hormonas androgénicas (LH y FSH, luteinizante y foliculoestimulante respectivamente, “relacionadas con la maduración de los folículos, la ovulación, la iniciación del cuerpo lúteo y la secreción de progesterona. La LH estimula la ovulación femenina y la producción de testosterona masculina”) y menor número de triglicéridos libres en sangre.

También, este tipo de mujeres tiene más ciclos de menstruación regulares combinados con irregulares en comparación con los otros fenotipos.

- Los estudios que se han hecho siguiendo el consenso de Rotterdam, estiman que 2/3 de las mujeres que padecen SOP estarían entre los fenotipos B y C, mientras que el tercio restante estaría en el fenotipo A (más severo) y D (menos severo). De otra manera, estudios anteriores al criterio de Rotterdam concuerdan que 2/3 estarían en el SOP clásico (A y B) y el resto en los fenotipos C y D. Por tanto, se necesita de mayor investigación mediante estudios epidemiológicos para tener una idea clara sobre los diferentes fenotipos de esta patología y su prevalencia.

Aunque existen varios tipos de criterios de diagnóstico, nosotros hacemos referencia al criterio de Rotterdam porque los estudios de mayor calidad se basan en este para la selección de sujetos. También, es el que considero más adecuado debido a que recoge mayor cantidad de posibilidades a la hora de catalogar este síndrome.

TABLE 3. PCOS phenotypes according to diagnostic criteria applied

	HA and Anov	HA and PCO	Anov and PCO	HA	PCO	Anov
NICHD	+	-	-	-	-	-
Rotterdam	+	+	+	-	-	-
AES	+	+	-	-	-	-

HA, Hyperandrogenism; Anov, chronic anovulation.

Figura 1. Fenotipos de SOP según el criterio de diagnóstico aplicado. Adaptado de “Insulin resistance and the polycystic Ovary syndrome revisited: An update on mechanisms and implications”, por Diamanti-Kandarakis y Dunaif (2012), *Endocrine Reviews*, Volume 33, p.981-1030.

1.3. ¿Cuáles son sus efectos en la salud de la mujer?

Como ya hemos mencionado anteriormente, existen varios tipos de SOP, cada tipo con diferente prevalencia para diferentes patologías. De esta manera, el SOP es una enfermedad metabólica que puede, y generalmente suele, conllevar comorbilidades en la mujer.

Antes de atender a sus efectos en la salud de la mujer, debemos explicar como funciona el ciclo menstrual y sus distintas fases, ya que se hablará de esto a lo largo del trabajo.

Antes de nada, es necesario explicar que “No todas las mujeres responden igual a sus fluctuaciones hormonales, habiendo mujeres que experimentan cambios drásticos en el apetito, el humor y/o el rendimiento deportivo durante su periodo, hasta mujeres que no presentan ninguno de estos. Esto resulta importante para la planificación real de los objetivos” (Muñoz López et al., 2019).

Para comenzar, los ovarios y el eje hipotálamo-hipofisario (ambas estructuras controladoras de hormonas que actúan en conjunto para estimular o inhibir la secreción de estas) son las estructuras principales que se encargan de controlar el ciclo menstrual, vía control hormonal. Existen dos principales protagonistas en los cambios en la composición corporal y estado de ánimo durante el ciclo menstrual, en primer lugar, la concentración de estrógenos (producidos por los ovarios (en mayor cantidad) y glándulas adrenales (en menor cantidad), en situación de no embarazo (donde la placenta produciría estrógenos a su vez), una concentración de estrógenos procura una correcta sensibilidad a la insulina y funcionamiento lipídico. Por otro lado, una segunda protagonista sería la progesterona, producida por el cuerpo lúteo y la placenta, con función de transformar el útero para albergar un cigoto. Así, acumula grasa para asegurar la nutrición del futuro feto (Muñoz López et al., 2019).

El ciclo menstrual abarca alrededor de 28 días (más o menos según la persona, es altamente individual). Tiene varias fases (Muñoz López et al., 2019):

1. **Fase folicular:** ocurre los primeros días del ciclo y a su vez tiene dos fases:
 - 1.1. Fase temprana: se da el desprendimiento del endometrio (menstruación – día uno) y dura entorno a cinco o siete días desde el primer día de menstruación. Se produce una alta secreción de gonadotropinas (Hormona Luteinizante “LH” y Hormona Folículo Estimulante “FSH”) para la formación de nuevos folículos (lugar donde maduran los óvulos, en una situación normal, un folículo se convierte en dominante y excreta el/los óvulos).
 - 1.2. Fase tardía: altas concentraciones de estrógenos, inhiben la secreción de gonadotropinas y estimula procesos de angiogénesis (formación de vasos sanguíneos a partir de otros existentes) en el endometrio para la nueva construcción de este.
2. **Días intermedios u ovulación:** a partir del día 12-14 del ciclo tiene lugar una concentración máxima de estrógenos y LH en un periodo de 16-24h. Se secreta colegenasa (enzima encargada de romper la pared del folículo dominante para que el óvulo se deposite en la trompa uterina).
3. **Fase lútea:** se preparan las condiciones para la fecundación del óvulo y a su vez tiene dos fases:
 - 3.1. Fase temprana: se genera el cuerpo lúteo en el óvulo a través de células del folículo. El cuerpo lúteo actúa como señalizador para la secreción de estrógenos y progesterona (que actúa en el desarrollo del endometrio). En esta fase se produce el pico más alto de testosterona.
 - 3.2. Fase tardía: también conocida como pre-menstruación, en esta, si no se produce embarazo a los 12 días a partir de la formación del cuerpo lúteo, caen los niveles de progesterona y estrógenos y aumenta la secreción de gonadotropinas. Al final se da lugar a la menstruación, empezando un nuevo ciclo.

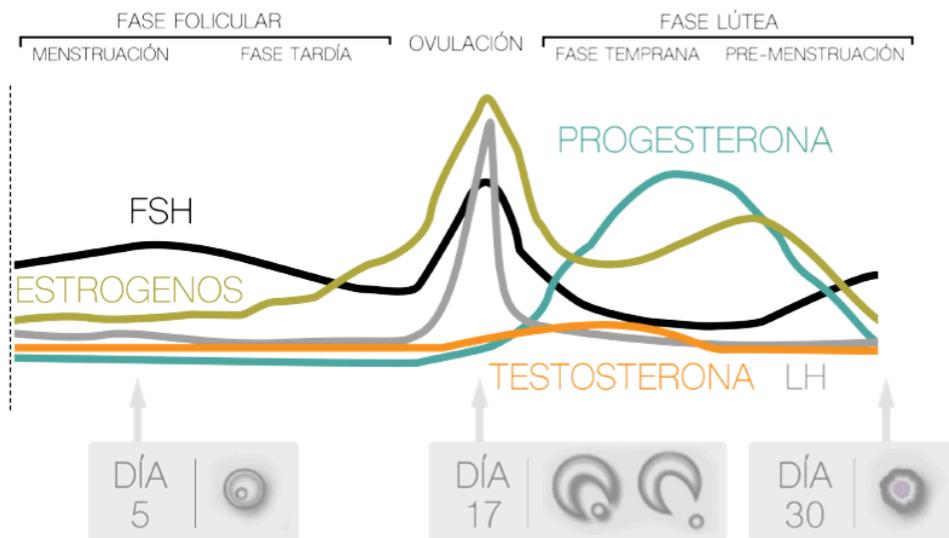


Figura 2. Principales hormonas del ciclo menstrual. Adaptado de “Entrenamiento y nutrición adaptados al ciclo menstrual”, por Muñoz López et al. (2019) *NATISS*, Número 7, p.56-74.

Si bien ya hemos mencionado brevemente como funciona esta enfermedad, vamos a establecer las patologías primarias que conllevan al diagnóstico de SOP y las distintas morbilidades que pueden aparecer (Nölting et al., 2011):

- **Patologías primarias** (según el consenso de Rotterdam) para diagnosticar SOP:
 - Oligo o anovulación: dando lugar a una menstruación irregular (amenorrea), e incluso la ausencia de ovulación (anovulación).
 - Signos clínicos y/o bioquímicos de hiperandrogenismo, este es el signo más importante de SOP y el que decidirá, principalmente, si existe SOP o no. Su diagnóstico se divide en:
 - Signos clínicos: hirsutismo (crecimiento de pelo en zonas donde, inicialmente, las mujeres no suelen desarrollar vello, es decir, zonas andrógeno dependientes). Se diagnostica mediante el *score* de Ferriman-Gallwey. Y, por otro lado, acné (evaluando la zona de la cara y la espalda, según la gravedad y tipo de este).
 - Signos bioquímicos: Índice de Andrógenos Libres (FAI), es una fórmula mediante la cual se calcula el nivel de testosterona y de SHGB (Globulina Fijadora de Hormonas Sexuales) con el fin de

examinar la cantidad de testosterona que se lleva a los tejidos. También, se mide la testosterona libre en sangre.

- Ovarios poliquísticos por ecografía: después de realizar una ecografía ginecológica, si uno de los dos ovarios tiene un volumen mayor a 10cm³ y/o presenta 12 o más folículos de 2 a 9mm de diámetro, se concluye que la mujer puede padecer de SOP.

• **Patologías asociadas al SOP (comorbilidades):**

- Resistencia a la insulina: es una condición donde disminuye la utilización de la glucosa por mediación de la insulina, explicado de otra manera, donde la sensibilidad (capacidad de la insulina para estimular la captación de glucosa por las células de los tejidos) está disminuida. En mujeres con SOP se presenta en más de un 50% de ellas, ya estén catalogadas como obesas o no obesas. La forma más común de diagnosticarlo es mediante el índice HOMA.
- Obesidad: según el Consenso de Rotterdam, la obesidad la clasifican siguiendo el criterio del IMC (≥ 25 kg/m² como marcador de sobrepeso y un IMC ≥ 30 kg/m² como marcador de obesidad), sin embargo, yo optaría por utilizar una fórmula más exacta donde el peso no supone un factor limitante (debido a que el IMC no tiene en cuenta la cantidad de masa muscular, y puede catalogar como obeso a una persona que no lo es) y donde el porcentaje de grasa es la medida mediante la cual se cataloga si una persona tiene sobre peso o no. Una forma de medir la masa grasa (cantidad de tejido adiposo) puede ser: $\% \text{ grasa corporal} = 1.2 (\text{IMC}) + 0.23 (\text{edad}) - 10.8 (\text{sexo}) - 5.4$ (Deurenberg et al., 1998).
- Síndrome metabólico (MS): engloba varias patologías como pueden ser: resistencia a la insulina (que puede ir acompañada de hiperinsulinemia), obesidad, hipertensión, dislipemia, etc. Se adjunta una tabla para la categorización de este síndrome:

Tabla I. Clasificaciones SM			
Clasificación	NCEP ATP III (1)	OMS (2)	IDF (3)
Criterios presentes	3 o más	IR/ITOG/DBT * + 2 o más	Obesidad central* + 2 o más
Obesidad	Cintura >88 cm	IMC >30 o Índice cintura cadera >0,85	Cintura >80 cm*
Triglicéridos (mg/dl)	≥ 150	≥ 150	≥ 150
HDL col	<50	<39	<40
TA	$\geq 130/85$	$\geq 160/90$	$\geq 130/85$
Glucemia en ayunas	≥ 100	IR/ITOG/DBT	≥ 100 o DBT previa
Otros		Microalbuminuria	

TA: tensión arterial; ITOG: índice de tolerancia oral a la glucosa;
DBT: diabetes

*Siempre deben estar presentes

(1) *National Cholesterol Education Program-Adult Treatment Panel III*

(2) Organización Mundial de la Salud

(3) Federación Internacional de Diabetes

Figura 3. Clasificaciones de Síndrome Metabólico. Adaptado de “Consenso sobre Síndrome de Ovario Poliquístico”, por Nölting et al. (2011), *Federación Argentina De Sociedades De Obstetricia Y Ginecología, Volume 10*, p.69-76.

- Diabetes Tipo 2 (T2D): este tipo de patología está relacionada con el SOP donde se presenta en mayor medida: la resistencia a la insulina, alto IMC (sobrepeso/obesidad) y anovulación entre otros. Se ha observado que la prevalencia de T2D en mujeres con SOP y que presentan resistencia a la insulina sin hiperglicemia en 2-3 años es de 1/3, mientras que las mujeres presentarán diabetes a lo largo de 10 años, la prevalencia será mayor al 50%. (Bates & Legro, 2013). Asimismo, se ha observado que las mujeres que tengan progenitores que padecen de diabetes tipo 2, tienen una mayor probabilidad de tener esta patología. También, se reportó que aquellas mujeres que tenían ciclos irregulares o largos entre los 18 y 22 años, tenían el doble de probabilidades de padecer T2D que el grupo control (obesidad). Asimismo, las mujeres que padecían obesidad, aumentaban las probabilidades, entre 3 y 4 veces más, de sufrir T2D en comparación con mujeres sin SOP u obesidad. Parece ser que el IMC por sí solo no es un buen indicador de la prevalencia de diabetes en mujeres con SOP. (Bates & Legro, 2013).
- Riesgo de Enfermedad Cardiovascular (CVD): el aumento de CVD en este tipo de mujeres es un problema mayor sumado al resto de comorbilidades que se podrían padecer. La CVD podría aparecer en mujeres con SOP debido a que se presentan factores de riesgo cardiovascular como: resistencia a la insulina, T2D, obesidad e incluso hipertensión. De esta manera, se ha observado que las mujeres con SOP parece que tienen una mayor probabilidad de sufrir apnea obstructiva del sueño y CVD comparadas con un grupo control. (Bates & Legro, 2013). Asimismo, alrededor de un 70% de mujeres con SOP en Estados Unidos tienen dislipemia y un alto valor de LDL (Low-Density Lipoprotein) junto con un valor bajo de HDL (High-Density Lipoprotein), esto quizás se deba al elevado porcentaje de obesidad en mujeres con SOP que, además, supone un CVD por sí solo (Bates & Legro, 2013).
- Estado emocional alterado: las mujeres con SOP suelen tener un estado psicológico alterado, no son pocos los estudios que demuestran que hay una alta prevalencia de mujeres con SOP de padecer ansiedad o síntomas depresivos, sobretodo en edad adolescente (Pericleous & Stephanides, 2018; Teede et al., 2018). Asimismo, la escases de control (o el mal control) del peso y los marcadores de salud en mujeres con SOP son un factor de riesgo de sufrir, a lo largo del tiempo, disrupción de la alimentación; depresión y ganancia de peso (Moran et al., 2017).

1.4. ¿A quién va dirigido este trabajo?

