



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
SECRETARIA DE SALUD
CENTRO NACIONAL DE REHABILITACION

"RELACION ENTRE EL CONTROL RELAJACION-ACTIVACION Y EL DESEMPEÑO FISICO EN CORREDORES"

T E S I S

QUE PARA PRESENTAR EL TITULO DE ESPECIALISTA EN MEDICINA DE LA ACTIVIDAD FISICA Y DEPORTIVA

PRESENTA:

DR. JOSE ROLANDO FLORES LAZARO

PROFESOR TITULAR DEL CURSO:

DR. JOSE CLEMENTE IBARRA PONCE DE LEON

ASESORES:

LIC. PSICOLOGIA BETZABEL PORTILLA NORIEGA

LIC. PSICOLOGIA IVONNE ANGELICA LOPEZ SANCHEZ

M EN DRNP. JULIO CESAR FLORES LAZARO

MEXICO, D. F.



C. N. R.
DIVISION DE ENSEÑANZA
E INVESTIGACION



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Autoriza a la Dirección General de Bibliotecas de la ONAM a guardar en fondo documental e impreso el contenido de su trabajo periodístico.

NOMBRE: José Rolando Flores

Leizaola

FECHA: 29/06/06

FIRMA: 

Dedicatoria.

A mis padres que me dieron el mejor regalo que se pueda pedir: la libertad de escoger mi propio destino sin preocuparme del resto.

A mi mamá Ángela por su empeño por enseñarnos lo correcto y darnos el corazón de una madre.

A mi papá Julio por dedicarnos su vida y enseñarnos la verdadera felicidad.

A mi abuela Maura por darme el mejor consejo que he recibido, aquel que no se encuentra en los libros.

A mi tía Elena quien me dio la fortuna de tener una maestra todos los días y por querernos como a sus hijos.

A mi hermano Julio por acompañarme todos estos años.

A mi hermano Mario por su amistad.

A mis tíos Miguel y Silvia por ser nuestra casa fuera de casa.

A mi tío Lucio por compartir el gusto por el deporte y por llevarnos a la escuela.

Al resto de mi familia que forman parte de cualquier alegría que se presenta.

Agradecimientos.

A todos los que de alguna manera contribuyeron no solo a mi formación profesional si no a crecer como persona.

Al Dr. Clemente Ibarra por tener confianza en los residentes y estimular su desempeño.

Al personal de la División Clínica de Medicina del Deporte con quienes pase la mayor parte de estos 3 años e impulsaron mi formación como especialista: Al Dr. Gilberto Franco por su interés en la formación científica de los residentes, al Dr. Guadarrama, Dr. Puig, Dra. Gómez, Dr. Guillen, Dr. García, Irma, Rubén, a las Psicólogas Betzabel y Angélica, a las Nutriologas Sandra y Mirna.

Al personal de la Dirección de Medicina del Deporte de la U.N.A.M., a la Dra. Cristina Rodríguez por su empeño en impulsar la Medicina del Deporte.

A mis amigos residentes de la especialidad, por los ratos buenos y por el orgullo de sobreponerse a la realidad de los ratos malos.

A todos los que comparten el placer de evaluar y preservar salud en los individuos y de atender al mejor grupo de pacientes que un médico pueda tener: los deportistas.

Índice

Introducción	4
Antecedentes	8
Marco teórico	23
Conceptos	23
Relación entre la activación y el desempeño motor.....	25
Medición del activación	31
Control relajación – activación	32
Relación entre factores psicosociales y enfermedades cardiovasculares	36
Ejercicio y salud mental (mecanismos de acción).....	38
Capacidades físicas.....	41
Máximo consumo de oxígeno	41
Medición del máximo consumo de oxígeno	42
Diferencia entre géneros en capacidad aeróbica	49
Recuperación de la frecuencia cardiaca durante la prueba de esfuerzo	50
Fuerza máxima en equipo isocinético	51
Conceptos.....	51
Medición de la fuerza muscular	52
Medición de la fuerza muscular en equipo isocinético	54
Diferencias entre géneros en fuerza muscular	60
Cambios en las capacidades físicas con la edad	61
Planteamiento del problema.....	66
Justificación	66
Objetivos	68
Hipótesis	68

Introducción

El desempeño físico de un deportista representa un concepto multidimensional en donde diversos factores se relacionan para conseguir un nivel de ejecución óptimo dentro de una prueba en un momento dado. Uno de los factores que influyen en este nivel de ejecución es el factor psicológico. Comparado con los demás componentes de la preparación integral del deportista es el menos estudiado y caracterizado. Dentro de los factores psicológicos asociados al éxito deportivo se encuentra el nivel de activación presente en el deportista durante la ejecución de su prueba o deporte. La capacidad consciente del deportista de controlar este nivel de activación (incrementarlo o disminuirlo) representa una herramienta fundamental relacionada con el desempeño deportivo. Este control psicofisiológico también tiene implicaciones en la salud en sujetos no deportistas para trastornos cardiovasculares y mentales. En general se desconocen las habilidades conscientes del deportista mexicano de regulación activación - relajación, su relación con el desempeño físico y las diferencias entre géneros de estas habilidades psicológicas. Considerando las implicaciones que tiene el en éxito deportivo y en la salud en general, su investigación y caracterización son importantes para implementar estrategias de atención, evaluación y mejora de estas habilidades tanto para deportistas competitivos (incrementando sus posibilidades de éxito deportivo) como para deportistas recreativos (manteniéndolos motivados a continuar un estilo de vida saludable y mejorando su salud mental).

En el Centro Nacional de Rehabilitación, 1ra unidad Hospitalaria en donde se realizan evaluaciones morfofuncionales (se evalúan aptitudes para la práctica

deportiva, capacidad aeróbica, fuerza, trabajo y potencia muscular, movilidad o flexo-elasticidad, composición corporal, valoración nutricional y psicológica) a población abierta que desea realizar ejercicio por salud o desea conocer su estado de salud actual, así como a atletas como parte de su evaluación médico deportiva. Se dispone de un servicio de Psicología deportiva donde se llevan a cabo pruebas de habilidades psicológicas aplicadas al deporte. Se investigan habilidades psicológicas tales como:

- 1.- Establecimiento de metas.
- 2.- Habilidad o control relajación – activación.
- 3.- Visualización o ensayo mental.

El presente estudio retoma parte de esta evaluación, específicamente la habilidad de relajación – activación medida indirectamente a través del monitoreo de frecuencia cardiaca (se mide la capacidad conciente del individuo de disminuir o aumentar su frecuencia cardiaca) durante el desarrollo de la prueba y se lo compara con el desempeño físico de los sujetos en pruebas de capacidad aeróbica (prueba de esfuerzo en banda sin fin) y anaeróbica (fuerza máxima en maquina isocinética) a fin de establecer una posible relación, también pretende describir estas habilidades psicológicas entre la población estudiada e investigar si existen diferencias entre géneros.

Se revisaron expedientes de evaluaciones de primera vez durante el periodo comprendido de enero de 2003 a Diciembre de 2004 en corredores de fondo y medio fondo (distancias de 5000 metros o mayores).

Los resultados obtenidos en 102 corredores (50 Mujeres, 52 Hombres) muestran diferencias entre géneros en habilidades psicológicas (hombres con

mayor capacidad de activación, mujeres con tendencia a una mayor capacidad de relajación). Esta diferencia en activación permanece aún al dividir el grupo por edades (hombres jóvenes vs. mujeres jóvenes, hombres mayores vs. mujeres mayores).

Al comparar grupos de corredores por salud o recreativos vs. Corredores competitivos estos últimos presentan mayor capacidad aeróbica, mayor recuperación a los 5 minutos posterior a la prueba de esfuerzo así como mayor capacidad de activación. No existieron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en la capacidad de relajación. La diferencia que existe en capacidad aeróbica y en activación entre grupos de corredores recreativos y corredores competitivos permanece aún al dividir la muestra y comparar grupos del mismo género (mujeres corredoras recreativas vs. mujeres corredoras competitivas y en hombres corredores recreativos vs. hombres corredores competitivos).

Al comparar grupos de corredores recreativos de distintos géneros, los hombres presentan mayor capacidad de activación, mientras que las mujeres presentan una mayor recuperación posterior a la prueba de esfuerzo asociado a la tendencia de una mayor capacidad de relajación.

En cuanto a las correlaciones entre las habilidades psicológicas con el desempeño físico, aunque estadísticamente significativas estas son bajas y solo presentes para la activación y la capacidad aeróbica y para la activación y la fuerza. No se encontraron correlaciones entre la relajación y el desempeño físico.

En resumen dentro de la muestra existen diferencias entre géneros en habilidades psicológicas ligadas al desempeño deportivo (específicamente en la

capacidad de activación) a parte de las fisiológicas ya descritas en la literatura. Estas diferencias permanecen a diferentes edades entre los géneros. Existe además una mayor recuperación de la frecuencia cardiaca posterior a la prueba de capacidad aeróbica en el grupo de mujeres corredoras recreativas comparadas a hombres corredores recreativos. Aunque en contextos distintos, coincide con datos fisiológicos en donde los hombres presentan una mayor reactividad neuroendocrina al estrés y diferencias en control autonómico del corazón en reposo, lo cual podría relacionarse con la menor incidencia de enfermedades cardiovasculares y mayor longevidad en el género femenino. Los corredores competitivos solo difieren de los corredores recreativos en su capacidad de activación, situación que pudiese responder a la necesidad de un buen desempeño deportivo a la hora de la competencia y por lo tanto de exigir al máximo los recursos físicos y psicológicos.

El presente trabajo abre una línea de investigación sobre aspectos poco estudiados y caracterizados dentro de la población físicamente activa en nuestro país.

Antecedentes

Las habilidades psicológicas han sido ligadas al éxito deportivo en diversos estudios, en una revisión reciente de la literatura para identificar las características psicológicas relacionadas a un desempeño exitoso en el deporte Williams y Krane⁽¹⁾ concluyeron que ciertas habilidades mentales eran asociadas a un desempeño atlético superior. Dentro de estas habilidades se encuentran:

- 1.- Autorregulación de la activación.
- 2.- Alto nivel de auto confianza.
- 3.- Habilidad de concentrarse de forma apropiada y efectiva.
- 4.- La sensación de control sobre el desempeño.
- 5.- Determinación y compromiso.

Dichos autores también identificaron las estrategias mentales que usan los atletas de elite, estas incluyen: uso de la visualización o ensayo mental, fijación de metas u objetivos, tácticas de control del pensamiento, técnicas de control de la activación, planes de preparación mental en precompetencia. Estas estrategias forman parte del modelo psicológico cognitivo conductual, el cual es considerado la piedra angular dentro de los modelos psicológicos dedicados a mejorar el desempeño deportivo.⁽²⁾ Diversos análisis de la literatura publicada sobre este modelo apoyan su eficacia como intervención para mejorar el rendimiento deportivo, encontrando un efecto positivo sobre el desempeño hasta en un 85% de los estudios revisados.⁽²⁻⁴⁾

La gran mayoría de estas investigaciones se han desarrollado en deportistas olímpicos o universitarios de elite, con muy pocas referencias en deportistas recreativos. Aunque existe la creencia que todos los atletas de distintas edades y niveles de desempeño se beneficiarían con la inclusión de aspectos psicológicos dentro su práctica deportiva. Dentro de la escasa información dentro de este grupo de deportistas, Ryska ⁽⁵⁾ Investigó el uso de estrategias psicológicas en tenistas recreativos (88 hombres y 93 mujeres), el 65% de los tenistas estudiados solo se desempeñaba en la liga recreativa para adultos, sin experiencia en torneos profesionales, juveniles o colegiales. A través de cuestionarios se interrogó a los sujetos acerca de 5 estrategias psicológicas que han sido ligadas al desempeño deportivo (retroalimentación mental o ensayo mental, relajación, control de la atención, auto lenguaje y fijación de metas) el grado de uso de dichas estrategias, efectividad relativa de cada una, la fuente de información de donde desarrollaron dicha estrategia, describir la temporalidad de su uso durante el entrenamiento o competencia y describir un ejemplo de cada estrategia utilizada. También se les aplico el cuestionario – inventario de ansiedad competitiva 2 (CSAI-2) propuesto por Martens en 1990, a fin de conocer niveles de autoconfianza y de ansiedad cognitiva y somática. Los resultados no mostraron diferencias entre hombres y mujeres en cuanto al porcentaje de uso de cada una de las estrategias psicológicas, ni entre los niveles de ansiedad cognitiva y somática, ni en autoconfianza previa a la competencia. La estrategia percibida como la más efectiva fue la combinación de relajación-ensayo mental, seguido por el control de la atención, autolenguaje positivo y por último la fijación de metas. Las más utilizadas en orden decreciente fueron: control de la atención, autolenguaje positivo, relajación-ensayo mental y fijación de metas. Al realizar un

análisis de correlación entre las estrategias psicológicas y las variables de ansiedad estudiadas, el autor encontró que un incremento en el uso de alguna de las estrategias psicológicas se asoció con niveles menores de ansiedad somática y cognitiva y con mayores niveles de autoconfianza. Dentro de un grupo de deportistas que utilizaban al menos una estrategia psicológica durante el entrenamiento y competencia (26% del total), se encontró menor ansiedad somática y cognitiva y mayor autoconfianza que en el resto del grupo. Las distintas estrategias psicológicas demostraron poder predictivo para la presencia o nivel de las variables de ansiedad. Los tenistas con mayor uso de el control de la atención y la fijación de metas demostraron menor ansiedad cognitiva, quienes utilizaban el control de la atención y la relajación-ensayo mental presentaron menor ansiedad somática, por último aquellos que utilizaron del control de la atención junto al autolenguaje positivo presentaron mayores niveles de autoconfianza previos a la competencia. Interesante remarcar que solo el nivel de habilidad de los deportistas y no sus años de experiencia se asociaron a menores niveles de ansiedad precompetitiva, implicando que la práctica del deporte por si misma no confiere la habilidad psicológica necesaria para el manejo del estrés competitivo. Este es uno de los escasos reportes del uso de estrategias psicológicas en atletas recreativos.

Dentro de las distintas maneras que existen de medir el grado de activación en un deportista, las respuestas del sistema nervioso autónomo (SNA) [medidas a través de la frecuencia cardiaca y respiratoria, las propiedades eléctricas y térmicas de la piel, la pupilometría, etc.] se han utilizado en la psicología del deporte como medida indirecta de activación en diversas investigaciones, debido a las ventajas que confieren (mediciones objetivas, implementos no invasivos

relativamente cómodos, mediciones antes, durante y después de la ejecución de la prueba o deporte, posibilidad de análisis inmediato, etc.)

Tomando a la frecuencia cardiaca (Fc) como medida indirecta de la activación, esta se ha relacionado ante diversos factores psicológicos ligados al desempeño deportivo:

Caterini y cols ⁽⁶⁾ analizaron 6 medidas indirectas de respuestas del sistema nervioso autónomo (Resistencia, potencial, flujo sanguíneo y temperatura de la piel, sumado a respuesta instantánea de la frecuencia cardiaca y respiratoria) en 15 tiradores o disparadores y 7 atletas de tiro con arco durante la ejecución de su prueba (en la fase de concentración previo al tiro y durante la ejecución del mismo). Se dividió la muestra en dos grupos en relación a los resultados de la ejecución (mejores vs. peores tiros realizados) y se compararon las respuestas de los parámetros descritos. Los resultados demostraron una correlación significativa entre las variables autonómicas medidas entre los grupos y el resultado del disparo (Resistencia, potencial, flujo sanguíneo y temperatura de la piel, sumado a respuesta instantánea de la frecuencia cardiaca y respiratoria), específicamente el número de correlaciones entre los 6 parámetros autonómicos y las dos fases del disparo (concentración previa al tiro y durante la ejecución del mismo). A medida que el factor de relación aumento también mejoró la ejecución, de igual manera la estabilidad de este factor de relación fue mayor entre el grupo de mejor ejecución. Se estableció una relación entre las respuestas del sistema nervioso autónomo y la ejecución (incluyendo a la frecuencia cardiaca), con patrones característicos de respuestas dentro del grupo de mejor ejecución.

