



**Universidad
Nacional**

EFFECTOS DEL EJERCICIO FÍSICO SOBRE LOS NIVELES SÉRICOS DE
TESTOSTERONA Y ESTRADIOL EN HOMBRES Y MUJERES CON OBESIDAD DE
25 A 65 AÑOS

Tesina presentada para cumplir con los requisitos finales para la obtención del título
de Licenciado en Educación Física y Deportes

Autor: Sepúlveda, Facundo Andrés

Director de Tesina: Prof. Scavo, Matías

Fecha: Marzo de 2016

AGRADECIMIENTOS

El agradecimiento a mi tutor de tesis Lic. Matías Scavo por su acompañamiento constante a lo largo de este camino.

Al Lic. Eduardo Casali por su instrucción en la aplicación de pruebas y procedimientos estadísticos.

A las personas que participaron de este estudio, e hicieron posible su realización.

A mis padres y a mi novia, por su apoyo incondicional y permitirme seguir adelante cumpliendo sueños.

A mi amigo Cristian Echandi, por su gran ayuda en la recolección de datos.

Sin ustedes el desarrollo de esta obra no hubiese sido posible. A todos, muchas gracias.

RESUMEN

El presente estudio buscó conocer la incidencia del ejercicio físico sobre los niveles séricos de testosterona (T) y estradiol (E₂) en reposo, en una muestra de hombres y mujeres con obesidad entre 25 y 65 años, residentes de la ciudad de Viedma, provincia de Río Negro, Argentina. Para tal fin se llevaron a cabo dos protocolos de ejercicio, los cuales se implementaron durante un lapso de 12 semanas, con una frecuencia de 3 sesiones semanales. La muestra de estudio, fue dividida en tres grupos: entrenamiento de fuerza (n=6), entrenamiento aeróbico de baja intensidad (n=6), y grupo control (n=6). Además, se evaluaron cambios en la composición corporal y variables antropométricas como el índice de masa corporal, perímetro de cintura, índice cintura/cadera, índice cintura/talla, y dos índices recientemente formulados: el Body Shape Index y el Body Roundness Index. Se buscó conocer la relación entre las variables descriptas y los niveles de T y E₂.

La investigación se abordó desde un enfoque cuantitativo, con un diseño experimental. La recolección de datos se efectuó por medio de la obtención de muestras sanguíneas, y perfil antropométrico de los participantes, en las semanas 0 y 12 del estudio.

Se verificó un descenso significativo en los niveles de testosterona libre en varones que realizaron el programa de entrenamiento aeróbico de baja intensidad. No se observaron variaciones significativas de la testosterona en el grupo de entrenamiento de fuerza muscular. Si bien los niveles de estradiol disminuyeron en ambos grupos de entrenamiento, el descenso no fue significativo. Los mayores cambios en la composición corporal se observaron en mujeres que realizaron el protocolo de entrenamiento aeróbico de baja intensidad.

Palabras Clave: Obesidad, testosterona, estradiol, SHBG, ejercicio físico, composición corporal.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	6
CAPITULO I: EL PROBLEMA	8
Planteo del problema	8
Interrogantes del estudio.....	8
Objetivos de la investigación.....	8
- Objetivo general	8
- Objetivos específicos	9
Relevancia del problema.....	9
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	11
Obesidad: definición y criterios para evaluarla.....	11
Testosterona, estradiol, y su papel en la obesidad	14
Implicancias sobre la salud general	18
Hormonas sexuales y ejercicio físico	22
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	25
Tipo de investigación	25
Diseño de la investigación	25
Población	25
Muestra	25
Variables de estudio.....	26
Operacionalización de variables	27
Técnicas e instrumentos	29
Protocolos de ejercicio	32

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	35
Relación entre variables. Testosterona, estradiol, y composición corporal.....	40
Efectos de los programas de ejercicio físico sobre los parámetros hormonales evaluados, y la composición corporal	45
Modificaciones en los índices antropométricos y la composición corporal.....	51
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
Discusión	56
Limitaciones	59
Conclusiones	60
Recomendaciones	61
BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXOS	70
Anexo A	70
Anexo B	71
Anexo C	80

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tuvo como objetivo central analizar la influencia del ejercicio físico sobre variables como la testosterona y el estradiol en sujetos con obesidad, para lo cual, se ha seleccionado de manera no probabilística una muestra de 18 individuos, hombres y mujeres, residentes de la ciudad de Viedma (Río Negro, Argentina) en edades entre los 25 y 65 años. Por medio de la implementación de un diseño de trabajo experimental, se aplicaron dos programas de ejercicio físico con el fin de analizar cambios en las variables referidas. Atendiendo a los programas de entrenamiento realizados la muestra de estudio fue dividida en 3 grupos: grupo de entrenamiento aeróbico de baja intensidad (ABI), grupo fuerza, y grupo control. Los datos fueron recolectados de manera previa y posterior a la implementación de los protocolos (semanas 0 y 12 del estudio), entre los años 2013 - 2015, utilizando como técnicas de recolección la medición antropométrica y el análisis del perfil bioquímico de los sujetos. Se pretendió corroborar la hipótesis de que el ejercicio físico modificaría los niveles de reposo de testosterona y estradiol plasmático. Tomando como base la evidencia previa señalada en poblaciones no obesas, era esperable observar un aumento en los niveles de testosterona y una reducción de los mismos por medio de la aplicación de los programas de fuerza y ejercicio aeróbico de baja intensidad, respectivamente.

Los resultados obtenidos, evidencian una significativa disminución de la testosterona libre en varones obesos que siguieron el protocolo de entrenamiento aeróbico de baja intensidad, lo que corrobora la hipótesis planteada anteriormente. Sin embargo, contrario a lo esperado, no se hallaron variaciones significativas en los niveles de testosterona en respuesta al entrenamiento de fuerza, tanto en varones como en mujeres. El estradiol plasmático si bien mostró un descenso en los dos grupos de entrenamiento, las diferencias halladas no resultaron estadísticamente significativas.

La información derivada del presente estudio constituye un aporte para llenar el vacío de información existente en relación a la temática, y plantea interrogantes que

permiten analizar algunas de las estrategias cotidianamente implementadas en el ámbito del ejercicio físico y la salud para el tratamiento de personas con obesidad. Como plantea Roig (2013), “uno de los errores básicos que se comete al analizar los caminos a elegir para el tratamiento de la obesidad, es partir del principio de igualdad, esto es, aceptar que el obeso y el no obeso tienen necesariamente la misma capacidad de respuesta al estímulo de entrenamiento” (p. 2).

En los capítulos siguientes se podrá apreciar el planteo del problema de investigación, junto a los interrogantes y objetivos que guiaron el estudio (capítulo 1), el marco teórico que expone la evidencia actual respecto a la temática en cuestión y los referentes conceptuales que orientaron la investigación, en donde se analiza el papel de la testosterona y el estradiol en la obesidad, sus implicancias sobre la salud y la composición corporal, y su relación con el ejercicio físico (capítulo 2), la metodología de trabajo implementada, en la cual se exponen los pasos seguidos para la obtención de los datos, como ser los factores considerados para la obtención de las muestras sanguíneas, los estándares para la evaluación antropométrica, y las características de los programas de entrenamiento implementados y de la muestra de estudio, entre otros (capítulo 3), los resultados obtenidos en donde se analizan los efectos de los programas de entrenamiento sobre los niveles de testosterona y estradiol, y sobre los índices antropométricos y composición corporal de los participantes, el perfil hormonal en función del grado de obesidad, y la relación entre las distintas variables de estudio (capítulo 4). Finalmente, en el capítulo 5, se contrastan los resultados obtenidos con las evidencias expuestas por otros autores, se formulan las principales conclusiones del trabajo, y enuncian las limitaciones surgidas en el transcurso del mismo. Se exponen, además, en un apartado final, algunas recomendaciones para futuras investigaciones en el área.

CAPITULO I: EL PROBLEMA

PLANTEO DEL PROBLEMA

¿Incide el ejercicio físico sobre los niveles hormonales de testosterona sérica y estradiol en reposo, en hombres y mujeres con obesidad entre 25 y 65 años?

INTERROGANTES DEL ESTUDIO

- 1- ¿Qué diferencias existen en los niveles de testosterona y estradiol plasmático en reposo entre hombres y mujeres con distintos grados de obesidad, y entre éstos y sujetos con peso normal?
- 2- ¿Cómo incide el entrenamiento de fuerza sobre las concentraciones de testosterona y estradiol en reposo, en la población de estudio?
- 3- ¿Cómo incide el entrenamiento aeróbico de baja intensidad sobre las concentraciones hormonales descritas?
- 4- ¿Qué diferencias se encuentran en la regulación hormonal según los modelos de esfuerzo aplicado?
- 5- ¿Cuál es la influencia de los protocolos de ejercicio sobre la composición corporal de los sujetos y variables antropométricas como el índice de masa corporal, perímetro de cintura, índice cintura/cadera, índice cintura /talla, ABSI (Body Shape Index), y BRI (Body Roundness Index)?
- 6- ¿Cómo se relacionan los niveles de testosterona y estradiol en reposo con la composición corporal y las variables antropométricas mencionadas?

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

- **OBJETIVO GENERAL:**
 - o Evaluar la incidencia del ejercicio físico sobre los niveles hormonales de testosterona sérica y estradiol en reposo, en hombres y mujeres con obesidad

entre 25 y 65 años, por medio de la aplicación de dos protocolos de esfuerzo: entrenamiento aeróbico de baja intensidad, y entrenamiento de fuerza.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Determinar las diferencias en los niveles de testosterona y estradiol plasmático entre hombres y mujeres con distintos grados de obesidad, y entre éstos y sujetos con peso normal.
- Determinar los efectos del entrenamiento de fuerza sobre las concentraciones de testosterona y estradiol en la población de estudio.
- Determinar la influencia del entrenamiento aeróbico de baja intensidad sobre las variables descritas.
- Comprobar la existencia de variaciones en la regulación de los niveles de testosterona y estradiol, entre los modelos de esfuerzo aplicados.
- Analizar la influencia de los protocolos de ejercicio sobre la composición corporal de los sujetos y variables antropométricas como el índice de masa corporal, circunferencia de cintura, índice cintura/cadera, índice cintura/talla, ABSI, y BRI.
- Establecer las relaciones existentes entre los niveles hormonales de testosterona y estradiol en reposo, con la composición corporal y las variables antropométricas descritas.

RELEVANCIA DEL PROBLEMA

La obesidad constituye una de las problemáticas sanitarias actuales de mayor relevancia a nivel social. La Organización Mundial de la Salud en su nota descriptiva n°311 (OMS, 2012) la ha ubicado como uno de los 10 problemas de salud pública más importantes y como el sexto factor principal de riesgo de defunción en todo el mundo. Constituye una patología que afecta tanto a países desarrollados como en vías de

desarrollo, clases sociales altas y bajas, no realiza discriminación de género, edad o etnia.

Según los datos aportados por Braguinsky (2002), la prevalencia de obesidad en Argentina sería una de las más elevadas entre los países latinoamericanos. En nuestro país, el sobrepeso y la obesidad afectan a más de la mitad de la población (53,4%), con un aumento significativo de la tasa de obesidad del 14,6% al 18% desde el año 2005 a 2009, según la última Encuesta Nacional de Factores de Riesgo llevada a cabo por el Ministerio de Salud de la Nación (Ferrante et al., 2009). La Región Patagónica presenta la tasa más alta de obesidad de todo el país: 19,9%.

Puesto en contexto la dimensión alcanzada por la problemática en la región, podemos dar cuenta de la necesidad de generar nuevos aportes y herramientas que nos permitan el abordaje interdisciplinario, con vistas a la mejora en la calidad de vida de los ciudadanos.

En este sentido, si bien la relación entre la testosterona y el estradiol con la obesidad ha sido abordada desde hace un tiempo, aún no está del todo claro el papel que el ejercicio físico podría desempeñar como herramienta terapéutica en la regulación de las hormonas descritas en esta particular población de individuos. Autores como Laaksonen et al. (2004), Haring et al. (2009), y Álvarez, González & Marrero (2010) han dado relevancia al rol ejercido por las mismas en la patología, sugiriendo que los bajos niveles de andrógenos en reposo podrían predisponer a la obesidad abdominal y al desarrollo del síndrome metabólico. Otros, han asociado las variables descritas a cambios en la sensibilidad a la insulina (Kapoor et al., 2005; Cuéllar & Wiechers, 2007; Álvarez et al., 2010), mayor riesgo cardiovascular (Wu & Von Eckardstein, 2003; Navarrete et al., 2009), e incremento en todas las causas de mortalidad (Shores, Matsumoto, Sloan & Kivlahan, 2006; Haring et al., 2010; Malkin et al., 2010; Wang et al., 2011; Schneider et al., 2012).

Por este motivo, el presente estudio procura generar sustento teórico en relación a la temática, que permita llenar el vacío de información existente. Se pretende que la indagación de las variables descritas permita obtener información respecto a las

formas de ejercicio más adecuadas para el tratamiento de las posibles alteraciones vinculadas en el metabolismo de la testosterona y el estradiol en personas con obesidad, y su implicancia sobre la salud general. Los resultados obtenidos pretenden servir a la labor de profesionales del ejercicio y agentes sanitarios afines.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

OBESIDAD: DEFINICIÓN Y CRITERIOS PARA EVALUARLA

La obesidad ha sido definida como una enfermedad crónica no transmisible, en donde la acumulación de tejido adiposo en el cuerpo por encima de ciertos niveles, puede afectar la salud de manera negativa (Barbany & Foz 2002, citados en Heredia et al. 2009). Este exceso de grasa corporal en la obesidad, sería mayor o igual al 26% del peso corporal total y mayor o igual al 30% del peso corporal, en hombres y mujeres respectivamente (Braguinsky, 2004). Existen diferentes tipos de indicadores que nos posibilitan determinar cuándo un individuo es obeso. Uno de los más utilizados en la actualidad es el índice de masa corporal (IMC), el cual se obtiene dividiendo el peso corporal de la persona en kilogramos, por el cuadrado de la talla en metros. Un IMC igual o superior a 30 kg/m² nos indicaría la presencia de obesidad, y valores entre 25 y 29,9 kg/m² sobrepeso (OMS, 2012). Si tenemos en cuenta los percentiles para el indicador, un sujeto se consideraría obeso cuando su índice de masa corporal se encuentre por encima del *percentil 95* (Martínez, 2007). Algunos autores consideran que el IMC no es el parámetro más preciso para el diagnóstico, puesto que emite criterios de obesidad sin tener en cuenta la composición corporal, esto es sin discriminar porcentajes de masa ósea, muscular, grasa, residual y otras (López, 2011). Un reciente estudio realizado por la Universidad de Navarra (España), llevado a cabo con 6.123 personas de ambos sexos en edades comprendidas entre los 18 y los 80 años en el cual se buscó comprobar el grado de objetividad del indicador en el diagnóstico de la obesidad, develó que el 29% de las personas clasificadas como delgadas y el 80% de aquellas clasificadas con sobrepeso según el IMC, poseían

porcentajes de grasa corporal dentro del rango de la obesidad, por lo que el indicador subestimaría tanto la prevalencia de obesidad como la del sobrepeso (Gómez-Ambrosi et al., 2012). En el año 2001, Bedogni et al. ya habían demostrado un error del IMC en la predicción de la grasa corporal en una investigación realizada con 1.423 mujeres italianas de edad avanzada. Según especialistas de la Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO), “aunque el Índice de Masa Corporal (IMC) no es un excelente indicador de adiposidad en individuos musculados como deportistas y en ancianos, es el índice utilizado por la mayoría de estudios epidemiológicos y el recomendado por diferentes sociedades médicas y organizaciones de salud internacionales para el uso clínico dada su reproductibilidad, facilidad de utilización y capacidad de reflejar la adiposidad en la mayoría de la población” (Rubio et al., 2007, p. 138). La información obtenida en las últimas décadas, indicaría la superioridad de determinados parámetros como la circunferencia de cintura (CC), el índice cintura/cadera (ICC), o el índice cintura/talla (ICT) con respecto al IMC, tanto en el diagnóstico de la obesidad como en la predicción del riesgo relacionado a enfermedades cardiovasculares (Moreira, 2010). Según Rodríguez et al. (2010), estos índices antropométricos permitirían medir sobre todo la *obesidad central*, y serían por lo tanto, buenos indicadores de la distribución de la grasa corporal.

El perímetro de cintura (PC), es un parámetro comúnmente utilizado que permite una estimación muy válida de la cantidad de grasa intraabdominal (Nadal, 2008). Generalmente, un perímetro de cintura mayor a 102 centímetros en hombres y mayor a 88 centímetros en mujeres, se asocia a la prevalencia de obesidad central y a un alto contenido de grasa intraabdominal o visceral (García, Coto & González, 2008). La CC ha sido descrita como un mejor indicador de riesgo cardiovascular que el IMC (Pino, Duarte & Tettamanti, 2009) y que la relación cintura/cadera (Rubio et al., 2007). Sánchez-Castillo, Pichardo-Ontiveros y López (2004), proponen a la circunferencia de cintura como “el mejor índice antropométrico en relación al riesgo de enfermedad cardiovascular” (p. 9), destacando que esta medida en México ha resultado ser mejor indicador de riesgo para la población que el IMC. En el 2004, Zhu et al. en una investigación llevada a cabo con 8.712 personas caucásicas mayores a 20 años (4.290

hombres y 4.422 mujeres), demostraron que la combinación del IMC junto a la circunferencia de cintura, resulta en una mejor estimación de los factores de riesgo de enfermedad cardiovascular en hombres, mientras que en mujeres la simple utilización de CC se correlaciona positivamente con los riesgos de ECV. El índice cintura/talla (ICT) y el índice cintura/cadera (ICC), aunque utilizados con menor frecuencia, también constituyen criterios óptimos para la estimación o diagnóstico de la obesidad. El ICT es probablemente la medida antropométrica que mayor protagonismo ha alcanzado en el último tiempo. Aunque las diferencias podrían ser poco relevantes, investigaciones recientes señalan que el ICT sería un parámetro más adecuado que el PC, dado que realiza un ajuste de la medida de la circunferencia de la cintura para la talla (Moreira, 2010). Gelber et al. (2008, citado en Moreira 2010), en un estudio prospectivo realizado en el año 2008 en los Estados Unidos llegó a la conclusión de que el ICT tiende a mostrar la asociación más firme con el riesgo de ECV, aunque la diferencia con el resto de las medidas abdominales sería pequeña y probablemente sin relevancia clínica. De manera similar, Rodríguez et al. en el 2010, llevaron a cabo una investigación con 6.729 personas adultas de las Islas Canarias, en la cual encontraron que el índice cintura/talla alcanzó mejores resultados que los demás índices antropométricos en la detección del riesgo de ECV y diabetes mellitus tipo 2, aunque las diferencias con el PC no siempre eran relevantes. Estos autores establecieron como punto de corte óptimo para el ICT, un valor de 0,55 común para ambos sexos.

Recientemente, otros dos nuevos índices han sido desarrollados, y se pretende su puesta a prueba y búsqueda de asociaciones con las variables de estudio de la presente pesquisa. Estos son, el *Body Shape Index (ABSI)* y el *Body Roundness Index (BRI)*. El primero de ellos desarrollado por Krakauer & Krakauer (2012), basado sobre las medidas del PC, IMC y la talla. Acorde a lo expuesto por los autores, ABSI sería un indicador que ha demostrado elevada correlación con el riesgo de mortalidad prematura en población general. Incluso podría demostrar mejor asociación que variables como el IMC y el perímetro de cintura. Según los autores, "ABSI expresa el exceso de riesgo de un alto perímetro de cintura en una forma conveniente que es

complementaria al BMI y otros factores de riesgo conocidos” (Krakauer & Krakauer, 2012, p. 9). Un alto ABSI también estaría relacionado a una mayor fracción de grasa visceral, y una menor fracción de masa muscular, parámetros que han sido asociados a un incremento en el riesgo de mortalidad. Por otro lado, el Body Roundness Index (BRI) desarrollado por Thomas et al. (2013), es un nuevo índice geométrico que combina talla y perímetro de cintura, y permite predecir el porcentaje de grasa corporal y visceral, y evaluar de esta manera el estado de salud. De manera similar al Body Shape Index, el BRI ha demostrado superioridad en comparación a índices tradicionales como el BMI, perímetro de cintura e índice cintura/cadera, en este caso en la predicción del porcentaje de grasa corporal y tejido adiposo visceral.