El contexto de este trabajo se encuentra en mujeres desde la adolescencia hasta el final de la madurez que cursen con síntomas o con la aparición de Síndrome de Ovario Poliquístico, especialmente siguiendo el criterio de Rotterdam. También, se podría tomar en consideración que los apartados del punto tres donde se explican los mecanismos de mejora de ciertas patologías por vía del ejercicio, pueden servir para explicar la condición y tratamiento de otras patologías, como puede ser la resistencia a la insulina en la Diabetes Tipo 2 (T2D).

Si bien es cierto que debemos individualizar la planificación de entrenamiento a cada persona que contrate nuestros servicios, sobretodo, para evitar poner en riesgo la salud de estas.

2. Entrenamiento

2.1. ¿Qué dice la evidencia sobre el efecto del entrenamiento en mujeres con SOP?

En este punto vamos a realizar una revisión enfocada a como afecta el entrenamiento en mujeres con SOP, si es un tratamiento recomendado y, por ende, si es eficaz en este tipo de patología. Es necesario destacar el rol de la dieta y la actividad física en el tratamiento del SOP y las comorbilidades que se presentan junto con esta condición. Asimismo, la pérdida de peso en mujeres con sobrepeso u obesidad y el mantenimiento de este en mujeres dentro de rangos saludables es un factor clave en el desarrollo de esta patología, así como, la reducción de la resistencia a la insulina que parece ser clave en el tratamiento del SOP (Lin et al., 2019).

Antes de comenzar, es importante puntualizar que en este punto se va a comentar el efecto del entrenamiento en este síndrome, sin embargo, los mecanismos que este produce en el organismo de la mujer se abordarán en el punto siguiente, con la finalidad de hacer más fluida la lectura de este documento.

Así pues, se ha investigado el efecto del entrenamiento, tanto de fuerza como aeróbico y de alta intensidad, en este tipo de población, considerándose una estrategia viable y necesaria para tratar esta patología. Si bien es cierto, los estudios enfocados al efecto del entrenamiento en SOP han tenido como estrategia de entrenamiento la realización de actividad física aeróbica o de alta intensidad no enfocada a la fuerza. Por tanto, aunque existe evidencia de que el trabajo de fuerza es una buena estrategia para abordar esta patología, se ha estudiado menos que otros tipos de entrenamiento en esta población. Aún así, se explicarán todos los abordajes posibles para el tratamiento del SOP por mediación del ejercicio físico.

- **Actividad física aeróbica para el tratamiento del SOP:**

Realizar entrenamiento aeróbico se entiende como una manera de realizar actividad física a través de una serie de ejercicios como pueden ser, y estos son los que se destacan en los estudios sobre actividad física aeróbica en SOP y por eso se especifican: carrera, marcha, andar, pedalear en cicloergómetro, saltos y ejercicios de sala con componente predominantemente aeróbico.

Como hemos mencionado anteriormente, el entrenamiento aeróbico ha sido el más utilizado para programar actividad física en el tratamiento del SOP, de esta manera, (Costa et al., 2018) observan en su estudio que realizar un entrenamiento aeróbico progresivo (en base a la Frecuencia Cardíaca Máxima) con una frecuencia de 3 días/semana durante 16 semanas, mejoró la calidad de vida de las mujeres del grupo de actividad física, este dato fue registrado mediante la realización de un cuestionario

de salud (SF-36), tanto antes como después de la intervención, asimismo, se observaron mejoras tanto en la capacidad física como en la salud cardiovascular.

De igual manera, se observó que correr durante 20-30' al 65-70% de la FC_{máx} durante 8 semanas, mejoraba la función androgénica (reducción de LH, prolactina, etc.) en mujeres con PCOS (Gilani, 2019). También, se reporta que actividad aeróbica aumentaba los niveles de SHGB (Globulina Fijadora de Hormonas Sexuales), reducía los niveles de testosterona libre, DHEAS (dehidroepiandrosterona sulfato), andostrediona y marcadores adipocitarios, menos este último, el resto relacionados con la función sexual en la mujer, dando lugar a problemas para quedar embarazada, entre otros (Gilani, 2019). Asimismo, ejercicio aeróbico regular demostró aumentar la actividad parasimpática y, por ende, reducir la simpática, estos efectos se vieron tanto en actividad física intensa como moderada (Gilani, 2019).

En otro estudio realizado en mujeres con SOP (Orio et al., 2016), realizó un programa de actividad física centrado en el aspecto aeróbico, donde se trabajó 45' en cicloergómetro a una intensidad del 60-70% del VO₂_{máx} por 3 días a la semana durante 6 meses. El objetivo del estudio fue comparar los efectos de la actividad física y la toma de pastillas anticonceptivas en la efectividad de cada tratamiento para la reducción del riesgo cardiovascular. En este estudio la dieta estuvo controlada tanto en el grupo de actividad física, como en el grupo de pastilla anticonceptiva y grupo control (sin pastilla ni ejercicio). Al final del programa se observó que el grupo de actividad física había reducido notablemente el parámetro IMT ("Intima-Media Thickness"), que era el objetivo principal, aún así, este grupo también redujo el parámetro de WHR (Índice cintura-cadera), relacionado con la pérdida de grasa visceral que a su vez se relaciona con la resistencia a la insulina (lo explicaremos más adelante), también, se redujo la resistencia a la insulina por una mejora del metabolismo muscular (también los explicaremos más adelante) y por último, una reducción de los parámetros de LDL (Lipoproteína de baja densidad) y TC (Colesterol Total) así aumentaron los niveles de HDL (Lipoproteína de alta densidad) aún así, cabe recalcar que la regulación de estas lipoproteínas no es tan simple dado que la mejora en la salud se consigue por alcanzar un balance correcto de todas ellas, no centrándonos en subir o bajar el valor de una en concreto. Por otra parte, se observó que el grupo de pastillas anticonceptivas no mejoró WHR ni parámetros antropométricos, así, este grupo aumentó de peso debido a que las pastillas anticonceptivas (por mediación del sistema renina-angiotensina-aldosterona) creaban una retención de líquidos extracelular, también, este grupo aumentó el riesgo cardiovascular (CVD). Por último, no hubo una mejora en el parámetro de resistencia a la insulina. De otra manera, se observó un resultado similar al grupo de actividad física en la mejora del balance de lipoproteínas (probablemente debido al efecto de los estrógenos), así como, una reducción de la testosterona libre (por una inhibición en la actividad de las enzimas esteroideogénicas) y una regulación del ciclo menstrual (que más bien sería un ciclo suprimido, debido a que no es que se regule el ciclo menstrual, es que el ciclo está suprimido por un ciclo artificial de 28 días donde la semana de placebo se produce un sangrado por abstinencia que no una menstruación como tal).

Un grupo de investigadores encontraron evidencia significativa de que el ejercicio físico aeróbico durante 3 días a la semana 6 meses (a una intensidad de por encima de 120 pulsaciones/minuto realizando marcha) en la disfunción menstrual tanto en el

grupo de actividad física como en el grupo de actividad física y metformina (sensibilizador de insulina, hablaremos de esto en el punto 3)(Tiwari et al., 2019). De esta manera, un estudio de Palomba et al. (2008) citado por Tiwari et al. (2019) demostró que el grupo de actividad física en comparación a un grupo de dieta (hiperproteica) mejoró la frecuencia de ciclos menstruales naturales y la ovulación, sin diferencias en la mejora de la función sexual entre ambos procedimientos. De igual manera, en el estudio de Tiwari et al. (2019) concluyen que el tratamiento más importante para el SOP es la actividad física y que se puede acompañar o no de sensibilizadores de insulina. De esta manera, el entrenamiento no debe sustituirse por otras estrategias aunque si que debería complementarse con estas (dieta, sintetizadores de insulina, etc.) (Woodward et al., 2019).

Asimismo, trabajar ejercicio aeróbico mediante “stepping” (ejercicio donde la persona sube a una plataforma simulando el acto de subir escaleras) en casa durante 16 semanas a una intensidad por encima del umbral aeróbico demostró ser efectivo para reducir la resistencia a la insulina en mujeres con SOP mediante una reducción muy significativa de la prueba HOMA-IR (“Gold Standard” en la medición de la resistencia a la insulina), así, se redujo marcadores de inflamación en mujeres que realizaban actividad física aeróbica en presencia de SOP debido al efecto antiinflamatorio del ejercicio físico (Javid et al., 2019).

En resumen, el ejercicio aeróbico es una estrategia no solo viable, sino recomendada en mujeres que padecen de Síndrome de Ovario Poliquístico. No se ha concretado el tipo, duración, frecuencia e intensidad de la actividad física aeróbica que debería realizar esta población, sin embargo, parece ser que la mayoría de estudios implementan una estrategia de actividad física muy conservadora e insuficiente. Aún así, los resultados sobre el beneficio de este tipo de actividad física son concluyentes y mejoran tanto parámetros bioquímicos (mejora del hiperandrogenismo, balance de lipoproteínas, etc.), como mejora del ciclo menstrual, mejora en la capacidad física y calidad de vida, mejora en aspectos antropométricos (Circunferencia de la Cintura “WC”, Índice Cintura-Cadera “WHR”, Índice de Masa Corporal “IMC”, etc.) y marcadores de salud cardiovascular (VO₂máx, aumento progresivo de la intensidad, etc.) y mejora psicológicas (mejora de la imagen corporal, mayor grado de satisfacción personas, etc.).

- Actividad física enfocada al trabajo de fuerza en mujeres con SOP:

El entrenamiento de fuerza no ha sido ampliamente estudiado en el tratamiento del SOP, sin embargo, hay estudios que han tratado de demostrar su eficacia en los distintos parámetros. Como veremos más adelante, los estudios encuentran resultados significativos al realizar entrenamiento de fuerza para mejorar la sintomatología de este síndrome. También, es necesario recalcar que como ejercicio de fuerza nos referimos a ejercicio enfocado a la ganancia de masa muscular y aumento/mejora de la “fuerza neural”, pues en salud no se debe trabajar únicamente fuerza (a bajas repeticiones y alta carga), sino también hipertrofia ya que es el estímulo más eficiente para aumentar la masa libre de grasa, de esto hablaremos más adelante en la propuesta de planificación.

Antes de hablar sobre los diferentes resultados, es necesario saber si el trabajo de fuerza afecta de la misma manera a mujeres y hombres, y en casi contrario, de qué manera afecta a las mujeres y cuales son las diferencias, esto es importante para elaborar una pauta de entrenamiento ya que si tenemos en cuenta que la mayoría de estudios de trabajo de fuerza se realizan en hombres ya sean entrenados o no, necesitamos ver la aplicabilidad que esos estudios tienen en la población femenina. Gracias a un estudio reciente podemos observar las diferencias, o no, que tiene el trabajo de fuerza enfocado a la mujer en relación al género masculino (M. Roberts et al., 2020).

Roberts et al. (2020) realizaron una revisión sistemática con metaanálisis donde se vio que, referido al ciclo menstrual, las mujeres tenían más ganancias de fuerza e hipertrofia durante la fase folicular y una peor recuperación durante la fase lútea. Si bien cierto que la mayoría de los estudios no tuvieron en cuenta el momento en el que se encontraban las mujeres en torno al ciclo menstrual. Por otro lado, los autores concluyen que las mujeres han mostrado ganancias de fuerza e hipertrofia más rápidas en torso y brazos en comparación con los hombres, sin embargo, las ganancias en el tren inferior se equiparan en ambos grupos. Podemos concluir que el entrenamiento de fuerza en mujeres, no tendría por qué variar en exceso del entrenamiento de fuerza de un hombre enfocado a los mismos objetivos, sin embargo, debemos tener en cuenta el ciclo menstrual a la hora de distribuir las cargas, así como el tipo de cargas para llegar al fallo mecánico muscular, entre otros parámetros.

El trabajo de fuerza ha demostrado tener un efecto sensibilizador de la insulina, por tanto, disminuyendo los síntomas de SOP relacionados con la resistencia a la insulina y el hiperandrogenismo (Pericleous & Stephanides, 2018). En el metaanálisis de Pericleous y Stephanides (2018), se recomienda realizar trabajo de fuerza tres días a la semana en rangos de intensidad entre 70-85% de 1 RM para todos los grupos musculares. También, se observó que combinar dieta y ejercicio concurrente (aeróbico y fuerza combinado) mostraba una mejora en parámetros bioquímicos como: hormonas androgénicas, SHGB, testosterona total, etc.

Asimismo, el ejercicio de fuerza ha demostrado aumentar la masa libre de grasa, como sabemos el músculo requiere de más energía que la grasa para mantenerse en estado basal, por lo tanto, cuando aumenta la masa muscular, nuestra tasa metabólica basal aumenta (G. Kogure & Reis, 2017) y, sumado a realizar ejercicio físico, aumenta el flujo energético, lo cual es clave para aumentar la adherencia a hábitos de vida saludables.

Debido a la relación de retroalimentación entre la resistencia a la insulina y el hiperandrogenismo, sabemos que cuando aumenta la IR, aumenta la expresión de andrógenos y viceversa, también con la acción insulino resistente que ejerce el tejido adiposo. De esta manera, el ejercicio de fuerza ha demostrado ser un tratamiento clave en la T2D (esta población posee una gran resistencia a la insulina) y, de la misma forma, en mujeres con SOP y resistencia a la insulina (G. S. Kogure et al., 2016).

Por tanto y para concluir, el ejercicio de fuerza es un tratamiento viable y necesario para el tratamiento del Síndrome de Ovario Poliquístico, así como lo es el ejercicio aeróbico. Se necesita de mayor evidencia al respecto sobre este tipo de entrenamiento y la mejora sintomatológica de la mujer con SOP, sin embargo, los resultados son

concluyentes a favor del entrenamiento de fuerza. Hablaremos de pautas y recomendaciones para la planificación en esta población en el punto 2.4.

- Actividad física de alta intensidad interválica (HIIT):

El HIIT ha sido ampliamente estudiado en la intervención de la obesidad, donde tenía un efecto significativo en la mejora de la resistencia a la insulina y movilización del tejido adiposo intra y post-ejercicio. Debido a esto, se ha querido estudiar el efecto de este tipo de entrenamiento como tratamiento para el SOP con el fin de mejorar la sensibilidad a la insulina, parámetros bioquímicos relacionados con el tejido adiposo y pérdida de peso.

Se observó que un programa de HIIT durante 12 semanas con una frecuencia de 3 días en semana, 2 días con intervalos de carrera largos de 4x1' (90-95% FCmáx) con descansos activos de 3' (70% FCmáx) y 1 día con intervalos de carrera cortos ratio 1:1 de 1' al 90-95% FCmáx y 1' de descanso pasivo, mejoraba la sensibilidad a la insulina y reducía la inflamación (esto se vio por una reducción en la proteína C reactiva, que es un marcador de inflamación que se encuentra libre en la sangre). Los autores concluyen que el HIIT es un tratamiento seguro y eficaz en el tratamiento del SOP, aunque debería complementar con una planificación nutricional para mejorar los resultados y mantenerlos en el tiempo (Faryadian et al., 2019).