En pruebas de coordinación y desempeño motor complejas, como sucede en posiciones individuales dentro de deportes de desempeño colectivo (porteros

de Hockey sobre hielo, jugadores de voleibol) se pueden diferenciar distintos niveles de rendimiento asociados a respuestas psicofisiológicas precisas.

Smith y cols ⁽⁷⁾ analizaron variables psicológicas (ansiedad cognitiva y somática) y fisiológicas (frecuencia cardiaca con monitores tipo Holter), en 43 porteros (42 hombres, una mujer, rango de edad 10 -18 años) de Hockey sobre hielo en diversas situaciones de desempeño deportivo (6 estaciones diseñadas para desafiar las habilidades de los porteros, incluyendo una frente a la maquina lanzadora de “pucks” o discos de Hockey), con el objetivo de identificar una relación entre dichas variables y el desempeño deportivo (porcentajes de tiros salvados del total recibido, los cuales fueron obtenidos grabando en video las actuaciones de los porteros en cada estación) o predecir el desempeño a través de las respuestas fisiológicas y psicológicas.

Los resultados demuestran una relación entre medidas psicológicas (escalas de estado y rasgo de ansiedad) con el desempeño deportivo. En cuanto a la relación entre otras medidas (frecuencia cardiaca, edad, experiencia, confianza en si mismos, sumados a escalas de ansiedad) y el desempeño, a pesar de no existir significancia estadística los porteros con mejor desempeño comparados con un grupo de desempeño menor (100% de tiros salvados vs. 70%) presentaron una frecuencia cardiaca mayor durante las estaciones, eran mas experimentados (mayor tiempo desempeñándose en su posición), de mayor edad, con mayor confianza en si mismos y con puntajes menores en las escalas de ansiedad. De manera que en este grupo el desempeño deportivo se asoció a valores bajos en las escalas de ansiedad y valores altos de activación medidos indirectamente a través de la frecuencia cardiaca, estableciendo la necesidad de

mediciones multidimensionales para relacionar el desempeño deportivo con factores psicológicos y fisiológicos.

De igual manera Collet y cols (8) estudiaron 6 medidas autonómicas (resistencia, potencial, flujo sanguíneo y temperatura de la piel, sumado a respuesta instantánea de la frecuencia cardiaca y respiratoria) en 24 jugadores de Voleibol ante una tarea motora compleja que requiere tanto de habilidades físicas como técnicas, coordinación, anticipación, reacción e improvisación. La tarea consistía en pasar la pelota de voleibol con una técnica correcta hacia un objetivo en movimiento, la pelota era lanzada sin un patrón específico hacia los jugadores. De forma similar el patrón de respuesta de las mediciones autonómicas se relacionó con la ejecución correcta o incorrecta (si el pase fue enviado directamente hacia el objetivo en movimiento o no), pudo predecir el desempeño correcto en 22 de 24 ocasiones, y estableció un patrón de respuesta del sistema nervioso autónomo característico de un desempeño o ejecución óptimo.

Las respuestas del SNA también se han estudiado y relacionado con respuestas hormonales y factores psicológicos a fin de establecer una posible relación con el desempeño deportivo o diferenciar una situación de mayor estrés psicológico para un deportista.

Mckay y cols ⁽⁹⁾ estudiaron variables psicológicas (ansiedad somática, cognitiva y auto confianza a través del cuestionario – inventario de estado de ansiedad competitiva creado por Martens y cols en 1990) y fisiológicas (concentración de cortisol en saliva y frecuencia cardiaca) en 15 jugadores profesionales golf de la Professional Golf Association (PGA) durante un torneo oficial de golf y una ronda de práctica. Los resultados de las mediciones fueron comparados con su desempeño en ambas situaciones (puntaje de tiros realizados

durante los 18 hoyos en ambas condiciones). Se tomaron las muestras de cortisol en saliva en 4 ocasiones (previo al tiro de salida y en los hoyos 6, 12 y 18), así como la medición de la frecuencia cardiaca durante todo el evento. El análisis intrasujeto demostró que los golfistas experimentaban elevados niveles de cortisol, de frecuencia cardiaca, de ansiedad somática y cognitiva asociados a bajos niveles de auto confianza durante un torneo en comparación con una ronda de práctica. A través de las variables psicofisiológicas se pudo distinguir entre una práctica y una competencia, aunque en este estudio no existió una relación ni un valor predictivo entre dichas variables y el desempeño de los golfistas.

También es posible evaluar (mediante la frecuencia cardiaca y factores psicológicos) la capacidad de atención y nivel de ansiedad de los deportistas ante distractores durante el desarrollo de una prueba.

Hassmen y Koivula ⁽¹⁰⁾ estudiaron a 8 golfistas (20.3 años de edad en promedio) miembros del Equipo Nacional Amateur del Golf de Suiza, en una prueba de tiros cortos y largos estandarizados (1.25m para los cortos y 3m para los largos) en dos condiciones distintas: 1.- En presencia de ruido (mediante audiograbadoras con audífonos con sonidos estándares grabados previamente) y en ausencia del mismo, registrando frecuencia cardiaca e intervalo latido – latido como medida fisiológica durante la ejecución de cada situación (tiros cortos con y sin ruido, tiros largos con y sin ruidos). Previamente se les aplicó el cuestionario Deportivo de Ansiedad Competitiva para medición de rasgo de ansiedad.

Para analizar los datos se dividió la muestra en dos grupos (alto rasgo de ansiedad y bajo rasgo de ansiedad de acuerdo a la media de los puntajes obtenidos en el cuestionario) y se analizó el patrón de frecuencia cardiaca antes, durante y después de la ejecución (frecuencia cardiaca, intervalo latido – latido y

tiempo tomado para realizar el golpe) y el porcentaje de golpes exitosos. Los resultados muestran que: el grupo con menor rasgo de ansiedad consistentemente tomó menor tiempo para ejecutar sus golpes, con menor variabilidad en el mismo comparado con el grupo de mayor rasgo de ansiedad, de igual manera el primer grupo demuestra un claro patrón de desaceleración cardiaca en las 4 condiciones (tiros cortos con y sin ruido, tiros largos con y sin ruido) y ejecutan sus golpes en el punto donde la frecuencia cardiaca es menor (mayor tiempo o intervalo latido – latido). A pesar de que el patrón cardiaco no se asoció de manera significativa con el resultado en este estudio, se demuestran diferencia entre ambos grupos: Mayor frecuencia cardiaca y mayor variabilidad intrasujeto cuando el ruido esta presente en el grupo con rasgo de ansiedad elevado. Además el grupo con menor rasgo de ansiedad se desempeño ligeramente mejor cuando el ruido estuvo presente. Una vez mas se define cierto patrón de respuesta fisiológica (control de la activación medido con la frecuencia cardiaca) asociada con un factor psicológico y el desempeño deportivo, sin embargo también se considera una relación más compleja que la lineal entre desempeño y la respuesta de la frecuencia cardiaca en deportes de precisión.

A través de la respuesta del SNA también es posible diferenciar aquellos con mejor o peor desempeño así como entre novatos y avanzados dentro del mismo deporte, encontrando un patrón característico de control psicofisiológico en deportes de precisión (tiro con pistola, con rifle) asociado con mejor desempeño (menor actividad y mayor latencia o duración de la respuesta del SNA incluyendo el control de la frecuencia cardiaca).

Tremayne y Barry ⁽¹¹⁾ estudiaron dos grupos de tiradores con pistola (novatos y de elite). Midiendo la frecuencia cardiaca y propiedades eléctricas de la

piel en ambos grupos. Por cada tiro realizado se midieron estos parámetros 20 segundos previos al tiro, durante el tiro y 10 segundos posteriores. En el grupo de expertos o elite se presentó un patrón distintivo del grupo de novatos: Disminución de la conductancia de la piel y de la frecuencia cardiaca previa al tiro, y un efecto de “rebote” o incremento inmediato de los parámetros posterior al mismo los cuales no fueron aparentes dentro del grupo de novatos. Incluso dentro del grupo experto se puede distinguir entre mejores o peores tiros relacionando el patrón de respuesta autonómico con el resultado. En los mejores tiros existió un nivel electrodérmico menor y la duración previa al tiro de la desaceleración cardiaca fue mayor en los mejores tiros comparados contra los peores.

Caterini, Delhomme y cols ⁽¹²⁾ analizaron la actividad del sistema nervioso autónomo (actividad electrotérmica y termovascular de la piel, frecuencia cardiaca y respiratoria instantánea) en 15 tiradores con rifle de elite (10 hombres y 5 mujeres) durante una competencia oficial durante dos fases de ejecución de cada disparo (fase de concentración previa tiro 30 segundos, y durante la ejecución del mismo). A partir de los resultados de los disparos (milímetros de distancia del centro del blanco) se dividió la muestra en dos grupos (mejores vs. peores disparos) y se compararon las variables autonómicas durante las dos fases del tiro de los dos grupos.

Los resultados demuestran tres características distintivas de las respuestas autonómicas dentro del grupo con mejores tiros: 1.- Polaridad de la respuesta en el potencial eléctrico de la piel dentro del grupo con mejores tiros, con negatividad de las respuestas en ambas fases del tiro teóricamente asociados a altos niveles de motivación. 2.- Amplitud de variación en el flujo sanguíneo de la piel, con un descenso de amplitud dentro del grupo con mejores resultados, asociado a la

teoría de que un nivel alto de activación del sistema nervioso autónomo se asocia a pobre desempeño. 3.- Duración de las respuestas autonómicas, presentando mayor duración el grupo con mejor resultado en ambas fases del tiro. De esta manera el buen desempeño de este grupo parece asociarse a altos niveles de motivación (aumento en la respuesta negativa del potencial de la piel), mejor control de la reactividad emocional (baja amplitud de la respuesta autonómica) y un mayor tiempo de concentración (aumento en la duración de la respuesta autonómica).

Papel de acondicionamiento físico ante las respuestas fisiológicas a un estrés psicosocial.

La medición de la frecuencia cardiaca también ha permitido establecer el papel que tiene el acondicionamiento físico sobre las respuestas fisiológicas ante diversos tipos de estrés psicosociales.

La condición física, específicamente la capacidad cardiorrespiratoria ejerce un efecto atenuante o protector ante la respuesta fisiológica (Frecuencia cardiaca, respiratoria, propiedades termovasculares y eléctricas de la piel) de un individuo ante un estrés psicológico. Las respuestas fisiológicas más estudiadas del Sistema Nervioso Autónomo ante un estrés psicológico son las cardiovasculares.⁽¹³⁾ En general se reconoce que individuos con mayor capacidad aeróbica o cardiorrespiratoria presentan una menor reactividad y/o mayor recuperación de parámetros fisiológicos (incluyendo a la frecuencia cardiaca) ante un estrés psicológico, comparados con grupos sedentarios o con menor condición física, con algunos reportes aislados que no concuerdan con estos resultados.⁽¹³⁻

16)

Sesiones de ejercicio agudo confieren un efecto atenuante sobre las respuestas fisiológicas (incluyendo las cardiovasculares) ante un estrés psicológico. Este efecto depende de varios factores:

1.- La intensidad y duración del ejercicio. En general ejercicios intensos presentan un mayor efecto atenuante que los ejercicios de moderada intensidad (80% del Vo₂max por 60 minutos vs. 50% por 20 minutos).⁽¹³⁾

2.- La condición física de los sujetos estudiados. Los sujetos aeróbicamente entrenados presentan una respuesta menor al estrés psicosocial y mejor recuperación que los no entrenados.⁽¹³⁾

Esta reactividad cardiaca tiene implicaciones en la salud, pudiendo predisponer al desarrollo de enfermedades cardiovasculares (particularmente para hipertensión arterial y enfermedad arterial coronaria) en sujetos hiperreactores a diversas pruebas psicológicas de laboratorio.⁽¹⁷⁾

Estrés, ejercicio y salud

Diversos factores psicológicos incluyendo el estrés, la ansiedad, la depresión, características de personalidad y el aislamiento social están asociados a la incidencia de enfermedades cardiovasculares incluyendo la enfermedad arterial coronaria.⁽¹⁷⁾ Estos factores psicológicos están asociados a mayor probabilidad de presentar un estilo de vida no saludable en quienes los presentan, a presentar hiperreactividad autonómica (de frecuencia cardiaca y presión arterial) durante pruebas de estrés psicosocial y de mantener niveles ambulatorios más elevados de presión arterial durante la vida diaria, de presentar alteraciones neuroendócrinas, de función plaquetaria y endotelial, de presentar alteraciones de control vagal cardiaco y disminución de la variabilidad cardiaca. Todo esto

predispone al individuo a presentar arritmias cardíacas, aterosclerosis, isquemia miocárdica, muerte súbita, a ser poco participativo e interesado en mantener una terapia farmacológica o de ejercicios durante el tratamiento de alguna enfermedad, y en general aumentan sus posibilidades de eventos cardiovasculares. También es importante notar que la suma de dos o más factores psicológicos pueden actuar de forma sinérgica incrementando aún más las posibilidades de eventos adversos.⁽¹⁷⁾ Todo esto conlleva a la necesidad de estrategias psicológicas tanto en la prevención como coadyuvantes en el manejo de enfermedades cardiovasculares, incluyendo intervenciones como el manejo de estrés.

El ejercicio físico tanto agudo como habitual tiene efectos benéficos sobre los factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares y sobre los factores psicológicos descritos previamente y por ende sobre la salud.

Existe una asociación lineal entre niveles de actividad física y salud mental.⁽¹⁸⁾ Diversos estudios apoyan el uso del ejercicio (tanto aeróbico como anaeróbico) como terapia adyuvante ante trastornos mentales, con una efectividad comparable entre ambas intervenciones sobre todo para trastornos de ansiedad.^(15,18)

El estado de ansiedad es una de las variables psicológicas más estudiada en relación a los efectos del ejercicio agudo, que en general disminuye tras la realización del mismo.^(13, 15,19)

Diversos estudios demuestran que la respuesta depende de factores como:

- 1.- Tipo e intensidad del ejercicio en donde el de tipo aeróbico de intensidad moderada aparenta ser el más efectivo (60% del consumo máximo de oxígeno).

2.- Niveles basales de estado de ansiedad en los individuos estudiados, esto modula el efecto del ejercicio agudo, sobre todo el de alta intensidad que provoca efectos no deseados (incremento en niveles de estado de ansiedad) solo en sujetos con niveles basales bajos. ⁽¹³⁾

Lo mismo sucede con la depresión en donde la actividad física parece ser tan efectiva como tratamiento como cualquier otra intervención (psicoterapéutica o farmacológica) para síntomas leves a moderados de depresión. ⁽¹⁹⁾ Babyak ⁽¹⁸⁾ estudió 156 adultos mayores con diagnóstico de depresión mayor asignando aleatoriamente a la muestra en 3 grupos. 1.- 4 meses de ejercicios aeróbico, 2.- terapia farmacológica, 3.- combinación de ambos. Al final de los 4 meses todos los grupos mostraron mejorías significativas, sin embargo en un seguimiento a 10 meses, los pacientes dentro del grupo de ejercicio aeróbico mostraron menor porcentaje de remisiones de los síntomas depresivos comparados a la terapia farmacológica o en la combinación de ambos.