TESTOSTERONA, ESTRADIOL, Y SU PAPEL EN LA OBESIDAD

La testosterona es la principal hormona androgénica. En el hombre, el 95% de su producción total tiene lugar en las células de Leydig de los testículos (Braunstein 1991, citado en Badillo & Ayestarán 2002), mientras que el resto se produce en la corteza suprarrenal y en el cerebro (Hu 1987, citado en Badillo & Ayestarán 2002). También es producida en mucha menor proporción en el ovario. Su concentración normal es de 15 a 35 nmol/L en el hombre, y de menos de 3,5 nmol/L en la mujer (Méndez, 1991). En sangre, la testosterona va predominantemente unida a la globulina transportadora de hormonas sexuales o SHBG (44%), y a la albúmina (55%). Tan sólo alrededor del 2% circula como testosterona libre, la cual puede entrar en los tejidos del organismo y ejercer sus efectos (Dandona, Dhindsa, Chandel & Topiwala, 2009).

Los estrógenos son hormonas esteroideas secretadas por la teca interna de los folículos ováricos, el cuerpo lúteo, la placenta y, en pequeñas cantidades, por la corteza adrenal y los testículos. Los pasos de su biosíntesis indican que se forman a partir de los andrógenos. Dentro de ellos, el estradiol es el principal y más potente estrógeno secretado. El 60% del estradiol circula en la sangre unido a la albúmina, mientras que el 37% lo hace unido a la SHBG. El 3% del estradiol circulante se halla en estado libre (Méndez, 1991).

La evidencia actual respecto a la relación existente entre los niveles de testosterona en reposo y la obesidad, indica la presencia de un menor contenido sérico de la hormona en hombres obesos en comparación a aquellos que no padecen obesidad. Se ha sugerido al mismo tiempo, que bajos niveles de testosterona podrían predisponer a la obesidad abdominal así como también al síndrome metabólico, entre otros (Laaksonen et al., 2004; Haring et al., 2009; Álvarez et al., 2010).

Dhinsa et al. (2010), al evaluar los niveles de testosterona libre de 1.849 hombres mayores a 45 años, encontraron que el 40% de los individuos calificados como obesos poseían menores concentraciones del andrógeno. Resultados similares han sido descritos por Mogri et al. (2013), en un estudio llevado a cabo en varones puberales y pre-puberales en edades comprendidas entre los 14 y 20 años, en donde los niveles de testosterona libre y total fueron 40 – 50 % menores en los sujetos obesos cuando se los comparó con individuos con un IMC normal. Hofstra et al. (2008), en un estudio transversal que evaluó la prevalencia de hipogonadismo hipogonadotrópico en hombres entre 18 y 66 años que recibían tratamiento para la obesidad, obtuvo resultados similares, en donde los niveles de TT y TL fueron inversamente relacionados al IMC, siendo los niveles de TT subnormales en el 57,7% de los sujetos, y los de TL en el 35,6% de los casos. Martínez et al. (2008), también han observado una asociación negativa entre la testosterona y la obesidad, estableciendo que ésta al igual que otras patologías como la diabetes tipo 2 y las dislipidemias conducen a un menor contenido sérico de la hormona, de manera similar a lo hallado por Figueroa, García, Díaz y Camacho (2009). Algunos han diferenciado el grado de decrecimiento para los tipos de testosterona: libre (TL) y total (TT). Liberman (2005), postula que los niveles de testosterona total disminuyen en forma proporcional al IMC manteniéndose normales los de testosterona libre, destacando que sólo en la obesidad mórbida puede agregarse un descenso de la TL sin que se establezca una relación con el IMC, de forma semejante a lo propuesto por Isidro, Álvarez, Martínez y Cordido (2004), quienes afirman que “los niveles de testosterona libre se mantienen dentro del rango normal hasta que se desarrolla una obesidad severa (IMC >40)” (p. 69).

De forma contraria, en las mujeres la obesidad aumenta la incidencia de hiperandrogenismo y alteraciones menstruales, y reduce las ovulaciones espontáneas y la probabilidad de embarazo (Isidro et al., 2004). Según Escobar (2000), la insulinoresistencia en mujeres con obesidad central, constituye un importante factor para el aumento en la producción ovárica de testosterona, similar a lo expuesto por Gutiérrez et al. (2002), quien afirma la existencia de una relación positiva entre los niveles de insulina y la androgenemia. La insulina sería capaz de estimular la secreción androgénica por los ovarios, y de reducir la síntesis de globulina fijadora de esteroides sexuales por el hígado (Gutiérrez et al., 2002). Sobre todo la obesidad abdominal se caracteriza por una alta tasa de producción de andrógenos que se unen a SHBG, y de andrógenos que no se unen a SHBG. Debido a una disminución en los niveles de SHBG, los niveles de TL tienden a ser más altos en las mujeres con obesidad abdominal, que en las mujeres con una distribución glúteo-femoral de la grasa (Isidro et al., 2004). Las mujeres obesas también presentan un aumento en la tasa de producción de estrógenos. Esto es debido a varios factores, incluyendo la reducción de SHBG, la disminución de la formación de metabolitos inactivos y, fundamentalmente, al aumento en la aromatización periférica de los andrógenos en el tejido adiposo. Globalmente estas modificaciones conllevan un aumento del ratio de estrógenos activos/inactivos. Sin embargo, los niveles de estrógenos están habitualmente dentro del rango normal o sólo ligeramente elevados en las mujeres obesas, especialmente en las premenopáusicas (Isidro et al., 2004). En mujeres postmenopáusicas (edad >45 años) se han observado variaciones en los niveles de testosterona y estradiol en consecuencia a cambios en el BMI y niveles plasmáticos de leptina. Particularmente la pérdida de tejido graso se ha asociado a una disminución en los niveles de estradiol y testosterona. Jones et al. (2013), han descrito un descenso del 12,7% en los niveles de estradiol por cada 1 Kg/m² de disminución en el BMI, y un incremento del 6,4% por cada Kg/m² de aumento del mismo. Mientras que para la testosterona total los valores hallados fueron del 10,7% y del 1,9%, y para la testosterona libre del 14,7 y 5,9% según el descenso o incremento en 1 Kg/m² del BMI, respectivamente.

Según Enriori, Vico & Enriori (2004), la globulina ligadora de andrógenos y estrógenos activos (GLAE), descrita también como SHBG según las siglas en inglés (sex hormone binding globulin), disminuye significativamente con el aumento del peso corporal. Este descenso de la SHBG ocurre en ambos sexos, y la hiperinsulinemia parece ser un importante factor. Se considera que una disminución moderada del peso corporal se asocia a un aumento en la concentración circulante de SHBG. Chubb et al. (2008), han sugerido que los bajos niveles de SHBG presentarían incluso una mayor asociación con el síndrome metabólico que los niveles disminuidos de testosterona total.

En relación a los mecanismos que intentan explicar las modificaciones observadas en los niveles de testosterona y el estradiol en la obesidad, Baudrand, Arteaga, y Moreno (2010) han propuesto que una explicación fisiopatológica de la disminución de andrógenos secundaria a la obesidad sería que el tejido adiposo expresa numerosas enzimas capaces de modificar esteroides, como por ejemplo, la aromatasa que cataliza la conversión de testosterona a estradiol y de androstenediona a estrona. La aromatasa citocromo P450 es una enzima que se encuentra altamente expresada en el tejido graso periférico, y podría incrementar sus concentraciones en respuesta a una mayor acumulación de lípidos. En este sentido, Erdemir et al. (2011) expresan que “se cree que el aumento de los estrógenos en los hombres obesos se debe a una mayor conversión de la testosterona, debido al aumento de la enzima aromatasa disponible en el tejido adiposo” (p. 154). Investigadores han descrito que un aumento de los niveles de estrógenos conducirían a la supresión de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), y a una alteración de la secreción de gonadotropinas (LH y FSH) por parte de la glándula pituitaria, provocando reducción en la secreción de testosterona (Dandona et al., 2009; Wang et al., 2011). Otras teorías como las de Isidori et al. (1999) han sugerido que la leptina podría ser la hormona responsable de la reducción de los niveles de testosterona en sujetos obesos, estableciendo a la misma como “el mejor predictor hormonal de los bajos niveles de andrógenos en la obesidad” (p. 3.673). Estos autores hallaron que cuanto mayor era el grado de obesidad, más altos resultaban los niveles de leptina y más bajos los de testosterona,

correlacionándose de manera negativa ambas hormonas. La leptina podría tener un efecto inhibitorio directo sobre las células de Leydig, lo que reduciría la producción de testosterona en las mismas. El aumento en la producción de leptina acontecería en consecuencia al aumento en las reservas de grasa corporal.

IMPLICANCIAS SOBRE LA SALUD GENERAL

Diversas investigaciones han demostrado los efectos sobre la salud ocasionados por la deficiencia androgénica. Bajos niveles de testosterona en hombres se han asociado al incremento en todas las causas de mortalidad (Shores et al., 2006; Haring et al., 2010; Malkin et al., 2010; Wang et al., 2011; Schneider et al., 2012). Araujo, Handelsman y McKinlay (2005, citados en Navarrete et al. 2009), han señalado la prevalencia de una mayor frecuencia de muerte cardiovascular en los individuos con niveles bajos de testosterona, de manera similar a lo descrito por Simon et al. (1997), y Wu y Von Eckardstein (2003), quienes encontraron una relación inversa entre los niveles de la hormona y los factores de riesgo asociados a enfermedad cardiovascular (ECV). Bhasin y Herbst (2003), y Svartberg et al. (2006), también vincularon las bajas concentraciones de testosterona al desarrollo de aterosclerosis y enfermedad de las arterias coronarias. Navarrete et al. (2009), han expuesto que “niveles normales de andrógenos son necesarios tanto para la protección anatómica del sistema cardiovascular como para la función hemodinámica correcta” (p. 176). Khaw et al. (2007), han observado una relación inversa entre los niveles endógenos de testosterona y la mortalidad por enfermedad cardiovascular, cáncer, y mortalidad por todas las causas. En su estudio describen una disminución del 14% del riesgo de mortalidad total por cada 6 nmol/L de incremento en las concentraciones de testosterona (1 DS).

El déficit de andrógenos, también ha sido asociado a la insulino-resistencia. Álvarez et al. (2010), han descrito que la testosterona modula la sensibilidad a la insulina, la tolerancia a la glucosa, y que además tiene efecto sobre la secreción de insulina de los islotes pancreáticos aislados. Según los autores, existe una “relación bidireccional

y reversible entre la deficiencia de andrógenos y la adiposidad, así como entre la deficiencia de andrógenos y la resistencia a la insulina” (p. 80), agregando además que los niveles bajos de testosterona serían un elemento predictor de patologías como la obesidad abdominal, diabetes mellitus tipo 2, y el síndrome metabólico (Laaksonen et al., 2004; Haring et al., 2009; Álvarez et al., 2010). Kapoor et al. (2005), tras una revisión efectuada sobre una serie de estudios realizados entre los años 1984 y 2004 respecto a la relación testosterona-insulina, determinaron la existencia de una relación negativa entre ambas hormonas. Del mismo modo, Cuéllar y Wiechers (2007) afirman que “la baja de testosterona favorece la obesidad, la resistencia a la insulina, el aumento de los niveles de leptina, y por ende riesgos para la salud (diabetes, enfermedad cardiovascular, etc.). Si a su vez, la obesidad favorece una reducción en la producción de testosterona por diversos factores, se cierra un círculo” (p. 199). De manera opuesta, estudios en mujeres han observado una correlación positiva entre los niveles de testosterona (TL y TT) y estradiol plasmático con la intolerancia a la glucosa, y la resistencia a la insulina (Ding et al., 2006; Ding et al., 2007; Golden et al., 2007). Ding et al. (2007), obtuvieron que altos niveles endógenos de testosterona y estradiol en mujeres se encontraban fuertemente e independientemente asociados a un incremento en el riesgo de desarrollo de diabetes tipo 2.

Los niveles plasmáticos de SHBG también se han relacionado a la insulino resistencia, e incluso Ding et al. (2009) han establecido que bajos niveles de la globulina constituirían un fuerte predictor para el desarrollo de diabetes tipo 2 tanto en hombres como mujeres, más allá de los factores de riesgo tradicionales. Por contraparte, altos niveles de SHBG han sido prospectivamente asociados a un menor riesgo de desarrollo de diabetes tipo 2, menor BMI, menor probabilidad de historia de HTA, y un perfil lipídico y niveles de proteína C-reactiva más favorables (Ding et al., 2009). Ding et al. (2006), tras efectuar una revisión sistemática y meta análisis, describieron que mujeres con altos niveles de SHBG (>60 nmol/L) tendrían un 80% menos de riesgo de desarrollar diabetes tipo 2, mientras que hombres con altos niveles de la globulina (>28,3 nmol/L) tendrían un 52% menos de riesgo. Kupelian et al. (2006) han encontrado que bajos niveles de SHBG en hombres con un BMI inferior a 25 kg/m²,

se encuentran asociados a un incremento en el riesgo de desarrollo de síndrome metabólico y pueden constituir signos de alerta temprana de riesgo cardiovascular. En mujeres premenopáusicas y perimenopáusicas de etnias diversas, Sutton-Tyrrell et al. (2005) encontraron que bajos niveles de SHBG junto a un elevado índice de andrógenos libres se asocian fuertemente y consistentemente a factores de riesgo de enfermedad cardiovascular, como ser niveles elevados de insulina, glucosa, marcadores inflamatorios, hemostáticos y lípidos adversos. Una posible explicación a los reducidos niveles de SHBG en la obesidad y fundamentalmente en estados de hiperinsulinemia, ha sido propuesta por Plymate, Matej, Jones & Friedl (1988, citados en Couillard et al. 2000), quienes demostraron que la insulina interviene en la regulación de los niveles de la globulina inhibiendo su producción en las células HepG2.

Los niveles de testosterona y estradiol también se han asociado a modificaciones en la composición corporal. Bajos niveles de andrógenos han sido relacionados al incremento en el porcentaje de tejido graso, disminución de la densidad mineral ósea, y del tejido muscular. Van Den Beld et al. (2000), describieron una asociación positiva e independiente de la edad, entre los niveles de T (total y libre) y la densidad mineral ósea (DMO) medida por DEXA, mientras que la masa grasa (total y troncal) y los niveles de la hormona se asociaron inversamente. Matsumoto (2002, citado en Shores et al. 2006), describe que dentro de las manifestaciones de los bajos niveles de testosterona se incluyen decrecimiento de la masa muscular, de la densidad mineral ósea, incremento en la masa grasa, obesidad central e insulinoresistencia, entre otras. Según Roig (2013), “considerando que el sostenimiento del tejido muscular en hombres depende de la suficiente secreción hormonal, tal como lo han mostrado las investigaciones en sujetos de edad avanzada, debe esperarse que en situaciones donde la T esté disminuida la masa muscular también se verá con menor desarrollo del esperado” (p. 3).

La testosterona ha sido descrita como una de las más potentes hormonas anabólicas secretadas. En músculo estimula la síntesis de proteínas, e inhibe la

degradación proteica, efectos que de manera conjunta promueven la hipertrofia muscular. Es importante para el desarrollo y mantenimiento de la masa muscular en hombres. En mujeres, aunque su papel es menos claro y generalmente no es considerada como una de las hormonas anabólicas primarias, también aparentaría ser importante en el mantenimiento del tejido muscular (Vingren et al., 2010). En este sentido, Navarrete et al. (2009) expresan que el déficit de testosterona produce sarcopenia.

Desde hace un tiempo, diversos autores han empleado el concepto de *obesidad sarcopénica* para referirse a una situación característica en donde individuos con obesidad cursan al mismo tiempo con bajos niveles de masa muscular. La primera mención de este término en la literatura científica parece haber sido utilizado por Heber et al. en 1996 (citado en García-Orea et al., 2013). Debido a la relativa novedad de este concepto, no existe todavía un consenso en cuanto a su cálculo y por ello actualmente existen diferentes definiciones de la misma. Se cita a continuación dos formas de cálculo de la obesidad sarcopénica, según lo recopilado por García-Orea et al. (2013):

Según Baumgartner et al. (1998), la obesidad sarcopénica se define como la presencia simultánea de una masa muscular esquelética 2 desviaciones estándar por debajo de la media para población joven ($< 7,26 \text{ kg/m}^2$ en hombres y $< 5,45 \text{ kg/m}^2$ en mujeres) y un porcentaje de grasa corporal mayor que la mediana ($>27\%$ en hombres y $> 38\%$ en mujeres). Un estudio más reciente realizado por Kim et al. (2009) desarrolló una nueva fórmula para definir la obesidad sarcopénica usando la definición previa de Janssen para determinar la sarcopenia (porcentaje de masa muscular menor del 35,7% y 30,7% del peso total, hombres y mujeres respectivamente) y la de Davison para determinar la obesidad (porcentaje de masa grasa superior al 20,1% en hombres y 31,7% en mujeres). (p. 3)

Más recientemente Ormsbee et al. (2014) han propuesto el término de *obesidad osteosarcopénica* para definir la concurrencia de obesidad, baja masa ósea y muscular. Ambos conceptos, el de la obesidad sarcopénica y el de la obesidad

osteosarcopénica, nos permiten redimensionar la problemática de la obesidad, ya no sólo vista como el acúmulo o incremento de tejido graso corporal, sino como una afección mucho más generalizada en donde se ve afectada la estructura y función de la mayoría de los tejidos corporales.

Finalmente, resulta interesante mencionar que los bajos niveles de andrógenos también han sido vinculados al incremento en los depósitos de tejido graso visceral, en hombres de edades diversas (Tsai, Boyko, Leonetti & Fujimoto, 2000; Nielsen et al., 2007). El aumento de los niveles de grasa visceral se ha asociado a un gran número de riesgos y comorbilidades, entre los cuales se pueden mencionar el mayor riesgo de enfermedad cardiovascular, diabetes tipo 2, y diversos factores vinculados al síndrome plurimetabólico (Gutiérrez et al., 2002).

HORMONAS SEXUALES Y EJERCICIO FÍSICO

Atendiendo a la definición propuesta por la OMS (2004), se entiende por ejercicio físico la realización de toda actividad física planificada, estructurada y sistemática, que persigue determinados objetivos, orientados a la mejora o mantenimiento de uno o más componentes de la aptitud física. En el presente estudio se abordarán dos protocolos de ejercicio definidos: un protocolo de entrenamiento de la fuerza muscular, y otro de entrenamiento aeróbico de baja intensidad.