El HIIT ha demostrado ser un tipo entrenamiento disfrutable para su práctica sistemática, así, es una estrategia que mejora el parámetro de mortalidad por todas las causas, resistencia a la insulina (esto lo explicaremos en el siguiente punto) y mejora el factor de riesgo cardiovascular (CVD). Sin embargo, la intensidad (entiendo que debe ser alta), tipo de ejercicio, duraciones y descansos no están claros a día de hoy, tanto en la población general como en la población con SOP (Hiam et al., 2019).

Por último, el ejercicio de alta intensidad ha demostrado mejorar en mayor medida algunos parámetros como: reducción de un 22% de las probabilidades de sufrir síndrome metabólico, aumento del flujo energético, aumento de la capacidad oxidativa del tejido muscular, control glicémico, mejora del balance del colesterol (ratio LDL:HDL), mejora de la sensibilidad a la insulina, menos IMC, etc.). El problema de este estudio, y comentaremos más adelante los problemas que tiene la evidencia sobre actividad física en SOP, es que la actividad física fue auto-reportada y, por tanto, los datos pueden no ser fiables en cuanto a la cantidad e intensidad de actividad física se refiere (Greenwood et al., 2016).

2.2. ¿Por qué incluir la actividad física como tratamiento para el SOP?

Sabemos que el ejercicio físico mejora algunos parámetros bioquímicos de este síndrome, sin embargo, no hemos explicado la mejora sintomatológica de los distintos procesos que lo conforman. En este punto, trataremos de explicar, sencilla y fluidamente, los procesos por los que se producen mejoras sintomatológicas en el SOP, producidas por el ejercicio, y las diferentes relaciones entre unos procesos y otros, se hará hincapié en los más

importantes, los cuales son: mejora de la resistencia a la insulina e hiperandrogenismo, reducción del riesgo cardiovascular y mejora de la Oligo o anovulación.

- El ejercicio físico y mejora la sensibilidad a la insulina:

La resistencia a la insulina es un proceso complejo de explicar a priori, son muchos los mecanismos que influyen en esta condición, sin embargo, trataremos de explicarlos brevemente para poder entender porqué la actividad física es un tratamiento que debe incluirse en esta población.

En primer lugar, debemos entender que la resistencia a la insulina (suponiendo de las células β -pancreáticas tengan un funcionamiento normal) proviene de factores, principalmente, ambientales (mala alimentación, sedentarismo, etc.). Esta complicación nos acompaña desde hace muchos años, en el momento que alimentarnos y sobrevivir dejó de ser un problema, la resistencia a la insulina y la composición corporal están directamente relacionadas. De esta manera, nuestra composición corporal se ha visto alterada a lo largo de los años a favor de un aumento de la grasa corporal (se conoce que los antiguos cazadores-recolectores tenían una relación tejido muscular:tejido adiposo de 4:1 aproximadamente, la cifra que tienen nuestros atletas de élite actualmente), a día de hoy sabemos que la población general (en su mayoría sedentarios) tiene una relación empeorada a favor del tejido adiposo. Esto genera un problema a nivel fisiológico, en lo que a la insulina se refiere, ya que los adipocitos (células del tejido adiposo) y miocitos (células musculares) tienen unos receptores de insulina idénticos, por tanto, ambos tejidos compiten por la captación de insulina (esta solo puede adherirse a unos u otros receptores) y, en consecuencia, cuando aumenta el tejido adiposo, más insulina será captada por este tejido y menos por el esquelético, ahora bien, ¿cuál es el problema de esto? La consecuencia grave que esto produce es que el tejido muscular genera un “aclaramiento” (disminución de la glucosa en sangre) de glucosa 3 veces mayor que el tejido adiposo, por tanto, si la insulina es captada en mayor parte por este tejido provocará un aumento de la resistencia a la insulina porque se seguirá generando hiperinsulinemia ya que los niveles de glucosa en sangre siguen siendo altos. Por ello, una reducción del tejido adiposo es una forma de aumentar la sensibilidad a la insulina.

Es necesario destacar que las mujeres con SOP, en su mayoría, tienen una glucemia postprandial (es decir, los niveles de glucosa se ven aumentados en las horas posteriores a una comida, predominantemente alta en carbohidratos), esto quiere decir que la resistencia a la insulina es periférica, predominantemente, del músculo esquelético, al contrario que si tuviesen una glucemia en ayunas que indicaría que la producción endógena de glucosa está aumentada (Diamanti-Kandarakis & Dunaif, 2012). También, se ha observado que la hiperinsulinemia en ayunas puede darse debido a que el “aclaramiento” de insulina en el hígado está reducido en comparación con la producción basal de insulina.

Asimismo, las mujeres con SOP que presenten obesidad, tienen mayores probabilidades de padecer una irregularidad en la producción de glucosa endógena, aumentando sus niveles. Este efecto es un factor importante en la relación de la obesidad con la resistencia a la insulina, de esta manera, sabemos que el tejido adiposo en esta población presenta anomalías funcionales, por ejemplo, el efecto lipolítico de las catecolaminas (neurohormona precursora de neurotransmisores como la dopamina, adrenalina, etc.) en el tejido adiposo subcutáneo está disminuido, sin embargo, se encuentra aumentado en el

tejido adiposo visceral (Diamanti-Kandarakis & Dunaif, 2012). Esto perjudica la movilización de grasas procedentes de los depósitos de grasa subcutánea (aumentado el tamaño de los adipocitos) y, por tanto, aumentando la liberación de ácidos grasos del tejido adiposo, que irán al hígado y contribuirán a un empeoramiento de la resistencia a la insulina. También, en un metaanálisis de Mannerås-Holm et al. (2011) citado por Diamanti-Kandarakis & Dunaif (2012) encontraron que la adiponectina (hormona que controla la regulación de la glucosa y ácidos grasos, segregada por el tejido adiposo) estaba disminuida en mujeres con SOP y esto aumentaba la resistencia a la insulina en estas mujeres. Por otro lado, en la obesidad está presente un grado bajo de inflamación que puede contribuir a aumentar la resistencia a la insulina por la acción de adipocitoquinas (TNF-alfa), sin embargo, falta de evidencia al respecto, ya que los estudios tienen una muestra pequeña y heterogeneidad en la misma (Diamanti-Kandarakis & Dunaif, 2012).

Teniendo en cuenta los diferentes mecanismos que pueden afectar a la resistencia a la insulina en mujeres con este síndrome, entendemos que la actividad física mejora los síntomas de esta población mediante varias acciones fisiológicas:

- Reducción del peso corporal: reduciendo la obesidad y los problemas asociados que conlleva esta patología, comentados anteriormente.
- Mejora de la hiperglucemia: esto produce una mejora de la hiperinsulinemia, debido a que la glucosa es captada por las vesículas de GLUT4 para su utilización en el sarcolema de la fibra muscular durante la contracción muscular, induciendo una mejora en la captación de glucosa.
- Mejora de la inflamación crónica: ya sea inducida por la obesidad o por otros mecanismos.
- Mejora de la composición corporal: en combinación con una dieta pautada para los objetivos de esta población (de la que hablaremos brevemente más adelante), el ejercicio físico inducirá una mejora de la composición corporal, reduciendo grasa corporal total y aumento de la masa muscular, mejorando el ratio tejido muscular-tejido adiposo.

Por último, es necesario recalcar que cuando entrenamos un grupo muscular aislado parece que los otros grupos musculares reducen su sensibilidad a la insulina, debido a que hubo una reducción de la absorción de glucosa mediada por insulina en estos, al no ejercitarse (Steenberg et al., 2020). De otra manera, si existe un daño muscular severo, en una primera fase se captará menos glucosa en este músculo (debido al daño del sarcolema y degradación del citoesqueleto) por empeorar la translocación de GLUT4, sin embargo, esto tendrá un efecto supercompensatorio en una segunda fase desde 6 a 24h.

- El ejercicio físico y la mejora del hiperandrogenismo:

El hiperandrogenismo y la resistencia a la insulina, en este síndrome, se retroalimentan uno al otro, se sigue estudiando que es lo que se origina primero, originalmente se creía que el hiperandrogenismo sumando a un empeoramiento de la composición corporal generaban la resistencia a la insulina en esta población, ahora mismo se está estudiando

si es la resistencia a la insulina (hiperinsulinismo) lo que genera el hiperandrogenismo, u otros factores. Sin embargo, se sabe con certeza que la resistencia a la insulina se va afectada por el hiperandrogenismo y viceversa, por eso mencionamos que son procesos que se retroalimentan entre sí

De esta manera, la insulina ha demostrado afectar a los niveles de andrógenos contribuyendo a empeorar el hiperandrogenismo en mujeres con SOP. Asimismo, se ha descubierto que la insulina tiene control sobre diferentes vías de señalización en la ovulación, debido a que existen receptores insulínicos en el ovario (tanto normales como poliquísticos) y receptores IGF-1 (que son unos receptores que se parecen en estructura a los de insulina), el IGF-1 (Factor de Crecimiento Semejante a Insulina 1) es segregado por los ovarios y tiene varias funciones específicas (“regulación de las células de granulosa y potentes acciones en la proliferación, diferenciación y esteroidogénesis de estas células” (Lenz Souza et al., 2007)). Aunque, los receptores de IGF-1 tengan más afinidad por el IGF-1 que por la insulina, es cierto que la insulina puede adherirse a estos y provocar repuestas específicas de este receptor. Asimismo, se ha visto que aumentos en los niveles de insulina en los ovarios, provocaban un aumento de la secreción de hormona LH, a su vez, provocando un desarrollo prematuro de la granulosa, provocando la detención del crecimiento folicular, contribuyendo a la aparición de anovulación (Diamanti-Kandarakis & Dunaif, 2012). De la misma manera, se ha observado que la insulina puede actuar como co-gonadotropina aumentando al síntesis de LH y FSH (ya mencionada su función al principio del trabajo), así como, aumentar los niveles de GnRH por un aumento en los niveles de las dos hormonas anteriores, produciendo un aumento de los andrógenos circulantes (Diamanti-Kandarakis & Dunaif, 2012).

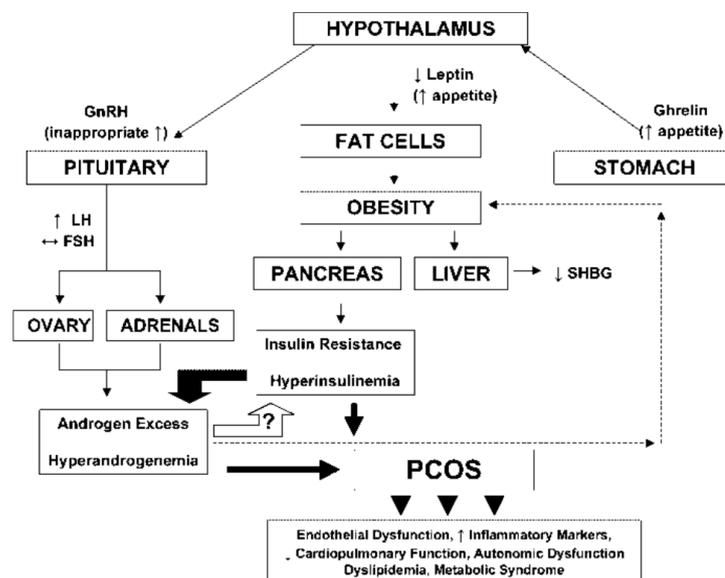


Figure 1 Flowchart illustrating the relationship between insulin resistance and androgens in PCOS. Clinical evidence suggests that elevated insulin levels cause hyperandrogenism, and not the other way around, as shown by the decrease in serum androgen levels observed when circulating insulin concentrations are lowered by the administration of insulin-sensitizing drugs or drugs that inhibit insulin secretion (see text for details).

Figura 4. Diagrama de flujo sobre la relación entre la resistencia a la insulina y los andrógenos en el SOP. Adaptado de “Androgens in Polycystic Ovary Syndrome: The Role of Exercise and Diet”, por Giallauria et al. (2009), *Seminars in Reproductive Medicine, Volume 27, p.306*.

Asimismo, la insulina, más que los esteroides sexuales, parece ser el mayor regulador de la producción de SHGB (reduciendo su producción y aumentando la testosterona libre) en las mujeres con SOP, en comparación con un grupo control (Diamanti-Kandarakis & Dunaif, 2012).

En conclusión, dado los mecanismos que hemos explicado anteriormente y sabiendo que el ovario parece tener una resistencia a la insulina selectiva, como en el músculo esquelético y en los fibroblastos del tejido conectivo (Diamanti-Kandarakis & Dunaif, 2012). Por esto, podemos deducir, que al igual que el músculo, los ovarios tienen receptores de GLUT4 y por ello, se puede inducir, mediante ejercicio físico, a una captación de la glucosa por estos órganos reduciendo la hiperglucemia. El ejercicio físico mejoraría esto mediante varios aspectos:

- Mejora de la hiperglucemia: al igual que en el punto anterior, produciría una mejora del hiperinsulinismo, que principalmente es el que genera los problemas hiperandrogénicos.
 - Mejora de la hiperinsulinemia: debido a que la insulina tendrá que movilizarse hacia los tejidos donde se necesita captar esa glucosa para suplir los requerimientos energéticos del ejercicio.
 - Mejora de la composición corporal: de esta manera, reduciendo la resistencia a la insulina y cerrando el “círculo vicioso” de IR e hiperandrogenismo, debido a una reducción de la resistencia a la insulina en el tejido visceral y adiposo total. Aumentando la utilización de glucosa por los grupos musculares mediante el entrenamiento y reduciendo, a su vez, el hiperandrogenismo.
- El ejercicio físico y la reducción del riesgo cardiovascular (CVD)

El ejercicio físico en este punto, va a realizar varias funciones, antes de explicar esas funciones es necesario saber, resumidamente, porqué mecanismos aumenta el riesgo cardiovascular en la población.

El riesgo cardiovascular aumentado, que puede presentar condiciones como arritmias; cardiopatías (idiopáticas o hipertróficas); fallo cardíaco o aterosclerosis, entre otras. Estas condiciones pueden provocar graves enfermedades cardíacas como: infarto de miocardio, embolia o paro cardíaco (Pinckard et al., 2019).