Un aspecto a resaltar es que no es necesario una mejoría en el acondicionamiento físico (ejemplo: aumento del máximo consumo de oxígeno en entrenamiento aeróbico o de la fuerza en el entrenamiento anaeróbico) para obtener los efectos benéficos del ejercicio en la salud mental, la practica habitual del mismo es suficiente. ^(15, 18,19)

En nuestro país las estadísticas sobre enfermedades cardiovasculares, inactividad física y trastornos mentales alcanzan magnitudes considerables. Las enfermedades cardiovasculares ocupan los primeros lugares de morbimortalidad desde 1990. Los factores de riesgo cardiovasculares (tabaquismo, obesidad, hipertensión arterial, diabetes e hipercolesterolemia) están presentes en 60.5% de

la población adulta en México (poco más de 30 millones de adultos mexicanos), estos factores de riesgo cardiovascular han incrementado su presencia de 1993 al 2000. En 1993, a partir de la Encuesta Nacional de Enfermedades Crónicas (ENEC) se estimó que la prevalencia de diabetes mellitus era de 6.7%; con la Encuesta Nacional de Salud 2000 (ENSA 2000), se incrementó a 7.5%. La hipertensión arterial documentó en la ENEC 1993 una prevalencia de 23.8%, para el 2000 fue de 30.7%. La obesidad en los adultos mexicanos creció de 21.5%, en 1993, a 23.7%, en 2000, y el aumento del sobrepeso en este periodo casi duplicó los hallazgos de 1993. ⁽²⁰⁾

En relación a los trastornos mentales se estima que el 18% de la población urbana, entre 18 y 64 años de edad, sufre trastornos afectivos, principalmente depresión.

Los trastornos depresivos y la ansiedad son los trastornos mentales más frecuentes en la consulta de los tres niveles de atención.

El índice para los trastornos afectivos en la ciudad de México es de 9% en la población adulta entre los 18 y los 65 años de edad, con un 7.8% correspondiente a episodios depresivos mayores y 2.5 mujeres por hombre. Los porcentajes de prevalencia de trastornos de ansiedad se encuentran en el 8.3% de la población. ⁽²¹⁾

De acuerdo al programa nacional de cultura física y deporte 2001-2006 ⁽²²⁾ menos del 7% de la población adulta mexicana mayor de 15 años realiza alguna actividad física o deporte que sea significativa para cuidar o mantener niveles básicos de salud. Los hábitos de actividad física de los mexicanos se reducen a cuando mucho una hora, un día a la semana en promedio.

Se han publicado escasas investigaciones en nuestro país sobre las capacidades biomotoras (capacidad aeróbica, fuerza muscular, flexoelasticidad, etc.) de la población mexicana físicamente activa. Dentro de los estudios publicados se han reportado consumos máximos de oxígeno en individuos adultos sedentarios de 32,33 años en promedio, de 44.22 ± 11.26 ml/kg/min, 46.26 ± 19.25 ml/kg/min estimado mediante pruebas de campo, y de 43.93 ± 11.17 ml/kg/min, 43.46 ± 10.61 ml/kg/min estimado en pruebas directas de laboratorio.⁽²³⁾ En otra publicación comparando individuos sedentarios, atletas y personas con diabetes se reportaron consumos máximos de oxígeno en individuos sedentarios sanos de 44 años de edad, de 41.3 ± 2.3 ml/kg/min, en atletas de 45 años de edad de 54.2 ± 2.5 ml/kg/min y en diabéticos de 30.5 ± 1.6 ml/kg/min.⁽²⁴⁾

Debido a estas cifras de salud pública en México, las asociaciones de estas enfermedades con la inactividad física y con factores psicológicos ya descritos, la importancia de la práctica de actividad física en nuestra población, tanto para la modificación de factores de riesgo cardiovascular ya establecidos, como para beneficios fisiológicos y psicológicos se vuelve una intervención urgente, así como el estudio de estas intervenciones en nuestra población.

Marco teórico

Activación, estrés psicológico y ansiedad

Conceptos.

Algunos conceptos se utilizan erróneamente como sinónimos y son producto de confusiones en trabajos de investigación.

Existen diversos conceptos y nombres atribuibles como sinónimos a la activación (intensidad, arousal, nerviosismo, ansiedad, energía psíquica), para el contexto del proyecto de investigación se tomara en cuenta las siguientes definiciones de activación:

1.- Activación: Constructo multidimensional que realiza una función energizante de la mente y el cuerpo. Presenta 3 respuestas críticas que alteran el desempeño:

I.- Activación fisiológica (Frecuencia cardiaca, actividad glandular y cortical y flujo sanguíneo).

II.- Respuestas conductuales (en términos de actividad motora incluyendo cambios en la coordinación, cadencia, reacciones idiosincrásicas conductuales ante los cambios fisiológicos) y

III.- Respuestas emocionales y cognitivas (en términos de evaluación de las manifestaciones fisiológicas y conductuales de la intensidad y las reacciones emocionales a estas evaluaciones).⁽²⁵⁾

Esta energía puede ser percibida como positiva o negativa y por lo tanto estar asociada con varias emociones, tales como excitación y alegría en el extremo positivo, y ansiedad y rabia en el extremo negativo. ⁽²⁶⁾

Se percibe como una variación en un rasgo continuo que va, desde el sueño profundo en uno de sus extremos (como un estado de coma) hasta el mayor grado de excitación en el otro (Ej. Un ataque de pánico) (Malmo, 1959).

Estrés psicológico: Aunque puede asociarse a altos niveles de activación no son sinónimos. El estrés puede desencadenar un estado negativo, afectar no solo el desempeño deportivo provocando tensión muscular innecesaria, desviar y disminuir la capacidad de atención del atleta, sino es reconocido también como causa de enfermedades físicas y mentales. Suele producirse al existir un desbalance entre las demandas de una situación y la percepción del individuo de sus habilidades para enfrentarlas o llevarlas a cabo, sumado a la importancia del resultado. ⁽⁷⁾

Ansiedad: Estado emocional desagradable en el que hay sensaciones de peligro amenazador, caracterizado por malestar, tensión o aprehensión que va acompañada por un patrón característico de descargas del sistema nervioso autónomo que implican cambios fisiológicos como frecuencia respiratoria alterada, incremento de frecuencia cardíaca, trastornos músculo-esqueléticos, cambios en la conductividad eléctrica de la piel, entre otros (Kaplan y Sadock).

Vale la pena distinguir entre dos características o tipos de ansiedad:

1.- Rasgo de ansiedad (tendencia o predisposición del individuo de experimentar ansiedad), este puede dividirse a su vez en ansiedad cognitiva y somática. ⁽²⁶⁾

2.- Estado de ansiedad (Experiencia presente, estado cognitivo o emocional asociado a activación del sistema nervioso, fluctúa en relación a lo amenazante de la situación inmediata).⁽⁷⁾

De esta manera se entiende que existe un nivel natural de activación a cada momento, sin embargo niveles demasiado elevados o bajos del mismo en condiciones de competencia deportiva dan lugar a respuestas fisiológicas y psicológicas que alteren la ejecución del individuo de manera negativa. El encontrar el nivel óptimo de activación y el control del mismo por el atleta se convierte entonces en un objetivo fundamental en la preparación competitiva del deportista.

Relación entre la activación y el desempeño motor

La activación es el factor crítico de máxima importancia previo al desempeño competitivo. Sin importar los demás factores asociados al desempeño deportivo exitoso (preparación física, técnica, táctica, etc.) el atleta no realizará su máximo desempeño si su cuerpo no está en un nivel óptimo de activación, acompañado por los cambios fisiológicos y psicológicos requeridos.⁽²⁵⁾

Para establecer la relación entre activación y desempeño motor se han postulado diversas teorías:

1.- Teoría del impulso (Spence 1966), Establece una relación lineal entre el nivel de activación y la ejecución motriz (Ver figura 1). Explicado mediante la siguiente fórmula: $P = H \times D$ (P= Ejecución, H= Hábito o dominancia de las respuestas correctas o incorrectas y, D= Activación). De acuerdo a la hipótesis los aumentos de activación favorecerían la probabilidad de realizar las respuestas dominantes. Por ejemplo un deportista novato o principiante durante el proceso

de adquisición de destrezas sus respuestas dominantes son los errores en comparación con un deportista experimentado, de manera que un nivel elevado de activación perjudicaría su ejecución, al contrario del atleta experto quien se favorecería con un nivel de activación elevado.

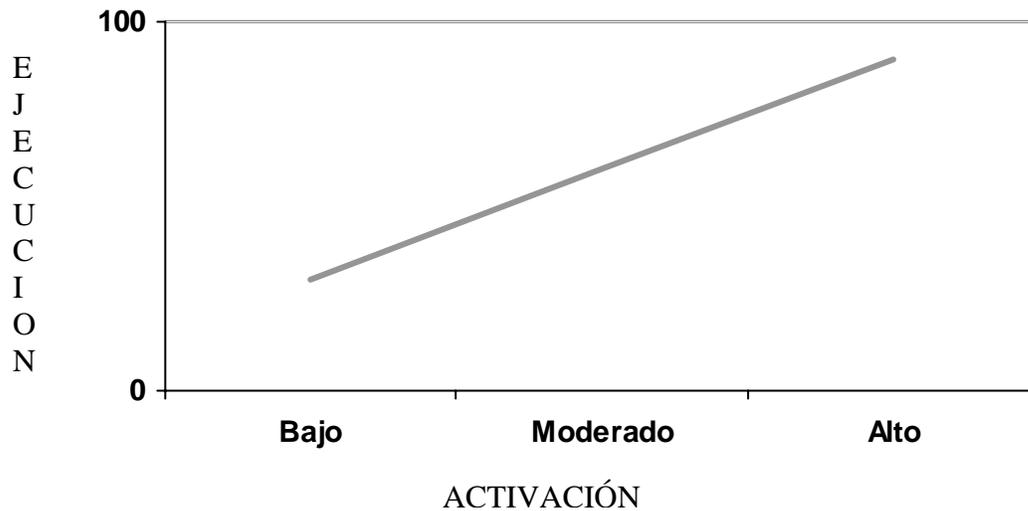


Figura 1.- Relación lineal entre activación y ejecución (Teoría del Impulso) (Spence 1966)

Para otros autores (Oxedine 1984) esta relación lineal planteada en la teoría del impulso solo se da en actividades motoras gruesas, que implican fuerza y velocidad. Por lo tanto un nivel alto de activación es deseable para este tipo de actividades.

Esta teoría es poco utilizada en la actualidad ya que la relación activación y desempeño establece vínculos más complejos que una relación lineal, inclusive en actividades motoras gruesas deportivas como corredores de velocidad y levantadores de pesas parece existir un nivel máximo de activación a partir del cual la ejecución del atleta se perjudica. ⁽²⁶⁾

2.- “U” invertida (Yerkes, Dodson 1908). Esta teoría sugiere una relación curvilínea entre la intensidad y el desempeño. Establece que al aumentar la intensidad también se incrementa el desempeño deportivo, pero solo hasta cierto punto, posterior al cual el desempeño empieza a decaer si se continúa en ascenso en la intensidad, (ver figura 2). Establece un estado de equilibrio óptimo en la relación activación desempeño, generalmente este estado óptimo se encuentra con niveles intermedios de activación.

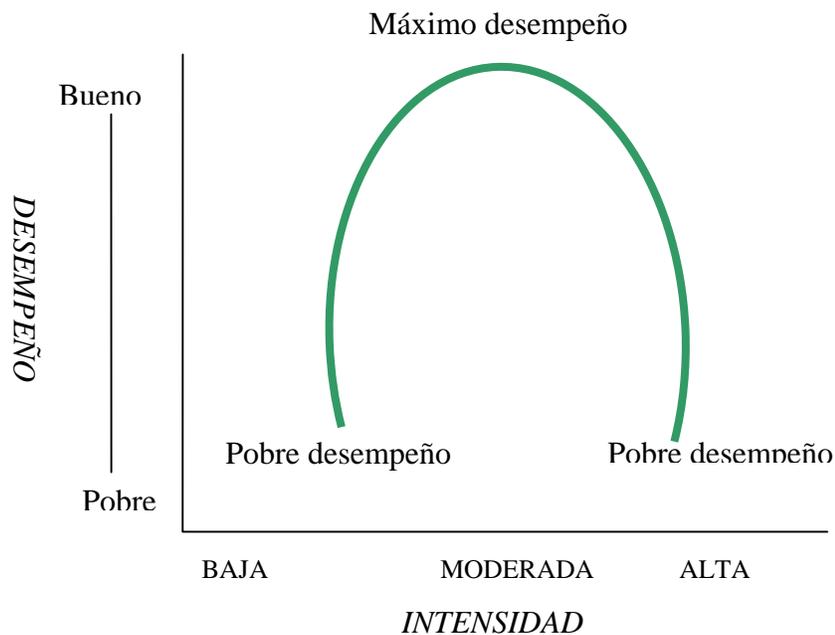


Figura 2.- Curva intensidad / desempeño “U” Invertida (Yerkes y Dodson 1908).

Existen aspectos a considerar dentro de la teoría de la U invertida, por ejemplo: la característica de complejidad de la tarea a realizar, tareas de desempeño motor grueso vs. Fino, la complejidad de las decisiones a tomar y las características preceptuales de la tarea. En el primer aspecto se modifica la relación entre el desempeño y la activación a medida que la tarea a realizar se torna más compleja y el nivel de activación óptimo para el desempeño de dicha

tarea es menor, a mayor dificultad de la tarea el nivel de activación óptimo disminuye. Por tanto mayores niveles de activación pueden ser tolerados en tareas menos complejas antes que la ejecución se deteriore.

Para tareas de precisión y control de la actividad muscular como el golf se requiere un nivel de activación bajo antes que la ejecución se vea perjudicada; lo contrario ocurre para tareas de menor precisión y requerimiento de mayor masa muscular y fuerza (levantamiento de pesas).

En relación a la complejidad de las decisiones a tomar se acepta en general que en tareas con mayores demandas de decisión se requiere de un nivel menor de activación para una ejecución óptima. En cuanto a la percepción de la tarea a realizar se refiere básicamente a la capacidad de atención y discriminación del individuo entre dos estímulos, a la selectividad entre estímulos irrelevantes o importantes dentro de la tarea a realizar que solo se alcanza de manera óptima con un nivel moderado de activación.

Otras características que establecen diferencias individuales que influyen en la relación activación y desempeño son: la experiencia, la práctica previa y la personalidad del sujeto (especialmente el rasgo de ansiedad).

La crítica principal a esta teoría es su postura de que solo existe un nivel ideal de activación para todos los individuos dentro de una actividad, independiente de si esta activación proviene de un estado de excitación positiva o de un estado de ansiedad negativo, con una errónea interpretación como sinónimos de la activación y la ansiedad creando un carácter unidimensional de la activación. ^(25,26)

3.- (ZOF) Zona de función óptima (Hanin 1980). Incorpora diferencias individuales a la teoría anterior, modifica el concepto de activación óptima y lo interpreta como: “aquel que permite a un atleta en particular desempeñarse a su mejor nivel personal”. Incorpora una dimensión individual a este nivel óptimo de activación, diferente para cada quien (no existe un nivel único de activación para todos los atletas). Establece que ni la experiencia del sujeto ni la característica de la tarea a realizar son determinantes para predecir el nivel óptimo de activación. De esta manera algunos atletas en el mismo deporte pueden desempeñarse a un nivel óptimo con una activación baja, mientras que otros necesitan un nivel alto de intensidad para su óptimo desempeño.

4.- Teoría del caos (Hardy, Fazey 1987) en donde se aplica la teoría matemática del caos a la relación intensidad – desempeño. Los autores sugieren que la activación cuenta con 2 subcomponentes: 1.- Activación fisiológica y 2.- Ansiedad cognitiva. Sugiriendo también que la ansiedad cognitiva es mediadora del efecto de la activación fisiológica en el desempeño. Es decir que el impacto de la activación fisiológica en el desempeño dependerá del nivel de ansiedad cognitiva. (25, 27)

Ninguna de las teorías propuestas explica completamente la relación entre la activación y el desempeño físico y deportivo, debido a los múltiples factores a considerar para establecer la relación. En el modelo ejemplificado en la figura 3 se demuestra esta compleja relación entre los factores psicológicos a los que se enfrenta el deportista ante una situación de competencia o practica deportiva, las respuestas fisiológicas que produce y el acto motor que realiza ante estas situaciones. Así como el carácter de retroalimentación que presenta el modelo en distintos lugares de la relación entre factores psicológicos y fisiológicos.