La testosterona es considerada la mayor promotora del crecimiento muscular y subsecuente incremento de la fuerza muscular, en respuesta al entrenamiento de fuerza. Generalmente, las concentraciones de la hormona son elevadas inmediatamente luego del entrenamiento de fuerza en hombres (TT y TL), aunque la respuesta no es clara en mujeres, y a pesar de que algunos estudios han encontrado incrementos, muchos otros no han observado cambios (Vingren et al., 2010). Cervera (1994), ha documentado que la testosterona podría aumentar sus valores de reposo en respuesta al entrenamiento de fuerza, tanto en sujetos con elevada experiencia en el mismo, así como también en principiantes, y que los cambios en las concentraciones plasmáticas de la hormona sólo serían aceptables ante el trabajo con cargas elevadas,

más específicamente situadas entre el 70% y 100% de la intensidad máxima (1RM). Heyward (2008), ha descrito que hormonas anabólicas como la testosterona, hormona del crecimiento y factor de crecimiento similar a la insulina (IGF -1), aumentarían en respuesta al entrenamiento intenso de fuerza. Sin embargo, estos cambios estarían sujetos a determinadas variables del entrenamiento, como por ejemplo, el tamaño de los grupos musculares implicados en el ejercicio, la intensidad del mismo (porcentaje de 1RM), y la duración de las pausas entre series. Los mayores aumentos se observarían con cargas de alta intensidad (5 a 10 repeticiones máximas), y breves períodos de descanso (pausas de 1 minuto), en ejercicios que involucren la participación de grandes grupos musculares (Heyward, 2008). El orden de los ejercicios, y el volumen total de la sesión también influirían en la respuesta observada (Vingren et al., 2010). Roig (2013), añade que existe evidencia que los grandes músculos utilizados al comienzo de una sesión generan una significativa liberación de T a la circulación.

Heufelder, Saad, Bunck y Gooren (2009), en un estudio llevado a cabo con 32 hombres diabéticos con hipogonadismo y síndrome metabólico, encontraron que 52 semanas de tratamiento con dieta, ejercicio (30 minutos de caminata, más 15 minutos de entrenamiento de fuerza, realizados en 3 sesiones semanales) y la aplicación de un gel transdérmico con testosterona, dan como resultado un aumento promedio en la concentración sérica de testosterona de 10,5 nmol/L a 15,4 nmol/L, mejora del control glucémico (reducción de los niveles de insulina y glucemia en ayunas, y aumento de la sensibilidad a la insulina evaluada por medio del índice de HOMA), y de los componentes del síndrome metabólico. Un grupo comparativo en este estudio, que sólo realizó dieta y ejercicio obtuvo un incremento promedio en los niveles de T de 10,4 a 11,2 nmol/L. Finalizada la investigación, el 12,5 % de las personas que combinaron dieta y ejercicio ya no cumplían con los criterios para el síndrome metabólico descritos por la Federación Internacional de Diabetes, mientras que en el grupo que además utilizó la aplicación del gel transdérmico, el 62,5% ya no cumplía con los criterios mencionados.

Tremblay, Copeland y Van Helder (2003), han demostrado que la respuesta de la T al entrenamiento de fuerza es mayor en comparación al entrenamiento aeróbico al 50-55% del $Vo_2máx$, incluso a igual volumen de trabajo. Sobre la base de estos resultados postulan que el perfil hormonal endógeno parece ser más dependiente de la modalidad o intensidad del ejercicio, que del volumen del mismo. Datos aportados por Kraemer et al. (1999), indican que el entrenamiento periodizado de fuerza a lo largo de 10 semanas, permite incrementar los niveles basales de TT y TL tanto en hombres jóvenes como ancianos saludables.

En mujeres con sobrepeso y obesidad postmenopáusicas, McTiernan et al. (2004) han demostrado una reducción en los niveles de estradiol, estrona y estradiol libre en respuesta a un programa de ejercicio de moderada intensidad desarrollado a lo largo de 12 meses. La reducción fue sobre todo significativa en aquellas mujeres que como producto del entrenamiento evidenciaron un descenso mayor o igual al 2% en el porcentaje de tejido graso medido por DEXA. La reducción para el estradiol fue del 13,7%, siendo el porcentaje menor en mujeres con descensos del tejido graso inferiores al 2%. De manera similar, Jasienska et al. (2006) hallaron una relación negativa entre los niveles habituales de actividad física y la concentración de E_2 en mujeres premenopáusicas con edades comprendidas entre los 24 y 37 años. Encontraron que altos niveles de actividad física se relacionan con menores niveles de estradiol, y esta asociación se manifestó más allá de las diferencias en el contenido de grasa corporal. Mujeres con baja actividad física habitual tuvieron una media de E_2 21% mayor que mujeres con altos niveles de actividad física.

En relación a la globulina ligadora de hormonas sexuales, Heufelder, Saad, Bunck y Gooren (2009), han encontrado una disminución de los niveles de SHBG en respuesta al ejercicio. En su estudio, la combinación de dieta y ejercicio produjo un descenso de $39,7 \pm 2,2$ nmol/L a $30,8 \pm 1,3$ nmol/L, mientras que McTiernan et al. (2004) han observado la respuesta opuesta, con incrementos del 13,1% en los niveles de SHBG a lo largo de 12 meses de entreno y con reducciones mayores al 2% del tejido graso corporal.

Sobre la base de estos supuestos, el presente estudio pretende analizar la influencia del ejercicio físico sobre el perfil hormonal de la testosterona y el estradiol, particularmente en respuesta a dos protocolos de esfuerzo definidos, y analizar su impacto en personas con obesidad.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se abordó desde un enfoque cuantitativo, orientándose a la medición de variables cuantificables, factibles de ser sometidas a observación. Se verificó la existencia de posibles modificaciones en los valores de las mismas en el transcurso del estudio. Los datos obtenidos fueron sometidos a tratamiento estadístico.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio utilizó un diseño experimental. Se ha pretendido la manipulación de forma intencionada de determinadas variables independientes, con el objeto de analizar los efectos de las mismas sobre las variables dependientes de estudio.

POBLACIÓN

La población estuvo constituida por hombres y mujeres entre 25 y 65 años con obesidad, sedentarios, residentes de la ciudad de Viedma, Provincia de Río Negro, Argentina.

MUESTRA

La conformaron 9 hombres y 9 mujeres con obesidad de la franja etaria descrita, los cuales fueron seleccionados de manera no probabilística. Los sujetos

seleccionados fueron distribuidos aleatoriamente en tres grupos de estudio: un grupo realizó entrenamiento de la fuerza muscular, otro llevó a cabo un entrenamiento aeróbico de baja intensidad, y otro actuó como grupo control.

Los criterios de inclusión tenidos en cuenta fueron:

1. Tener entre 25 y 65 años.
2. Ser sedentario.
3. Tener un índice de masa corporal mayor o igual a 30 Kg/m².
4. Tener un perímetro de cintura mayor o igual a 102 cm en hombres, y 88 cm en mujeres.

No formaron parte de la muestra individuos con historial clínico de enfermedad cardiovascular, diabetes, problemas reumatológicos, o que recibieran tratamiento con testosterona o estradiol. También se excluyeron personas que llevaran a cabo la práctica sistemática de ejercicio de manera previa al inicio del estudio.

Un grupo de 6 personas (4 mujeres y 2 hombres) sin obesidad ni sobrepeso (BMI entre 18,5 y 24,9 Kg/m²), y sedentarias, también fue evaluado al inicio del estudio con el fin de comparar el perfil hormonal y características antropométricas, con los datos obtenidos en las personas con obesidad.

VARIABLES DE ESTUDIO

Dependientes	Niveles de testosterona (TT, TL), estradiol, SHBG
Independientes	Entrenamiento de fuerza, entrenamiento aeróbico de baja intensidad
Correlacionales	Testosterona (TT, TL), estradiol, SHBG, composición corporal (masa muscular, ósea, sumatoria de pliegues

	cutáneos), índices antropométricos (BMI, PC, ICC, ICT, ABSI, BRI)
Cuantitativas continuas	Testosterona (TT, TL), estradiol, SHBG, masa muscular, masa ósea, sumatoria de pliegues cutáneos, BMI, PC, ICC, ICT, ABSI, BRI

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	UNIDAD DE MEDIDA	GRUPO DE APLICACIÓN	ESCALA DE VALORIZACIÓN
IMC	Medida de asociación y relación entre el peso y la talla de un individuo	Kg/m ²	Muestra	<p>Valor entre 18,5 y 24,9 Kg/m²: rango normal</p> <p>Valor entre 25 y 29,9 Kg/m²: sobrepeso o pre-obesidad</p> <p>Valor entre 30 y 34,9 Kg/m²: obesidad grado I</p> <p>Valor entre 35 y 39,9 Kg/m²: obesidad grado II</p> <p>Valor superior o igual a 40 Kg/m²: obesidad grado III</p>

ICT	Medida de la obesidad central ajustada a la talla.		Muestra	Normal: valores hasta 0,5 Elevado: valores superiores a 0,5
PC	Medida asociada a la obesidad central/abdominal	Cm	Muestra	Valor superior o igual a 102 en hombres, y a 88 en mujeres: obesidad central
ICC	Medida de asociación y relación entre la circunferencia de la cintura y cadera de un individuo		Muestra	Valores superiores a 1 en hombres, y a 0,85 en mujeres: obesidad central
ABSI	Medida de asociación y relación entre la circunferencia de la cintura, el peso y la talla		Muestra	Normal: valor menor a 0,083 Riesgo moderado: entre 0,083 y 0,090 Riesgo duplicado: valores superiores a 0,090
TT	Testosterona total	Ug/l	Muestra	Normal: valores entre 2,80 y 8,00 en hombres, y entre

				0,12 y 0,80 en mujeres
TL	Testosterona libre en suero	Pg/ml	Muestra	Normal: valores entre 62 y 184 en hombres hasta 50 años, y entre 49 y 113 en mayores de 50 En mujeres el rango normal se sitúa entre 0,8 y 9,2
E²	Estradiol plasmático	Pg/ml	Muestra	Normal: valores entre 11 y 44 en hombres, y entre 24 y 195 en mujeres en fase folicular
SHBG	Globulina ligadora de andrógenos y estrógenos	Nmol/l	Muestra	Normal: valores entre 14 y 49 en hombres, y entre 14 y 110 en mujeres

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Se llevaron a cabo valoraciones antropométricas para determinar el grado de obesidad y composición corporal de los individuos, tanto al momento previo como al término del estudio. Las variables analizadas comprendieron: índice de masa corporal, perímetro de cintura, índice cintura/cadera, índice cintura/talla, índice de la forma

corporal (Body Shape Index), índice de redondez (Body Roundness Index), masa muscular, masa grasa y masa ósea. Las medidas se llevaron a cabo siguiendo los estándares internacionales para la evaluación antropométrica establecidos por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK, 2008), a excepción de la medida del perímetro de muslo, la cual fue obtenida según los criterios establecidos por Lee et al. (2000) para el cálculo de la masa muscular. Las mismas fueron obtenidas por un antropometrista con certificación ISAK nivel 1 (el autor de la presente pesquisa). Para el cálculo de la masa muscular se empleó la fórmula desarrollada por Lee et al. (2000), y la masa ósea fue estimada según la ecuación de Martin (Martin 1991, citado en Alvero Cruz et al. 2010). El Body Roundness Index, junto al porcentaje graso corporal, y al tejido adiposo visceral (TAV), se determinaron usando el software de cálculo publicado por los autores en el sitio <http://www.pbrc.edu/bodyroundness> (Thomas et al., 2013). El tejido adiposo subcutáneo fue valorado además por la sumatoria de los pliegues del tríceps, bíceps, subescapular, muslo y pantorrilla. Se descartaron de la medición los pliegues de la zona media del cuerpo (abdominal, supraespinal y cresta ilíaca), debido a la mayor dificultad que presentan dichas medidas tanto para el establecimiento de las “landmarks”, como para la toma del panículo adiposo, en la población de estudio en cuestión.



Foto 1. Establecimiento de las landmarks antes de la medición. Determinación del punto medio acromiale - radiale.

Los niveles séricos de testosterona libre y total, globulina ligadora de hormonas sexuales, y estradiol en reposo, se determinaron a través de la obtención de muestras sanguíneas en ayunas, entre las 7 y 9 hs de la mañana, en las semanas 0 y 12 del estudio. Las muestras sanguíneas en mujeres se obtuvieron entre los días 3 y 6 del ciclo menstrual (fase folicular). Para cada caso en particular, se registró el día exacto del ciclo al momento de obtención de la muestra en semana 0, procurándose obtener la muestra de semana 12 en idéntico día del ciclo menstrual.



Foto 2. Obtención de muestra sanguínea en Laboratorio Bioquímico Gerometta (Viedma, Río Negro).

Los datos fueron recopilados entre agosto de 2013 y marzo de 2015, y sometidos a tratamiento estadístico empleando los softwares Excel de Microsoft Office 2010, y SPSS versión 20 para Microsoft Windows. Se aplicaron las pruebas T Student (para muestras relacionadas e independientes) para el establecimiento de diferencias significativas, y el test de Shapiro - Wilk para contrastar la normalidad del conjunto de datos. Los gráficos fueron elaborados utilizando el software Microsoft Excel.

Para la interpretación de los valores obtenidos en la determinación del coeficiente de correlación de Pearson se emplearon las reglas descritas por Hinkle, Wiersma y Jurs (2003, citados en Vicente 2013), las cuales se grafican a continuación.

Tabla 1. Reglas para interpretar el tamaño del coeficiente de correlación.

Tamaño de la correlación	Interpretación
.90 a 1.00 (-.90 a -1.00)	Correlación bien alta positiva (negativa)
.70 a .90 (-.70 a -.90)	Correlación alta positiva (negativa)
.50 a .70 (-.50 a -.70)	Correlación moderada positiva (negativa)
.30 a .50 (-.30 a -.50)	Correlación baja positiva (negativa)
.00 a .30 (.00 a -.30)	Si existe correlación, es pequeña

Fuente: elaboración propia a partir de Vicente (2013)

PROTOCOLOS DE EJERCICIO

Los protocolos de entrenamiento se desarrollaron durante un lapso de 12 semanas, con una frecuencia de 3 sesiones semanales, y tuvieron las siguientes características:

- *Entrenamiento de fuerza*

El mismo fue organizado con una distribución desigual de la carga de trabajo para cada sesión de la semana. Se diferenció en *día 1, día 2 y día 3*, atendiendo a las 3 sesiones semanales. La intensidad de trabajo se determinó por el número de repeticiones máximas (carácter de esfuerzo máximo). Se emplearon 6 a 10 RM, con 3 series por cada ejercicio, y pausas de trabajo de 1 minuto. Una excepción a esta regla fueron los trabajos de la zona media corporal (Ej. Abdominales, "Bird - dog"), y algunos ejercicios como las subidas al cajón con barra y la elevación de cadera en decúbito dorsal, en donde el carácter de esfuerzo no fue máximo. La duración total aproximada de la sesión fue de 40 minutos. La escala OMNI-RES de percepción subjetiva de

esfuerzo para trabajos de fuerza fue empleada como una medida adicional para el control de la intensidad. Los ejercicios distribuidos por día fueron los siguientes:

DÍA 1

- ✓ Prensa de piernas inclinada
- ✓ Press de banca plano
- ✓ Remo en polea baja
- ✓ Press de hombros en máquina
- ✓ Rotaciones de tronco con polea
- ✓ Subidas al cajón con barra
- ✓ Abdominales en espaldera

DÍA 2

- ✓ Tirón al frente en dorsalera
- ✓ Variante en máquina específica al press de banca plano
- ✓ Cuádriceps en sillón
- ✓ Curl de piernas sentado
- ✓ Curl de bíceps con barra
- ✓ Bird – dog

DÍA 3

- ✓ Sentadilla con remo
- ✓ Dorsales en máquina
- ✓ Extensiones de brazos en banco
- ✓ Estocadas
- ✓ Tríceps en polea
- ✓ Elevación de talones en máquina
- ✓ Elevación de cadera en decúbito dorsal

Durante las primeras 2 semanas de trabajo se hizo hincapié en el aprendizaje técnico de los ejercicios, para luego a partir de la semana n°3 iniciar con el aumento gradual de las cargas de trabajo hasta alcanzar la intensidad deseada (6 a 10 RM).



Foto 3. Ejercicio press de banca plano ejecutado por una participante del estudio.

- *Entrenamiento aeróbico de baja intensidad*

Consistió de caminatas, realizadas con una duración inicial de 45 minutos que se fue extendiendo hasta alcanzar los 90 minutos en las últimas semanas. La intensidad de trabajo se determinó en base a la Frecuencia Cardíaca. La Frecuencia Cardíaca Máxima Teórica fue obtenida según la ecuación de Inbar et al. (1994), a partir de la cual se determinó el porcentaje de FC de trabajo, el cual estuvo situado entre el 60-70 % de la FC_{máx}. Se utilizó la Escala de Percepción Subjetiva de Esfuerzo de Borg, como medida adicional para el control de la intensidad.



Foto 4. Participantes del estudio realizando protocolo aeróbico de baja intensidad en pista de la salud de Viedma.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan las características de los participantes del estudio. De un total de 25 participantes que iniciaron el mismo, sólo 18 lograron completar el período de 12 semanas establecido para los programas de entrenamiento. Son detalladas las variables edad, sexo, índices antropométricos, composición corporal y perfil bioquímico evaluado. Los sujetos con obesidad ($BMI > 30 \text{ Kg/m}^2$) han sido agrupados atendiendo a los protocolos desarrollados: grupo fuerza, aeróbico de baja intensidad y control. También fueron incluidas las características atinentes a la muestra de sujetos con peso normal (BMI entre $18,5$ y $24,9 \text{ Kg/m}^2$) valoradas al inicio de la investigación. Los datos son expresados en valores promedios con su respectiva desviación estándar.