Uno de los factores que provocan un aumento del riesgo cardiovascular es la obesidad. La obesidad puede conllevar a la hipertensión, debido a un funcionamiento incorrecto del sistema renina-angiotensina, que, sumado a un aumento del sistema simpático, crea un ambiente de hipertensión en este tipo de personas. De esta manera, la hipertensión hace que el ventrículo izquierdo del corazón trabaje en mayor medida, hipertrofiándose y culminando en una función disminuida del miocardio, inicio del fallo cardíaco. Como la función miocárdica está disminuida, el sistema cardiovascular se encuentra dañado y, en consecuencia, existe una restricción del flujo sanguíneo, por lo que el transporte de oxígeno y nutrientes no pueden suplir las necesidades fisiológicas del organismo, y el

corazón se ve forzado a trabajar más rápido (taquicardias y fatiga) que puede concluir con congestión pulmonar, retención de líquidos y arritmias (Pinckard et al., 2019).

Otra causa que podría afectar al aumento del riesgo cardiovascular por exceso de tejido adiposo (sobrepeso u obesidad) sería la sobrecarga metabólica del corazón que puede ocurrir sin aparición de hipertensión. Se cree que, en presencia de resistencia a la insulina, existe una ineficiencia de la β -oxidación (proceso de obtención de energía de los ácidos grasos) en la matriz mitocondrial y una acumulación de ácidos grasos en el miocardio. Debido a esto, se crea una lipotoxicidad por exceso de ácidos grasos y metabolitos lipídicos que conlleva a una disfunción cardíaca. Así, la resistencia a la insulina hace que el tejido muscular cardíaco tenga dificultades a la hora de obtener energía a través de la glucosa (Pinckard et al., 2019).

De la misma manera, sabemos que la causa más común de enfermedad cardiovascular es la aterosclerosis. En esta patología, los niveles circundantes de colesterol LDL y triglicéridos se encuentran aumentados, causando una formación de placas entre las células endoteliales en las paredes de las arterias, estas placas en una situación normal serían eliminadas por los leucocitos, sin embargo, en personas obesas o con riesgo cardiovascular aumentado, el colesterol LDL se oxida causando una adhesión de las células endoteliales. En respuesta a estas placas, los macrófagos recogen el LDL oxidado y lo transforman en lo que se conoce como célula espumosa, que secretan factores que promueven la formación de placas adyacentes, así creando unas paredes de placas que impiden el flujo sanguíneo en las arterias y pueden conllevar a una trombosis que en la misma arteria o en otras de menor diámetro resulten en infarto de miocardio, embolia o fallo cardíaco (Pinckard et al., 2019).

Entonces, una vez que conocemos los mecanismos por los que se aumenta el riesgo cardiovascular en la población, ahora vamos a explicar los mecanismos por los cuales el ejercicio físico mejora esta condición (Pinckard et al., 2019):

- El ejercicio físico aumenta la biogénesis mitocondrial (aumento del tamaño y número de mitocondrias) en los adipocitos, miocitos y cardiomiocitos. También, aumentando el transporte de oxígeno en estas células mediante vasodilatación y angiogénesis (formación de vasos sanguíneos a través de otros existentes), protegiendo al organismo del daño cardíaco por isquemia-reperfusión (por un aumento de la perfusión cardíaca), causando un efecto antiinflamatorio que regula la inflamación presente en personas con riesgo cardiovascular (normalmente personas obesas o con sobrepeso), este efecto particularmente mediado por las mioquinas segregadas por el tejido musculoesquelético durante la actividad física. Y, por último, aumentando la captación de glucosa y sensibilidad a la insulina.

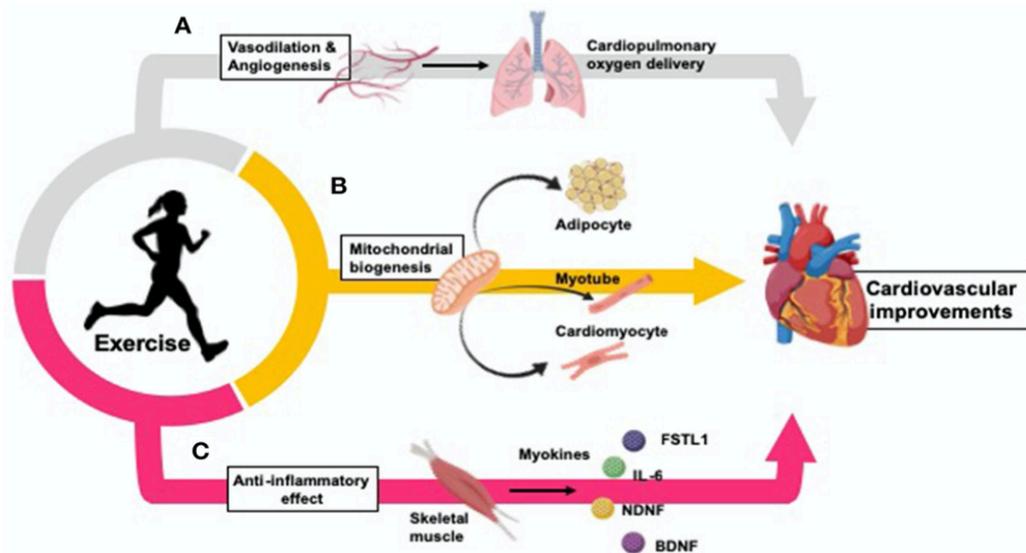


Figura 5. El ejercicio físico mejora la salud cardiovascular mediante tres mecanismos principales Adaptado de “Effects of Exercise to improve Cardiovascular Health”, por Pinckard et al. (2019), *Frontiers in Cardiovascular Medicine* 6:69.

- El ejercicio físico y la mejora de la Oligo o anovulación:

Parece ser que uno de los mecanismos por los que el ejercicio físico afecta a la ovulación es vía modulación del eje hipotalámico-pituitario-gonadal (HPG) debido al incremento de actividad en el eje hipotalámico-pituitario-adrenal (HPA). En mujeres obesas (con o sin SOP) se ha visto que el ejercicio físico reduce los niveles de glucosa e insulina causando una restauración del eje HPA que regula la ovulación (Hakimi & Cameron, 2017).

Se ha observado que la asociación entre IMC, ejercicio físico y ovulación es una relación de U invertida, de tal manera que, las mujeres que se encuentren en los extremos (sedentarismo y/o malos hábitos, y mujeres con síndrome de sobreentrenamiento) tendrán irregularidades en la ovulación (Oligo o anovulación) (Hakimi & Cameron, 2017).

Hay dos vías por las que el ejercicio físico actúa en la ovulación, una de manera negativa y otra de manera positiva, las mencionan Hakimi y Cameron (2017) en su metaanálisis:

1. El ejercicio físico puede inducir o agravar problemas en la ovulación:
 - a. El ejercicio físico de alta intensidad (intensidad relativa al tipo de deporte, que podría ser alta carga en ejercicio de fuerza o un alto porcentaje de VO₂máx durante altos periodos de tiempo donde este no se puede mantener) sumado a descansos insuficientes o mala alimentación o ambos, está relacionado con la aparición de irregularidades en la ovulación.
 - b. Parece ser que el detonante principal de que la actividad física de alta intensidad provoque irregularidades en la ovulación es el déficit calórico severo, debido a la suma de una alto volumen y frecuencia de entrenamiento y una ingesta insuficiente en estas mujeres. De esta manera, cuando ajustamos la ingesta calórica a esa actividad física de alta intensidad, con los descansos adecuados, no debería haber una irregularidad en la ovulación en nuestra deportista.

2. El ejercicio físico puede ser un tratamiento efectivo de la Oligo o Anovulación:
 - a. Todos los estudios en mujeres con SOP, comparadas con un grupo control que no realizaba actividad física, que realizaban AF como tratamiento mejoraban significativamente en el parámetro de ovulación (recuperando una “regularidad” en el ciclo menstrual).
 - b. También, se vio que el parámetro de ovulación mejoraba aún sin haber una pérdida de peso en las mujeres que realizaban actividad física. Asimismo, en otros estudios, las mejoras eran mayores en el grupo de actividad física, comparado con el grupo de dieta (donde aplicaba déficit calórico), debido a que a parte de mejorar la ovulación mejoraba parámetros que afectaban a esta secundariamente como: resistencia a la insulina, reducción de la grasa visceral y reducción de los triglicéridos libres en sangre.
 - c. Otro punto clave que se vio en este metaanálisis fue que los programas de actividad física, comparados con los de solamente déficit calórico inducido por la dieta, tenían una tasa de abandono mucho menor que el de dieta únicamente.

Una vez contextualizada la relación entre la ovulación y la actividad física, vamos a explicar brevemente los mecanismos por los que la actividad física mejora o restaura esta condición.

En primer lugar, debemos saber que la resistencia a la insulina parece ser la culpable de que se produzca Oligo o anovulación, debido a que se ha observado que, mejorando la sensibilidad a la insulina, se restaura el correcto funcionamiento de la esteroidogénesis a rangos normales. Como ya hemos explicado antes, la actividad física mejora la sensibilidad a la insulina consiguiendo dicho resultado, de esta manera podemos establecer una relación entre la mejora de la resistencia a la insulina y la mejora o restauración del ciclo menstrual (Hakimi & Cameron, 2017):

En la figura de la derecha, encontramos como una mejora del IMC y una mejora de la sensibilidad a la insulina, mejora la SHBG y restaura el funcionamiento correcto de la esteroidogénesis, de esta manera, se restaura el ciclo menstrual y se mejora la ovulación.

Figura 6. Resumen de los mecanismos propuestos por los que el ejercicio restauraría la ovulación. Adaptado de "Effect of Exercise on Ovulation: A Systematic Review", por Hakimi & Cameron (2017), *Sports Med* 47, 1555–1567.

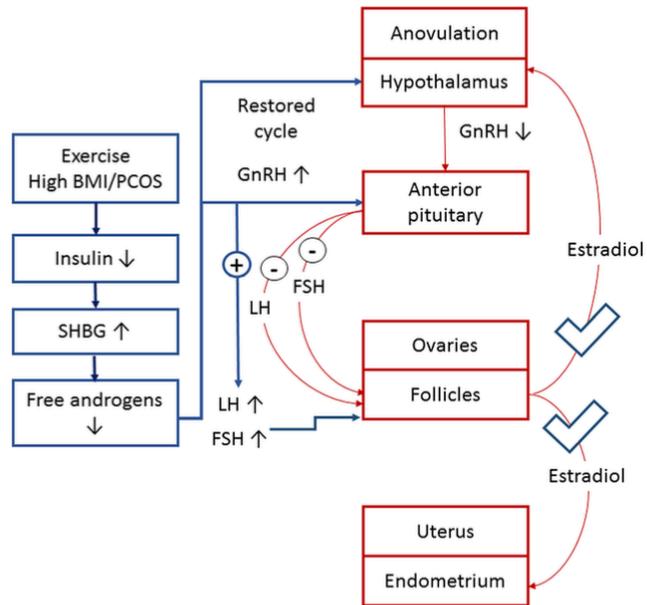


Fig. 3 Proposed summary of the mechanism by which exercise restores ovulation (blue) in overweight and obese women with ovulatory disorders such as PCOS (anovulation is in red). The component of the figure depicting the regulation of ovulation by the hypothalamus and pituitary gland (black) was adapted from OpenStax, *Anatomy and Physiology* in accordance with Creative Commons Attribution License [55]. *BMI* body-mass index, *PCOS* polycystic ovary syndrome, *GnRH* gonadotropin-releasing hormone, *SHBG* sex hormone binding globulin, *FSH* follicle stimulating hormone, *LH* luteinizing hormone. The arrows represent an increase (↑) or decrease (↓) in the hormone's levels

2.3. Evaluación de la evidencia y propuestas de mejora

Si bien es cierto que existe evidencia sobre la actividad física y la mejora del SOP, ya este el grupo de actividad física comparado con un grupo control (que no realiza tratamiento); un grupo de dieta sin actividad física (normalmente donde se consigue un déficit calórico); un grupo de dieta y actividad física o una comparación de varios grupos de los anteriores, existen limitaciones graves en muchos de los estudios publicados.

Dentro de las diversas limitaciones de los estudios, encontramos muchas que son graves, siendo difícil confiar en los resultados de dichos estudios, estas limitaciones, donde también entrarían los sesgos, serían:

- No reportar parámetros que se iban medir en un principio porque, al no tener un resultado significativo, no se mencionan.
- Realizar comparaciones de actividad física y/o un grupo control y/o un grupo de dieta únicamente. El problema de ésta es que prácticamente no hay estudios que comparen tipos de actividad física entre sí, e imposibilita saber cuál es el tipo que más conviene trabajar, es decir, el tipo de actividad física que debería tener mayor volumen en nuestra programación.

- Otro problema que surge en prácticamente todos los estudios, es que no se controla la dieta, ni en el grupo control ni en el de actividad física. Esto supone un problema, ya que, los parámetros pueden verse afectados por la dieta, y por esto mismo, los grupos que obtienen mejores resultados son los que combinan dieta y actividad física.
- También es común encontrar estudios donde el volumen por semana de actividad física sea muy bajo, esto supone un problema ya que el entrenamiento supone un estímulo suficiente cuando el volumen, frecuencia e intensidad están adecuadamente controlados. Al igual que un alto volumen de entrenamiento que no sigue los descansos adecuados (lo cual afectará al volumen total de entrenamiento) es una mala estrategia, también lo sería aplicar un volumen de trabajo bajo (120' de actividad física moderada a la semana / 50' de actividad física intensa a la semana) ya que no conseguimos que el entrenamiento tenga un efecto lo suficientemente significativo en la persona.
- De la misma manera, en la búsqueda bibliográfica encontramos muchos estudios donde la actividad física es autoreportada, esto no tiene sentido a no ser que la muestra sea tan grande que sea inviable citar a todas esas personas. En este sentido, estamos confiando en que las personas harán correctamente el plan de entrenamiento (con buena técnica, descansos, series, repeticiones, etc.) y supone una limitación muy grande a la hora de sacar resultados, esto no quiere decir que el estudio no sea válido, pero hay que tenerlo en cuenta. Asimismo, cuando la AF es autoreportada nos arriesgamos a que la persona pueda lesionarse ya que no tiene a un profesional de la actividad física para asesorarla en los ejercicios.
- La evidencia en cuanto a la actividad física interválica de alta intensidad y de fuerza en mujeres con SOP, necesita de mayor investigación para tener resultados esclarecedores que apoyen o discutan los resultados actuales. Se cree que el tejido adiposo responde mejor que otros tejidos lipídicos porque posee mayor cantidad de unos receptores denominados receptores alfa-adrenérgicos los cuales responden mejor al ejercicio de fuerza y alta intensidad, aumentando la lipólisis en el mismo. Este último punto no ha sido estudiado en las mujeres con SOP y sería de gran ayuda para mejorar este síndrome.
- Asimismo, muchas “guidelines” pasan por alto las limitaciones anteriores, a la vez que utilizan estudios observacionales (que tienen poca calidad y un gran riesgo de sesgo en este ámbito) para realizar las recomendaciones a esta población.