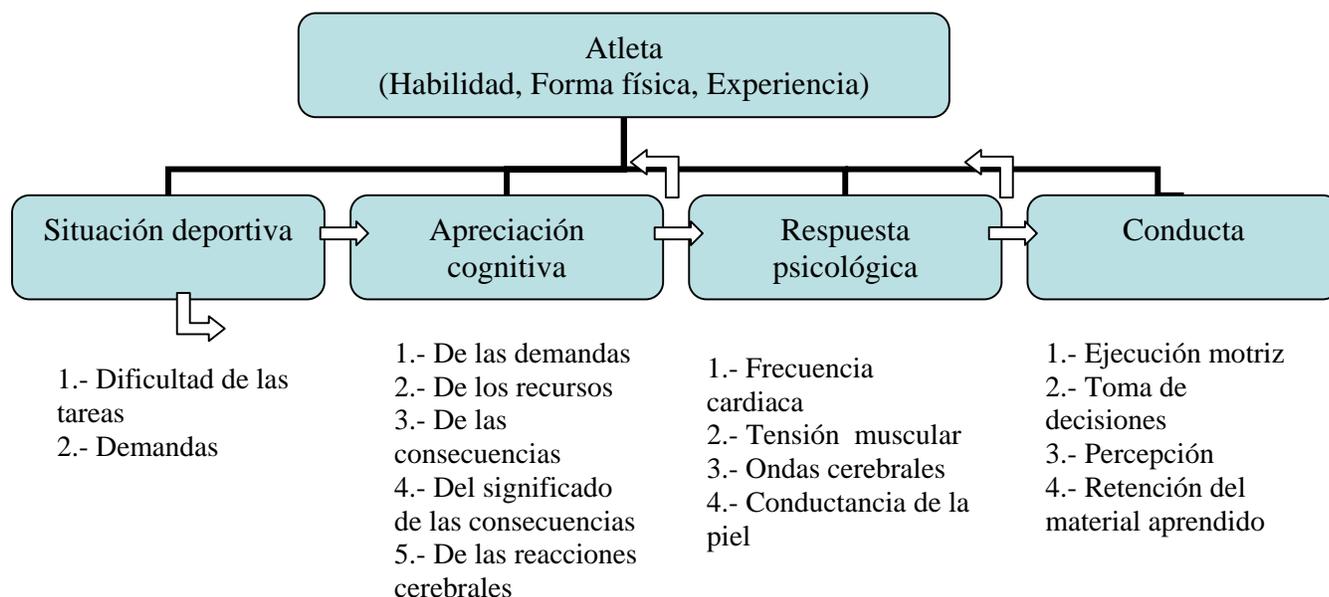


Figura 3.- Modelo ilustrativo de los factores que afectan la relación entre la activación y la ejecución (Williams, M. Psicología Aplicada al Deporte. Biblioteca Nueva, Madrid 1991) ⁽²⁷⁾

En la figura 3 se muestra los factores que afectan la relación activación y ejecución en un deportista. Si el individuo percibe de forma negativa una competencia por sentirse mal preparado, o duda de que sus capacidades estén a la altura para enfrentarla se genera una respuesta fisiológica ante este estrés psicológico. A consecuencia de la activación del sistema nervioso autónomo se aumenta la frecuencia cardíaca y respiratoria, la presión sanguínea, la sudoración y el tono muscular. Esta respuesta de “mal adaptación” o “sobre activación” afecta de manera negativa la ejecución o el desempeño deportivo. Cabe reconocer el carácter de retroalimentación que cuentan ciertos momentos dentro del modelo, sobre todo al comenzar la ejecución, donde el atleta retroalimenta por

apreciaciones cognitivas de su desempeño lo cual a su vez puede generar una mayor respuesta del sistema nervioso autónomo, mayor estrés psicológico y perjudicar aún mas su ejecución.⁽²⁷⁾

Medición de la activación.

Existen distintos medios para la medición de la activación en deportistas

En general se distinguen tres grupos de medidas de la activación que al ser un constructo multidimensional resulta difícil de medir:

1.- Medidas fisiológicas: (Electroencefalograma, medidas indirectas de acción del sistema nervioso autónomo [resistencia o conductancia de la piel, flujo sanguíneo, frecuencia cardiaca, variabilidad cardiaca, pupilometría, actividad muscular por electromiografía, etc.]. En sus inicios poco utilizados por los investigadores por su pobre relación con los cuestionarios y con el desempeño deportivo, así por el costo de los instrumentos de medición, sin embargo a medida que avanza el conocimiento sobre las respuesta fisiológicas y la disponibilidad y reducción de costos de los instrumentos de medición, su utilización va en aumento por ser los mejores indicadores de la activación y por la oportunidad de mediciones durante el momento de la ejecución deportiva.

2.- Bioquímicas (medición de niveles hormonales como la epinefrina, cortisol, ACTH, principalmente). Utilizando niveles tanto en sangre, saliva y orina, con la dificultad de ser en ocasiones procedimientos invasivos y requerir procesamiento posterior, y por consecuencia retardar los resultados.

3.- Cuestionarios. Diseñados para evaluar diversos efectos de la activación sobre el individuo, evaluando estado y rango de ansiedad, entre otros aspectos; con la ventaja de ser rápidos y fáciles de aplicar, posibilidad de aplicarlos a

población numerosa pero susceptibles de respuestas indeseadas por deseabilidad social, incapacidad de registrar sucesos dentro de la participación del atleta (solo pueden realizarse antes o después del evento deportivo).^(25,27)

Control relajación activación.

La activación y relajación, y más aún la capacidad de controlar dichas acciones es fundamental para el buen desempeño atlético. De manera excluyente se le atribuye a la preparación física o la falta de esta la mala ejecución del atleta en un momento dado, sin tomar en cuenta que aquellos factores y condiciones que contribuyen a una ejecución superior pueden controlarse de manera conciente.

Cada uno de los deportistas ejerce control sobre su propio comportamiento y activación, esto permite aprender y desarrollar destrezas y estrategias necesarias para regular concientemente sus respuestas, para así, mantener un nivel optimo de ejecución.⁽²⁷⁾

La capacidad de autorregulación, de poder trasladarse dentro de la escala del continuo de la activación de manera conciente, representa el objetivo de las diversas técnicas de autocontrol para poder desarrollar el nivel de activación necesario para el desempeño de una tarea en particular.⁽²⁸⁾

Estas capacidades psicofisiológicas se comprobaron inicialmente en sujetos no atletas para controlar o reducir ansiedad, frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria y tensión muscular (a través de técnicas de relajación) y han demostrado su utilidad en el tratamiento de diversos padecimientos (Cefalea, insomnio, hipertensión, enfermedad coronaria).^(17,29)

Existen diversas técnicas para entrenar al sujeto a regular su nivel de activación ya sea para aumentarlo en caso de una baja activación, o disminuirlo en caso de una sobre activación (Ver figura 4).

Estas técnicas se concentran en diversas formas de autocontrol para modificar de manera consciente el estado de activación (aumentarlo o disminuirlo).

Técnicas para disminuir el estado de activación (De relajación):

Las técnicas de relajación se han utilizado principalmente en el deporte para incrementar la recuperación del entrenamiento y competencia, manejar la ansiedad y mejorar el desempeño. Se sugiere que pueden incrementar la concentración, mejorar las destrezas motoras y mejorar las habilidades de controlar la activación y el estrés. ⁽³⁰⁾

De manera general se pueden dividir en Neuromusculares y cognitivas. ⁽²⁷⁾

Neuromusculares: Dentro de este grupo se encuentran diversas técnicas de respiración encaminadas al entrenamiento y control de la respiración diafragmática y la respiración rítmica, y la técnica de relajación muscular progresiva, esta última descrita en 1930 por Jacobson, consiste en entrenar la percepción de la tensión o tono muscular a fin de controlar y modificar dicho nivel de tensión y poder alcanzar un nivel óptimo. A través de sus estudios en pacientes que experimentaban miedo o ansiedad, mediante un sistema de contracción / relajación de diversos grupos musculares y del aprendizaje para diferenciar entre ambos estados, podían superarse las sensaciones de miedo o angustia. ⁽²⁸⁾

Esta capacidad de cambiar entre estados de contracción y tensión muscular a estados de relajación representa una característica delimitante del rendimiento en los juegos deportivos colectivos. ⁽²⁸⁾

Cognitivas: Las constituyen las técnicas como la meditación (encontrando disminución de la frecuencia cardiaca basal en promedio de 7 latidos por minuto posterior al entrenamiento con esta técnica) ⁽³⁰⁾ y de control autógeno. La técnica de control autógeno es quizá la más conocida y difundida de las técnicas de regulación de la activación, creada por Schultz entre las décadas de 1920 y 1930, representa una forma de autosugestión a través de la realización de ejercicios básicos se procura alcanzar un estado de disminución del tono muscular y de relajación. Básicamente se enfoca en la producción de dos sensaciones: Calor y pesantez o relajación. Existen en general 6 fases del entrenamiento encaminadas a reproducir y experimentar la sensación de pesadez y calor en las extremidades, reproducir la sensación de frecuencia cardiaca y respiración relajada y calmada. ⁽²⁷⁾ Existen ejercicios específicos para el control de la frecuencia cardiaca que ayudan a encontrar el estado de relajación.

Técnicas para aumentar el nivel de activación.

En general son técnicas destinadas a desarrollar habilidades para incrementar la función del sistema cardiorrespiratorio (Frecuencia cardiaca y respiratoria) y preparar los sistemas fisiológicos para la actividad a desarrollar. ⁽²⁷⁾

Dentro de estas técnicas se encuentran: 1.- Control de la respiración. Este control funciona tanto para el incremento de la activación como para la relajación o liberación de tensión muscular. 2.- Imaginación y visualización como la representación mental de situaciones energizantes para incrementar la activación.

3.- La distracción. La desviación de la atención de un estado de fatiga puede ayudar a enfocar la energía en el suceso y no en la sensación de cansancio. ⁽²⁷⁾

En la mayoría de estas técnicas el autocontrol de la frecuencia cardiaca es una parte fundamental del entrenamiento, por lo que la medición de la capacidad del sujeto de modificar conscientemente este valor podría ser de utilidad para la evaluación y seguimiento de su entrenamiento psicológico.

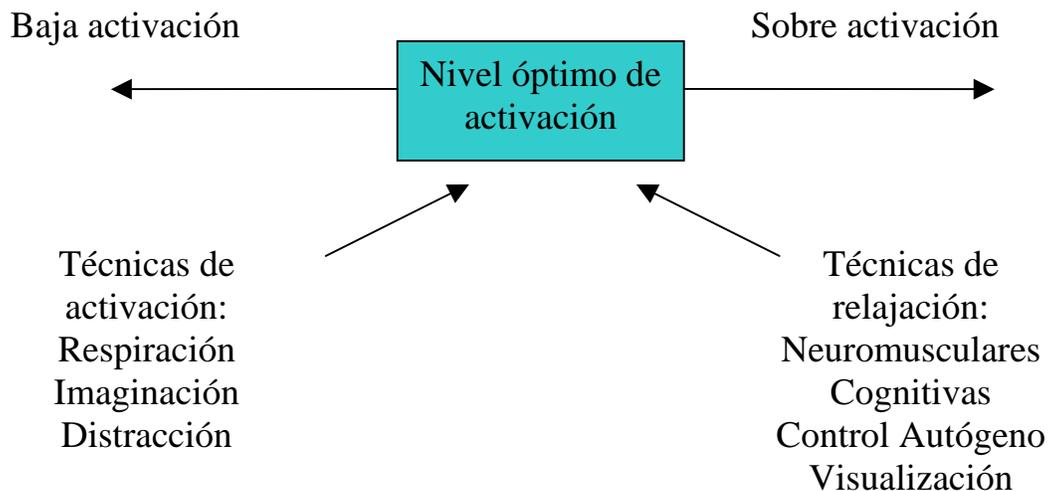


Figura 4.- Técnicas de regulación de la activación. ^(27,28)

Relación entre factores psicosociales y enfermedades cardiovasculares.

La relación entre factores psicosociales con enfermedades cardiovasculares, particularmente con la enfermedad arterial coronaria, han sido motivo de extenso estudio en años recientes reconociendo mecanismo fisiopatológicos responsables que han servido para implementar estrategias de diagnóstico y tratamiento.

Se reconocen al menos 5 factores psicosociales relacionados con la patogénesis de las enfermedades cardiovasculares: 1.- Depresión, 2.- Ansiedad, 3.- Características de personalidad, 4.- Aislamiento social y 5.- Estrés cotidiano crónico. ^(17,31)

La presencia de síntomas depresivos está relacionada con un incremento en el riesgo de eventos cardiovasculares, parece existir un gradiente entre la magnitud de la depresión y el riesgo de futuros eventos cardiacos, lo cual sugiere que el riesgo de enfermedad arterial coronaria relacionada con la depresión existe dentro de un continuo que va de acuerdo a la magnitud de los síntomas depresivos. Los síntomas depresivos son mas prevalentes en pacientes con enfermedades cardiovasculares que en la población general. Lo mismo sucede con la ansiedad y su relación con el riesgo eventos cardiacos (particularmente la muerte súbita).

Desde los años cincuenta con los estudios que relacionaron el tipo de personalidad "A" con el riesgo de enfermedad coronaria e infarto miocárdico, se han estudiado características de personalidad asociadas a eventos cardiovasculares, con resultados contradictorios, sin embargo existe evidencia que

relaciona ciertas características de la personalidad como la hostilidad y la ira con un incremento en el riesgo de presentar eventos cardiovasculares. Lo mismo sucede con el aislamiento social, la falta de apoyo familiar o de otro grupo social y el pertenecer a un nivel socioeconómico bajo.

En relación al estrés crónico asociado a enfermedades cardiovasculares el más estudiado ha sido el estrés laboral. Ciertas características del trabajo (Alta demanda y poco margen de decisión, alta demanda y poca recompensa, poco control sobre el trabajo) han sido asociadas a un incremento en el riesgo de enfermedad arterial hasta de 4 veces mayor. La suma de varios factores psicológicos parece tener un efecto sinérgico aumentando el riesgo de eventos cardiovasculares en quienes presentan más de un factor. ^(17,31)

Los mecanismos propuestos como responsables de estas asociaciones pueden dividirse en conductuales y fisiopatológicos directos. Los conductuales indican que los sujetos con algunos de los factores psicosociales descritos tienden a conductas o estilos de vida no saludables, por ejemplo: el tabaquismo, alcoholismo, obesidad y una vida sedentaria y al aislamiento social. También a presentar poco interés y apego a los tratamientos. Los fisiopatológicos directos indican que los individuos con trastornos mentales presentan incremento en concentraciones sanguíneas de cortisol y noradrenalina y sus metabolitos, presentan hiperactividad del eje hipotálamo-hipófisis-glándula suprarrenal ante el estrés agudo. Presentan además alteraciones en la función plaquetaria y endotelial. Sumando los efectos de aumento de cortisol, disfunción plaquetaria y endotelial se genera una condición pro aterogénica.

Los sujetos afectados mantienen niveles de presión arterial y frecuencia cardiaca mas elevadas que individuos sin trastornos mentales y presentan una

hiperreactividad cardiovascular ante pruebas psicológicas. Otra condición demostrada es la disminución en la variabilidad cardiaca en estos individuos (intervalo latido – latido) o disfunción en el control autonómico del corazón, factor asociado a enfermedades cardiovasculares y a la predisposición de arritmias cardiacas. ^(17,31) De esta forma se justifican las intervenciones destinadas al manejo de trastornos mentales y manejo de estrés tanto en pacientes asintomáticos como con padecimientos cardiovasculares.

Ejercicio y salud mental (Mecanismos de acción)

El ejercicio tanto el de tipo aeróbico como anaeróbico provee efectos benéficos sobre los trastornos mentales descritos previamente.

Los mecanismos propuestos de los efectos del ejercicio sobre la salud mental pueden agruparse en 2 grupos principales ⁽¹⁹⁾:

1.- Psicológicos. Dentro de los que se encuentran el mecanismo de la distracción, la autoeficiencia, la maestría y la interacción social.