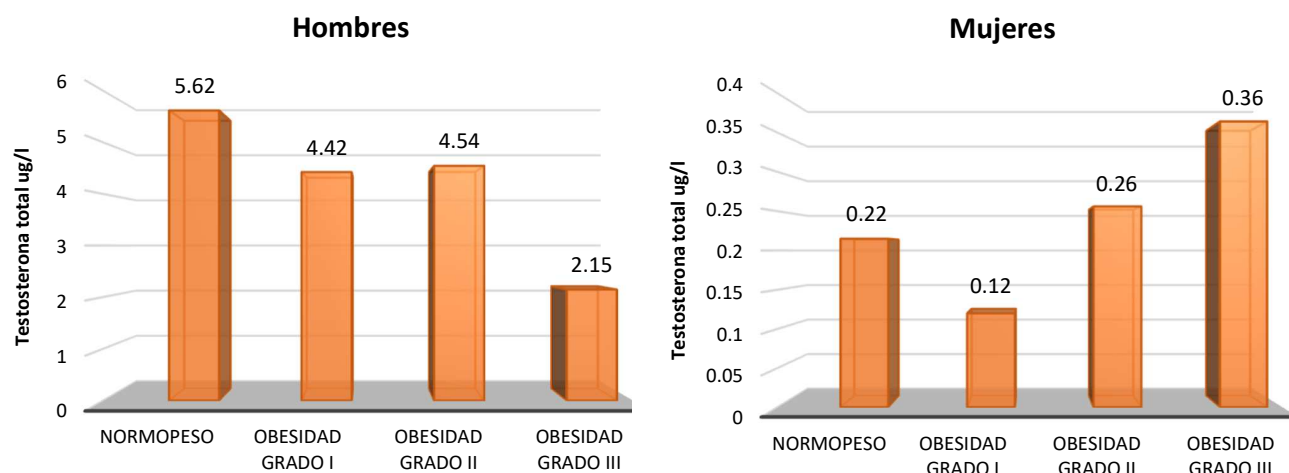
Tabla 2. Características generales de la muestra por grupos

	CON OBESIDAD						PESO NORMAL	
	Fuerza		*ABI		Control		Varones (n = 2)	Mujeres (n = 4)
	Varones (n = 3)	Mujeres (n = 3)	Varones (n = 3)	Mujeres (n = 3)	Varones (n = 3)	Mujeres (n = 3)		
EDAD (AÑOS)	38,6 ± 7,2	38,6 ± 8,1	50,6 ± 12,5	37,6 ± 19,3	48 ± 14,7	40,6 ± 18,4	25 ± 0,0	40 ± 6,1
BMI (KG/M²)	39,1 ± 6	45 ± 11,4	34 ± 3,5	39,1 ± 2,9	32,3 ± 3,5	34,7 ± 3,7	20,5 ± 0,007	23,4 ± 1,1
ICT	0,67 ± 0,07	0,71 ± 0,05	0,64 ± 0,08	0,66 ± 0,08	0,59 ± 0,0	0,60 ± 0,05	0,41 ± 0,007	0,45 ± 0,02
PC (CM)	115,2 ± 14,2	111,6 ± 9,8	112,7 ± 6,8	107,2 ± 13,3	107,7 ± 6	96,4 ± 4,8	73,8 ± 2,2	74 ± 4,3
ICC	0,97 ± 0,08	0,84 ± 0,14	1,02 ± 0,08	0,86 ± 0,08	0,95 ± 0,08	0,81 ± 0,04	0,77 ± 0,04	0,73 ± 0,02
ABSI	0,076 ± 0,004	0,072 ± 0,01	0,081 ± 0,003	0,073 ± 0,006	0,079 ± 0,004	0,072 ± 0,002	0,074 ± 0,002	0,071 ± 0,002
BRI	7,3 ± 1,9	8,3 ± 1,5	6,6 ± 2	6,9 ± 2,1	5,2 ± 0,05	5,5 ± 1,3	1,9 ± 0,07	2,5 ± 0,5
MM (%)	32,5 ± 3,7	26,5 ± 5,2	33,4 ± 5	30,6 ± 4,2	35,1 ± 2,5	30,6 ± 2,5	47,9 ± 0,2	35,9 ± 2,6
MO (%)	8 ± 0,8	6,9 ± 0,5	8,6 ± 0,4	7,9 ± 0,4	10 ± 1,4	8 ± 1,4	12,8 ± 1,4	11,5 ± 1,2
TAS (%)	35,3 ± 3,7	52,1 ± 6,5	35,1 ± 3,9	49,4 ± 2	32,2 ± 0,2	47,3 ± 1,1	18,3 ± 1,1	35,2 ± 2,4
TAV (%)	5,3 ± 2,1	4,4 ± 1,4	7,1 ± 3,1	3,4 ± 2,3	4,4 ± 2	2,7 ± 0,3	0,9 ± 0,0	1,3 ± 0,3
∑ PLIEGUES (MM) (**)	133,3 ± 16,5	173,5 ± 27,2	80,8 ± 26,9	130,8 ± 39,6	78,3 ± 14	121,3 ± 26,9	29,2 ± 8,8	75 ± 18,3
TT (UG/L)	3,4 ± 0,7	0,44 ± 0,11	5,3 ± 1	0,32 ± 0,15	4,06 ± 2,1	0,14 ± 0,04	5,6 ± 0,9	0,22 ± 0,04
TL (PG/ML)	91,6 ± 21,3	9,1 ± 2,8	107,7 ± 5,1	6,1 ± 3,1	92,1 ± 47,6	1,4 ± 1	111,6 ± 18,7	1,8 ± 0,8
E² (PG/ML)	41,3 ± 27	50 ± 21	39,6 ± 11,1	37,6 ± 24,5	28,6 ± 5,5	20,6 ± 15	28 ± 1,4	84,7 ± 44,7
SHBG (NMOL/L)	19 ± 3	26,5 ± 6,2	36,7 ± 15,2	31,7 ± 5,1	27,8 ± 3,9	61,2 ± 38,7	37,9 ± 1,2	78,8 ± 12,5

*ABI: aeróbico de baja intensidad.
 **Sumatoria de los pliegues tríceps, bíceps, subescapular, muslo y pantorrilla.

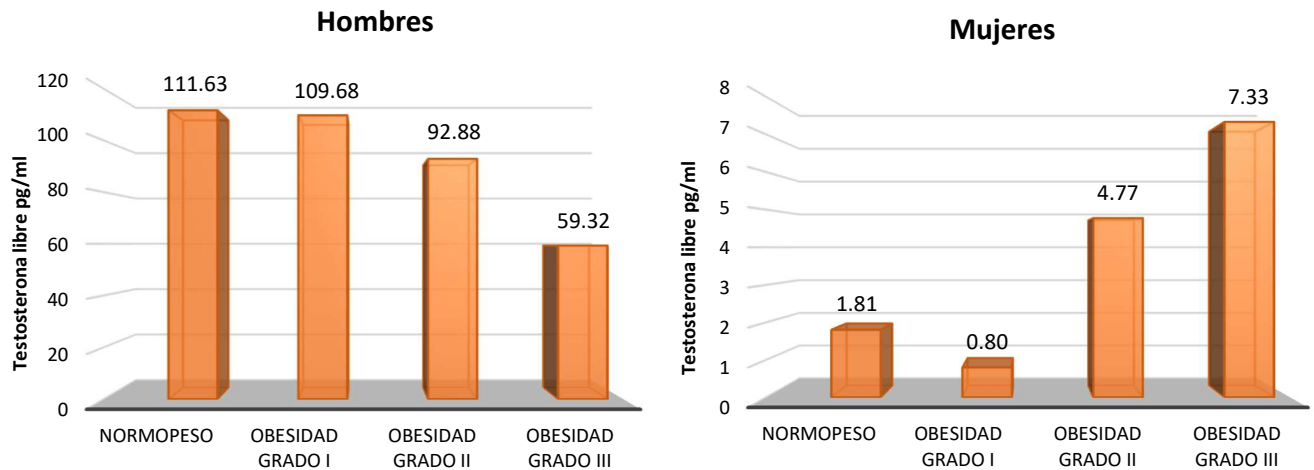
En los gráficos que siguen a continuación podemos observar los niveles de testosterona (total y libre), estradiol, y SHBG evaluados al inicio del estudio, en función del grado de obesidad determinado por el índice de masa corporal. Se comparan los valores promedio hallados en sujetos con obesidad grado I, II y III, y los de individuos con BMI normal.

Gráfico 1. Variación de la testosterona total según BMI, en hombres y mujeres.



Los valores de testosterona total resultaron menores en hombres con obesidad grado III, en comparación a aquellos con obesidad grado I y II, y BMI normal. La media de TT en hombres con obesidad grado III ($2,1 \pm 0,5$ Ug/l) resultó aproximadamente 2,5 veces menor que la media en hombres con BMI normal ($5,6 \pm 0,9$ Ug/l). Se observaron diferencias significativas al aplicar la prueba T de Student para muestras independientes, entre las medias de TT de varones con obesidad grado III y peso normal, así como también entre las medias de varones con obesidad grado III y obesidad grado I. Las diferencias no fueron significativas al comparar los grupos obesidad grado I y II con la media del grupo normopeso. En mujeres en contraparte, los niveles de TT fueron mayores en el grupo con obesidad mórbida (grado III), siendo 1,5 veces más elevados en comparación a mujeres con BMI normal. Sin embargo, al aplicar la prueba T de Student, las diferencias observadas no resultaron estadísticamente significativas.

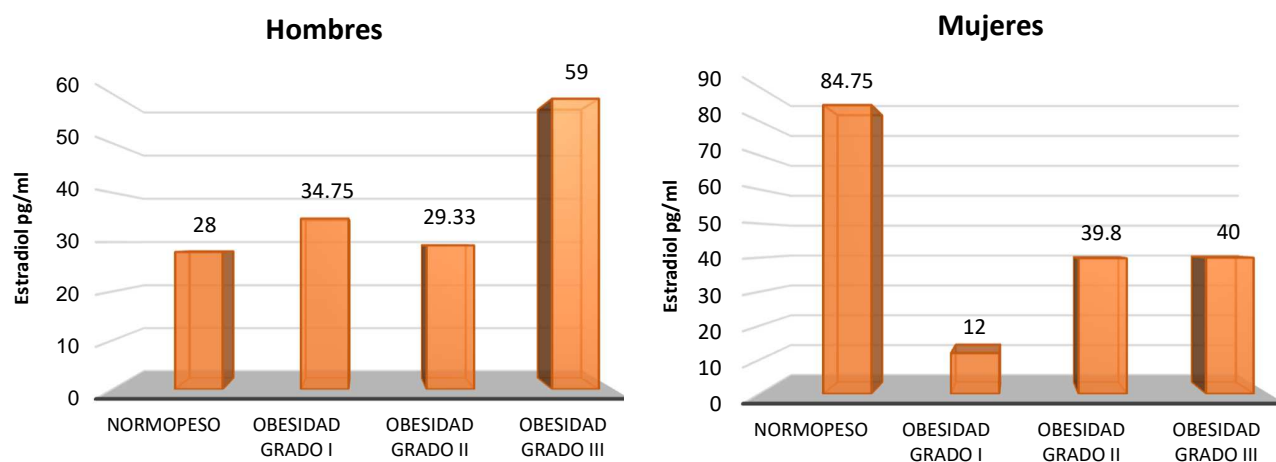
Gráfico 2. Variación de la testosterona libre según BMI, en hombres y mujeres.



De manera similar a lo observado con la testosterona total, se hallaron diferencias significativas entre las medias de testosterona libre de los grupos normopeso y obesidad grado III, y entre las medias de los grupos obesidad I y III, en hombres. La media del grupo con obesidad grado III ($59,32 \pm 10,99$ Pg/ml), fue casi 2 veces menor en comparación a la media de sujetos con BMI normal ($111,63 \pm 18,75$ Pg/ml). En mujeres, la media de testosterona libre del grupo con obesidad grado III, fue aproximadamente 4 veces mayor en comparación a la media del grupo normopeso, siendo esta diferencia estadísticamente significativa. No se encontraron diferencias significativas entre el resto de los grupos.

En el gráfico 3, se ilustran las variaciones en el estradiol plasmático en hombres y mujeres en función del grado de obesidad.

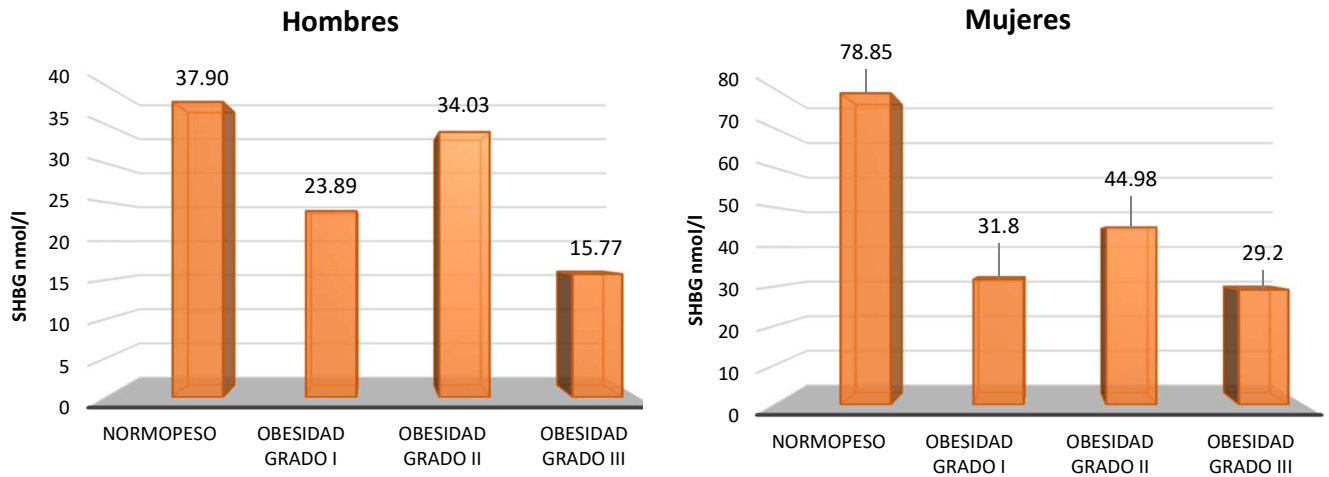
Gráfico 3. Variación del estradiol según BMI, en hombres y mujeres.



Los niveles de estradiol resultaron aproximadamente 2 veces mayores en hombres con obesidad mórbida, al compararlos con los sujetos de índice de masa corporal normal y obesidad grado II. Se hallaron diferencias significativas entre los grupos obesidad grado I y III, y entre los grupos obesidad grado II y III. En mujeres, los valores plasmáticos de estradiol fueron en promedio más altos en mujeres con BMI normal en comparación al resto de los grupos. Sin embargo, las diferencias no resultaron estadísticamente significativas al aplicar la prueba T de Student para muestras independientes.

Los resultados de la variación de la globulina fijadora de hormonas sexuales en función del índice de masa corporal, se ilustran en el gráfico 4. Se encontraron diferencias significativas entre los grupos normopeso y obesidad grado III, y entre normopeso y obesidad grado I, tanto en hombres como en mujeres.

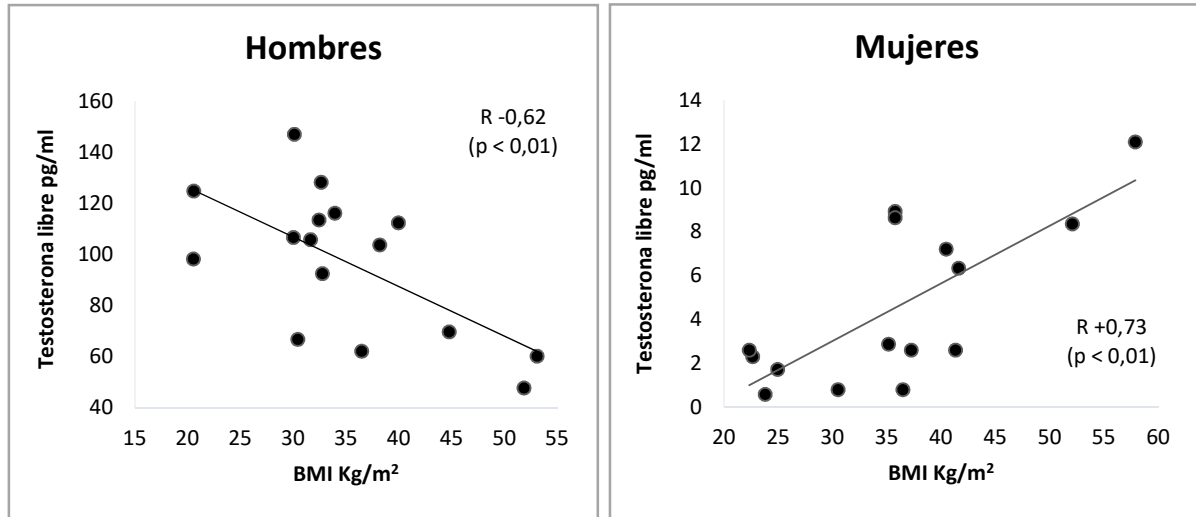
Gráfico 4. Variación de SHBG según BMI, en hombres y mujeres.



RELACIÓN ENTRE VARIABLES. TESTOSTERONA, ESTRADIOL, Y COMPOSICIÓN CORPORAL

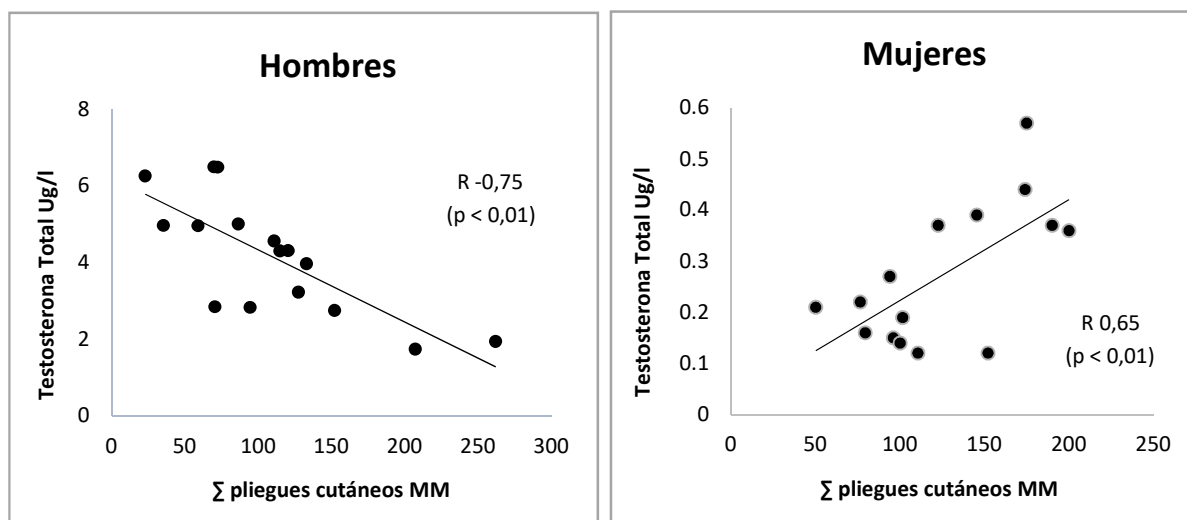
Al analizar la relación entre variables mediante el coeficiente de correlación de Pearson, se encontró que las hormonas evaluadas presentan una asociación más fuerte y estable con algunos índices y variables de la composición corporal. Se describen a continuación las correlaciones más significativas.

Gráfico 5. Correlación entre Testosterona Libre y BMI, en hombres y mujeres.



De todas las variables evaluadas, la testosterona libre presentó la asociación más fuerte con el índice de masa corporal, tanto en hombres como en mujeres. La correlación fue moderada - negativa en los primeros ($r = -0,62$), mientras que en las segundas resultó alta - positiva ($r = 0,73$). En ambos casos la correlación fue significativa al nivel $p < 0,01$.

Gráfico 6. Correlación entre Testosterona Total y sumatoria de pliegues cutáneos, en hombres y mujeres.



Si bien la relación entre la testosterona total y el BMI fue sólo levemente menor en comparación a lo hallado con la TL, la asociación más fuerte se presentó entre la TT y la sumatoria de pliegues cutáneos (Σ pliegues del bíceps, tríceps, subescapular, muslo y pantorrilla). La correlación fue alta – negativa en varones, y moderada – positiva en mujeres.

Por otro lado, el estradiol plasmático presentó una asociación moderada tanto con el porcentaje de tejido adiposo determinado por medio del BRI (*Body Roundness Index*), como con el perímetro de cintura (PC). La correlación fue positiva en varones y negativa en mujeres, en ambos casos, y estadísticamente significativa con un valor $p < 0,05$, a excepción de la correlación estradiol y PC en varones, donde el valor p obtenido fue $< 0,01$.

Gráfico 7. Correlación entre estradiol plasmático y porcentaje de tejido adiposo, en hombres y mujeres.