Una vez comentados los puntos anteriores, en mi opinión, los nuevos estudios sobre el abordaje de la actividad física en esta patología, pueden tener varias futuras direcciones. Una de ellas, sería la de comparar grupos de actividad física de distintos tipos (con dieta controlada) y sacar conclusiones sobre cual sería la mejor estrategia a seguir. Otra, sería el estudio del efecto que tiene la actividad física en el tejido adiposo, ya que es el más metabólicamente activo de estos tipos de tejidos y el que causa mayores problemas en la salud, también en los parámetros de resistencia a la insulina e hiperandrogenismo en la mujer con SOP. Asimismo, se deben estudiar los efectos de los sensibilizadores de insulina (de los que hablaremos más adelante) más la realización de actividad física en comparación con los sensibilizadores de insulina únicamente. Por otro lado, no utilizar la

actividad física autoreportada como estrategia a seguir en los estudios, esto hace que la confianza en dichos estudios baje drásticamente, mucho más cuando no se controla la dieta.

En resumen, la evidencia es muy favorable a que la actividad física sea uno de los tratamientos que deben aplicarse para mejorar o revertir la sintomatología del Síndrome de Ovario Poliquístico, sin embargo, es necesario mejorar la cantidad y calidad de los estudios para evitar, en la medida de lo posible, que estos no tengan limitaciones y podamos confiar en sus resultados.

2.4. Propuesta de una planificación de entrenamiento

Para poder realizar una planificación de entrenamiento donde las variables de este (volumen, frecuencia e intensidad) estén controladas, debemos saber cuál será el abordaje de estas variables durante la duración de un mesociclo, que en esta propuesta será de 4 meses y 2 semanas, donde mezclaremos una periodización lineal con una de bloques.

Explicaremos cada bloque por separado, de esta manera, tendremos 3 meses de un bloque de acumulación (recordemos que esta planificación posee características de una planificación de bloque y una tradicional), 1 mes de un bloque de intensificación y 1 o 2 semanas de un bloque de realización. En el bloque de volumen se creará una base técnica de los ejercicios a realizar, junto con una base aeróbica y de fuerza para poder realizar un bloque de intensificación donde las cargas serán más altas. Por último, la semana o semanas de realización tienen como objetivo medir el progreso de la carga durante este mesociclo para poder establecer los nuevos objetivos y para que la persona observe su progreso durante esta etapa.

BLOQUE DE ACUMULACIÓN

En este bloque que durará 3 meses vamos a realizar un aumento progresivo del volumen de entrenamiento, el volumen se medirá en series por grupo muscular por semana (gp/semana). La intensidad se medirá por medio del método RIR (repeticiones en reserva) que es un modelo que incluye la RPE (percepción del esfuerzo) y se planifica en torno a la fatiga central que genera un ejercicio, como periférica (fallo mecánico muscular). Este método es el más efectivo cuando los objetivos de la planificación son la ganancia de masa muscular o pérdida de peso, que realmente “van de la mano” sobretodo cuando hablamos de actividad física enfocada a la salud. Asimismo, la frecuencia de entrenamiento será de 5 días en semana donde se mezclarán 2 días de Full-Body (explicaremos más adelante porqué se utiliza este método y no se realiza un método de rutinas divididas), 2 días de actividad física aeróbica y 1 día de HIIT (Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad). Hemos escogido los tres tipos de actividad física porque tienen estímulos diferentes y en esta población parece lo más adecuado, sin embargo, como comentaremos más adelante, si el objetivo de la persona fuera tanto en salud como en estética podríamos cambiar la planificación (en caso de que los síntomas del SOP estén controlados o hayan remitido) hacia una enfocada a la hipertrofia, donde se trabajaría rutinas divididas en consonancia con otros métodos de hipertrofia.

Una vez explicado en que consistirá este bloque, vamos a pasar a describir como sería la progresión en volumen del mismo:

- Full-Body

En cuanto al volumen, las primeras dos semanas trabajaríamos 12 series por gp/semana (aproximado ya que la rutina incluirá muchos ejercicios globales) que aumentaríamos a 14 series por gp/semana de la semana 3 a la 5, y un último aumento a 16 series por gp/semana de la semana 6 a la 8.

La intensidad por otra parte, estará situada en un RIR 3-4 (que sería un valor de RPE equivalente al 6-7) durante todo el bloque.

La frecuencia de entrenamiento será de dos días por semana como hemos hablado anteriormente.

*Los ejercicios propuestos se expondrán más adelante.

- Actividad aeróbica

La actividad aeróbica las 4 primeras semanas estará enfocada en actividad aeróbica extensiva, no superando el umbral anaeróbico durante las sesiones.

Ambas sesiones serán de 15' de trote/carrera/caminando al 45% de la FCreserva ($FCreserva = FCmáx - FCbasal$) * $\%FCreserva\ objetivo + FCbasal$), y 45' de trote/carrera/caminando al 60% de la FCreserva.

*Se especifica: trote/carrera/caminando porque dependiendo de la forma física de la persona llegará a la intensidad requerida de alguna de esas tres formas. De esta manera, una persona que tengo una forma física muy pobre, solo caminando llegará a su 65 e incluso 75% de su FCreserva.

Las 4 segundas semanas se aumentará un 5% cada rango.

- HIIT

La sesión única de HIIT a la semana tendrá como objetivo que la persona realice dicha sesión en poco tiempo debido a su alto componente anaeróbico. Se conseguirá mediante un circuito de rango 1:3, donde el descanso durará el triple que la parte activa, durante las 4 primeras semanas y 1:2 durante las 4 últimas de este bloque.

*Los ejercicios propuestos se expondrán más adelante.

BLOQUE DE INTENSIFICACIÓN

- Full-Body

Al contrario que en el bloque de volumen, cada semana bajaremos una serie por gp/semana durante las 4 semanas. Así, en la semana 4 de este mes de intensificación, volveremos a 12 series por gp/semana como al principio del bloque de acumulación.

Sin embargo, la intensidad aumentará en las dos primeras semanas a RIR 2-3 (RPE 7-8) y en las dos últimas a RIR 1-2 (RPE 8-9). Sin llegar al fallo muscular, pero estando muy cerca de él (lo explicaremos más adelante).

- Actividad aeróbica

Las dos primeras semanas realizaremos un entrenamiento interválico extensivo. Comenzamos con un calentamiento de 15' al 55% FCreserva de trote/carrera/caminando y le seguirán intervalos 2 intervalos de 20' al 70% FCreserva y 5' al 85% FCreserva.

Las dos últimas semanas realizaremos un entrenamiento interválico intensivo. Comenzamos con un calentamiento de 15' al 55% FCreserva de trote/carrera/caminando, después, intervalos 3 intervalos de 5' al 85% FCreserva y 1' al 95% FCreserva.

- HIIT

Realizaremos los mismos ejercicios que la vez anterior, pero con un rango 1:1 durante todo el bloque.

BLOQUE DE REALIZACIÓN

En esta semana de realización, trataremos de bajar el volumen de trabajo más que en el bloque anterior. Eliminaremos un día de trabajo aeróbico y de HIIT, la intensidad será menor a su vez. En varios ejercicios de full-body testaremos la progresión mediante un AMRAP (todas las repeticiones posibles en una serie a una carga dada) diremos que, según el progreso, la carga se ajuste a unas 5 repeticiones (podrían ser a más o a menos) donde la sexta repetición se fallaría. Aunque para ser exactos es necesario realizar esto en un caso práctico, ya que depende la progresión.

- Full-body

Haremos AMRAP de varios ejercicios, esto se plasmará más en el punto siguiente de la planificación. Calentamiento + serie de aproximación y serie AMRAP.

- Actividad aeróbica

Bajaremos a 1 día de actividad aeróbica, en este día realizaremos un calentamiento de 15' al 55% FCreserva y 45' al 60%FCreserva, si la persona tiene reloj deportivo, podrá medir la distancia ha hecho respecto a la primera vez que se realizó este ejercicio en el bloque de acumulación, también, podrá medir otros parámetros como velocidad media (por km), etc.

Objetivos del programa de entrenamiento

Una vez explicado el programa de entrenamiento, no podemos obviar cuales son los objetivos que preceden esta planificación. Estos son varios, ya hemos comentado anteriormente parámetros que se mejoran con la realización de actividad física y nosotros deberíamos conseguirlos con nuestras deportistas, de esta manera, los objetivos serían:

- Mejorar la composición corporal mediante una reducción del tejido adiposo y un aumento de la masa muscular, mediante el entrenamiento de fuerza preferentemente, acompañado de ejercicio aeróbico.
- Mejorar la sensibilidad a la insulina con el fin de mejorar los síntomas de hiperandrogenismo y viceversa.
- Recuperar y/o regular el ciclo menstrual.
- Mejorar la capacidad cardiovascular, como hemos visto anteriormente es un marcador de mortalidad por todas las causas.
- Mejorar la calidad de vida mediante la adquisición de hábitos de vida saludables.
- Mejorar la condición de SOP, mediante los objetivos anteriores, para mejorar o evitar, a su vez, la aparición de otras comorbilidades como pueden ser: obesidad, Diabetes Tipo 2, enfermedad cardiovascular, etc.

Por último, debemos adaptar tanto la planificación del entrenamiento, como los entrenamientos mismos, al ciclo menstrual y a los diversos efectos de la etapa premenstrual en la mujer. A modo de resumen, la siguiente tabla propuesta por Muñoz López et al. (2019) puede servir de guía para ello:

	FASE FOLICULAR	OVULACIÓN	FASE LÚTEA
INTENSIDAD (% 1RM)	ALTA	ALTA A MÁXIMA	MUY ALTA HASTA PRE-MENSTRUACIÓN MEDIA EN PRE-MENSTRUACIÓN
VOLUMEN (SERIES X REPS)	MODERADO A ALTO	MODERADO A ALTO	MODERADO
DESCANSOS ENTRE SERIES	CORTOS	MODERADOS A LARGOS	MODERADOS
FRECUENCIA (ENTRENOS/SEMANAS)	MEDIA A ALTA	ALTA A MÁXIMA	MEDIA A ALTA
CARGA TOTAL DE ENTRENAMIENTO	+++	++++	+++++ HASTA PRE-MENSTRUACIÓN +++ EN PRE-MENSTRUACIÓN

DURANTE LA MENSTRUACIÓN TODAS LAS VARIABLES PUEDEN AFRONTARSE DE MANERA MODERADA, DEPENDIENDO DE LA SENSIBILIDAD DE CADA MUJER A ELLA

Figura 7. Consideraciones del ciclo menstrual en la planificación de entrenamiento. Adaptado de “Entrenamiento y nutrición adaptados al ciclo menstrual”, por Muñoz López et al. (2019) *NATISS*, Número 7, p.56-74.

PLANIFICACIÓN

- Primera parte del bloque de volumen

BLOQUE DE VOLUMEN												
Semana	Dia 1					Dia 2						
	Ejercicio	Series	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR	Ejercicio	Series	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR
1	Sentadilla trasera	3	10	.	.		Sentadilla trasera	3	10	.	.	
	Dominadas	3	10	.	.		Press militar con barra	3	12	.	.	
	Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.		Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.	
	Sentadilla búlgara	3	12	.	.	3-4	Remo con barra	3	10	.	.	3-4
	Remo con barra	3	12	.	.		Press de banca inclinado	3	12	.	.	
	Press de banca	3	10	.	.		Peso muerto rumano	3	10	.	.	
2	Peso muerto rumano	3	12	.	.		Hack squat	3	12	.	.	
	Ejercicio	Series	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR	Ejercicio	Series	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR
	Sentadilla trasera	3	10	.	.		Sentadilla trasera	3	10	.	.	
	Dominadas	3	10	.	.		Press militar con barra	3	12	.	.	
	Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.		Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.	
	Sentadilla búlgara	3	12	.	.	3-4	Remo con barra	3	10	.	.	3-4
Remo con barra	3	12	.	.		Press de banca inclinado	4	12	.	.		
Press de banca	3	10	.	.		Peso muerto rumano	3	10	.	.		
Peso muerto rumano	3	12	.	.		Hack squat	3	12	.	.		

Volumen	Dia 1										TOTAL
	Ejercicios	Jalón al pecho con agarre prono	Dominadas	Sentadilla trasera	Sentadilla búlgara	Remo con barra	Press de banca	Peso muerto rumano	Press de banca	Peso muerto rumano	
Grupo muscular	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6
Cuádriceps	3										6
Erectores	3										6
Glúteos	3										6
Aductores	3										6
Hombros	3										6
Retradores escapulares	3										6
Femorales	3										6
Dorsales	3										6
Biceps	3										6
Triceps	3										6
Pectoral mayor	3										6

Volumen	Dia 2										TOTAL
	Ejercicios	Press militar con barra	Jalón al pecho con agarre prono	Remo con barra	Press de banca inclinado	Peso muerto rumano	Press de banca	Peso muerto rumano	Hack Squat	Peso muerto rumano	
Grupo muscular	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6
Cuádriceps	3										6
Erectores	3										6
Glúteos	3										6
Aductores	3										6
Hombros	3										6
Retradores escapulares	3										6
Femorales	3										6
Dorsales	3										6
Biceps	3										6
Triceps	3										6
Pectoral mayor	3										6

Volumen Semanal Total	
Cuádriceps	12
Erectores	12
Glúteos	18
Aductores	6
Hombros	15
Retradores escapulares	12
Femorales	9
Dorsales	15
Biceps	9
Triceps	15
Pectoral mayor	12

Dia de HIIT	
Circuito 1 - Se repite 1 vez	
1º Ejercicio	Flexiones
Descanso	20"
2º Ejercicio	Jumping jacks
Descanso	20"
3º ejercicio	Plancha dinámica
Descanso	20"
4º ejercicio	Salto al cajón
Descanso	20"
5º ejercicio	Abdominales en V
Descanso 5'	20"

*el entrenamiento aeróbico no aparece debido a que está explicado en la parte anterior.