2.- Fisiológicos. Que incluye al mecanismo de las monoaminas, el de las endorfinas, el modelo termogénico y el de retroalimentación visceral aferente.

Las hipótesis postulan que el mecanismo de la distracción funciona al apartar al individuo de los estímulos desagradables o de los síntomas somáticos que lo aquejan durante la realización de la actividad física. De igual forma se explicaría en parte el efecto de otras intervenciones menos activas o físicas como la meditación en la mejoría de los trastornos mentales, tanto estas actividades “tranquilas” como la meditación y “activas” como el ejercicio ejercen este efecto distractor. En relación a la autoeficiencia, se postula que los niveles de autoeficiencia se han relacionado con el mantenimiento de la actividad física

moderada y la adopción de actividades físicas vigorosas. Debido a que el ejercicio representa un reto para una persona sedentaria, el adoptar exitosamente una rutina de ejercicio produce una mejoría en el ánimo, aumenta la confianza en sí mismo e incrementa la habilidad de resolver conflictos que retan a la salud mental de individuo. Al incrementar la percepción de la habilidad del sujeto de ejercitarse también aumenta su la salud mental. Una tercera hipótesis es la de maestría, a medida que el sujeto se involucra y avanza en un programa de ejercicio gana confianza y maestría en sus habilidades físicas, retoman control en si mismo, se convierten en su propio sistema de apoyo psicológico. Este pensamiento de autocontrol y éxito puede llevarse a otros aspectos de la vida diaria mejorando su salud mental. Por ultimo dentro de los mecanismo psicológicos se describe el de interacción social, en el cual se postula que las relaciones sociales y el apoyo mutuo dentro de los grupos de participantes en programas de actividad física, confiere una parte del efecto benéfico del ejercicio en la salud mental, aunque en varios estudios no se ha demostrado la necesidad de intervenciones grupales para alcanzar el efecto benéfico del ejercicio, podría ser de utilidad al inicio de un programa de ejercicio. ⁽¹⁹⁾

En los mecanismos fisiológicos se han involucrado la liberación de neurotransmisores en los efectos del ejercicio en la salud mental. En la primera hipótesis de las monoaminas, se propone que el ejercicio estimula la transmisión sináptica cerebral de las aminas. Las principales aminas cerebrales (noradrenalina, dopamina y serotonina) afectan la activación y la atención y se ven involucradas en los trastornos depresivos y del sueño. Más aún los medicamentos antidepresivos y la terapia electroconvulsiva parecen tener su efecto mejorando la transmisión cerebral de dichas sustancias, las cuales se ven afectadas en los

trastornos depresivos debido a defectos de producción, transmisión, recaptura o metabolismo.

Otra teoría fisiológica es la de las endorfinas. Las endorfinas, particularmente la beta endorfina secretada en la hipófisis anterior, se ha involucrado en la reducción de la sensación del dolor y en estimular un estado bienestar y euforia, característico de los sujetos que se ejercitan con intensidades elevadas (levantadores de pesas) o por tiempos prolongados (maratonistas). Aunque los resultados de las investigaciones son controversiales se especula que los efectos de las beta endorfinas ayudarían a mitigar los síntomas subclínicos de la depresión.

Las dos últimas hipótesis son menos populares dentro del ámbito científico, la primera argumenta que las elevaciones en la temperatura corporal durante el ejercicio contribuyen a disminuir la tensión muscular, elevar el ánimo, reducir la ansiedad y mejorar los patrones del sueño. La segunda indica que el incremento en impulsos aferentes derivados de la actividad muscular y del sistema nervioso autónomo durante la actividad física es responsable de los efectos del ejercicio en la salud mental. ^(19,15)

Capacidades físicas.

Máximo consumo de oxígeno (Vo₂max): Se define fisiológicamente como el más alto grado de transporte y uso de oxígeno que puede alcanzarse durante un esfuerzo físico máximo. ⁽²⁹⁾ También conocido como capacidad aeróbica, es la medida más reconocida y utilizada de capacidad funcional cardiorrespiratoria. Una característica de los atletas de resistencia es su gran capacidad aeróbica al compararla con una persona sedentaria.

La capacidad aeróbica también está ligada con un menor riesgo de padecer enfermedad coronaria, eventos vasculares cerebrales, ciertos tipos de cáncer, diabetes, presión arterial alta, obesidad, osteoporosis, depresión y ansiedad. ⁽³²⁾

Este parámetro refleja:

1.- La capacidad del corazón, los pulmones y la sangre para transportar oxígeno hacia los músculos durante el ejercicio, y

2.- La utilización del oxígeno por los músculos ejercitados.

Matemáticamente puede expresarse mediante la siguiente fórmula:

$$VO_2 \text{ max} = GC \times (a - vDO_2)$$

Donde VO_2 = Máximo consumo de oxígeno, GC = Gasto cardiaco, $(a - vDO_2)$ = Diferencia arteriovenosa de oxígeno.

De esta forma el máximo consumo de oxígeno depende tanto de factores centrales (gasto cardiaco) como de factores periféricos (diferencia arteriovenosa). La diferencia existente entre la población reflejan generalmente diferencias en el

gasto cardiaco, de esta manera el consumo máximo de oxígeno refleja la capacidad funcional del corazón. ⁽³³⁾

Se puede expresar tanto en términos absolutos (litros por minuto = L/min, o mililitros por minuto = ml/min) como en términos relativos (mililitros por kilogramo de peso por minuto = ml/kg/min) este último permite la comparación entre individuos con diferente peso. ^(33,34)

Medición del máximo consumo de oxígeno.

Existen en general dos grandes grupos de pruebas para medir el máximo consumo de oxígeno:

1.- Medidas directas. Se realiza a través de un espirómetro de circuito abierto (midiendo gases expirados durante la realización de ejercicio) Generalmente reservadas para propósitos de investigación y factor pronóstico clínico por necesitar de equipo sofisticado con alto costo económico y personal capacitado lo que limita su uso.

2.- Medidas indirectas. Cuando las pruebas directas no son factibles o deseables, existen una variedad de pruebas de esfuerzo maximales o submaximales para estimar el consumo máximo de oxígeno de un individuo. Dentro de este grupo existen: 1.- Pruebas de laboratorio (en banda sin fin, en cicloergómetro, remoergómetro, etc.), 2.- Pruebas de campo (prueba de Cooper, de la milla, de los 1000 metros, etc.). ^(33,34)

Estas pruebas han sido validadas comparando 2 correlaciones: 1.- La correlación entre el consumo de oxígeno medido directamente (gases espirados) y el consumo estimado mediante respuestas fisiológicas durante ejercicios submáximos (ejemplo: Frecuencia cardiaca a un ritmo de trabajo constante), 2.- La

correlación entre el consumo de oxígeno medido directamente y el desempeño durante una prueba física (Tiempo para recorrer 1 o 1.5 millas, tiempo hasta la fatiga muscular usando un protocolo estandarizado progresivo de ejercicio).⁽³⁴⁾

La razón para usar una prueba máxima vs. Submáxima depende:

1.- De las características del sujeto a evaluar (edad, estratificación de riesgo cardiovascular, etc.),

2.- Del objetivo de la evaluación (prueba para medir capacidad aeróbica o prueba de esfuerzo clínica).

3.- La disponibilidad de equipo y personal apropiado.⁽³³⁾

En general las pruebas máximas tienen las desventajas de requerir el máximo esfuerzo físico del individuo evaluado, por lo tanto de supervisión médica y equipo de emergencia. Con la ventaja de incrementar la sensibilidad del diagnóstico clínico de enfermedad coronaria en individuos asintomáticos y la precisión en la estimación del Vo_{2max} . En cambio las pruebas submáximas ofrecen menor precisión en la estimación del Vo_{2max} , sin embargo esta precisión es razonable sobre todo en el contexto de la valoración de capacidad aeróbica del individuo sano o asintomático, presenta un riesgo y un costo menor, y requiere menor tiempo y esfuerzo por parte del participante.⁽³⁴⁾

En relación a las bandas sin fin, estas se pueden utilizar tanto para pruebas máximas como submáximas. En las pruebas submáximas se toman los mismos parámetros que en otros aparatos (85% de la frecuencia cardíaca máxima), las etapas de la prueba deberán durar por lo menos 3 minutos para asegurar alcanzar un estado estable en cada etapa. Los valores de frecuencia cardíaca obtenidos son extrapolados a la frecuencia cardíaca máxima teórica

esperada para la edad y el Vo2max es calculado mediante una variedad de formulas que toman en consideración la más alta inclinación y/o velocidad alcanzada en la banda sin fin si la persona se hubiese ejercitado al máximo.

La formula recomendada por el Colegio Americano de Medicina del Deporte para el cálculo del Vo2max en carrera en banda sin fin o en exteriores es la siguiente:

$$Vo2 = (0.2) (V) + (0.9) (V) (I) + 3.5$$

En donde V= velocidad máxima alcanzada durante la prueba expresada en metros por segundo, I = Porcentaje de Inclinación máxima alcanzada durante la última etapa completada de la prueba, expresada como una fracción (Ejemplo: 10% de inclinación se expresa 0.10). El resultado se expresa en unidades de ml / kg / min.

En estudios previos realizados en Europa ⁽³⁵⁾ comparando el gasto metabólico de correr en pista al aire libre vs. En banda sin fin en un laboratorio, se notó que la relación del gasto metabólico (consumo de oxígeno) mantiene una relación en términos generales lineal corriendo entre velocidades de 8 km/hr y 21.5 km/hr en ambas condiciones, con una pendiente ligeramente mas elevada para la carrera en pista. La formula derivada de este estudio y también útil para la estimación del Vo2max para pruebas en banda sin fin es la siguiente:

$$VO2 = 2.979 (V) + 4.245$$

Donde V = Velocidad en kilómetros por hora. EL resultado se expresa en mililitros por kilogramo de peso por minuto.

Existen condiciones del individuo a evaluar que pueden contraindicar la prueba de esfuerzo de manera absoluta o relativa las cuales son necesarias de investigar previo a la misma ⁽³⁶⁾:

Contraindicaciones absolutas:

- Infarto agudo del miocardio (2 días a la evaluación).
- Angina inestable de alto riesgo.
- Arritmias cardiacas no controladas sintomáticas o con compromiso hemodinámico.
- Estenosis aortica severa sintomática.
- Insuficiencia cardiaca no controlada sintomática.
- Embolia pulmonar aguda o infarto pulmonar.
- Miocarditis aguda o pericarditis.
- Disección aortica aguda.

Relativas +:

- Estenosis de arteria coronaria izquierda principal
- Enfermedad valvular cardiaca moderadamente estenótica.
- Anormalidades electrolíticas.
- Hipertensión arterial severa. *
- Cardiomiopatía hipertrófica y otras formas de obstrucción de salida de flujo.

- Discapacidad física o mental que conlleve a la imposibilidad de ejercitarse adecuadamente.

- Bloqueo atrio ventricular de alto grado.

+ Las contraindicaciones relativas pueden sobreponerse si los beneficios de realizar la prueba superan el riesgo de su elaboración.

*En ausencia de evidencia definitiva, el comité sugiere una presión arterial sistólica >200 mm Hg y/o una presión diastólica > 110 mm Hg.

Una vez establecida la aptitud del individuo para la prueba de esfuerzo se necesitan ciertas condiciones para poder realizarla:

- El paciente deberá abstenerse de ingerir alimentos, alcohol o cafeína o del uso de productos con tabaco dentro de las tres horas previas de la prueba.

- Deberá descansar para la prueba, difiriendo cualquier actividad física o ejercicio significativo el día de su prueba.

- La ropa debe permitir libertad de movimiento e incluir calzado para caminata o carrera.

- Venir acompañados por otra persona en caso de ser evaluaciones como pacientes externos, ante la posibilidad de fatiga posterior a la prueba e incomodidad en el traslado posterior.

- Si el examen es para fines diagnósticos, discutir con el medico la posibilidad de discontinuar tratamiento farmacológico.

- Si el examen es para fines funcionales, el paciente deberá continuar con el régimen de medicación en sus horarios

establecidos a fin que las respuestas al ejercicio sean consistentes con las esperadas durante su entrenamiento físico.

- Los pacientes deben traer a la evaluación una lista de los medicamentos, incluido la dosis y la frecuencia de administración y reportar la última dosis tomada. ⁽³⁴⁾

Durante la realización de la prueba existen indicaciones para la terminación de la prueba, en caso de las pruebas submaximales se detiene al alcanzar un porcentaje de la frecuencia cardíaca teórica esperada para la edad del sujeto (generalmente el 85%) o la fatiga muscular en caso de no alcanzar este porcentaje, en caso de no ser una prueba submáxima las indicaciones para terminar la prueba son las siguientes ⁽³⁶⁾:

Absolutas:

- Disminución de la presión arterial sistólica >10 mm Hg de una toma basal a pesar del incremento en la carga de trabajo, acompañado de otra evidencia de isquemia.
- Angina de moderada a severa.
- Incremento en síntomas neurológicos (ejemplo: ataxia, vértigo o casi síncope).
- Signos de baja perfusión (palidez o cianosis).
- Dificultad técnica para monitorizar el electrocardiograma o la presión arterial del sujeto.
- Deseo del sujeto evaluado a detenerse.
- Taquicardia ventricular sostenida.

- Elevación del segmento ST mayor o igual a 1 mm en derivaciones sin diagnóstico de ondas Q (otras que V1 o aVR)

Relativas:

- Disminución de la presión arterial sistólica mayor o igual a 10 mm HG de la toma basal a pesar del incremento en la carga de trabajo, en ausencia de otra evidencia de isquemia.
- Cambios en el segmento ST o en el complejo QRS, tales como excesivo desnivel del segmento ST (> 2 mm en forma descendente u horizontal) o marcada desviación del eje cardíaco.
- Otras arritmias diferentes a la taquicardia ventricular sostenida, incluyendo PVCs multifocales, tripletas, taquicardias supraventriculares, bloqueos cardíacos o bradiarritmias.
- Fatiga, disnea, sibilancias, calambres musculares o claudicación.
- Desarrollo de bloqueo de rama, bloqueo o IVCD que no puede distinguirse de una taquicardia ventricular.
- Angina de pecho en aumento.
- Respuesta hipertensiva **

** En ausencia de evidencia definitiva, el comité sugiere una presión arterial sistólica > 250 mm HG y/o una presión diastólica > 115 mm HG.

PVC= Contracciones ventriculares prematuras, IVCD= Retraso en la conducción intraventricular.

Diferencia entre géneros en capacidad aeróbica.

Debido a condiciones morfológicas y fisiológicas las mujeres presentan menor consumo máximo de oxígeno que los hombres en la edad adulta. Por ejemplo las mujeres presentan dimensiones cardíacas menores (masa ventricular izquierda 32% menor, diámetro ventricular interno diastólico 11% menor, grosor de pared ventricular izquierda 25% menor), menor volumen sanguíneo (20% menor), menor concentración de hemoglobina (11% menor), todos esto limita el transporte de oxígeno durante el esfuerzo máximo. Presentan además mayor porcentaje de grasa.

En relación al gasto energético durante la carrera, relacionado a la eficiencia mecánica del movimiento durante la misma, este factor ha sido asociado al desempeño deportivo durante una competencia, corredores de elite presentan mayor economía de movimiento que sujetos del mismo género con menor habilidad dentro del deporte. Descrito de otra forma, la energía que se requiere para alcanzar un ritmo de carrera a determinada velocidad es menor en los atletas más eficientes, alargando el tiempo de depleción de las reservas energéticas. Dentro de este rubro las mujeres también presentan menor economía de movimiento (4-7% menor).

Todos estos factores explican gran parte de las diferencias en máximo consumo de oxígeno (14% menor en promedio que los hombres).⁽³⁷⁾

Recuperación de la frecuencia cardíaca posterior al máximo esfuerzo en la prueba de capacidad aeróbica.