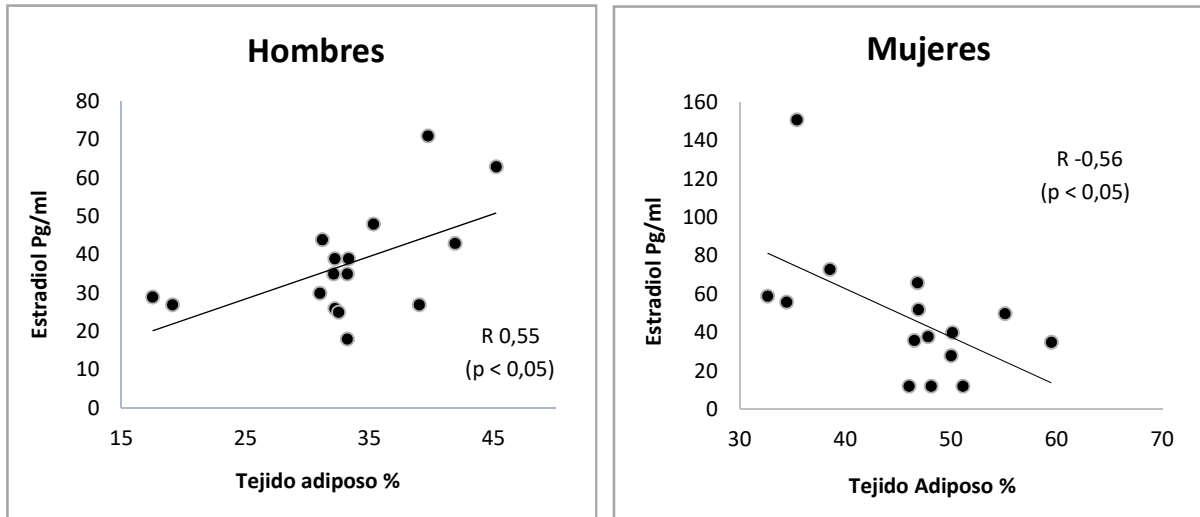
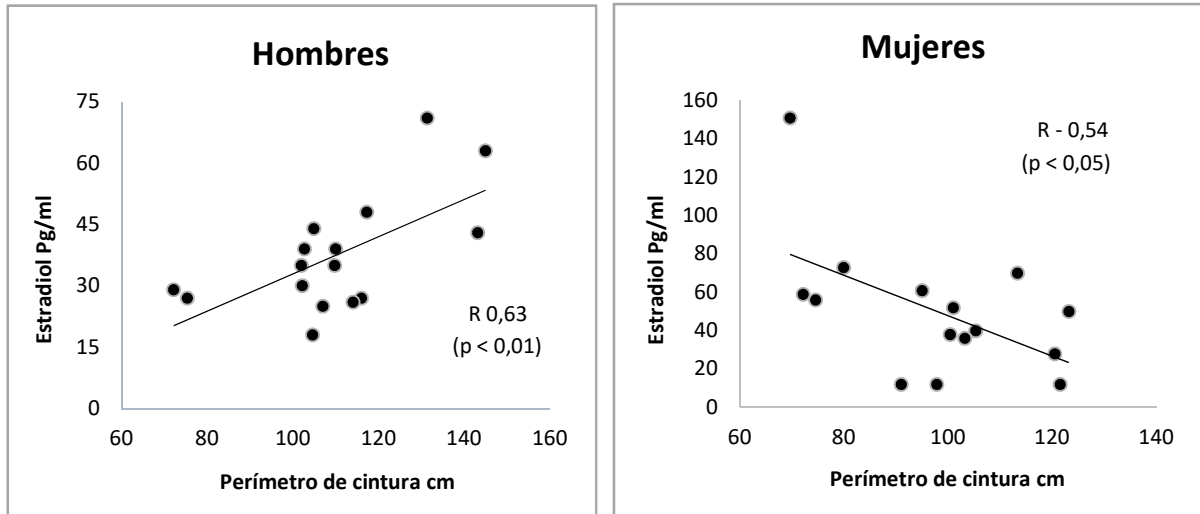


Gráfico 8. Correlación entre estradiol plasmático y perímetro de cintura, en hombres y mujeres.



También resulta relevante destacar la asociación observada entre variables de la composición corporal como la masa ósea y muscular, con el BMI y el cociente cintura/talla, los cuales representan indicadores del grado de sobrepeso – obesidad.

Se observa una correlación alta – negativa entre el BMI y el porcentaje de masa ósea, tanto en hombres como en mujeres, lo que indica que la masa ósea disminuye conforme aumenta el grado de obesidad, con un índice de correlación más elevado en mujeres que en varones. De manera similar, el cociente cintura/ talla (ICT) evidenció una asociación inversa con el porcentaje de masa muscular, siendo esta relación moderada en mujeres, y alta en varones, de forma análoga al BRI, que también presentó una buena asociación con el valor relativo de masa muscular ($r -0,82$, en varones; $r -0,68$, en mujeres).

Gráfico 9. Correlación entre BMI y porcentaje de masa ósea, en hombres y mujeres.

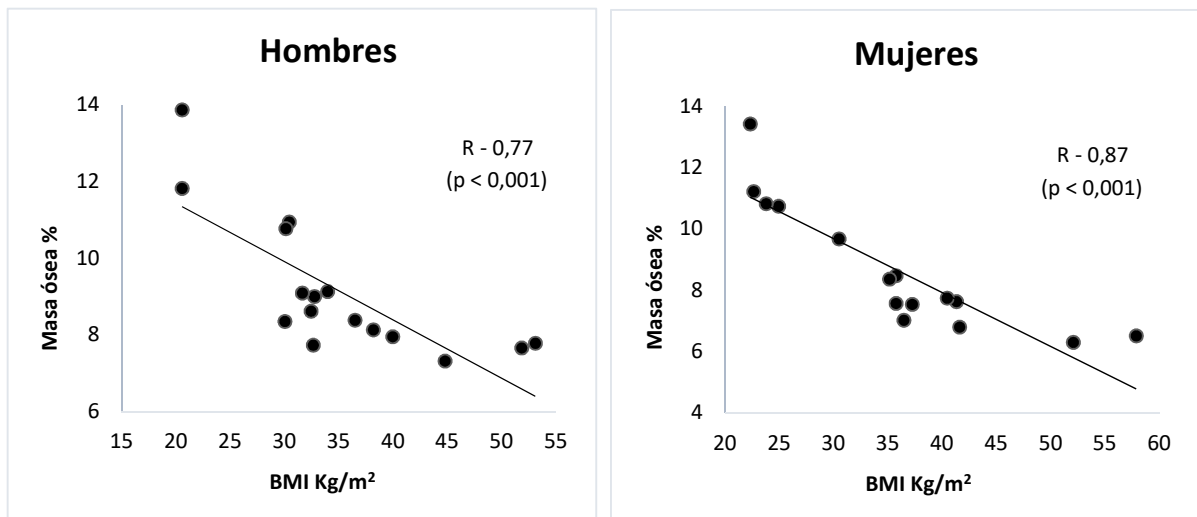
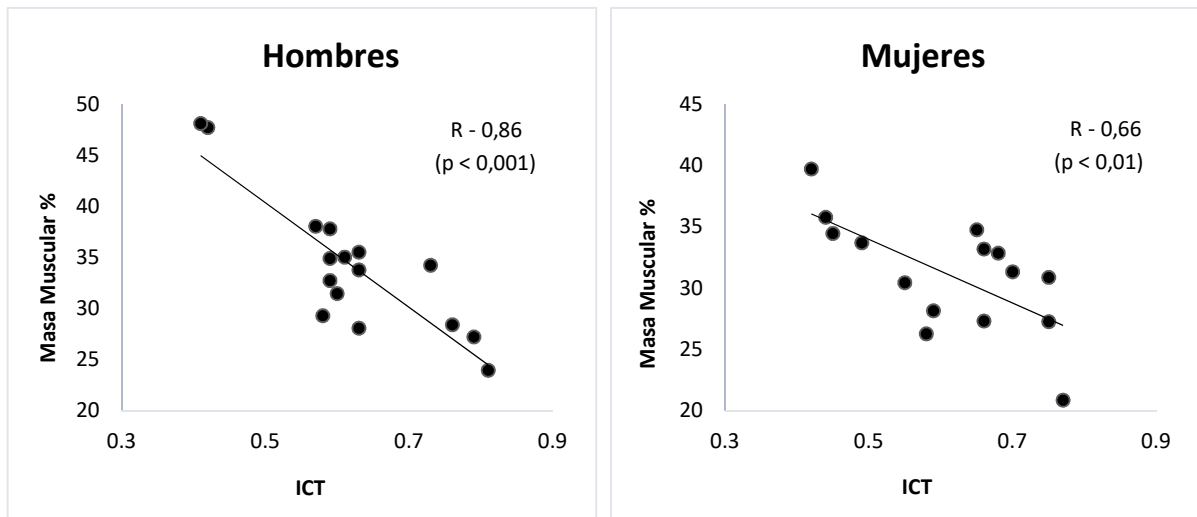


Gráfico 10. Correlación entre ICT y porcentaje de masa muscular, en hombres y mujeres.



Como se observa, las correlaciones fueron significativas al nivel $p < 0,001$, a excepción de la relación entre el ICT y el porcentaje de masa muscular en mujeres, en donde el valor p obtenido fue $< 0,01$.

EFFECTOS DE LOS PROGRAMAS DE EJERCICIO FÍSICO SOBRE LOS PARÁMETROS HORMONALES EVALUADOS, Y LA COMPOSICIÓN CORPORAL

Se presentan a continuación los cambios hormonales, de composición corporal e índices antropométricos observados como producto de la implementación de los programas de ejercicio físico durante 12 semanas. Se comparan los datos recolectados antes del entrenamiento (semana 0), y finalizado el mismo (semana 12), con la determinación de un valor $p < 0,05$ para el establecimiento de diferencias estadísticamente significativas. Los gráficos ilustran los valores promedio de cada grupo con su respectivo error típico (barras de error).

Gráfico 11. Variaciones de la TT al cabo de 12 semanas, en hombres.

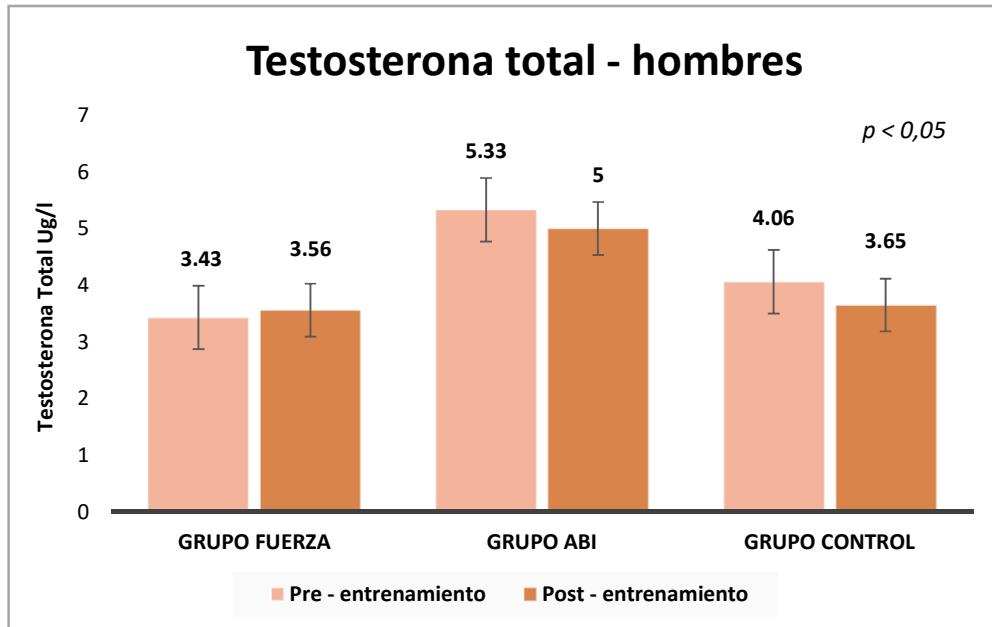
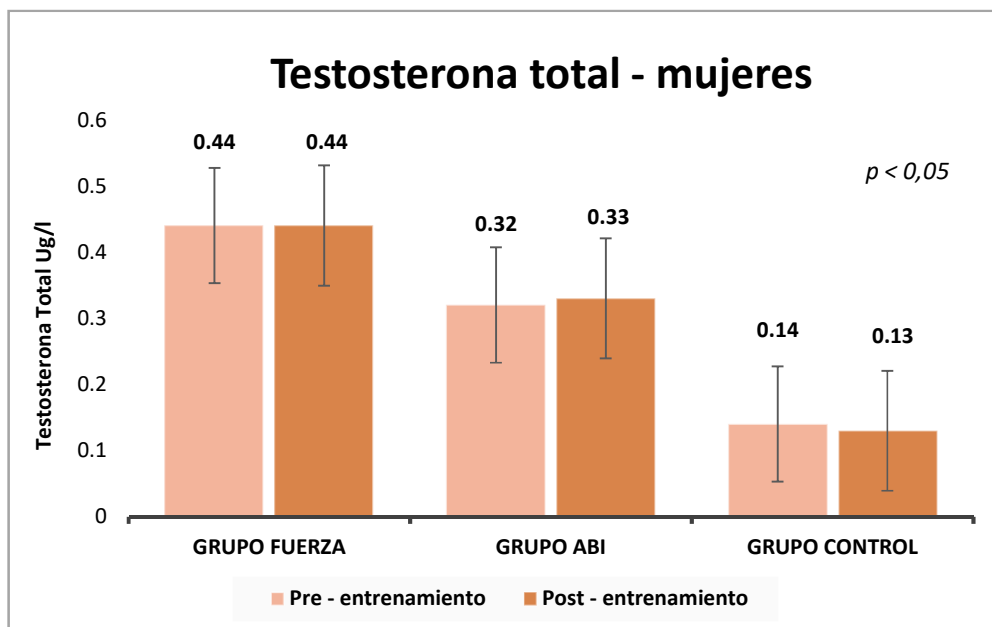
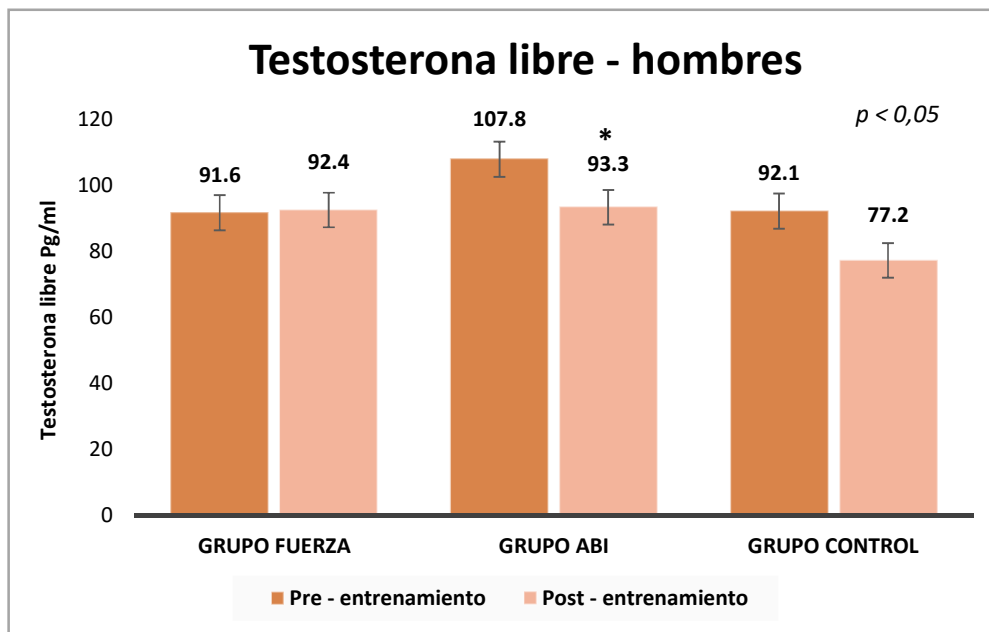


Gráfico 12. Variaciones de la TT al cabo de 12 semanas, en mujeres.



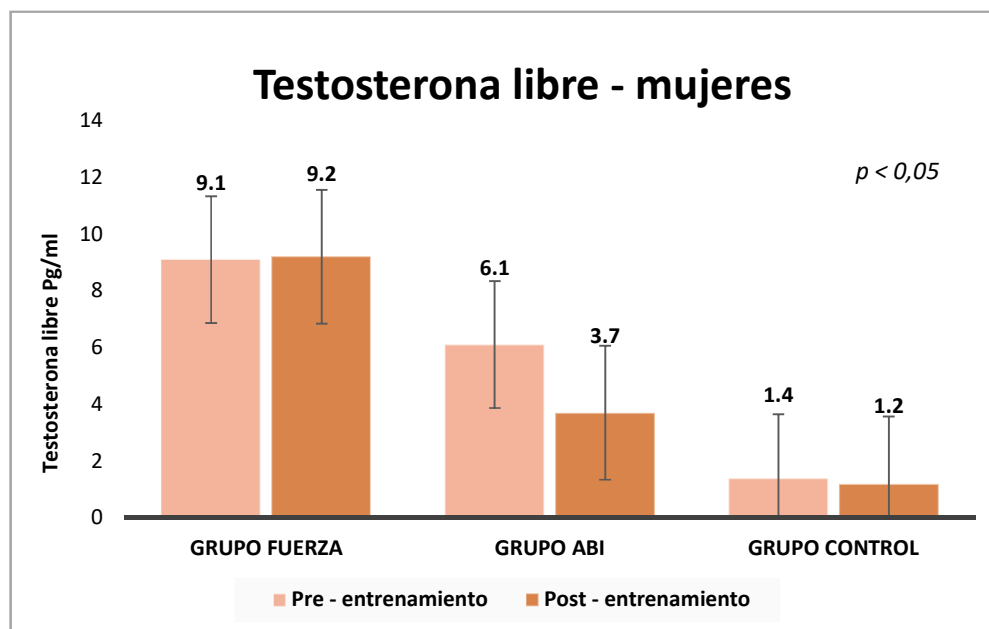
La testosterona total no evidencia diferencias significativas entre los grupos evaluados. En hombres, se observa un leve aumento de la TT en respuesta al entrenamiento de fuerza con una media que varía de $3,43 \pm 0,7$ Ug/l en semana 0, a $3,56 \pm 0,5$ Ug/l en semana 12, mientras que en los grupos aeróbico de baja intensidad (ABI) y control se observa la tendencia opuesta, con un ligero descenso de la TT de $5,33 \pm 1$ Ug/l a $5 \pm 0,9$ Ug/l en el grupo ABI, y de $4,06 \pm 2,1$ Ug/l a $3,65 \pm 2,2$ Ug/l en el grupo control. Las medias de TT en mujeres, se mantienen prácticamente sin variaciones en cada uno de los grupos.

Gráfico 13. Variaciones de la TL al cabo de 12 semanas, en hombres.



(*) Diferencia significativa ($p < 0,05$) en relación a la media registrada en semana 0.

Gráfico 14. Variaciones de la TL al cabo de 12 semanas, en mujeres.



La testosterona libre muestra una tendencia similar a la testosterona total. Se observa una disminución significativa en los niveles de TL producto del entrenamiento aeróbico de baja intensidad en hombres (valor $p = 0,02$), en tanto que, en mujeres, aunque existe variación de medias ($6,15 \pm 3,1$ Pg/ml vs $3,75 \pm 3,2$ Pg/ml) las diferencias no resultan estadísticamente significativas al aplicar la prueba T de Student para muestras relacionadas. Los grupos fuerza y control no evidencian cambios significativos, si bien se observa al igual que con la TT, una leve tendencia al aumento en los niveles de TL en el grupo fuerza en varones ($91,6 \pm 21$ Pg/ml vs $92,4 \pm 14$ Pg/ml), en contraparte a lo observado en el resto de los grupos. Se aprecia una variación de medias de $92,1 \pm 47,6$ Pg/ml a $77,2 \pm 42$ Pg/ml en varones del grupo control. Mientras que en mujeres prácticamente no se producen cambios.

Gráfico 15. Variaciones del estradiol plasmático al cabo de 12 semanas, en hombres.