■ Segunda parte del bloque de volumen

Semana	Ejercicio	Series	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR	Ejercicio	Series	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR
3	Sentadilla trasera	4	8	.	.		Sentadilla trasera	3	8	.	.	
	Dominadas	3	8	.	.		Press militar con barra	3	12	.	.	
	Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.		Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.	
	Sentadilla búlgara	4	12	.	.	3-4	Remo con barra	3	8	.	.	3-4
	Remo con barra	3	12	.	.		Press de banca inclinado	4	12	.	.	
	Press de banca	3	8	.	.		Peso muerto rumano	3	8	.	.	
	Peso muerto rumano	4	12	.	.		Hack squat	3	12	.	.	
	Ejercicio	Series	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR	Ejercicio	Series	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR
4	Sentadilla trasera	4	8	.	.		Sentadilla trasera	3	8	.	.	
	Dominadas	3	8	.	.		Press militar con barra	3	12	.	.	
	Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.		Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.	
	Sentadilla búlgara	4	12	.	.	3-4	Remo con barra	3	8	.	.	3-4
	Remo con barra	3	12	.	.		Press de banca inclinado	4	12	.	.	
	Press de banca	3	8	.	.		Peso muerto rumano	3	8	.	.	
	Peso muerto rumano	4	12	.	.		Hack squat	3	12	.	.	
	Ejercicio	Series	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR	Ejercicio	Series	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR
5	Sentadilla trasera	4	8	.	.		Sentadilla trasera	3	8	.	.	
	Dominadas	3	8	.	.		Press militar con barra	3	12	.	.	
	Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.		Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.	
	Sentadilla búlgara	4	12	.	.	3-4	Remo con barra	3	8	.	.	3-4
	Remo con barra	3	12	.	.		Press de banca inclinado	4	12	.	.	
	Press de banca	3	8	.	.		Peso muerto rumano	3	8	.	.	
	Peso muerto rumano	4	12	.	.		Hack squat	3	12	.	.	
	Ejercicio	Series	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR	Ejercicio	Series	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR

Volumen	DIA 1						DIA 2						TOTAL		
Grupo muscular	Sentadilla trasera	Dominadas	Jalón al pecho con agarre prono	Sentadilla búlgara	Remo con barra	Press de banca	Sentadilla trasera	Dominadas	Jalón al pecho con agarre prono	Sentadilla búlgara	Remo con barra	Press de banca	Hack Squat	Peso muerto rumano	TOTAL
Cuádriceps	4			4											8
Erectores	4			4											8
Glúteos	4			4											12
Aductores	4														4
Hombros		3													7
Retractores escapulares															8
Femorales		3		4											8
Hombros		3													6
Bíceps		3													6
Tríceps		3													6
Pectoral mayor															6

Volumen	DIA 1						DIA 2						TOTAL		
Grupo muscular	Sentadilla trasera	Dominadas	Jalón al pecho con agarre prono	Sentadilla búlgara	Remo con barra	Press de banca	Sentadilla trasera	Dominadas	Jalón al pecho con agarre prono	Sentadilla búlgara	Remo con barra	Press de banca	Hack Squat	Peso muerto rumano	TOTAL
Cuádriceps	3														6
Erectores	3														6
Glúteos	3														9
Aductores	3														3
Hombros		3													10
Retractores escapulares															6
Femorales		3		3											6
Hombros		3													10
Bíceps		3													6
Tríceps		3													6
Pectoral mayor															7

Volumen Semanal Total

Cuádriceps	14
Erectores	14
Glúteos	21
Aductores	7
Hombros	16
Retractores escapulares	13
Femorales	11
Dorsales	15
Bíceps	9
Tríceps	16
Pectoral mayor	13

Dia de HIIT	
1º Ejercicio	Flexiones 20"
Descanso	1'
2º Ejercicio	Jumping Jacks 20"
Descanso	1'
3º Ejercicio	Plancha dinámica 20"
Descanso	1'
4º Ejercicio	Salto al cajón 20"
Descanso	1'
5º Ejercicio	Abdominales en V 20"
Descanso 5'	

*en la semana 5 se empezaría la programación de HIIT ratio 1:2 que se expondrá en el punto siguiente.

■ Tercera parte del bloque de volumen

Semana	Ejercicio	Series	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR	Ejercicio	Series	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR
6	Sentadilla trasera	4	6	.	.	.	Sentadilla trasera	4	6	.	.	.
	Dominadas	3	6	.	.	.	Press militar con barra	3	12	.	.	.
	Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.	.	Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.	3-4
	Sentadilla búlgara	4	12	.	.	.	Remo con barra	4	6	.	.	.
	Remo con barra	3	12	.	.	.	Press de banca inclinado	4	12	.	.	.
	Press de banca	4	6	.	.	.	Peso muerto rumano	4	6	.	.	.
Semana	Ejercicio	Series	Repeticiones <td>Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> <td>Ejercicio</td> <td>Series</td> <td>Repeticiones <td>Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> </td></td></td></td></td>	Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> <td>Ejercicio</td> <td>Series</td> <td>Repeticiones <td>Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> </td></td></td></td>	Progreso <td>RIR</td> <td>Ejercicio</td> <td>Series</td> <td>Repeticiones <td>Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> </td></td></td>	RIR	Ejercicio	Series	Repeticiones <td>Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> </td></td>	Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> </td>	Progreso <td>RIR</td>	RIR
	Sentadilla trasera	4	6	.	.	.	Sentadilla trasera	4	6	.	.	.
	Dominadas	3	6	.	.	.	Press militar con barra	3	12	.	.	.
	Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.	.	Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.	3-4
	Sentadilla búlgara	4	12	.	.	.	Remo con barra	4	6	.	.	.
	Remo con barra	3	12	.	.	.	Press de banca inclinado	4	12	.	.	.
7	Press de banca	4	6	.	.	.	Peso muerto rumano	4	6	.	.	.
	Peso muerto rumano	4	12	.	.	.	Hack squat	3	12	.	.	.
	Ejercicio	Series	Repeticiones <td>Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> <td>Ejercicio</td> <td>Series</td> <td>Repeticiones <td>Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> </td></td></td></td></td>	Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> <td>Ejercicio</td> <td>Series</td> <td>Repeticiones <td>Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> </td></td></td></td>	Progreso <td>RIR</td> <td>Ejercicio</td> <td>Series</td> <td>Repeticiones <td>Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> </td></td></td>	RIR	Ejercicio	Series	Repeticiones <td>Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> </td></td>	Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> </td>	Progreso <td>RIR</td>	RIR
	Sentadilla trasera	4	6	.	.	.	Sentadilla trasera	4	6	.	.	.
	Dominadas	3	6	.	.	.	Press militar con barra	3	12	.	.	.
	Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.	.	Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.	3-4
8	Sentadilla búlgara	4	12	.	.	.	Remo con barra	4	6	.	.	.
	Remo con barra	3	12	.	.	.	Press de banca inclinado	4	12	.	.	.
	Press de banca	4	6	.	.	.	Peso muerto rumano	4	6	.	.	.
	Peso muerto rumano	4	12	.	.	.	Hack squat	3	12	.	.	.
	Ejercicio	Series	Repeticiones <td>Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> <td>Ejercicio</td> <td>Series</td> <td>Repeticiones <td>Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> </td></td></td></td></td>	Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> <td>Ejercicio</td> <td>Series</td> <td>Repeticiones <td>Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> </td></td></td></td>	Progreso <td>RIR</td> <td>Ejercicio</td> <td>Series</td> <td>Repeticiones <td>Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> </td></td></td>	RIR	Ejercicio	Series	Repeticiones <td>Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> </td></td>	Carga (kg) <td>Progreso <td>RIR</td> </td>	Progreso <td>RIR</td>	RIR
	Sentadilla trasera	4	6	.	.	.	Sentadilla trasera	4	6	.	.	.
Dominadas	3	6	.	.	.	Press militar con barra	3	12	.	.	.	
Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.	.	Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.	3-4	
Sentadilla búlgara	4	12	.	.	.	Remo con barra	4	6	.	.	.	
Remo con barra	3	12	.	.	.	Press de banca inclinado	4	12	.	.	.	
Press de banca	4	6	.	.	.	Peso muerto rumano	4	6	.	.	.	
Peso muerto rumano	4	12	.	.	.	Hack squat	3	12	.	.	.	

Volumen Semanal Total

Cúdriceps	15
Erectores	16
Glúteos	23
Aductores	8
Hombros	17
Retradores escapulares	15
Femorales	12
Dorsales	16
Biceps	10
Triceps	17
Pectoral mayor	14

Día de HIT	
Círculo 1 - Se repite 1 vez	30"
1º Ejercicio	Flexiones
Descanso	1'
2º Ejercicio	Jumping jacks
Descanso	1'
3º Ejercicio	Plancha dinámica
Descanso	1'
4º Ejercicio	Salto al cajón
Descanso	1'
5º Ejercicio	Abdominales en V
Descanso 5'	30"

Volumen	DIA.1										TOTAL	
	Ejercidos		Ejercidos		Ejercidos		Ejercidos		Ejercidos			
Grupo muscular	Sentadilla trasera	Dominadas	Jalón al pecho con agarre prono	Sentadilla búlgara	Remo con barra	Press de banca	Peso muerto rumano					
Cúdriceps	4			4			4					8
Erectores	4						4					8
Glúteos	4			4			4					12
Aductores	4						4					4
Hombros		3			3							6
Retradores escapulares					3							3
Femorales				4								4
Dorsales		3										3
Biceps		3										3
Triceps			3									3
Pectoral mayor			3									3

Volumen	DIA.2										TOTAL	
	Ejercidos		Ejercidos		Ejercidos		Ejercidos		Ejercidos			
Grupo muscular	Sentadilla trasera	Press militar con barra	Jalón al pecho con agarre prono	Remo con barra	Press de banca inclinado	Peso muerto rumano	Hack Squat					
Cúdriceps	3					3	3					6
Erectores	3					3	3					6
Glúteos	3					3	3					9
Aductores	3					3	3					3
Hombros		3			4							10
Retradores escapulares												3
Femorales				3								6
Dorsales			3									3
Biceps			3									3
Triceps		3			4							10
Pectoral mayor			3		4							7

▪ Bloque de intensificación

BLOQUE DE INTENSIFICACIÓN												
Semana	Día 1						Día 2					
	Ejercicio	Serie	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR	Ejercicio	Serie	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR
1	Sentadilla trasera	4	6	.	.		Sentadilla trasera	3	6	.	.	
	Dominadas	3	6	.	.		Press militar con barra	3	12	.	.	
	Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.		Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.	
	Sentadilla búlgara	4	12	.	.	2-3	Remo con barra	3	6	.	.	2-3
	Remo con barra	3	12	.	.		Press de banca inclinado	4	12	.	.	
	Press de banca	3	6	.	.		Peso muerto rumano	3	6	.	.	
	Peso muerto rumano	4	12	.	.		Hack squat	3	12	.	.	
Semana	Ejercicio	Serie	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR	Ejercicio	Serie	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR
	Sentadilla trasera	4	6	.	.		Sentadilla trasera	3	6	.	.	
	Dominadas	3	6	.	.		Press militar con barra	3	12	.	.	
	Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.		Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.	
	Sentadilla búlgara	4	12	.	.	2-3	Remo con barra	3	6	.	.	2-3
	Remo con barra	3	12	.	.		Press de banca inclinado	4	12	.	.	
	Press de banca	3	6	.	.		Peso muerto rumano	3	6	.	.	
Peso muerto rumano	4	12	.	.		Hack squat	3	12	.	.		
Semana	Ejercicio	Serie	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR	Ejercicio	Serie	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR
	Sentadilla trasera	3	4	.	.		Sentadilla trasera	3	4	.	.	
	Dominadas	3	4	.	.		Press militar con barra	3	12	.	.	
	Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.		Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.	
	Sentadilla búlgara	3	12	.	.	1-2*	Remo con barra	3	4	.	.	1-2*
	Remo con barra	3	12	.	.		Press de banca inclinado	3	12	.	.	
	Press de banca	3	4	.	.		Peso muerto rumano	3	4	.	.	
Peso muerto rumano	3	12	.	.		Hack squat	3	12	.	.		
Semana	Ejercicio	Serie	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR	Ejercicio	Serie	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR
	Sentadilla trasera	3	4	.	.		Sentadilla trasera	3	4	.	.	
	Dominadas	3	4	.	.		Press militar con barra	3	12	.	.	
	Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.		Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.	
	Sentadilla búlgara	3	12	.	.	1-2*	Remo con barra	3	4	.	.	1-2*
	Remo con barra	3	12	.	.		Press de banca inclinado	3	12	.	.	
	Press de banca	3	4	.	.		Peso muerto rumano	3	4	.	.	
Peso muerto rumano	3	12	.	.		Hack squat	3	12	.	.		
4	Sentadilla trasera	3	4	.	.		Sentadilla trasera	3	4	.	.	
	Dominadas	3	4	.	.		Press militar con barra	3	12	.	.	
	Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.		Jalón al pecho con agarre prono	3	12	.	.	
	Sentadilla búlgara	3	12	.	.	1-2*	Remo con barra	3	4	.	.	1-2*
	Remo con barra	3	12	.	.		Press de banca inclinado	3	12	.	.	
	Press de banca	3	4	.	.		Peso muerto rumano	3	4	.	.	
	Peso muerto rumano	3	12	.	.		Hack squat	3	12	.	.	