Durante el ejercicio físico existe una activación en las funciones del sistema nervioso simpático con una consecuente disminución en el sistema parasimpático, lo contrario ocurre durante la terminación del ejercicio (en la etapa de recuperación).⁽³⁸⁾

Esta capacidad de recuperación de la frecuencia cardíaca (medida en latidos cardíacos por minuto) esta mediada por una reactivación vagal y el grado en que esta frecuencia cardíaca disminuye posterior al ejercicio aparenta ser el reflejo de una recuperación del impulso simpático que ocurre durante el ejercicio.⁽³⁸⁾ Este incremento en la activación vagal asociado a una mayor recuperación de la frecuencia cardíaca medida al 1er minuto posterior al máximo esfuerzo en la prueba de capacidad aeróbica (en pacientes con cardiopatías) o al 2do minuto posterior al alcanzar el 85% de la frecuencia cardíaca máxima teórica en la prueba de esfuerzo (en pacientes asintomáticos) ha sido vinculado con un descenso en el riesgo de mortalidad general entre 2 y 4 veces menor.^(38, 39,40)

Esta respuesta se encuentra incrementada en los atletas, sobre todo en deportes de resistencia y disminuida en los pacientes con cardiopatías.⁽⁴¹⁾

El acondicionamiento físico también modifica la recuperación de la frecuencia cardíaca posterior a un esfuerzo físico, modifica el tono vagal y el control autonómico cardíaco. Al comparar sujetos no entrenados vs. maratonistas, estos últimos no solo demuestran mayor capacidad aeróbica, mayor variabilidad cardíaca sino mayor recuperación de la frecuencia cardíaca posterior a una prueba de esfuerzo.⁽⁴²⁾

Fuerza máxima en equipo isocinético.

Conceptos.

Fuerza Muscular: Máxima fuerza que puede generar un músculo o grupo muscular específico. ⁽³⁴⁾

La fuerza generada por un músculo o grupo muscular es altamente dependiente de la velocidad del movimiento. La fuerza máxima se produce cuando la extremidad no está en movimiento, a medida que la velocidad se incrementa, la fuerza muscular disminuye. ⁽³³⁾ De esta manera la fuerza muscular en movimientos dinámicos se define como: Máxima fuerza que un músculo puede generar a una velocidad específica de movimiento. ^(34, 33, 29)

En términos biológicos y de teoría del entrenamiento la fuerza se define como la capacidad de superar o contrarrestar resistencias mediante la actividad muscular. (Grosser, 1991).

Dentro del ámbito de la Teoría y Metodología de entrenamiento Deportivo existen 3 manifestaciones de la fuerza muscular:

Fuerza máxima: Máxima tensión que un músculo o grupo muscular puede ejercer. Generalmente medido en un solo intento de forma dinámica (1 repetición máxima). ⁽⁴³⁾

Fuerza resistencia (También denominada resistencia muscular local): Habilidad para resistir la fatiga muscular, particularmente cuando se utilizan resistencias o cargas submáximas. ⁽⁴⁴⁾ Habilidad de un grupo muscular para ejecutar contracciones sobre un periodo de tiempo suficiente para alcanzar la

fatiga muscular, o la habilidad de mantener un porcentaje específico de la contracción voluntaria máxima por un periodo de tiempo prolongado. ⁽³⁴⁾

Fuerza rapidez o Potencia: Fuerza aplicada multiplicada por la velocidad del movimiento, también puede ser expresada como el trabajo completado por unidad de tiempo. ⁽⁴⁴⁾

Las dos primeras manifestaciones (fuerza y resistencia muscular) son los componentes del desempeño Muscular o del acondicionamiento muscular (Muscular fitness) descrito como el estado integral de fuerza y resistencia muscular, el cual es parte de los componentes de la forma o acondicionamiento físico relacionado con parámetros favorables de salud. ⁽³⁴⁾

El acondicionamiento muscular mejora o mantiene lo siguiente ⁽³⁴⁾:

- La masa libre de grasa y el grado de metabolismo basal, lo cual está relacionado con el aumento de peso.
- Masa ósea, relacionada con la osteoporosis.
- Tolerancia a la glucosa, la cual se relaciona con la Diabetes tipo 2.
- La integridad musculoesquelética, la cual se relaciona con un menor riesgo de lesión, incluyendo el dolor lumbar bajo.
- La habilidad de llevar a cabo actividades de la vida diaria, lo cual se relaciona con la auto estima.

Medición de la fuerza muscular.

Tanto la fuerza como la resistencia muscular pueden medirse mediante contracciones musculares estáticas o dinámicas ⁽³³⁾ (ver tabla 1)

Si la resistencia utilizada es inamovible y no se produce movimiento articular visible, la contracción muscular se denomina estática o isométrica (“Iso” = igual, “métrico”= longitud).

En las contracciones dinámicas existe un movimiento articular visible, estas contracciones musculares pueden ser:

1.- Concéntricas (la resistencia es menor a la fuerza producida por el músculo, permitiendo el acortamiento del mismo a medida que se ejerce la tensión para mover la resistencia).

2.- Excéntricas (Tensión ejercida por el músculo al elongarse o estirarse, típicamente ocurre cuando el músculo genera una fuerza de frenado para desacelerar un segmento muscular en movimiento o para resistir la fuerza de gravedad). Tanto las contracciones concéntricas y excéntricas son denominadas erróneamente isotónicas (“iso” =igual, “tónico”= tensión) en virtud que la tensión generada por el músculo varía considerablemente a pesar de que la resistencia permanece constante a lo largo del movimiento articular, de esta manera la máxima resistencia durante un ejercicio dinámico (concéntrico o excéntrico) es igual al máximo peso que puede mover un grupo muscular en el punto más débil del rango de movimiento articular.

3.- Contracciones isocinéticas.- Se refiere a la máxima contracción que puede ejercer un músculo o grupo muscular a una velocidad constante a través de todo el rango de movimiento articular (“iso”= igual, “cinético”= movimiento). La velocidad de la contracción es controlada (electrónica o mecánicamente) de manera que la extremidad se mueva a una velocidad específica prefijada (ejemplo: 30 grados por segundo).⁽³³⁾

Tabla 1.- MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA FUERZA MUSCULAR ⁽³³⁾

Método de evaluación	Equipo	Medición **
Estático	Dinamómetros isométricos, Tensiómetros de cable, Células de presión	CVM (Kg)
Dinámico	Pesos libres Maquinas de ejercicios	1- RM (lb. o Kg.)
Resistencia constante		N/A
Resistencia variable		
Isocinético	Dinamómetros isocinéticos	Pico de torque (N.m o lb. pie)
** CVM= Contracción voluntaria máxima, 1-RM= Una repetición máxima, N/A= No aplicable, Nm= Newton – metro, lb-pie= libras – pie.		

Medición de la fuerza en equipos isocinéticos:

Los dinamómetros isocinéticos proveen una forma precisa y confiable de medición de la fuerza muscular y ofrecen diversas ventajas sobre otros métodos.⁽³³⁾ Los ejercicios isocinéticos permiten tanto la evaluación del rendimiento de grupos musculares (fuerza, trabajo, potencia y resistencia) como la potenciación del entrenamiento deportivo o su rehabilitación tras una lesión.⁽⁴⁵⁾

Los ejercicios isocinéticos presentan 2 características principales:

1.- La resistencia es variable, no aparece hasta que se consigue la velocidad preseleccionada y desde ese momento es igual a la fuerza que se le aplica, se acomoda a la fatiga y al dolor, en cuanto se reduce la velocidad deja de existir resistencia.

2.- La velocidad es preseleccionada, permitiendo altas velocidades de hasta 500 °/seg., más fisiológicas que las velocidades lentas a las que suelen realizar los ejercicios isotónicos, mejorando el reclutamiento muscular. ⁽⁴⁵⁾

El método de medición mediante equipos isocinéticos implica una velocidad de ejecución constante a lo largo de todo el arco de recorrido articular y una resistencia acomodada proporcional a la generación de tensión muscular.

Como el movimiento articular, se efectúa alrededor de un centro de giro y por medio de un eje mono-axial se considera al mismo un movimiento angular, siendo medido en la magnitud apropiada, como es grado/segundo. Esta velocidad puede oscilar desde los 0°/seg. a los 500°/seg. dependiendo del equipo utilizado, y la misma se mantendrá a costa de la tensión generada por el músculo: a mayor tensión, mayor resistencia y viceversa.

Esta facilidad de acomodar la resistencia a la tensión de forma constante puede ser alterada por tres factores muy concretos ⁽⁴⁶⁾:

- Brazo de palanca mecánico considerado
- Fatiga muscular
- Dolor articular

Tomando estos 3 factores y comparando el método de medición isocinético con el método dinámico más utilizado: el isotónico de resistencia constante con pesos libres tendremos las siguientes situaciones ⁽⁴⁶⁾:

1.- En el método isotónico la resistencia máxima es ofrecida al músculo en los extremos del rango de movimiento, que son a su vez, y por motivos mecánicos, los más débiles en cuanto a tensión muscular desarrollada, en cambio

en el método isocinético esta carga es máxima a lo largo de todo el rango de movimiento. El cuádriceps es más eficaz en torno a los 60° de flexión de la rodilla y menos en los extremos del recorrido por lo que cuando se trabaja con pesos fijos éstos no deben ser mayores que la capacidad del músculo en los extremos para poder realizar dicho recorrido, lo que implica que en el resto la carga no es máxima. Los ejercicios isocinéticos por lo tanto mejoran la eficacia (al mantener la carga máxima en todo el recorrido articular) y la seguridad al adaptar la resistencia a la fuerza ejercida por el sujeto.

2.- En el método isotónico la fatiga del sujeto implica una reducción progresiva del rango de movimiento al no variar la carga externa impuesta, en el método isocinético el rango de movimiento será mantenido a pesar de la fatiga muscular, al acomodarse la resistencia a la tensión ejercida contra el dinamómetro, que a modo de par de fuerzas mecánicas se expresa en el concepto de momento o torque y cuya expresión de medida es el N.m (Newton-metro). El pico de torque representa el mayor valor de torque muscular desarrollado en el arco de recorrido estudiado. Es la relación directa entre la fuerza aplicada y la distancia del punto de aplicación de la misma al eje de movimiento.

3.- Con relación al dolor articular durante el trabajo muscular: en el modo isotónico la aparición de dolor implicará la detención de la actividad. En el modo isocinético el arco doloroso disminuirá, pero no suprimirá la tensión muscular ejercida, adaptándose el dinamómetro a la misma en el recorrido concreto, el cual una vez sobrepasado este rango de movimiento doloroso permitirá de nuevo ejercer el 100 % de tensión muscular al momento de medir el rendimiento muscular.

En resumen, comparado con el método isotónico encontramos las siguientes ventajas y desventajas.⁽⁴⁶⁾

Ventajas

1. El modo de trabajo muscular se acomoda a los arcos dolorosos, fatiga, etc., obteniendo en todo momento el máximo esfuerzo contráctil.
2. Las fuerzas Compresivas articulares son minimizadas con el fenómeno de acomodación al tiempo que la lubricación intraarticular es máxima.
3. La velocidad de ejecución se acerca a los valores denominados “funcionales”, permitiendo la realización de pruebas diagnósticas funcionales.
4. La aparición de mialgias post-esfuerzo es mínima.

Desventajas

1. El elevado costo de los equipos.
2. Pocos profesionales familiarizados con la técnica.
3. El equipo sólo puede trabajar sobre una articulación y en un solo plano.

En relación a los protocolos existentes de medición de fuerza, resistencia y potencia muscular en equipo isocinético, las velocidades asociadas a la medición de fuerza son 30, 60 grados por segundo⁽³³⁾ (ver tabla 2).

La prueba isocinética para ser fiable requiere los siguientes factores⁽⁴⁵⁾:

- Calibración, al menos mensual, del aparato, con un juego de pesas.
- Posición estándar del paciente, registrándola para posteriores comparaciones. Posiciones diferentes implican diferencias de longitud-tensión de un mismo grupo muscular.

- Estabilización del miembro estudiado para aislarlo y evitar supencias.
- Alineación del eje de la articulación con el eje de rotación del dinamómetro.

Corrección de la gravedad cuando el plano de movimiento sea el plano sagital o frontal, puesto que la acción de la gravedad ayuda al descenso y contrarresta el ascenso.

También es necesaria la estandarización de la prueba para obtener unos resultados comparables:

- Informar al paciente de lo que se pretende con la prueba (medir el entendimiento de un grupo muscular y su antagonista), de dar su máximo esfuerzo.
- Antes de comenzar se realizan unos ejercicios de calentamiento (ejercicios de estiramiento, bicicleta durante 5 minutos)
- Se recomienda comenzar realizando un número o tiempo determinado de ejercicios de familiarización, sin registrar, [Siegel y Johnson, 1978; y Perrin, 1986 recomiendan tres repeticiones submáximas y tres máximas; Davies (1978), Mawdsley (1982), Osterning (1983) y Rizzardo (1988) recomienda tres repeticiones submaximales y una máxima].
- Normalmente se elige una velocidad de comprobación lenta, otra media y una rápida, dependiendo de la articulación que se trate de evaluar. Se recomienda, asimismo, un reposo de 20 a 60 segundos entre cada serie de repeticiones a una misma velocidad.

- El número de repeticiones a cada velocidad dependerá del objetivo, así en las velocidades lentas y medias se recomiendan entre dos y seis repeticiones [Johnson (1978), Morris (1983), Nunn (1988) y Rizzardo (1988) recomiendan tres repeticiones; Baltzopoulos y Brodie (1989) recomiendan entre dos y seis repeticiones]. El número de repeticiones a velocidades altas, que se utilizan para valoración de la resistencia, variará entre 10 y 40 repeticiones dependiendo de la edad, actividad deportiva regular o existencia de patología.

- Las órdenes al sujeto deben ser coherentes, comprensibles y realizarse lo más estandarizada posible para que la evaluación se realice de manera uniforme y al máximo de capacidad.

- Guardar el resultado del protocolo isocinético para permitir comparaciones futuras.

Existen además contraindicaciones a considerar previo a la prueba en equipos isocinéticos ⁽⁴⁷⁾:

Absolutas:

- Dolor severo.
- Rango de movimiento articular severamente restringido,
- Edema intraarticular severo.
- Inestabilidad articular.
- Lesión muscular aguda.

Relativas:

- Dolor.

- Rango de movimiento limitado.
- Edema o sinovitis.
- Esguince crónico de tercer grado.
- Esguinces subagudos.
- Embarazo

Diferencias entre géneros en fuerza muscular.

Existen diferencias entre géneros al comparar la fuerza muscular total, sin embargo algunas consideraciones son importantes de analizar. En promedio la fuerza máxima total en las mujeres representa el 63.5 % del promedio en los hombres. ⁽⁴⁸⁾

La fuerza isométrica del tren superior en una mujer equivale al 55.8% de los hombres, mientras que el tren inferior equivale al 71%. Esto indica que en términos absolutos (sin tomar en cuenta el peso corporal) la principal diferencia entre géneros se establece en el tren superior. Esta diferencia se acerca o se nulifica (sobre todo en extremidades inferiores) al tomar en cuenta el peso corporal y mejor aún la masa magra corporal. Si tomamos la fuerza muscular generada en la prueba de prensa de pierna expresada en términos relativos de kilogramos de peso corporal y masa magra corporal, las mujeres presentan el 96% y el 106% respectivamente. Cuando se ajusta para la talla y la masa magra corporal la fuerza generada por mujeres en maquinas isocinéticas, para press de banca para pectorales (prueba que examina el tren superior) equivale al 74% de los hombres, y para prensa de pierna (tren inferior), equivale al 106% de los hombres.

EN relación a la fuerza concéntrica de cuadriceps e isquiotibiales en maquinas isocinéticas (similar a la prueba desarrollada para medir la fuerza en

este trabajo de investigación), el pico de torque generado por las mujeres y expresado en términos de masa magra corporal alcanza el 81% del generado por hombres. ⁽⁴⁸⁾

Cambios con la edad en capacidades físicas.

Las capacidades físicas declinan con la edad, estos cambios resultan difíciles de diferenciar si se deben al proceso de envejecimiento o surgen como resultado del desacondicionamiento físico producto de la vida sedentaria de los sujetos, o de ambos.