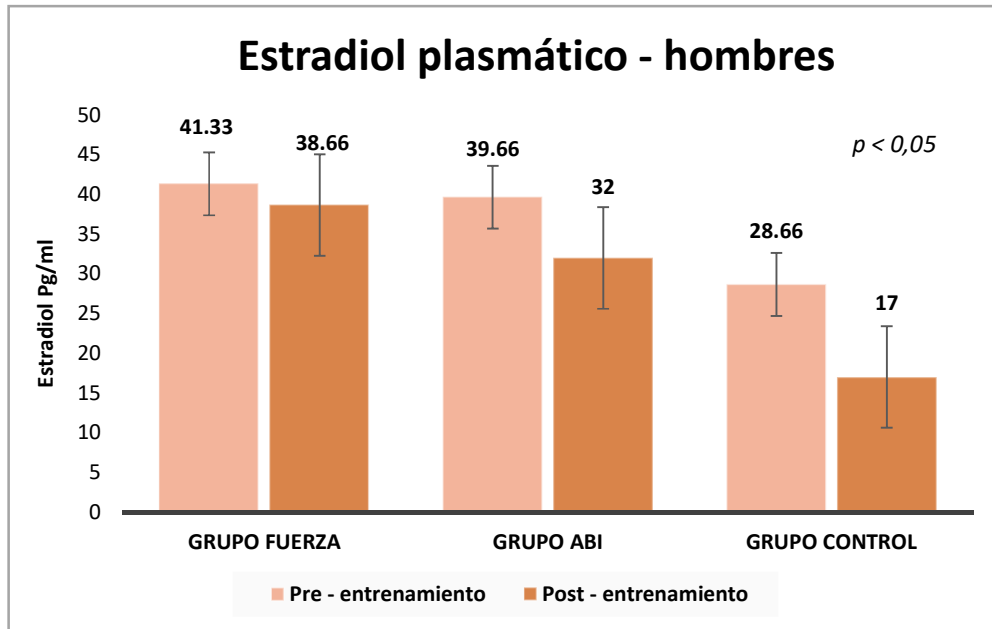
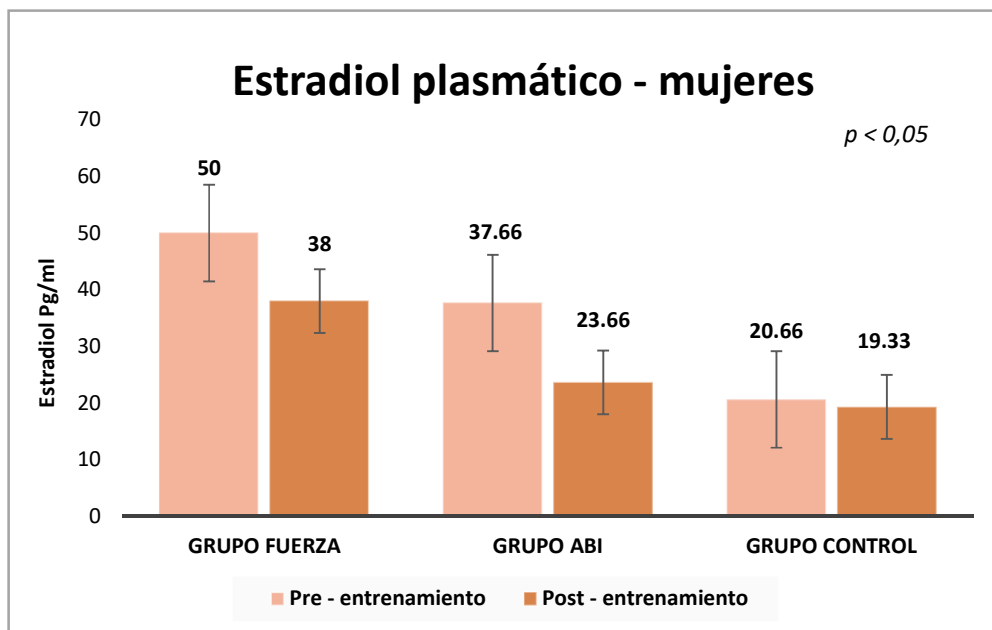


Gráfico 16. Variaciones del estradiol plasmático al cabo de 12 semanas, en mujeres.



El estradiol plasmático si bien muestra un ligero descenso en cada uno de los grupos evaluados, las diferencias observadas no resultan significativas. La mayor variación de medias en mujeres se registra en los grupos ABI y fuerza ($37,66 \pm 24$ Pg/ml vs $23,33 \pm 18$ Pg/ml, y 50 ± 21 Pg/ml vs 38 ± 11 Pg/ml, respectivamente), mientras que en varones acontece en el grupo ABI y control ($39,6 \pm 11$ Pg/ml vs 32 ± 8 Pg/ml, y $28,6 \pm 5,5$ Pg/ml vs $17 \pm 4,5$ Pg/ml, respectivamente).

Gráfico 17. Variaciones de la SHBG al cabo de 12 semanas, en hombres.

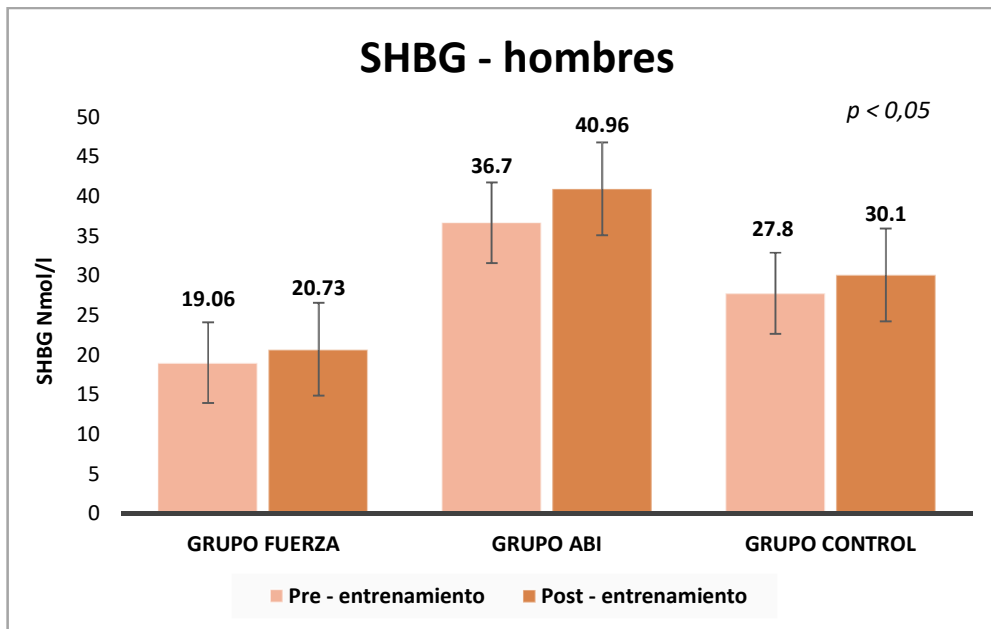
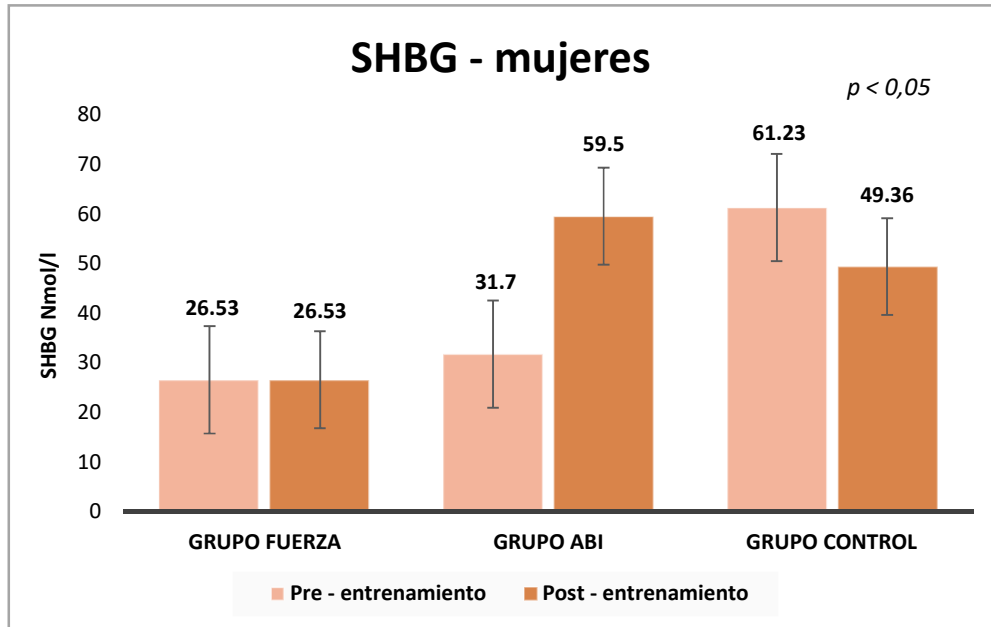


Gráfico 18. Variaciones de la SHBG al cabo de 12 semanas, en mujeres.



Finalmente, las mayores variaciones en los niveles de la globulina fijadora de hormonas sexuales se observan en grupo ABI, tanto en varones como en mujeres, si bien las mismas no constituyen diferencias estadísticamente significativas. Se aprecia un incremento de $36,7 \pm 15,2$ nmol/l a $40,9 \pm 17,6$ nmol/l en varones, y de $31,7 \pm 5,1$ nmol/l a $59,5 \pm 34$ nmol/l en mujeres. Los cambios observados en el grupo fuerza son mínimos, e incluso en mujeres la media mantuvo su valor inicial. Se observa un descenso en los niveles de SHBG en el grupo control en mujeres, no resultando esta diferencia significativa. La media del grupo control en varones muestra una variación mínima de $27,8 \pm 3,9$ nmol/l a $30,1 \pm 7,5$ nmol/l.

MODIFICACIONES EN LOS ÍNDICES ANTROPOMÉTRICOS Y LA COMPOSICIÓN CORPORAL

Respecto a los cambios observados en los índices antropométricos y la composición corporal, se destacan las modificaciones en el índice de masa corporal,

perímetro de cintura, masa muscular y ósea, y sumatoria de pliegues cutáneos, las cuales se analizan seguidamente.

El BMI mostró una disminución significativa (valor $p = 0,03$) en mujeres del grupo ABI, al igual que el perímetro de cintura ($p = 0,03$). Si bien la variación de medias en ambas variables fue mayor en el grupo fuerza (descenso del BMI de $45,06 \pm 11,4 \text{ Kg/m}^2$ a $43,72 \pm 10,9 \text{ Kg/m}^2$, y del perímetro de cintura de $111,6 \pm 9,8 \text{ cm}$ a $107,3 \pm 9 \text{ cm}$) las diferencias apreciadas no resultaron estadísticamente significativas. En varones, se observa un mayor descenso del BMI y el PC en el grupo aeróbico, con pocas variaciones en el grupo fuerza. El grupo control en ambos sexos, mostró un muy ligero aumento en las variables descritas, a excepción del perímetro de cintura en mujeres donde se observa un descenso mínimo de 2 mm en la media.

Gráfico 19. Variaciones en el BMI al cabo de 12 semanas, en hombres y mujeres.

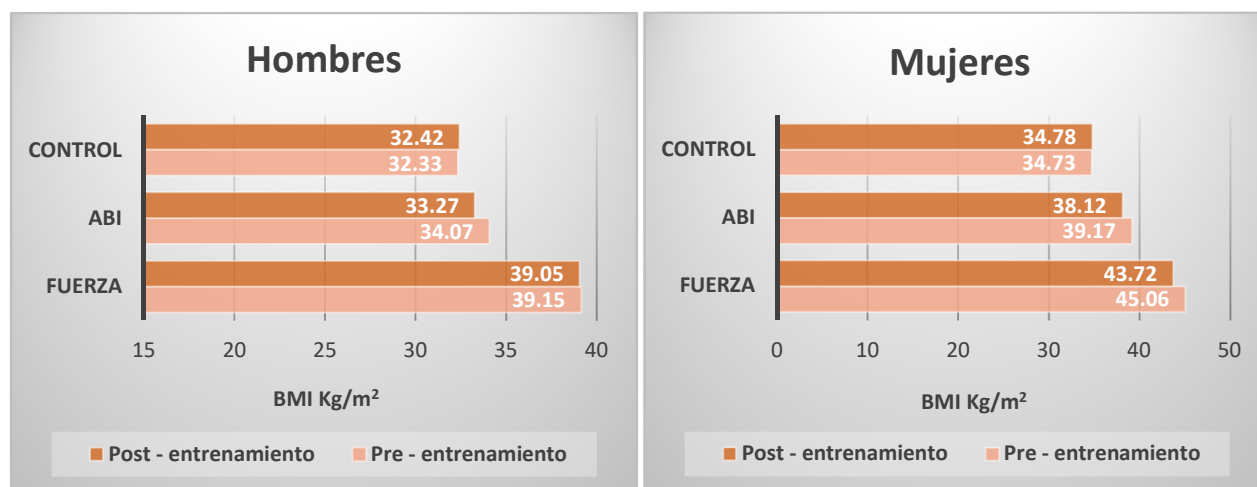
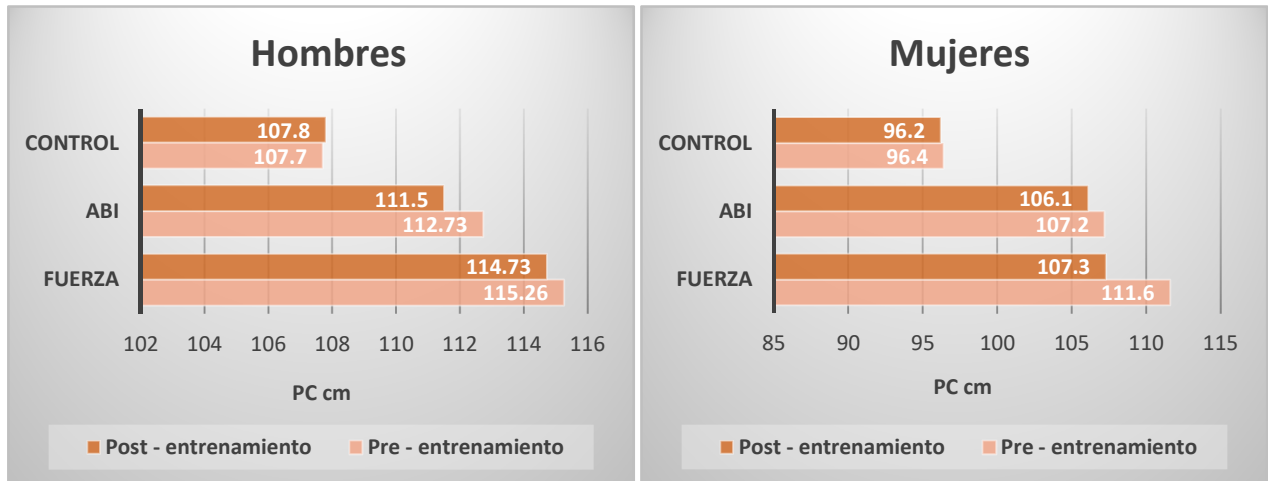
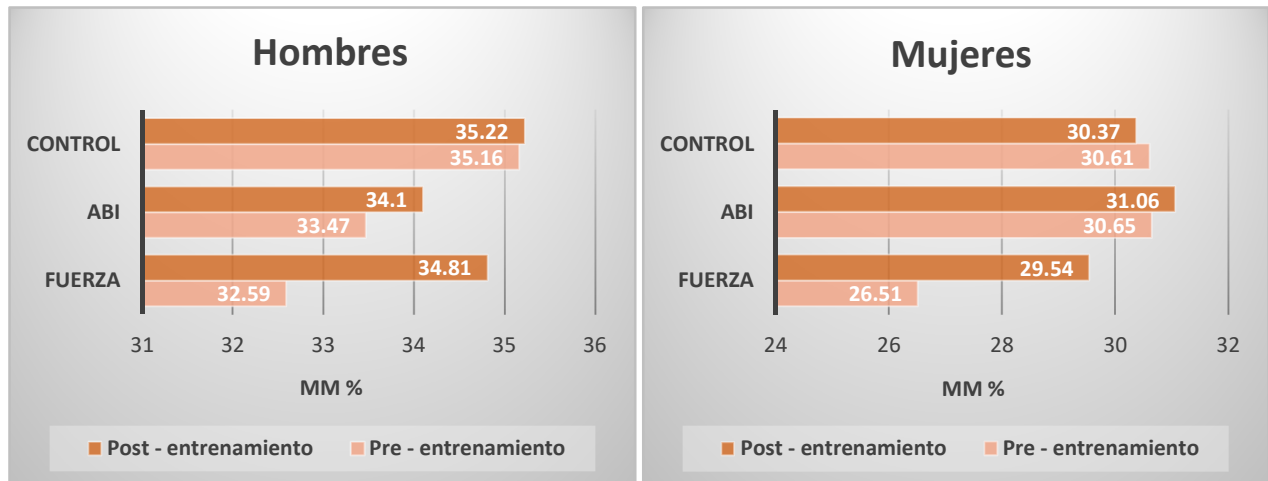


Gráfico 20. Variaciones en el perímetro de cintura al cabo de 12 semanas, en hombres y mujeres.



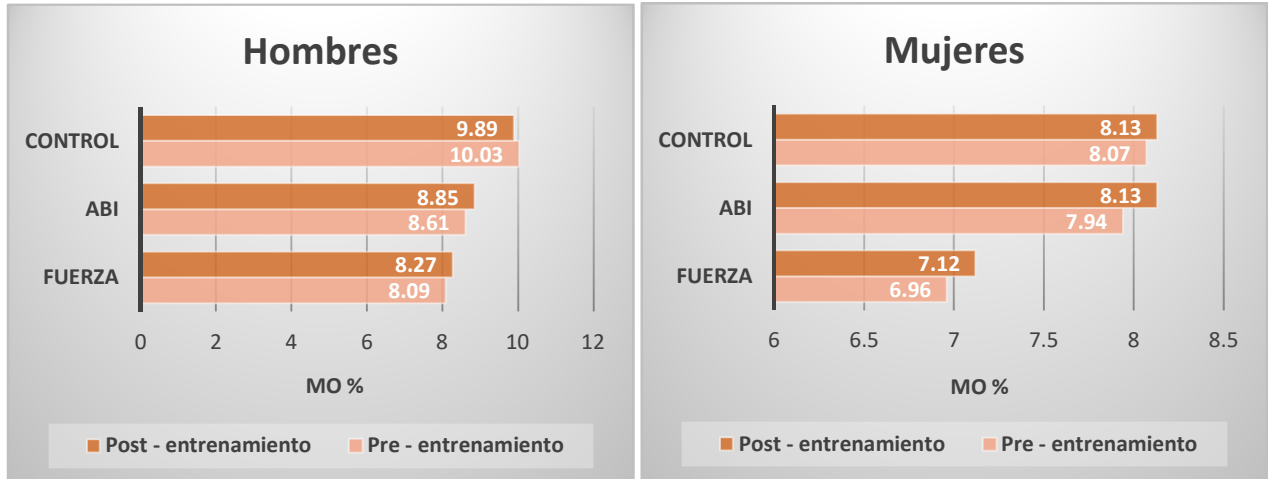
En la composición corporal los mayores cambios se verifican en los valores relativos de masa muscular y ósea, y en la sumatoria de pliegues cutáneos. La masa muscular muestra una variación notable en el grupo fuerza tanto en varones como en mujeres, con una media que incrementa de $32,59 \pm 3,7 \%$ a $34,81 \pm 3,4 \%$ en los primeros, y $26,51 \pm 5,2 \%$ a $29,54 \pm 2,2 \%$ en las segundas. Cuando se considera el valor en Kg, se observa un aumento promedio de 2,3 Kg en varones ($36,7 \pm 6,5$ Kg vs $39 \pm 4,8$ Kg), y de 2,1 Kg de masa muscular en mujeres ($29,9 \pm 14,7$ Kg vs $32 \pm 12,6$ Kg). No obstante, las diferencias no resultan estadísticamente significativas al aplicar la prueba T para muestras relacionadas. Aunque en menor magnitud, el grupo aeróbico también denota incrementos en los valores porcentuales de masa muscular, sin constatarse diferencias significativas. El aumento en la media fue de $33,47 \pm 5 \%$ a $34,1 \pm 4,6 \%$ en varones, y de $30,65 \pm 4,2 \%$ a $31,06 \pm 4,4 \%$ en mujeres. Los cambios verificados en el grupo control son mínimos, con un ligero incremento en hombres ($35,16 \pm 2,5 \%$ vs $35,22 \pm 2,2 \%$), y un ligero descenso en mujeres ($30,61 \pm 2,5 \%$ vs $30,37 \pm 1,9 \%$).

Gráfico 21. Variaciones en el porcentaje de masa muscular al cabo de 12 semanas, en hombres y mujeres.