Volumen	DÍA 1										TOTAL
	Ejercicios										
Grupo muscular	Sentadilla trasera	Dominadas	Jalón al pecho con agarre pronó	Sentadilla búlgara	Remo con barra	Press de banca	Peso muerto humano				
Cuádriceps	2			2							
Erectores	2						2				
Glúteos	2			2			2				
Aductores	2										
Hombros		2			2		2				
Retractores escapulares					2		2				
Femorales											
Dorsales		2	2		2		2				
Bíceps		2			2						
Tríceps			2			2					
Pectoral mayor			2			2					

Volumen	DÍA 2										TOTAL
	Ejercicios										
Grupo muscular	Sentadilla trasera	Press militar con barra	Jalón al pecho con agarre pronó	Remo con barra	Press de banca inclinado	Peso muerto humano	Hack Squat				
Cuádriceps	2						2				
Erectores	2					2					
Glúteos	2					2					
Aductores	2										
Hombros		2		2							
Retractores escapulares				2		2					
Femorales											
Dorsales			2	2		2					
Bíceps											
Tríceps		2				2					
Pectoral mayor					2						

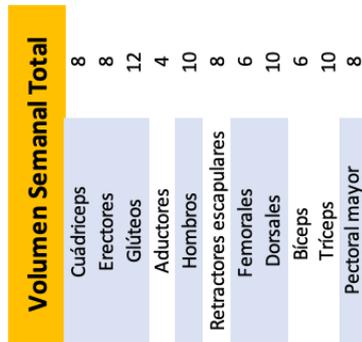
Día de HIIT		
Círculo 1 - Se repite 1 vez		
1º Ejercicio	Flexiones	30"
Descanso		30"
2º Ejercicio	Jumping jacks	30"
Descanso		30"
3º ejercicio	Plancha dinámica	30"
Descanso		30"
4º ejercicio	Salto al cajón	30"
Descanso		30"
5º ejercicio	Abdominales en V	30"
Descanso 7'		

Volumen Semanal Total

Cuádriceps	14
Erectores	14
Glúteos	21
Aductores	7
Hombros	16
Retractores escapulares	13
Femorales	11
Dorsales	15
Bíceps	9
Tríceps	16
Pectoral mayor	13

▪ Bloque de realización

BLOQUE DE REALIZACIÓN												
Semana	Día 1						Día 2					
	Ejercicio	Serie	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR	Ejercicio	Serie	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR
1	Sentadilla trasera	2	6	.	.		Sentadilla trasera	2	6	.	.	
	Dominadas	2	6	.	.		Press militar con barra	2	12	.	.	
	Jalón al pecho con agarre prono	2	12	.	.	3-4	Jalón al pecho con agarre prono	2	12	.	.	3-4
	Sentadilla búlgara	2	12	.	.		Remo con barra	2	6	.	.	
	Remo con barra	2	12	.	.		Press de banca inclinado	2	12	.	.	
	Press de banca	2	6	.	.		Peso muerto rumano	2	6	.	.	
	Peso muerto rumano	2	12	.	.		Hack squat	2	12	.	.	
Semana	Ejercicio	Serie	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR	Ejercicio	Serie	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR
	Sentadilla trasera						Sentadilla trasera	1	.	.	.	
	Dominadas	1	.	.	.		Press militar con barra					
	Jalón al pecho con agarre prono						Jalón al pecho con agarre prono	1	.	.	.	AMRAP
	Sentadilla búlgara						Remo con barra					
	Remo con barra						Press de banca inclinado	1	.	.	.	
	Press de banca	1	.	.	.		Peso muerto rumano	1	.	.	.	
Peso muerto rumano						Hack squat						
2	Ejercicio	Serie	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR	Ejercicio	Serie	Repeticiones	Carga (kg)	Progreso	RIR
	Sentadilla trasera						Sentadilla trasera	1	.	.	.	
	Dominadas	1	.	.	.		Press militar con barra					
	Jalón al pecho con agarre prono						Jalón al pecho con agarre prono	1	.	.	.	AMRAP
	Sentadilla búlgara						Remo con barra					
	Remo con barra						Press de banca inclinado	1	.	.	.	
	Press de banca	1	.	.	.		Peso muerto rumano	1	.	.	.	
Peso muerto rumano						Hack squat						



Como ya hemos explicado anteriormente, el bloque de realización sirve como *deload* (técnica donde se reduce el volumen y, a veces, intensidad, para que el cuerpo descanse y no “caiga” en sobretrenamiento) con un AMRAP de los ejercicios señalados en la última semana a modo de ver la progresión en la carga a lo largo del mesociclo. La columna de progreso es el porcentaje de carga que se sube o se baja en el mismo ejercicio la semana siguiente.

- Consideraciones sobre el plan de entrenamiento

Este tipo de trabajo tienen algunos puntos fuertes, debido a lo hablado en el punto de actividad física y resistencia a la insulina, puede ser que el trabajo de rutinas divididas (ya sea dividiendo el entrenamiento en tren superior o inferior; o tracción y empuje, etc.) no sea la mejor opción, en un principio, en la mejora de la sintomatología del SOP, debido a que trabajar grupos musculares de manera aislada puede hacer que se aumente la resistencia a la insulina en los grupos musculares no trabajados en la sesión. Por esto, se propone una rutina full-body, en parte debido a que solo tenemos dos días para trabajar fuerza, en una planificación de rutinas divididas tendríamos que aumentar la frecuencia de entrenamiento. Por otra parte, el full-body nos permite aumentar el volumen de entrenamiento semanal y trabajar la mayoría de grupos musculares en una sesión mediante ejercicios globales, de esta manera, el aumento de la sensibilidad a la insulina será mayor y no será selectivo.

Por otro lado, quizás no sea lo más adecuado llegar al fallo muscular durante muchas sesiones debido a lo explicado en el punto de actividad física y la mejora de la resistencia a la insulina, por esto, solo llegaremos al fallo durante los AMRAPs en la última semana de realización, y solo en algunos ejercicios. Así, en las dos últimas semanas del bloque de intensificación el RIR (que se encuentra con un “*”) ser de 1-2, en este RIR no se debería llegar al fallo muscular, pero si estar cerca él. Se debería realizar un seguimiento de la resistencia a la insulina durante esta fase, también, recordar que al terminar el entrenamiento se produce un empeoramiento de la IR agudo pero que se recupera entre 6 y 24h.

2.5. ¿Cómo evaluar el programa de entrenamiento?

Una vez propuesto el programa de entrenamiento es necesario explicar como haríamos una evaluación de los entrenamientos propuestos para saber si nuestro plan tiene un efecto positivo en la persona que lo realiza y cómo podríamos mejorar dicho plan, de manera que sea lo más óptimo para nuestra deportista. Tenemos dos formas de saber si el plan de entrenamiento tiene un efecto positivo:

Por un lado, la mejora en el entrenamiento propiamente, al mejorar la técnica del gesto (algo que se observa claramente en una rutina full-body, ya que los ejercicios multiarticulares requieren de mayor tiempo para perfeccionar la técnica que en gestos asilados) en cada ejercicio, y al aumentar la fuerza (relación sistema nervioso-fibra muscular) y sección transversal del músculo, permitirá a la persona aumentar el peso en los ejercicios (aumento de volumen y reducción de RPE a una misma intensidad), prácticamente cada semana en caso de ser principiante, siendo este el principal signo de mejora en relación a los días de full-body del plan de entrenamiento. Asimismo, la mejora de la capacidad cardiovascular se vería reflejada en aumentar la distancia recorrida a unas mismas pulsaciones o tiempo o, de otra manera, recorrer la misma distancia en un mismo tiempo, pero a menores pulsaciones (menor intensidad) o menor RPE. Así, la mejora de las distintas capacidades se podría observar mediante el seguimiento del progreso en el mismo plan de entrenamiento mediante la mejora de los parámetros de entrenamiento.

Por otro lado, podríamos observar las mejoras que surgen de la actividad física mediante la medición de los parámetros bioquímicos a lo largo del plan de entrenamiento. Sin embargo, necesitaríamos de trabajo multidisciplinar, de manera que la persona que

entrenemos mida, mediante el apoyo de otros profesionales de la salud, sus propios parámetros de resistencia a la insulina, hiperandrogenismo y, sin necesidad de un profesional médico en principio, la regulación de la ovulación.

Así, podemos observar y evaluar el progreso de la deportista mediante un aumento de volumen progresivo durante el bloque de volumen (tanto en subida de peso de los ejercicios como en series por grupo muscular a la semana) y aumento de la intensidad (RIR) durante los bloques siguientes con la respectiva bajada de volumen. Por otro lado, aumento del volumen en carrera durante el mismo bloque (mayor distancia en mismo tiempo, es decir se ha mantenido la intensidad, por ejemplo 70% FCreserva, pero se ha hecho más distancia en 45' respecto a la semana/as anteriores), todo esto sin comprometer la recuperación. Mediante estas mediciones en el progreso propuesto en la planificación evaluaremos si el programa está teniendo efecto en lo planificado en un principio.

Por lo tanto, en lo concerniente al propio entrenador (nosotros) debemos evaluar el plan de entrenamiento propuesto mediante la mejora en las variables de entrenamiento (aumento de volumen, del peso en ejercicio de fuerza, de la intensidad en carrera, RPE, etc.) y, también, en la mejora de los signos externos, como pueda ser una mejora en la calidad y hábitos de vida de la persona, gracias a nuestro trabajo y al de otros profesionales. Así, las evaluaciones serían continuas, tanto antes de empezar el programa (con una evaluación inicial para valorar posibles riesgos y condición física), como después (en los parámetros de entrenamiento como es lógico, porque si hacemos el trabajo bien, iremos viendo progreso a lo largo del plan de entrenamiento, así como, en los parámetros bioquímicos en caso de que la persona y otro profesional de la salud hagan un seguimiento de marcadores de resistencia a la insulina e hiperandrogenismo, principalmente) y al final del plan de entrenamiento, se seguirá evaluando para observar si se han mantenido los cambios y para valorar la posibilidad de seguir el plan de entrenamiento por otros caminos, que podrían estar enfocados a la ganancia de masa muscular como objetivo principal o la elaboración de programas que se enfoquen en otros tipos de actividad física.

3. Otros puntos a tener en cuenta

3.1. Sensibilizadores de insulina

Los principales sensibilizadores de insulina que se han investigado en el SOP son la metformina y el inositol. Por una parte, el inositol (a veces llamado Vitamina B8) es un compuesto que proviene de los azúcares, los dos estereoisómeros que se encuentran en nuestro cuerpo son el myo-inositol y el d-chiroinositol. Ha demostrado tener efectos significativos en el aumento de la sensibilidad a la insulina y, por consiguiente, del hiperandrogenismo. Por otro lado, la metformina ha sido el sensibilizador de insulina más utilizado en esta población, así como en otras poblaciones como la T2D, etc. Sin embargo, se ha relacionado a la metformina con efectos secundarios leves, en general, como pueden ser molestias gastrointestinales y aumento basal de la acidosis láctica (Fruzzetti et al., 2017).

La evidencia muestra que tanto el inositol como la metformina son sensibilizadores aptos para el SOP, sin embargo, el myo-inositol muestra tener menores efectos secundarios en relación a la metformina, siendo la mejor opción a día de hoy tanto por sus resultados

como por el bajo precio que tiene en el mercado (Fruzzetti et al., 2017; Wojciechowska et al., 2019; Zeng & Yang, 2018).

Dosis de hasta 18 g de myo-inositol parecen ser seguras, sin embargo, la dosis optima para obtener sus efectos es de 2g de myo-inositol, se puede combinar con ácido fólico (400mg) si se desea pero no es necesario (Kamenov et al., 2015; Pundir et al., 2018).

Por último, hace falta evidencia de calidad que compare los resultados de realizar actividad física y toma de inositol frente a actividad física e inositol por separada, a poder ser de myo-inositol. Sin embargo, ambos tratamientos en conjunto parecen ser el mejor tratamiento a día de hoy sin incluir cambios en la dieta.

3.2. Abordaje nutricional

Aunque en este trabajo no se van a dar pautas nutricionales, es necesario hacer referencia a los cambios en la dieta que mejoran las condiciones del Síndrome de Ovario Poliquístico. Debido a que el entrenamiento y nutrición deben ir en consonancia a los resultados que debemos obtener, pero de esto hablaremos en el punto siguiente.

En estos últimos años, se ha estudiado la posibilidad de incluir una dieta baja en carbohidratos (o dieta cetogénica), esta es un tipo de dieta se caracteriza por tener un bajo porcentaje de carbohidratos (menor la 45%) en la misma, de esta manera, la principal fuente de energía serían las grasas. Esto puede tener beneficios desde el punto de vista de la salud, sobretodo con personas que presentan resistencia a la insulina, por varias razones, la más importante es que al no haber una hiperglucemia, no se genera tanta insulina (que desembocaría en hiperinsulinemia en personas con IR) y, por tanto, esta condición se mejora (Zhang et al., 2019).

La dieta cetogénica, así como una dieta baja en carbohidratos (menos del 45%) y baja en grasas (menos 35%), han demostrado ser eficaz en revertir los síntomas del hiperandrogenismo y resistencia a la insulina en mujeres con SOP (Zhang et al., 2019). Sin embargo, esto no quiere decir que las dietas altas en carbohidratos sean perjudiciales para todas las mujeres con SOP, debemos individualizar, ya que aquellas mujeres que no presenten resistencia a la insulina (aunque a largo plazo es difícil encontrar este fenotipo) no deberían tener problema con una dieta alta en carbohidratos y buenos hábitos de vida.

3.3. Necesidad de trabajo multidisciplinar

La actividad física que no se acompaña de buenos hábitos (salud mental, aumento del NEAT “gasto calórico no empleado en realizar actividad física”, dieta saludable y en consonancia a la actividad física y los objetivos personales) no alcanzará sus objetivos a largo plazo. Es necesario que los profesionales de la salud, en especial los de la actividad física y la nutrición tengan en mente que su trabajo debe complementar al otro, de esta manera, los objetivos se cumplirán y, más importante, se mantendrán a lo largo del tiempo.

Realizar actividad física sin estar en déficit calórico no va a reducir el peso corporal de la persona y, por lo tanto, tampoco el tejido adiposo, adiposo visceral, etc. Sí, sabemos que

la actividad física tiene grandes efectos de mejora en la salud, pero esos efectos deben verse potenciados por la nutrición y los hábitos de vida, no reducidos por estos.

De la misma manera, como hemos mencionado a lo largo del trabajo, los síntomas del SOP pueden derivar en síntomas psicológicos graves como depresión, baja percepción de la imagen corporal, trastornos alimenticios, etc. Por ello, el trabajo multidisciplinar entre el psicólogo o terapeuta con el profesional de la actividad física y el dietista o nutricionista es de vital importancia para mejorar y, con suerte y trabajo, remitir los síntomas del Síndrome de Ovario Poliquístico en la medida de lo posible en cada caso.

4. Autoevaluación y conclusiones finales

4.1. Conclusiones

Después de haber realizado una amplia revisión sobre el entrenamiento, de diversos tipos, y su efecto en la mejora del Síndrome de Ovario Poliquístico, podemos decir que un tratamiento principal para la mejora de este síndrome sería la actividad física acompañada de cambios en los hábitos de vida, ya mencionados anteriormente. Pese a que el SOP se considere una enfermedad crónica (muchas veces lo es) la mejora de estos hábitos de vida (donde se incluye la actividad física) es una forma de que esta enfermedad pueda diluirse en el día a día de las mujeres que lo sufren, pudiendo llegar a revertir la sintomatología.

Por un lado, hemos visto que independientemente del tipo de actividad física que se realice, la sintomatología del SOP mejora, sin embargo, no está realmente claro si se debería optar por un tipo de actividad física. Como se ha podido observar en la planificación, se trabajarían tres tipos de actividad física que tienen estímulos diferentes para que la persona se beneficie de ellos, ya que estos tres tipos mejoran la salud de manera diferente, y si el objetivo es la mejora de la salud (que es el objetivo principal de este trabajo) no deberíamos trabajar solamente un tipo de actividad física, aunque le dediquemos más tiempo al tipo que más adherencia nos produzca.

Así, es primordial individualizar en el entrenamiento de cualquier persona, en este caso en mujeres con SOP. La planificación propuesta en este trabajo es general y debe servir de guía, pero no debe servir como una “receta” para esta patología o cualquier otra.