Los cambios más importantes que ocurren con la edad o la inactividad son los siguientes ^(49, 37) :

- Disminución de la masa, fuerza, potencia y resistencia muscular, de la velocidad de contracción, de la función mitocondrial y de la capacidad enzimática oxidativa. Reducción selectiva de fibras tipo II en relación a las de tipo I.
- Disminución de la capacidad aeróbica máxima y submáxima, de la contractilidad cardíaca, de la frecuencia cardíaca máxima, del volumen latido y del gasto cardíaco, alteraciones en la relajación endotelial y disminución en la variabilidad cardíaca (disfunción autonómica).
- Incremento en la rigidez arterial y miocárdica, en la tensión arterial sistólica y diastólica.
- Disminución de la conducción de velocidad nerviosa, alteraciones en el balance y propiocepción, disminución de la velocidad y la estabilidad en la marcha.

- Disminución en la sensibilidad a la insulina y tolerancia a la glucosa.
- Incremento en la masa grasa visceral, masa grasa total y depósitos intramusculares de lípidos.
- Alteración de la función inmunológica.
- Disminución en la elasticidad titular, adelgazamiento del cartílago, alteraciones de la colágena, acortamiento y debilidad en los tendones.
- Disminución de masa, fuerza y densidad ósea.

Todos estos cambios contribuyen al descenso del máximo consumo de oxígeno con la edad, a razón de 5-15% por cada década a partir de los 25-30 años. . La función pulmonar disminuye reduciendo la capacidad vital, la pérdida de la grasa subcutánea, el descenso en la sensación de la sed y la termorregulación, el menor volumen sanguíneo y eritrocitario en adultos mayores comparados con individuos jóvenes también afectan la tolerancia al ejercicio aeróbico. (37, 50, 51)

En el sistema musculoesquelético el resultado funcional es el descenso de la fuerza, resistencia y la masa muscular, acompañado del aumento de riesgo de osteoporosis y fracturas. La disminución de masa muscular en relación a masa corporal total a partir de la 5ta década de la vida se acompaña de un descenso en la fuerza a partir de esta época de aproximadamente 15-30% en las dos décadas siguientes. (37, 52, 51)

El ejercicio físico regular disminuye la pérdida en estas capacidades físicas, Se ha demostrado el mantenimiento del consumo máximo de oxígeno hasta por periodos de 10-20 años, en quienes continuaron con ejercicios aeróbicos durante

este periodo de seguimiento. Se considera que el descenso del consumo máximo de oxígeno en sujetos físicamente activos es menor al 5% por década. ⁽³⁷⁾

También se ha demostrado la posibilidad de mejorar en capacidades físicas en adultos mayores en porcentajes similares a la población de menor edad tanto en capacidad aeróbica (10-30%) como en fuerza muscular (25-100% o más). ^{(37,}
51, 53)

Planteamiento del problema:

De acuerdo al programa de Cultura Física y Deporte de México 2001-2006,⁽²²⁾ en el país menos del 7 % de la población mayor de 15 años realiza alguna actividad física o deporte que sea significativa para cuidar o mantener niveles básicos de salud. Dentro de esta población físicamente activa se desconoce sus características fisiológicas y psicológicas asociadas a la práctica del deporte. Basados en estudios internacionales estas características confieren efectos protectores de salud y son coadyuvantes como tratamiento de una diversidad de enfermedades físicas y mentales. De igual modo confieren al individuo un desempeño físico y deportivo superior comparado a la población sedentaria. En México las enfermedades cardiovasculares ocupan los primeros lugares de morbilidad desde 1990. Los factores de riesgo cardiovasculares (tabaquismo, obesidad, hipertensión arterial, diabetes e hipercolesterolemia) están presentes en 60.5% de la población adulta en México (poco más de 30 millones de adultos mexicanos), estos factores de riesgo cardiovascular ligados a la inactividad física han incrementado su presencia de 1993 al 2000.⁽²⁰⁾

Existe muy poca información sobre las características fisiológicas y psicológicas relacionadas al deporte en atletas mexicanos, y nula información sobre estas características en deportistas recreativos o por salud los cuales representan la mayoría de los sujetos que realizan actividad física en el país. Se desconoce además si existe diferencia entre géneros en estas habilidades psicológicas aún en el mismo deporte.

Dentro de la evaluación morfofuncional de deportistas realizada en el Centro Nacional de Rehabilitación (C.N.R) se contempla la valoración de pruebas psicofisiológicas (Relajación, activación) tomando la Fc como parámetro de medición, sin embargo, estos datos obtenidos no han sido caracterizados para la población que se estudia en el centro (no se cuentan con tablas de referencia obtenidas de las mediciones realizadas en dicha población), ni relacionados con parámetros de desempeño físico.

Justificación.

El presente estudio pretende caracterizar las habilidades psicofisiológicas de deportistas mexicanos para contar con datos descriptivos, particularmente en la habilidad conciente de relajarse y activarse medido a través de los cambios en frecuencia cardiaca, lo cual servirá como referencia para futuras evaluaciones en deportistas similares.

Como segundo punto está el relacionar estas capacidades psicofisiológicas con el desempeño en 2 pruebas físicas (Prueba de capacidad aeróbica en banda sin fin y valoración de fuerza en maquina isocinética) situación hasta ahora poco estudiada en la literatura mundial en donde solo se reportan los resultados basados en competencias atléticas, lugar obtenido en las mismas o en ejecuciones propias de un deporte.

Solo se han estudiado en atletas competitivos o de elite, y muy poco en deportistas recreativos, lo que disminuye de manera considerable el alcance poblacional de los datos y su aplicación.

El fin de este punto es establecer una relación si esta existe y encontrar niveles óptimos de activación - relajación relacionados con estas pruebas físicas, que podrían servir de referencia para la población estudiada y para implementar estrategias dentro de la misma para alcanzar dichos niveles.

Permitirá además el estudio de las habilidades psicológicas entre hombres y mujeres deportistas.

Por último propone el uso de una prueba para medición del control relajación activación con implementos de bajo costo y con pocas dificultades

técnicas para la medición del control relajación -activación, el cual puede utilizarse tanto en deportistas competitivos como recreativos.

Considerando las implicaciones que tiene el factor psicológico en el éxito deportivo y en la salud en general, su investigación y caracterización son importantes para implementar estrategias de atención, evaluación y mejora de estas habilidades, tanto para deportistas competitivos (incrementando sus posibilidades de éxito deportivo), como para deportistas recreativos (manteniéndolos motivados a continuar un estilo de vida saludable y mejorando su salud mental).

Debido a las cifras de salud pública en México relacionadas a enfermedades cardiovasculares, las asociaciones de estas enfermedades con la inactividad física y con factores psicológicos, la importancia de la práctica de actividad física, tanto para la modificación de factores de riesgo cardiovascular ya establecidos, como para beneficios fisiológicos y psicológicos se vuelve una intervención urgente, así como el estudio de estas intervenciones en nuestra población.

Objetivos:

General:

- Establecer una relación entre las habilidades psicofisiológicas (relajación, activación) y el desempeño en pruebas físicas (Prueba de capacidad aeróbica y valoración de fuerza en maquina isocinética)

• Específicos:

- Caracterizar el control relajación activación dentro la población estudiada.

- Investigar si existen diferencias entre géneros.

- **Hipótesis A:** Si existe una relación entre el control relajación – activación y el máximo consumo de oxígeno, la fuerza máxima y la recuperación de la frecuencia cardiaca en pruebas físicas.

- **Hipótesis B:** Si el individuo presenta mayor control relajación – activación entonces presentará mejor desempeño físico.

Diseño del estudio.

Clasificación del estudio:

- Retrospectivo
- Transversal
- Correlacional.

•Población a estudiar: Pacientes que acudieron al C.N.R. para valoración morfofuncional a la División Clínica de Medicina del Deporte durante el tiempo comprendido de Enero de 2003 a Diciembre de 2004 que tengan entre 18 y 58 años, que sean corredores de fondo o medio fondo (5000 metros o distancias mayores).

•Criterios de inclusión: Expedientes disponibles de pacientes (con evaluación de primera vez) que acudieron a evaluación morfofuncional entre el mes de enero de 2003 Y el mes diciembre de 2004 que cuenten con los datos completos de su evaluación y edades entre 18 y 58 años, que sean corredores de fondo o medio fondo.

• Criterios de exclusión: Expedientes incompletos en datos de la evaluación, pacientes que practiquen múltiples deportes a la vez, pacientes con padecimientos psicológicos o psiquiátricos diagnosticados previamente a la evaluación o bajo tratamiento durante el tiempo de la evaluación, pacientes con padecimientos, implementos o medicamentos que interfieran con la medición psicofisiológica (marcapasos, Beta bloqueadores), pacientes que practiquen deportes distintos al atletismo de fondo o medio fondo.

- Criterios de eliminación: Pacientes con patologías o medicamentos documentados en evaluaciones subsecuentes durante el tiempo de recolección de la muestra y que alteren las medidas psicofisiológicas.

- Asignación a grupos: De acuerdo a género, edad, competitivos y corredores por salud. Se dividió la muestra a través de las metas deportivas descritas por los corredores, si se describe objetivos de competencia (mejorar lugares obtenidos previamente, ganar competencias, etc.) o de desempeño deportivo (mejorar tiempos de carrera en distancias específicas) se considera al corredor como competitivo. Si se describen únicamente propósitos de salud (sentirse bien, relajarse, bajar de peso sin describir objetivos de competencia o desempeño deportivo) se consideró como corredor por salud o recreativo.

- Definición de variables:

- 1.- Control relajación activación. (Independiente)

- 2.- Vo₂max relativo (ml/kg/min) (Dependiente)

- 3.- Fuerza máxima. (N.m) (Dependiente)

- 4.- Recuperación posterior a prueba de capacidad aeróbica. (Dependiente)

Metodología.

Procedimientos para las pruebas psicofisiológicas ⁽⁵⁴⁾:

Prueba de relajación: Su objetivo es medir la habilidad de deportista para conseguir un estado de relajación provocado.

- Se coloca la banda del pulsómetro sobre el tórax del sujeto por debajo de su ropa, se asegura con las correas fijadoras y se comprueba su funcionamiento.
- Se le pide al sujeto adoptar una posición cómoda en una silla.
- Se le indica al sujeto que cuenta con 2 minutos para lograr relajarse de la manera que acostumbra hacerlo en la práctica de su deporte u otra actividad cotidiana. No se permite ninguna actividad física, dormirse o acostarse al individuo, tampoco se le instruye en alguna forma o técnica de relajación.
- Se toma la FC registrada al inicio de la prueba y posteriormente cada 30 segundos hasta completar la misma (0, 30, 60,90 segundos y 2 minutos) y se anota en la hoja de registro. Se notifica de la conclusión de la prueba.
- Los datos se evalúan tomando la diferencia que existe entre la Fc de inicio con el promedio de la Fc obtenida durante la prueba. $Fc \text{ inicio} - \text{promedio de Fc durante la prueba}$ (sumando la Fc a los 30, 60,90 y 2 minutos y dividiendo esta suma entre 4), esto puede originar valores positivos o negativos.

Prueba de activación: Su objetivo es medir la habilidad de deportista para conseguir un estado de activación (intensidad) provocado.

- Se coloca la banda del pulsómetro sobre el tórax del sujeto por debajo de su ropa, se asegura con las correas fijadoras y se comprueba su funcionamiento.

- Se le pide al sujeto adoptar una posición cómoda en una silla.

- Se le indica al sujeto que cuenta con 2 minutos para lograr activarse de la manera que acostumbra hacerlo en la práctica de su deporte u otra actividad cotidiana. No se le permite realizar ninguna actividad física durante la prueba, tampoco se le instruye en alguna forma o técnica para activarse.

- Se toma la FC registrada al inicio de la prueba y posteriormente cada 30 segundos hasta completar la misma (0, 30, 60,90 segundos y 2 minutos) y se anota en la hoja de registro. Se notifica de la conclusión de la prueba.

- Los datos se evalúan tomando la diferencia que existe entre la Fc de inicio con el promedio de la Fc obtenida durante la prueba. $Fc \text{ inicio} - \text{promedio de Fc durante la prueba}$ (sumando la Fc a los 30, 60,90 y 2 minutos y dividiendo esta suma entre 4), esto puede originar valores tanto positivos o negativos.

Prueba de tolerancia gradual al ejercicio.⁽⁵⁴⁾

Protocolo en banda sin fin.

Consta de 17 etapas en las cuales se incrementa la velocidad de la banda en 2 km/h por cada etapa (cada 3 minutos) iniciando a 6 Km/hr en la primer etapa, la inclinación de la banda permanece al 1% hasta la etapa 14 en adelante en donde se aumenta 5% por cada etapa subsecuente.

Se monitoriza la Fc del sujeto de manera continua y por etapas hasta la terminación de la prueba, generalmente al individuo alcanzar el 85% de la frecuencia cardiaca máxima predicha para su edad o por cualquiera de sus indicaciones absolutas o relativas. Se toma la Fc al minuto, 3 y 5 minutos posteriores a la terminación de la prueba como parámetro de recuperación.

El consumo de oxígeno se estimó utilizando la fórmula propuesta por el Colegio Americano de Medicina del Deporte:

$$V_{O_2} = (0.2) (V) + (0.9) (V) (I) + 3.5$$

En donde V= velocidad máxima alcanzada durante la prueba expresada en metros por segundo, I = Porcentaje de Inclinación máxima alcanzada durante la última etapa completada de la prueba, expresada como una fracción (Ejemplo: 10% de inclinación se expresa 0.10). El resultado se expresa en unidades de ml / kg / min.

Prueba de valoración de fuerza en equipo isocinético.

Se realiza de acuerdo al protocolo DAP 101 del equipo isocinético Cybex. (Rodilla Extensión / Flexión Sentado).

Este consiste en medición de la fuerza muscular mediante contracciones concéntricas de los músculos extensores y flexores de la rodilla (cuadriceps e isquiotibiales respectivamente) mediante la metodología establecida en el protocolo estándar del equipo isocinético Cybex, siguiendo el manual normativo de usuario.⁽⁴⁷⁾

Previo calentamiento en bicicleta estacionaria y con el paciente en posición, se da inicio del protocolo con 3 repeticiones submáximas sin velocidad predeterminada en el dinamómetro que sirven de calentamiento y familiarización del sujeto con el equipo. Posterior a esto se realizan 5 repeticiones máximas a 30, 60 y 90 grados por segundo con intervalo de descanso de 20 segundos entre cada velocidad predeterminada. Este procedimiento se repite para cada una de las extremidades pélvicas del sujeto. Una vez completadas ambas extremidades se da por concluida la medición.

Para fines de medición de fuerza máxima en este trabajo se tomó el pico de torque alcanzado a 60 grados por segundo expresado en N.m (newtons sobre metros) tanto para extensores como para flexores sacando un promedio entre cada lado de la siguiente manera:

1.- Extensores derechos + extensores izquierdos dividiendo el resultado entre 2 para sacar un promedio de fuerza del grupo muscular extensor de la rodilla. 2.- Flexores izquierdos + flexores derechos dividiendo el resultado entre 2 para sacar un promedio de fuerza del grupo muscular flexor de la rodilla. Este valor de cada grupo muscular se sumó y dividió entre los kilogramos de peso del individuo en razón para crear un valor único de fuerza, el cual se expresa en términos relativos de kilogramos de peso del individuo estudiado (N.m/kg). Unidad que nos permite compara la fuerza relativa de individuos con diferentes pesos.

Estadística.

La muestra se dividirá de acuerdo al genero (Hombres y mujeres), rangos de edad, corredores competitivos y corredores por salud.

Las pruebas estadísticas a utilizar son:

Prueba “t” de diferencias de medias y prueba de relación de Pearson. La primera permite determinar diferencias entre los grupos tanto de forma intra e intergrupala, en el caso del estudio entre hombres y mujeres, grupos de edad, corredores competitivos vs. Corredores recreativos. La segunda permite establecer la magnitud de la relación entre dos variables, para el caso del estudio el control relajación - activación y el consumo de oxigeno, el control relajación - activación y la fuerza máxima.