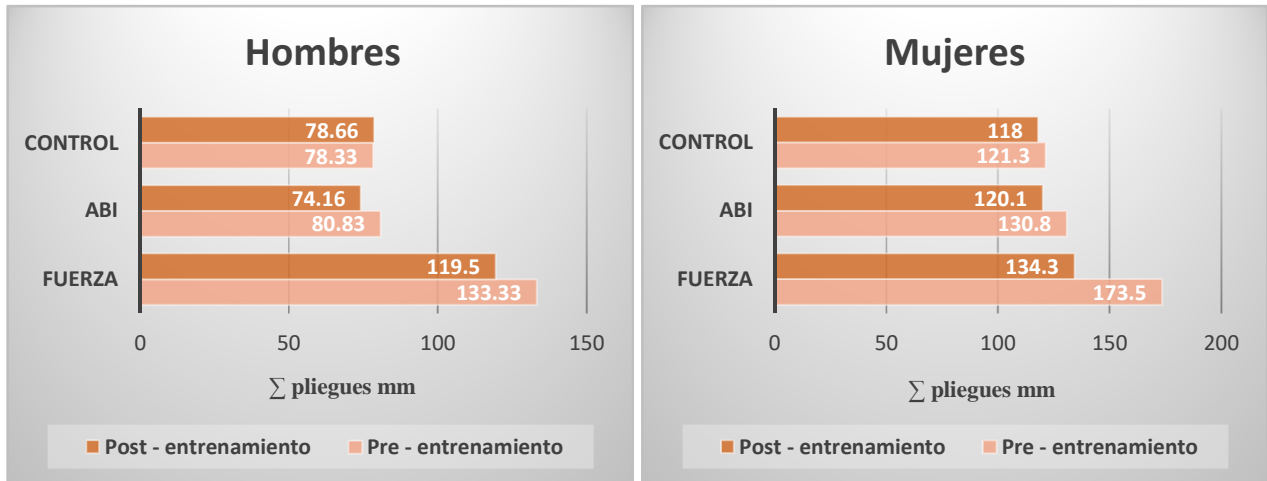
El valor relativo de masa ósea evidencia un incremento significativo en el grupo aeróbico en mujeres (valor $p = 0,01$), no así en varones. El incremento es de $7,92 \pm 0,4 \%$ a $8,13 \pm 0,4 \%$ en mujeres, mientras que en varones es de $8,61 \pm 0,4 \%$ a $8,85 \pm 0,9 \%$. Si bien se observa un incremento similar en el grupo fuerza, las variaciones no son significativas. El grupo control en mujeres experimentó un leve ascenso ($8,07 \pm 1,4 \%$ vs $8,13 \pm 1,3 \%$), mientras que en varones se evidenció la situación opuesta ($10,03 \pm 1,4 \%$ vs $9,89 \pm 1,3 \%$).

Gráfico 22. Variaciones en el porcentaje de masa ósea al cabo de 12 semanas, en hombres y mujeres.



Finalmente, resulta evidente la disminución de los pliegues cutáneos en los dos grupos de entrenamiento (ABI y fuerza), no aconteciendo lo mismo en el grupo control, en donde por un lado se observa un ligero aumento en varones ($78,33 \pm 14$ mm vs $78,66 \pm 10,7$ mm), y por el otro un mínimo descenso en mujeres ($121,33 \pm 26,9$ mm vs $118 \pm 27,4$ mm). El grupo aeróbico – mujeres fue el único que evidenció un descenso estadísticamente significativo ($130,8 \pm 39,6$ mm vs $120,1 \pm 38,4$ mm) con un valor $p = 0,004$, a pesar que la mayor variación de medias se produjo en el grupo fuerza ($173,5 \pm 27,2$ mm vs $134,3 \pm 12,8$ mm). En varones ocurre algo similar, observándose un mayor descenso de medias en el grupo fuerza ($133,33 \pm 16,5$ mm vs $119,5 \pm 11,4$ mm) que en el grupo aeróbico ($80,83 \pm 26,9$ mm vs $74,16 \pm 21,2$ mm) sin registrarse diferencias significativas en ambos casos.

Gráfico 23. Variaciones en la sumatoria de pliegues cutáneos al cabo de 12 semanas, en hombres y mujeres.



Para concluir, si bien no se ha expuesto de manera gráfica, es importante destacar que no se han evidenciado diferencias significativas en los porcentajes de tejido adiposo (valorado por medio del Body Roundness Index), adiposo – visceral, BRI y ABSI en varones de los grupos evaluados. En mujeres, se han apreciado diferencias significativas en el porcentaje de tejido adiposo en el grupo aeróbico de baja intensidad ($49,4 \pm 2 \%$ vs $48,8 \pm 2 \%$).

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

DISCUSIÓN

El ejercicio físico afecta al sistema endócrino de muchas maneras diferentes. Sin embargo, el por qué y el cómo ocurren estas modificaciones depende de un gran número de factores, incluyendo el grado de sobrepeso u obesidad de los sujetos. El presente estudio pretendió comprobar la hipótesis vinculada a la capacidad del ejercicio físico para modificar los niveles de testosterona y estradiol en reposo en individuos con obesidad entre 25 y 65 años, hombres y mujeres, para lo cual se han

implementado dos programas de ejercicio durante un período de 12 semanas. Se ha constatado una variación significativa en los niveles de testosterona libre en hombres que realizaron el programa de entrenamiento aeróbico de baja intensidad. En éstos, los valores de TL disminuyeron en promedio un 13,5 % respecto al valor inicial. Esto se encuentra en línea con lo hallado por Kraemer et al. (1995, citado en Baechle & Earle, 2007) en donde el entrenamiento de resistencia aeróbica de 3 meses de duración estuvo asociado a una menor respuesta de la testosterona en reposo, y a una mayor respuesta del cortisol, en hombres sanos físicamente activos. Bouchard, Shephard y Stephens (1994, citados en Sánchez – García 2003), han obtenido resultados similares tras la aplicación de un programa de entrenamiento de resistencia de 6 meses, observando una disminución de la TL y la TT en hombres previamente entrenados, sin registrar variaciones en los niveles de LH y FSH. Otros autores también han descrito valores reducidos de testosterona en sujetos que practican entrenamiento de resistencia, cuando se los compara con individuos de la misma edad, talla y peso que no realizan actividad, exponiendo como argumento al fenómeno observado el posible efecto crónico del entrenamiento de resistencia sobre la función pituitaria – gonadal (Hackney, Sinning y Bruot, 1988; Mc Ardle, Katch y Katch, 1990; Gullidge y Hackney, 1996; citados en Sánchez - García 2003). En base a lo expuesto, cabe analizar la conveniencia del entrenamiento aeróbico de baja intensidad en el tratamiento de sujetos con obesidad, dada la disminuida función del eje hipotálamo-hipofisario - gonadal evidenciada en varones obesos.

Contrario a lo esperado, no se han encontrado diferencias significativas al analizar los valores de TT y TL en el grupo de entrenamiento de fuerza muscular. Esto diside de lo descrito por Kraemer et al. (1999), quienes han documentado un incremento de ambas hormonas al cabo de 10 semanas de entrenamiento, en hombres jóvenes y ancianos, y de lo reportado por Moradi en 2015, quien tras 12 semanas de entrenamiento de fuerza encontró un aumento significativo de los niveles de testosterona en hombres jóvenes obesos. Las diferencias descritas en relación al presente estudio, pueden deberse a disparidades como la edad de la muestra (edad promedio de $38,6 \pm 7,2$ años para el grupo fuerza – varones de la presente pesquisa,

vs $26,5 \pm 2,8$ años del estudio de Moradi – 2015 –), y al protocolo de entrenamiento utilizado, entre otros factores.

No se hallaron diferencias estadísticamente significativas en el estradiol plasmático al cabo de 12 semanas de entrenamiento, si bien se ha constatado un descenso del mismo en respuesta a los programas implementados, tanto en varones como mujeres. El estradiol mostró una correlación moderada - positiva con el porcentaje de tejido adiposo en hombres, lo que guarda relación con lo formulado por Erdemir et al. (2011) en relación al posible efecto ejercido por la enzima aromatasa citocromo P450 sobre el incremento en la producción de estrógenos. Al analizar las diferencias en los niveles de estradiol entre los sujetos con obesidad y el grupo con normo - peso evaluado al inicio del estudio, se observan niveles de estradiol significativamente más altos en el grupo de varones con obesidad extrema o grado III, siendo los mismos 2 veces mayores en comparación a los sujetos con peso normal. Dandona et al. (2009) y Wang et al. (2011), han postulado la hipótesis de que niveles aumentados de estrógenos en hombres serían los responsables de la supresión de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), lo que altera de esta manera la secreción de las gonadotropinas LH y FSH por la hipófisis, y provoca así la reducción en la secreción de testosterona observada en varones con obesidad.

Reafirmando lo hallado por Hofstra et al. (2008), Dhinsa et al. (2010) y Mogri et al. (2013), se encontraron niveles más bajos de TT y TL en hombres con obesidad (sobre todo la de tipo extrema o grado III) en comparación a sujetos con BMI normal, lo que comprueba la hipótesis de que la obesidad varonil cursa con bajos niveles de testosterona. En mujeres en tanto, se observa la tendencia opuesta, registrándose los valores más altos de TT y TL en mujeres con obesidad grado III, siendo la diferencia estadísticamente significativa respecto a las de peso normal. Escobar (2000) y Gutiérrez et al. (2002), han relacionado el aumento en la secreción androgénica con los altos niveles de insulina constatados en mujeres obesas. La insulina sería capaz además de reducir la síntesis de la globulina fijadora de esteroides sexuales por el hígado, factor que también contribuiría a aumentar los niveles séricos de TL

observados en mujeres obesas. Si bien en el presente estudio no se ha analizado, futuras investigaciones podrían incursionar respecto a la relación existente entre la insulina y la producción ovárica de andrógenos.

Finalmente, los mayores cambios en la composición corporal fueron obtenidos en el grupo de entrenamiento aeróbico de baja intensidad, destacándose una disminución significativa en el BMI, perímetro de cintura, porcentaje de tejido adiposo y sumatoria de pliegues cutáneos. Una correlación negativa alta fue encontrada entre el BMI y el porcentaje de masa ósea en ambos sexos, y entre el ICT y el porcentaje de masa muscular en varones, lo que corrobora la condición “osteosarcopénica” postulada por Ormsbee y colaboradores en 2014, para aludir a la coexistencia de obesidad, baja masa ósea y muscular, observada en esta población de individuos.

LIMITACIONES

El tamaño de la muestra ha sido una de las principales limitantes de la presente investigación, ya que el bajo número de casos analizados limita la posibilidad de generalización y extrapolación de los resultados obtenidos a un número mayor de individuos. La baja adherencia a los programas de ejercicio pudo haber sido consecuencia de una serie de factores, como la extensión de los protocolos (duración de 12 semanas), la intensidad de trabajo pautada para el programa de fuerza (trabajo con carácter de esfuerzo máximo), y la realización de análisis bioquímicos (temor a la extracción de sangre, dificultades para solventar los gastos derivados de los mismos), entre otros.

Por otro lado, tampoco se han controlado los factores nutricionales durante el transcurso del estudio, lo que podría explicar algunas de las variaciones observadas en el grupo control.

CONCLUSIONES

El presente estudio constituye una de las indagaciones iniciales en el área respecto a la influencia de distintos modelos de ejercicio físico sobre variables como la testosterona y el estradiol en individuos con obesidad. En forma de síntesis, se exponen a continuación las principales conclusiones derivadas de los interrogantes y objetivos del estudio.

Objetivo General:

- Se ha verificado una disminución significativa en los niveles de testosterona libre en varones con obesidad en respuesta al entrenamiento aeróbico de baja intensidad, lo que abre el interrogante respecto a si esta modalidad de ejercicio es conveniente dado los niveles disminuidos de la hormona referida en individuos obesos.
- Contrario a lo esperado, no se hallaron variaciones significativas en los niveles de testosterona libre y total en reposo, en respuesta al entrenamiento de fuerza.
- Si bien se observa una disminución de medias en ambos grupos de entrenamiento, no se han encontrado diferencias significativas en los niveles de estradiol plasmático.
- No se hallaron diferencias significativas en los valores de SHBG en respuesta a los programas de entrenamiento.

Objetivos Específicos:

- La composición corporal evidenció cambios significativos en mujeres del grupo ABI. Se constató un descenso significativo del índice de masa corporal, perímetro de cintura, porcentaje de tejido adiposo y sumatoria de pliegues cutáneos. Al mismo tiempo se observó un aumento significativo del porcentaje de masa ósea.
- Niveles más bajos de testosterona libre y total, y niveles más altos de estradiol han sido constatados en varones con obesidad, sobre todo en aquellos con obesidad mórbida o grado III, en comparación a sujetos con normo – peso.

- Valores más altos de TL y TT, y más bajos de estradiol, se han verificado en mujeres con obesidad grado III, en comparación a mujeres con peso normal.
- Se han encontrado niveles disminuidos de la globulina ligadora de hormonas sexuales en hombres y mujeres con obesidad grado I y III, en comparación a los grupos con obesidad grado II, y normo - peso.
- Una correlación positiva - alta fue comprobada entre la testosterona libre y el BMI en mujeres. En varones, la correlación más alta fue verificada entre la testosterona total y la sumatoria de pliegues cutáneos (correlación negativa).
- El estradiol plasmático correlacionó de manera moderada con el porcentaje de tejido adiposo y el perímetro de cintura (correlación positiva en varones, y negativa en mujeres).
- Finalmente, se comprobó una correlación negativa - alta entre el BMI y el porcentaje de masa ósea en ambos sexos, y una correlación negativa - alta entre el ICT y el porcentaje de masa muscular en varones.

RECOMENDACIONES

Se necesitan llevar a cabo nuevos estudios que analicen el papel del ejercicio físico sobre hormonas como la testosterona y el estradiol en individuos obesos. La metodología aquí aplicada puede extenderse a muestras más grandes de individuos, edades, e incluir otros modelos de ejercitación, como diferentes propuestas de entrenamiento de la fuerza muscular, o trabajos aeróbicos a distintas intensidades, como los hace un tiempo propuestos programas de intervalo de alta intensidad (HIIT). Se recomienda a su vez, efectuar un control de los parámetros nutricionales, con el fin de evitar sesgos o variaciones no previstas derivadas de modificaciones en los patrones dietarios.

CONTACTO

Por consultas comunicarse al mail facundosepulveda26@gmail.com

BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, A. M., González, R. M. & Marrero, M. A. (2010). Papel de la testosterona y el cortisol en el síndrome metabólico y la diabetes mellitus tipo 2. *Revista Cubana de Endocrinología*, Vol. 21, No. 1, 80-90.
2. Alvero Cruz, J. R. et al. (2010). Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del grupo español de cineantropometría (GREC) de la federación española de medicina del deporte (FEMEDE). Versión 2010. *Archivos de Medicina del Deporte*, Vol. 27, No. 139, 330-344.
3. Badillo, J. J. & Ayestarán, E. G. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al Alto Rendimiento Deportivo*. Barcelona. Editorial INDE.
4. Baechle, T. R. & Earle R. W. (2007). *Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico*. Madrid. Editorial Médica Panamericana.
5. Baudrand, R. B., Arteaga, E. U. & Moreno, M. G. (2010). El tejido graso como modulador endócrino: Cambios hormonales asociados a la obesidad. *Rev Med Chile*, 138, 1294-1301.
6. Bedogni, G. et al. (2001). Is body mass index a measure of adiposity in elderly women?. *Obesity Research*, Vol. 9, No. 1, 17-20.
7. Bhasin, S. & Herbst, K. (2003). Testosterone and atherosclerosis progression in men. *Diabetes Care*, Vol. 26, No. 6, 1929-1931.
8. Braguinsky, J. (2002). Prevalencia de obesidad en América Latina. *ANALES Sis San Navarra*, Vol. 25, No. 1, 109-115.
9. Braguinsky, J. (2004, Marzo). La obesidad hoy. Develando ciertos enigmas, revelando otros. *Revista de la Federación Argentina de Cardiología*, Vol. 33, No. 1, Extraído el 9 Marzo, 2013 de <http://www.fac.org.ar/1/revista/04v33n1/grales/sumario.php>
10. Cervera, V. (1994). Testosterona: efectos fisiológicos en el organismo y sus respuestas al entrenamiento de fuerza. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 37, 36-40.

11. Chubb, P. et al. (2008). Lower sex hormone-binding globulin is more strongly associated with metabolic síndrome than lower total testosterone in older men: the Health in Men Study. *European Journal of Endocrinology*, 158, 785-792.
12. Couillard, C. et al. (2000). Contribution of body fatness and adipose tissue distribution to the age variation in plasma steroid hormone concentrations in men: The Heritage Family Study. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, Vol. 85, No. 3, 1026-1031.
13. Cuéllar, H. L. & Wiechers, L. L. (2007). Envejecimiento: el impacto de la testosterona sobre la resistencia a la insulina. *Revista de Endocrinología y Nutrición*, Vol. 15, No. 4, 194-206.
14. Dandona, P., Dhindsa S., Chandel A. & Topiwala, S. (2009). Bajo nivel de testosterona en varones con diabetes tipo 2: una preocupación para la salud pública. *Diabetes Voice*, Vol. 54, No. 2, 27-29.
15. Dhindsa, S. et al. (2010). Testosterone concentrations in diabetic and nondiabetic obese men. *Diabetes Care*, Vol. 33, No. 6, 1186-1192.
16. Ding, E. L. et al. (2006). Sex differences of endogenous sex hormones and risk of type 2 diabetes. *The Journal of the American Medical Association*, Vol. 295, No. 11, 1288-1299.
17. Ding, E. L. et al. (2007). Plasma sex steroid hormones and risk of developing type 2 diabetes in women: a prospective study. *Diabetología*, 50, 2076-2084.
18. Ding, E. L. et al. (2009). Sex hormone-binding globulin and risk of type 2 diabetes in women and men. *The New England Journal of Medicine*, 361, 1152-1163.
19. Enriori, P. J., Vico, C. M. & Enriori, C. L. (2004). El dilema de la obesidad en ambos sexos. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, Vol. 38, No. 2, 165-171.
20. Erdemir, F. et al. (2011). Efecto de la obesidad inducida por dieta en el tejido testicular y parámetros de estrés oxidativo en el suero. *Actas Urológicas Españolas*, Vol. 36, No. 3, 153-159.
21. Escobar, F. M. (2000). Rol de las hormonas ováricas en la obesidad. *Revista de Endocrinología y Nutrición*, Vol. 8, No. 1, 14-18.