Este trabajo ha seguido un plan de acción para poder terminar siendo lo más completo posible. El plan de acción se estableció de manera que se explicaran los fundamentos detrás de este síndrome, se explicara la posición de la evidencia en torno a la mejora de estos fundamentos, más adelante, se explicaran los mecanismos por los que se producen estas mejoras y, por último, un ejemplo de planificación donde se plasmara la información aprendida a lo largo del trabajo. Si bien es difícil realizar un programa de entrenamiento de varios meses sin feedback de la persona que lo va a llevar a cabo y sin un contexto individual, creo que la planificación realizada puede servir perfectamente como guía, aunque lo ideal sería haber propuesto una situación inicial que fuera específica para poder establecer una propuesta más detallada del plan de entrenamiento dentro del trabajo.

4.2. Desempeño y desarrollo profesional

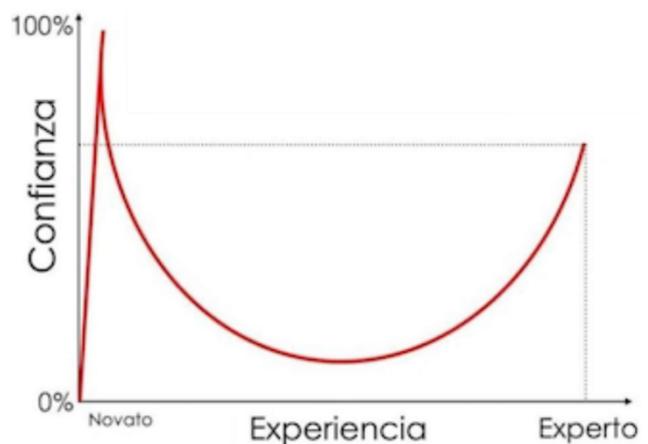
En un principio era reacio a realizar este proyecto debido a que se necesitan amplios conocimientos de fisiología humana, específica a cada ámbito, cuando tratamos de explicar una patología, en este caso el SOP. Al final decidí ponerme a ello, ya que me iba a aportar muchos conocimientos sobre el SOP y sus comorbilidades y, de esta manera, me “abriría” puertas para aplicarlo en mi marco de actuación como profesional de la actividad física en un futuro, ya que esta patología no es conocida en el mundo del deporte, aunque la prevalencia se alta en relación a otras enfermedades dentro de la población general.

He podido realizar este proyecto gracias a lo aprendido durante el grado, pero sobretodo gracias al trabajo de revisión de artículos relacionados con esta patología, la actividad física y los mecanismos de actuación. También, debido al aprendizaje de nuevos conceptos en fisiología durante esta última etapa para poder explicar correctamente los procesos que se han redactado a lo largo del trabajo. Debido a estas necesidades, es necesario que, de ahora en adelante, a parte de realizar mi trabajo como profesional de la actividad física, me documente y aprenda a realizar planes de entrenamiento que mejoren distintas enfermedades en relación, siempre, a la evidencia actual y el marco fisiológico específico en dicho ámbito. Esto hará que mi posición como profesional aumente en calidad y esté capacitado para dar el mejor servicio a aquellas personas que lo necesiten.

Por esto, me queda mucho por delante que debo aprender, sobre esta patología, pero sobretodo por otras patologías que se benefician del efecto de la actividad física. De esta manera, mis objetivos al acabar la carrera serán de aprendizaje y de adquisición de experiencia que me ayuden a mejorar como profesional en el ámbito de la actividad física enfocada a la salud y rendimiento en deportes de fuerza y desarrollo muscular, sobre todo. De otra manera, debido al “Efecto Dunning - Kruger”, ahora, que voy a terminar el grado, debo acompañar los conocimientos aprendidos durante estos 4 años a la puesta en práctica por medio de situaciones reales y a nuevos conocimientos que me capaciten para realizar mi trabajo como profesional con la mejor calidad y honestidad posible.

Figura 8. Efecto Dunning – Kruger. Adaptado de “Unskilled and Unaware of It: How Difficulties in Recognizing One's Own Incompetence Lead to Inflated Self-Assessments”, por Kruger y Dunning (1999), *Journal of Personality and Social Psychology* 77. 1221–1134.

En la figura de la derecha, se observa el efecto Dunning – Kruger, donde se relaciona la experiencia con la confianza en el trabajo realizado, en este caso, la actividad física como tratamiento de patologías y mejora de la calidad de vida.



Para finalizar, he de decir que me siento capacitado para realizar un programa de entrenamiento para una mujer con Síndrome de Ovario Poliquístico, controlando diversas variables que ayuden a la persona, principalmente, a mejorar la salud en torno a este tipo de patología, así como otras relacionadas, sin poner en riesgo su salud en el proceso.

5. Bibliografía

- Bates, G., & Legro, R. (2013). HHS Public Access. *Mol Cell Endocrinol*, 373(0), 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.03.040>.
- Costa, E. C., De Sá, J. C. F., Stepto, N. K., Costa, I. B. B., Farias-Junior, L. F., Moreira, S. D. N. T., Soares, E. M. M., Lemos, T. M. A. M., Browne, R. A. V., & Azevedo, G. D. (2018). Aerobic Training Improves Quality of Life in Women with Polycystic Ovary Syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(7), 1357–1366. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001579>.
- Deurenberg, P., Yap, M., & Van Staveren, W. (1998). Body mass index and percent body fat. *International Journal Obesity*, 22, 1164–1171.
- Diamanti-Kandarakis, E., & Dunaif, A. (2012). Insulin resistance and the polycystic ovary syndrome revisited: An update on mechanisms and implications. *Endocrine Reviews*, 33(6), 981–1030. <https://doi.org/10.1210/er.2011-1034>.
- Faryadian, B., Tadibi, V., & Behpour, N. (2019). Effect of 12-week High Intensity Interval Training Program on C-Reactive Protein and Insulin Resistance in Women with Polycystic Ovary Syndrome. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 10–13. <https://doi.org/10.7860/jcdr/2019/41203.13106>.
- Fruzzetti, F., Perini, D., Russo, M., Bucci, F., & Gadducci, A. (2017). Comparison of two insulin sensitizers, metformin and myo-inositol, in women with polycystic ovary syndrome (PCOS). *Gynecological Endocrinology*, 33(1), 39–42. <https://doi.org/10.1080/09513590.2016.1236078>.
- Gilani, N. (2019). *Effect of Eight Weeks Endurance Training on Ovarian Androgens in Women with Polycystic Ovary Syndrome : Application of Multivariate Longitudinal Models Effect of Eight Weeks Endurance Training on Ovarian Androgens in Women with Polycystic Ovary Syndrome : August*.
- Greenwood, E. A., Noel, M. W., Kao, C. N., Shinkai, K., Pasch, L. A., Cedars, M. I., & Huddleston, H. G. (2016). Vigorous exercise is associated with superior metabolic profiles in polycystic ovary syndrome independent of total exercise expenditure. *Fertility and Sterility*, 105(2), 486–493. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2015.10.020>.
- Hakimi, O., & Cameron, L. C. (2017). Effect of Exercise on Ovulation: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 47(8), 1555–1567. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0669-8>.
- Hiam, D., Patten, R., Gibson-Helm, M., Moreno-Asso, A., McIlvenna, L., Levinger, I.,

- Harrison, C., Moran, L. J., Joham, A., Parker, A., Shorakae, S., Simar, D., & Stepto, N. (2019). The effectiveness of high intensity intermittent training on metabolic, reproductive and mental health in women with polycystic ovary syndrome: Study protocol for the iHIT- randomised controlled trial. *Trials*, *20*(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s13063-019-3313-8>.
- Javid, N. M., Behpour, N., & Tadibi, V. (2019). The Effect of a 16-week Home-based Aerobic Exercise Program on Serum High-sensitivity C-Reactive Protein (Hs-CRP) and Insulin Resistance in Polycystic Ovary Syndrome. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 1–4. <https://doi.org/10.7860/jcdr/2019/41201.13066>.
- Kamenov, Z., Kolarov, G., Gateva, A., Carlomagno, G., & Genazzani, A. D. (2015). Ovulation induction with myo-inositol alone and in combination with clomiphene citrate in polycystic ovarian syndrome patients with insulin resistance. *Gynecological Endocrinology*, *31*(2), 131–135. <https://doi.org/10.3109/09513590.2014.964640>.
- Kogure, G., & Reis, R. (2017). Progressive Resistance Training as Complementary Therapy for Polycystic Ovarian Syndrome. *Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia / RBGO Gynecology and Obstetrics*, *39*(06), 255–257. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1602705>.
- Kogure, G. S., Miranda-Furtado, C. L., Silva, R. C., Melo, A. S., Ferriani, R. A., De Sá, M. F. S., & Dos Reis, R. M. (2016). Resistance exercise impacts lean muscle mass in women with polycystic ovary syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *48*(4), 589–598. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000822>.
- Kruger, J., & Dunning, D. (1999). Unskilled and Unaware of It: How Difficulties in Recognizing One's Own Incompetence Lead to Inflated Self-Assessments. *Journal of Personality and Social Psychology*, *77*(6), 1121–1134.
- Lenz Souza, M. I., Ramírez Benavides, G. F., & Uribe Velásquez, L. F. (2007). Papel del factor de crecimiento semejante a la insulina (IGF-1) en la regulación de la función ovárica. *Biosalud*, *April*, 149–159.
- Lin, A. W., Kazemi, M., Jarrett, B. Y., Brink, H. Vanden, Hoeger, K. M., Spandorfer, S. D., & Lujan, M. E. (2019). Dietary and physical activity behaviors in women with polycystic ovary syndrome per the new international evidence-based guideline. *Nutrients*, *11*(11), 1–15. <https://doi.org/10.3390/nu11112711>.
- Lizneva, D., Suturina, L., Walker, W., Brakta, S., Gavrilova-Jordan, L., & Azziz, R. (2016). Criteria, prevalence, and phenotypes of polycystic ovary syndrome. *Fertility and Sterility*, *106*(1), 6–15. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2016.05.003>.
- M. Roberts, B., Nuckols, G., & W. Krieger, J. (2020). *Sex differences in resistance training: a systematic review and meta-analysis. c.*
- Moran, L. J., Brown, W. J., McNaughton, S. A., Joham, A. E., & Teede, H. J. (2017). Weight management practices associated with PCOS and their relationships with diet and physical activity. *Human Reproduction*, *32*(3), 669–678.

<https://doi.org/10.1093/humrep/dew348>.

- Muñoz López, M., Baz, E., Galancho, I., Espinar, S., & Fontes, M. (2019). Entrenamiento y nutrición adaptados al ciclo menstrual. *NATISS*, 7, 56–74.
- Nölting, M., Gulluzzo, L., Pérez, M., Correa, M., López, C., Miechi, H., Tozzini, R., & Ugarteche, C. (2011). Consenso sobre síndrome de ovario poliquístico. *Federacion Argentina De Sociedades De Obstetricia Y Ginecologia*, 10, 69–76. http://www.fasgo.org.ar/archivos/consensos/ovario_poliq.pdf.
- Orio, F., Muscogiuri, G., Giallauria, F., Savastano, S., Bottiglieri, P., Tafuri, D., Predotti, P., Colarieti, G., Colao, A., & Palomba, S. (2016). Oral contraceptives versus physical exercise on cardiovascular and metabolic risk factors in women with polycystic ovary syndrome: a randomized controlled trial. *Clinical Endocrinology*, 85(5), 764–771. <https://doi.org/10.1111/cen.13112>.
- Pericleous, P., & Stephanides, S. (2018). Can resistance training improve the symptoms of polycystic ovary syndrome? *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*, 4(1), 1–5. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000372>.
- Pinckard, K., Baskin, K. K., & Stanford, K. I. (2019). Effects of Exercise to Improve Cardiovascular Health. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 6(June), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2019.00069>.
- Pundir, J., Psaroudakis, D., Savnur, P., Bhide, P., Sabatini, L., Teede, H., Coomarasamy, A., & Thangaratnam, S. (2018). Inositol treatment of anovulation in women with polycystic ovary syndrome: a meta-analysis of randomised trials. *BJOG: An International Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 125(3), 299–308. <https://doi.org/10.1111/1471-0528.14754>.
- Steenberg, D. E., Hingst, J. R., Birk, J. B., Thorup, A., Kristensen, J. M., Sjøberg, K. A., Kiens, B., Richter, E. A., & Wojtaszewski, J. F. P. (2020). A single bout of one-legged exercise to local exhaustion decreases insulin action in nonexercised muscle leading to decreased whole-body insulin action. *Diabetes*, 69(4), 578–590. <https://doi.org/10.2337/db19-1010>.
- Teede, H. J., Misso, M. L., Costello, M. F., Dokras, A., Laven, J., Moran, L., Piltonen, T., Norman, R. J., Andersen, M., Azziz, R., Balen, A., Baye, E., Boyle, J., Brennan, L., Broekmans, F., Dabadghao, P., Devoto, L., Dewailly, D., Downes, L., ... Yildiz, B. O. (2018). Recommendations from the international evidence-based guideline for the assessment and management of polycystic ovary syndrome. *Clinical Endocrinology*, 89(3), 251–268. <https://doi.org/10.1111/cen.13795>.
- Tiwari, N., Pasrija, S., & Jain, S. (2019). Randomised controlled trial to study the efficacy of exercise with and without metformin on women with polycystic ovary syndrome. *European Journal of Obstetrics and Gynecology and Reproductive Biology*, 234, 149–154. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2018.12.021>.
- Wojciechowska, A., Osowski, A., Józwick, M., Górecki, R., Rynkiewicz, A., & Wojtkiewicz, J. (2019). Inositols' importance in the improvement of the endocrine–metabolic profile in PCOS. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(22).

<https://doi.org/10.3390/ijms20225787>.

- Woodward, A., Broom, D., Harrop, D., Lahart, I., Carter, A., Dalton, C., Metwally, M., & Klonizakis, M. (2019). The effects of physical exercise on cardiometabolic outcomes in women with polycystic ovary syndrome not taking the oral contraceptive pill: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Diabetes and Metabolic Disorders*, *18*(2), 597–612. <https://doi.org/10.1007/s40200-019-00425-y>.
- Zeng, L., & Yang, K. (2018). Effectiveness of myoinositol for polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Endocrine*, *59*(1), 30–38. <https://doi.org/10.1007/s12020-017-1442-y>.
- Zhang, X., Zheng, Y., Guo, Y., & Lai, Z. (2019). The Effect of Low Carbohydrate Diet on Polycystic Ovary Syndrome: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *International Journal of Endocrinology*, *2019*(Lcd). <https://doi.org/10.1155/2019/4386401>.