22. Ferrante, D. et al. (2009). Encuesta Nacional de Factores de Riesgo 2009: evolución de la epidemia de enfermedades crónicas no transmisibles en Argentina. *Revista Argentina de Salud Pública, Vol. 2, No. 6*, 34-41.
23. Figueroa, L., García, E., Díaz, F., & Camacho, L. (2009). Correlación entre testosterona, presión sanguínea, índice de masa corporal y edad en varones jóvenes. *Revista Internacional de Andrología, Vol. 7, No. 3*, 142-149.
24. García, A., Coto, P. & González, C. (2008). Síndrome metabólico, obesidad y terapia hormonal de sustitución. *Revista Española de Obesidad, Vol. 6, No. 6*, 340-350.
25. García-Orea, G. et al. (2013, Enero 16). Sarcopenia, obesidad sarcopénica y papel del ejercicio físico. *PubliCE Standard*, Extraído el 4 Marzo, 2013 de <http://g-se.com/es/ejercicio-fisico-en-patologias/articulos/sarcopenia-obesidad-sarcopenica-y-papel-del-ejercicio-fisico-1481>
26. Golden, S. H. et al. (2007). Endogenous sex hormones and glucose tolerance status in postmenopausal women. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, Vol. 92, No. 4*, 1289-1295.
27. Gómez-Ambrosi, J. et al. (2012). Body mass index classification misses subjects with increased cardiometabolic risk factors related to elevated adiposity. *International Journal of Obesity, 36*, 286-294.
28. Gutiérrez, S. A. et al. (2002). La grasa visceral y su importancia en obesidad. *Revista de Endocrinología y Nutrición, Vol. 10, No. 3*, 121-127.
29. Haring, R. et al. (2009). Prediction of metabolic syndrome by low serum testosterone levels in men. *Diabetes, Vol. 58, No. 9*, 2027-2031.
30. Haring, R. et al. (2010). Low serum testosterone levels are associated with increased risk of mortality in a population-based cohort of men aged 20-79. *European Heart Journal, 31*, 1494-1501.
31. Heredia, J. R. et al (2009). *Actividad física y ejercicio físico en salud: retos en un contexto globalizado*. Medellín. Funámbulos Editores.
32. Heufelder, A. E., Saad, F., Bunck, M. C. & Gooren, L. (2009). Fifty-two-week treatment with diet and exercise plus transdermal testosterone reverses the metabolic

- syndrome and improves glycemic control in men with newly diagnosed type 2 diabetes and subnormal plasma testosterone. *Journal of Andrology*, Vol. 30, No. 6, 726-733.
33. Heyward, V. H. (2008). *Evaluación de la aptitud física y prescripción del ejercicio*. Madrid. Editorial Médica Panamericana.
34. Hofstra, J. et al. (2008). High prevalence of hypogonadotropic hypogonadism in men referred for obesity treatment. *The Journal of Medicine*, Vol. 66, No. 3, 103-109.
35. Inbar, O. et al. (1994). Normal cardiopulmonary responses during incremental exercise in 20- to 70-yr-old men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 26, No. 5, 538-546.
36. Isidori, A. M. et al. (1999). Leptin and androgens in male obesity: evidence for leptin contribution to reduced androgen levels. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, Vol. 84, No. 10, 3673-3680.
37. Isidro, M. L., Álvarez, P., Martínez, T. & Cordido, F. (2004). Alteraciones neuroendocrinas en la obesidad. *Rev Med Univ Navarra*, Vol. 48, No. 2, 24-29.
38. Jasienska, G. et al. (2006). Habitual physical activity and estradiol levels in women of reproductive age. *European Journal of Cancer Prevention*, 15, 439-445.
39. Jones, M. E. et al. (2013). Changes in estradiol and testosterone levels in postmenopausal women after changes in body mass index. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 98, 2967-2974.
40. Kapoor, D., Malkint, C. J., Channert, K. S. & Jones, T. H. (2005). Androgens, insulin resistance and vascular disease in men. *Clinical Endocrinology*, 63, 239-250.
41. Khaw, K. T. et al. (2007). Endogenous testosterone and mortality due to all causes, cardiovascular disease, and cancer in men. European Prospective Investigation Into Cancer in Norfolk (EPIC-Norfolk) Prospective Population Study. *Journal of The American Heart Association*, 116, 2694-2701.
42. Kraemer, W. J. et al (1999). Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. *Journal of Applied Physiology*, 87, 982-992.
43. Krakauer, N. Y. & Krakauer, J. C. (2012). A new body shape index predicts mortality hazard independently of body mass index. *PLoS ONE*, Vol. 7, No. 7, 1-10.

44. Kupelian, V. et al. (2006). Low sex hormone-binding globulin, total testosterone, and symptomatic androgen deficiency are associated with development of the metabolic syndrome in nonobese men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, Vol. 91, No. 3, 843-850.
45. Laaksonen, D. E. et al. (2004). Testosterone and sex hormone-binding globulin predict the metabolic syndrome and diabetes in middle-aged men. *Diabetes Care*, Vol. 27, No. 5, 1036-1041.
46. Lee, R. C. et al. (2000). Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72, 796–803.
47. Liberman, C. G. (2005). Cambios hormonales en la obesidad mórbida. *Revista Hospital Clínico Universidad de Chile*, Vol. 16, No. 4, 273-281.
48. López, R. F. (2011, Agosto). Índice de masa corporal (IMC): aciertos y desaciertos. *Revista Digital EFDeportes.com*, 159, Extraído el 20 Febrero, 2013 de <http://www.efdeportes.com/efd159/indice-de-masa-corporal-aciertos-y-desaciertos.htm>
49. Malkin, C. J. et al. (2010). Low serum testosterone and increased mortality in men with coronary heart disease. *Heart*, 96, 1821-1825.
50. Marfell-Jones, M., Stewart, A. & Carter, J. E. (2008). *Estándares Internacionales para la Evaluación Antropométrica*. Australia. Publicado por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAAK).
51. Martínez, E. (2007). La obesidad, una epidemia emergente, prevención y tratamiento desde la infancia. *Osasunaz*, 8, 105-117.
52. Martínez, J. M. et al. (2008). Cambios en las hormonas sexuales en varones mayores de 50 años. Prevalencia de niveles bajos de testosterona y factores de riesgo. *Actas Urológicas Españolas*, Vol. 32, No. 6, 603-610.
53. McTiernan, A. et al. (2004). Effect of exercise on serum estrogens in postmenopausal women: a 12-month randomized clinical trial. *Cancer Research*, 64, 2923–2928.

54. Méndez, S. A. (1991). *Hormonas y actividad física*. Cuba. Editorial Ciencias Médicas.
55. Mogri, M., et al. (2013). Testosterone concentrations in young pubertal and post-pubertal obese males. *Clinical Endocrinology*, Vol. 78, No. 4, 593-599.
56. Moradi, F. (2015). Changes of Serum Adiponectin and Testosterone Concentrations Following Twelve Weeks Resistance Training in Obese Young Men. *Asian J. Sports Med.*, Vol. 6, No 4, 1 – 7.
57. Moreira, M. N. (2010). ¿Qué medida antropométrica de exceso de peso discrimina mejor el riesgo cardiovascular?. *Medicina Clínica*, Vol. 134, No. 9, 396-398.
58. Nadal, J. F. (2008). Obesidad intraabdominal y riesgo cardiometabólico. *Atención Primaria*, Vol. 40, No. 4, 199-204.
59. Navarrete, R. V. et al. (2009). Testosterona, función endotelial, salud cardiovascular y androgenodeficiencia del varón añoso. *Archivos Españoles de Urología*, Vol. 62, No. 3, 173-178.
60. Nielsen, T. L. et al. (2007). Visceral and subcutaneous adipose tissue assessed by magnetic resonance imaging in relation to circulating androgens, sex hormone-binding globulin, and luteinizing hormone in young men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, Vol. 92, No. 7, 2696-2705.
61. OMS (2004, Mayo). Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. Extraído el 2 de Febrero, 2013 de <http://www.who.int/dietphysicalactivity/pa/es/>
62. OMS (2012, Mayo). Obesidad y sobrepeso. *Nota descriptiva No. 311*, Extraído el 22 Febrero, 2013 de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>
63. Ormsbee, M. J. et al. (2014). Osteosarcopenic obesity: the role of bone, muscle, and fat on health. *Journal of Cachexia Sarcopenia and muscle*, 5, 183-192.
64. Pino, L. D., Duarte, Y. C. & Tettamanti, D. (2009). Correlación entre el índice de masa corporal vs. Perímetro abdominal y el riesgo cardiovascular según el Score de Framingham. *Rev. Medicina*, Vol. 15, No. 2, 123-129.

65. Rodríguez, M. et al. (2010). El cociente perímetro abdominal/estatura como índice antropométrico de riesgo cardiovascular y diabetes. *Medicina Clínica*, Vol. 134, No. 9, 386-391.
66. Roig, J. (2013). Obesidad y pérdida de tejido adiposo. "Desterrando lo aeróbico". *Revista Electrónica de Ciencias Aplicadas al Deporte*, Vol. 6, No. 21, 1-5.
67. Rubio, M. A. et al. (2007). Consenso SEEDO 2007 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. *Rev Esp Obes*, Vol. 5, No. 3, 135-175.
68. Sánchez-Castillo, C. P., Pichardo-Ontiveros, E. & López, P. (2004). Epidemiología de la obesidad. *Gac Méd Méx*, Vol. 140, No. 2, 3-20.
69. Sánchez García, J. (2003). Niveles de testosterona en sujetos deportistas frente a un grupo control y después de una competición. *Lecturas, Educación Física y Deportes*, No. 66, Año 9.
70. Schneider, H. J. et al. (2012). Incremental effects of endocrine and metabolic biomarkers and abdominal obesity on cardiovascular mortality prediction. *PLoS ONE*, Vol. 7, No. 3, 1-7.
71. Shores, M. M., Matsumoto, A. M., Sloan, K. L. & Kivlahan, D. R. (2006). Low serum testosterone and mortality in male veterans. *Arch Intern Med*, 166, 1660-1665.
72. Simon, D. et al. (1997). Association between plasma total testosterone and cardiovascular risk factors in healthy adult men: The Telecom Study. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, Vol. 82, No. 2, 682-685.
73. Sutton-Tyrrell, K. et al. (2005). Sex hormone-binding globulin and the free androgen index are related to cardiovascular risk factors in multiethnic premenopausal and perimenopausal women enrolled in the Study of Women Across the Nation (SWAN). *Journal of The American Heart Association*, 111, 1242-1249.
74. Svartberg, J. et al. (2006). Low testosterone levels are associated with carotid atherosclerosis in men. *Journal of Internal Medicine*, 259, 576-582.
75. Thomas, D. M. et al. (2013). Relationships between body roundness with body fat and visceral adipose tissue. Emerging from a new geometrical model. *Obesity*, Vol. 21, No. 11, 2264-2271.

76. Tremblay, M. S., Copeland, J. L. & Van Helder, W. (2003). Effect of training status and exercise mode on endogenous steroid hormones in men. *Journal of Applied Physiology*, 96, 531-539.
77. Tsai, E. C., Boyko, E. J., Leonetti, D. L. & Fujimoto, W. Y. (2000). Low serum testosterone level as a predictor of increased visceral fat in Japanese-American men. *International Journal of Obesity*, 24, 485-491.
78. Van Den Beld, A. W. et al. (2000). Measures of bioavailable serum testosterone and estradiol and their relationships with muscle strength, bone density, and body composition in elderly men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, Vol. 85, No. 9, 3276-3282.
79. Vicente, I. C. (2013). Modelo de éxito de una data warehouse. *Tecnura*, Vol. 17, No. 35.
80. Vingren, J. L. et al. (2010). Testosterone physiology in resistance exercise and training. *Sports Medicine*, Vol. 40, No. 12, 1037-1053.
81. Wang, C. et al. (2011). Low testosterone associated with obesity and the metabolic syndrome contributes to sexual dysfunction and cardiovascular disease risk in men with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 34, 1669-1675.
82. Wu, F. C. & Von Eckardstein, A. (2003). Androgens and coronary artery disease. *Endocrine Reviews*, Vol. 24, No. 2, 183-217.
83. Zhu, S. et al. (2004). Combination of BMI and waist circumference for identifying cardiovascular risk factors in whites. *Obesity Research*, Vol. 12, No. 4, 633-645.

ANEXOS

ANEXO A

ABREVIACIONES

ABI: entrenamiento aeróbico de baja intensidad

ABSI: Body Shape Index (índice de la forma corporal)

BMI: Body Mass Index (índice de masa corporal)

BRI: Body Roundness Index (índice de la redondez corporal)

CC: circunferencia de cintura

ICC: índice cintura/cadera

ICT: índice cintura/talla

DEXA: Dual Energy X-Ray Absorptiometry (absorciometría dual de rayos X)

DMO: densidad mineral ósea

DS: desvío estándar

E₂: estradiol

ECV: enfermedad cardiovascular

FC: frecuencia cardíaca

FC_{máx}: frecuencia cardíaca máxima

FSH: hormona folículoestimulante

GLAE: globulina ligadora de andrógenos y estrógenos

GnRH: hormona liberadora de gonadotropina

LH: hormona luteinizante

HTA: hipertensión arterial

IMC: índice de masa corporal

MM: masa muscular

MO: masa ósea

PC: perímetro de cintura

RM: repetición máxima

SHBG: Sex Hormone Binding Globulin (globulina ligadora de hormonas sexuales)

T: testosterona

TAS: tejido adiposo subcutáneo

TAV: tejido adiposo visceral

TL: testosterona libre

TT: testosterona total

VO₂máx: consumo máximo de oxígeno

ANEXO B

ILUSTRACIÓN CON EJERCICIOS DE FUERZA



Foto 5. Prensa de piernas inclinada



Foto 6. Press de banca plano

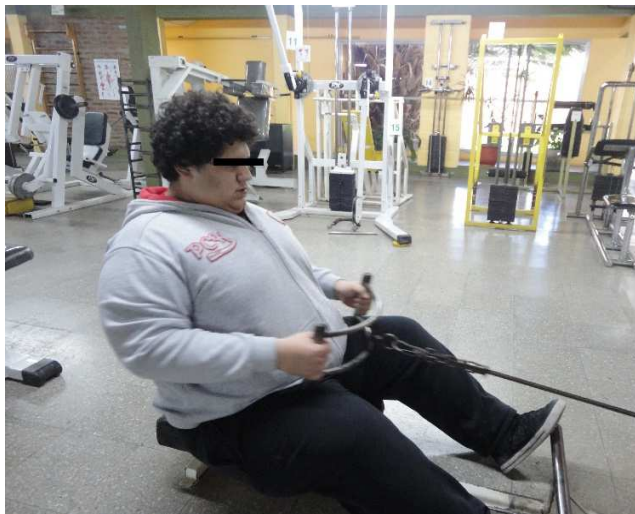


Foto 7. Remo en polea baja



Foto 8. Press de hombros en máquina



Foto 9. Rotaciones de tronco con polea



Foto 10. Abdominales en espaldera

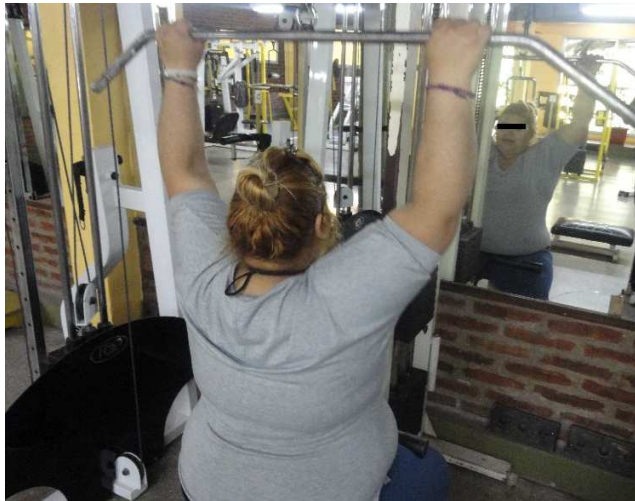


Foto 11. Tirón al frente en dorsalera



Foto 12. Variante en máquina específica al press de banca plano



Foto 13. Cuádriceps en sillón

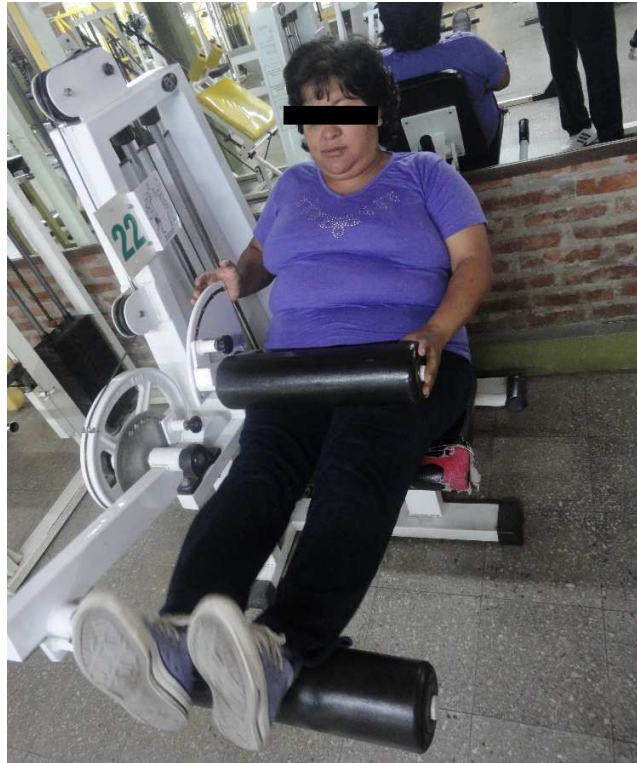


Foto 14. Curl de piernas sentado



Foto 15. Curl de bíceps con barra



Foto 16. Bird - dog



Foto 17. Dorsales en máquina



Foto 18. Sentadilla con remo

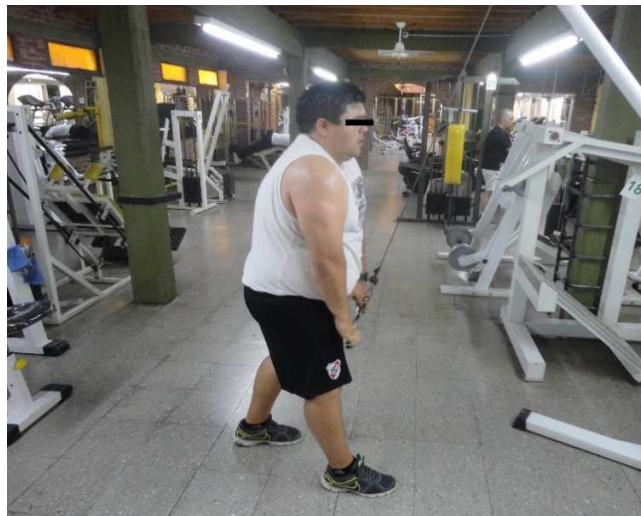


Foto 19. Tríceps en polea



Foto 20. Estocada con barra

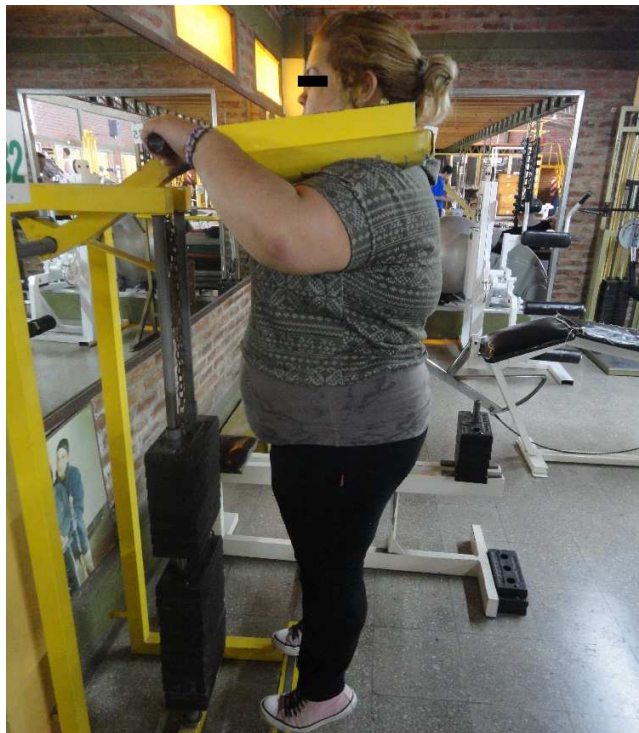


Foto 21. Elevación de talones en máquina

ANEXO C

INSTRUMENTAL UTILIZADO PARA LA MEDICIÓN ANTROPOMÉTRICA



Foto 21. Estadiómetro con rango de medición 50 a 220 cm



Foto 22. Calibre para pliegues cutáneos Slim Guide



Foto 23. Balanza mecánica CAM, con capacidad máxima 150 Kg



Foto 24. Cinta métrica metálica Lufkin modelo W606PM



Foto 25. Calibre para diámetros óseos Rosscraft