Infraestructura y apoyo técnico disponible:

Personal: Especialistas en Medicina del Deporte y Psicólogos adscritos a la División Clínica de Medicina del Deporte del Centro Nacional de Rehabilitación.

Equipo (ubicado en la División Clínica de Medicina del Deporte del C.N.R.):

- Monitor de ritmo cardiaco (POLAR A5) Product of Polar Electro Oy, Finland.
- Equipo de valoración isocinética (Cybex Norm, Sistema de Prueba y Rehabilitación, 1994-1995 Cybex División de Lumex Inc. Blue Sky Software Corporation).
- Banda sin fin (PRECORD USA C964i), Precor, Inc. Bothell, WA. 1999

Resultados

Se obtuvieron 102 sujetos que cumplieron los criterios de inclusión con las siguientes características descriptivas (ver tabla 2) como grupo: Sujetos de edad media (40.9 años en promedio), con 7.9 hrs. semana en promedio de practica deportiva, capacidad aeróbica con 51.92 ml/kg/min, recuperación de la frecuencia cardiaca de 23,82 latidos al minuto posterior al máximo esfuerzo durante la prueba de capacidad aeróbica, 49.26 al tercer minuto y 72.41 al 5to minuto, Fuerza en newtons/metro de 3.09.

Tabla 2.- Características descriptivas de la muestra.

CARACTERÍSTICA	PROMEDIO	DESVIACIÓN STD
Edad (años)	40.9	9.36
Peso (kilogramos)	63.7	11.2
Hrs semana de practica *	7.9	3.0
Fuerza (N.m/kg)	3.09	.62
Vo2max (ml/kg/min)	51.92	7.55
Recuperación 1er minuto +	23.82	8.7
3er minuto +	49.26	11.48
5to minuto +	72.41	10.08
Relajación +	-4.23	4.45
Activación +	1.67	4.9

*** Horas por sesión multiplicadas por los días a la semana de entrenamiento. +
En latidos por minuto.**

En cuanto a las habilidades psicológicas, como grupo presentaron mayor capacidad de relajación que de activación (-4.23 vs. 1.67 latidos por minuto).

Separando el grupo en géneros (Hombres, Mujeres) y comparando sus características mediante la prueba T se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 3.- Comparación entre géneros (Prueba “T”).

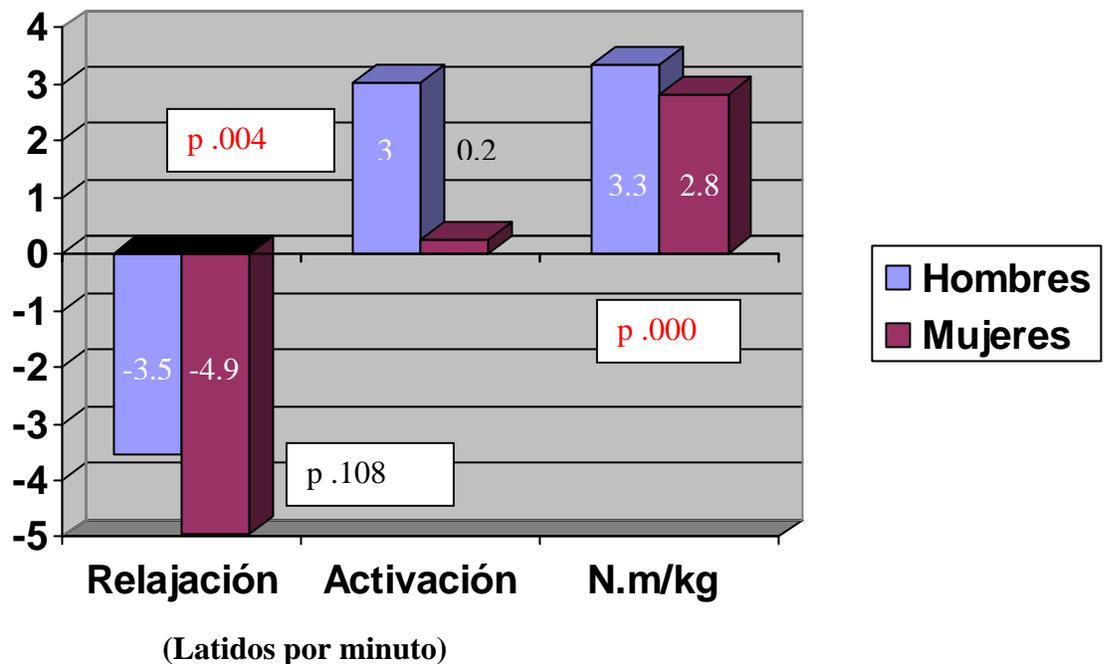
CARACTERISTICA	PROMEDIOS	PROMEDIOS	p
	HOMBRES (N=52)	MUJERES (N=50)	
Edad (años)	41.57	40.22	0.467
Peso (Kilogramos)	70.33	56.97	.000**
Hrs semana de práctica	7.72	8.23	0.429
Fuerza de extensores (N.m)	2.00	1.73	.000**
Fuerza de flexores (N.m)	1.30	1.24	0.722
Fuerza total (N.m)	3.35	2.82	.000**
Vo2max (ml/kg/min)	54.94	48.78	.000**
Recuperación 1er minuto +	26.00	21.56	.010*
3er minuto +	51.94	46.54	.017*
5to minuto +	71.66	73.14	.474
Relajación +	-3.53	-4.96	.108
Activación +	3.03	0.26	.004**

+ En latidos por minuto, ** $p < 0.01$, * $p < 0-05$.

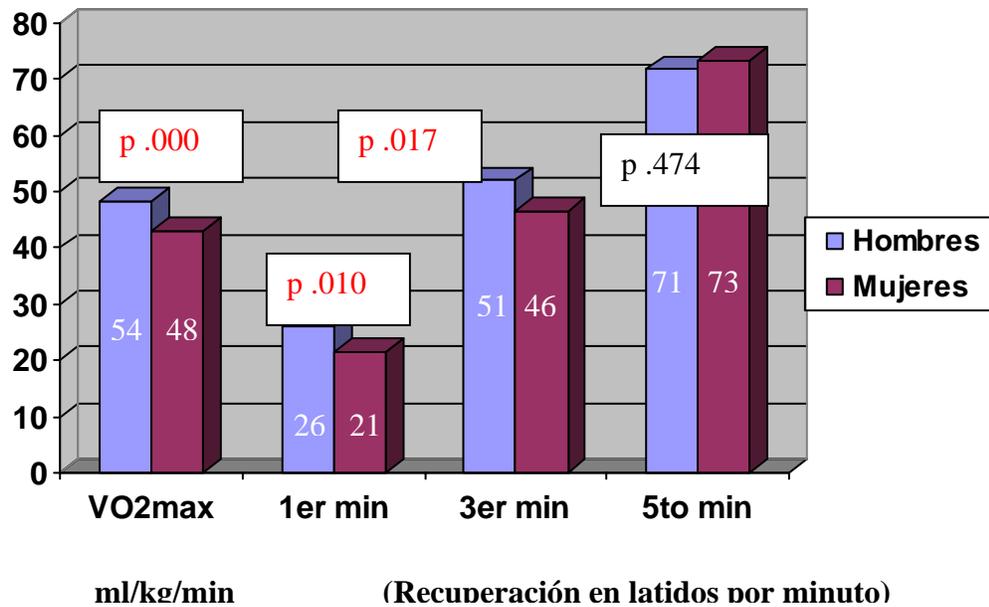
Se observan las diferencias fisiológicas esperadas entre géneros, mayor peso, mayor fuerza (15.9% mayor) y capacidad aeróbica para los hombres (11.21% mayor). La diferencia en fuerza se estableció a través de la fuerza generada por los músculos extensores de la rodilla (cuadriceps) ya que en los músculos flexores no hubo diferencia entre géneros.

En la recuperación posterior al máximo esfuerzo durante la prueba de capacidad aeróbica, existió diferencia reflejada en una mayor recuperación de la frecuencia cardiaca por los hombres al primer y tercer minuto, sin embargo ya no existió al quinto minuto.

En las habilidades psicológicas los hombres presentaron diferencias significativas en la capacidad de activación (3.03 vs. 0.26 latidos por minuto respectivamente), las mujeres presentaron una tendencia hacia una mayor relajación. En general los corredores hombres presentaron un mayor control psicofisiológico que las mujeres, con capacidad de activarse y de relajarse casi con la misma intensidad (medida en latidos por minuto) (-3.5 latidos y 3.0 latidos para relajación y activación respectivamente). Las mujeres por el contrario solo presentaron capacidad de relajación (-4.96 latidos) y no de activación (0.26 latidos).



Grafica 1.- Diferencias entre géneros en fuerza (N.m/kg), en relajación y activación.



Grafica 2.- Diferencias entre géneros en Vo2max y recuperación.

Dentro de cada género se observan dos grupos de edad distintos, entre los hombres esta división se obtiene a partir de los 43 años y en las mujeres a partir de los 41 años (lo cual divide la muestra en grupos homogéneos en número de integrantes). De esta manera se obtienen 4 grupos de edad con posibilidad de comparar sus habilidades de relajación y activación y las posibles implicaciones de la edad sobre estas variables.

En comparaciones dentro del mismo género (mujeres jóvenes vs. mujeres mayores y hombres jóvenes vs. hombres mayores) a pesar de las diferencias fisiológicas encontradas, mayor consumo de oxígeno y fuerza en jóvenes, no existió diferencias significativas entre las habilidades de relajación y activación entre ambos grupos ni en la capacidad de recuperación de la prueba de capacidad aeróbica (ver tablas 4 y 5). La diferencia de capacidades físicas entre mujeres de mayor vs. menor edad fue de 8.2% en el consumo máximo de oxígeno y de 4.16

% en la fuerza, ambos a favor del grupo con menor edad. En el género masculino la diferencia fue mayor a favor del grupo mas joven; de 11.05% en el consumo máximo de oxígeno y de 17.66% para la fuerza.

Tabla 4.- Comparación entre mujeres corredores jóvenes y mujeres corredores mayores.

Característica	Mujeres jóvenes	Mujeres mayores	Prueba t (p)
Edad	33.1	47.3	.000**
Peso (kg)	57.4	56.5	.629
Hrs / semana de práctica	7.9	8.4	.592
Vo2max (ml/kg/min)	50.8	46.6	.008**
Fuerza (N.m/kg)	2.8	2.7	.286
Recuperación 1er minuto +	22.2	20.8	.500
3er minuto +	48.0	45.0	.339
5to minuto +	74.0	72.1	.486
Relajación +	-5.4	-4.4	.405
Activación +	-.24	.76	.509

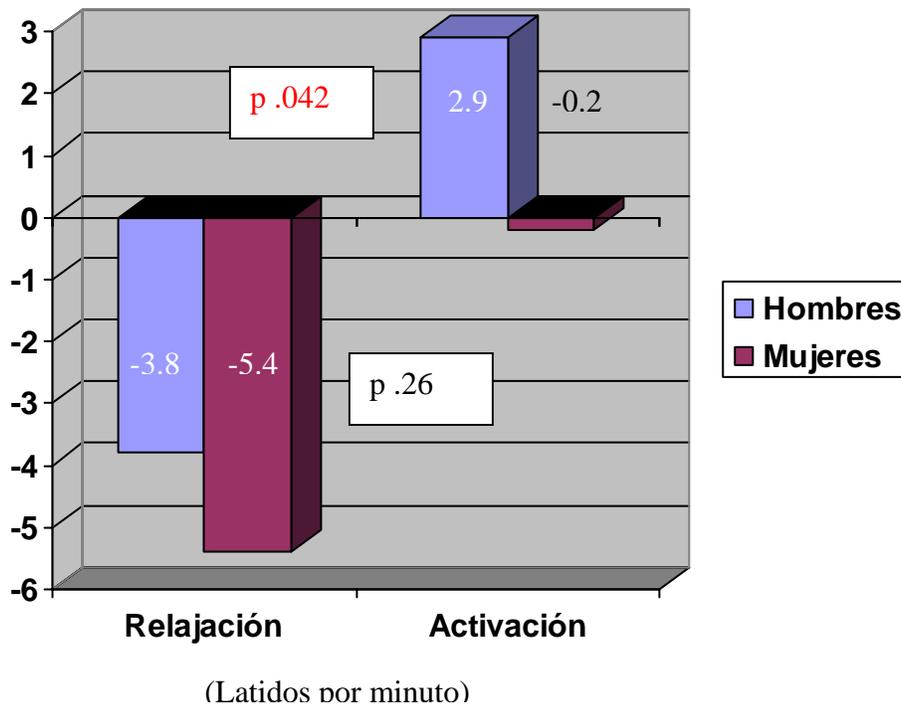
**** $p < 0.01$ + En latidos por minuto**

Tabla 5.- Comparación entre hombres corredores jóvenes y hombres corredores mayores.

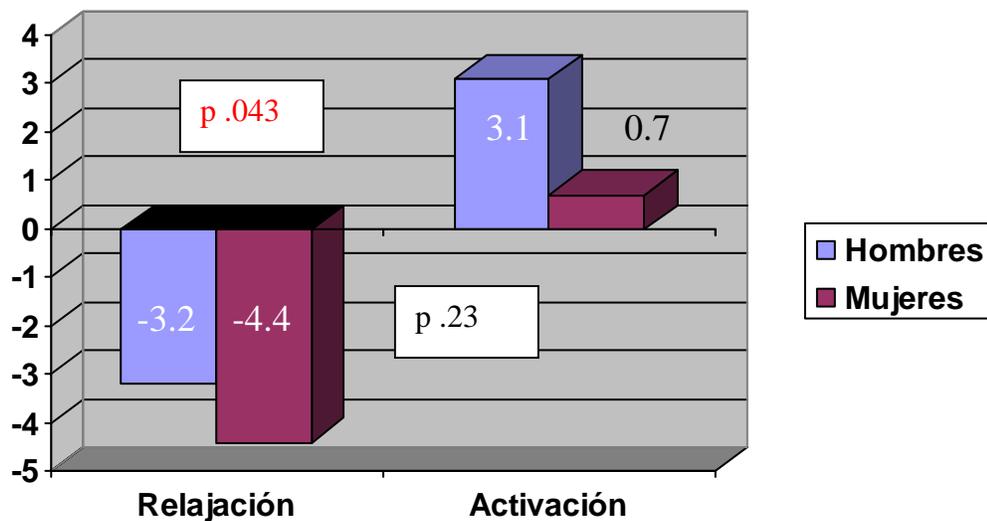
Característica	Hombres jóvenes	Hombres mayores	Prueba T (p)
Edad (años)	33.3	49.8	.000**
Peso (kg)	69.5	71.0	.628
Hrs / Semana de práctica	8.2	7.1	.149
Vo2max (ml/kg/min)	58.1	51.7	.003**
Fuerza (N.m/Kg)	3.6	3.0	.001**
Recuperación 1er minuto +	27	25	.451
3er minuto +	54.9	49.0	.075
5to minuto +	73.6	69.5	.186
Relajación +	-3.8	-3.2	.625
Activación +	2.9	3.1	.897

**** $p < 0.01$ + En latidos por minuto**

Al comparar estos grupos (Mujeres jóvenes <41 años vs. hombres jóvenes <43 años, mujeres mayores >41 años vs. hombres mayores > 43 años) se observó la persistencia de una mayor capacidad de activación del género masculino tanto en jóvenes como en mayores (ver gráficas 3 y 4), así como mayores capacidades físicas para los hombres (tanto en máximo consumo de oxígeno como en fuerza).



Grafica 3.- Diferencias en control relajación – activación entre hombres corredores jóvenes (N=26) y mujeres corredores jóvenes (N=25).



Grafica 4.- Diferencias entre géneros en corredores en control relajación – activación (Hombres mayores [N=26] vs. mujeres mayores [N=25]).

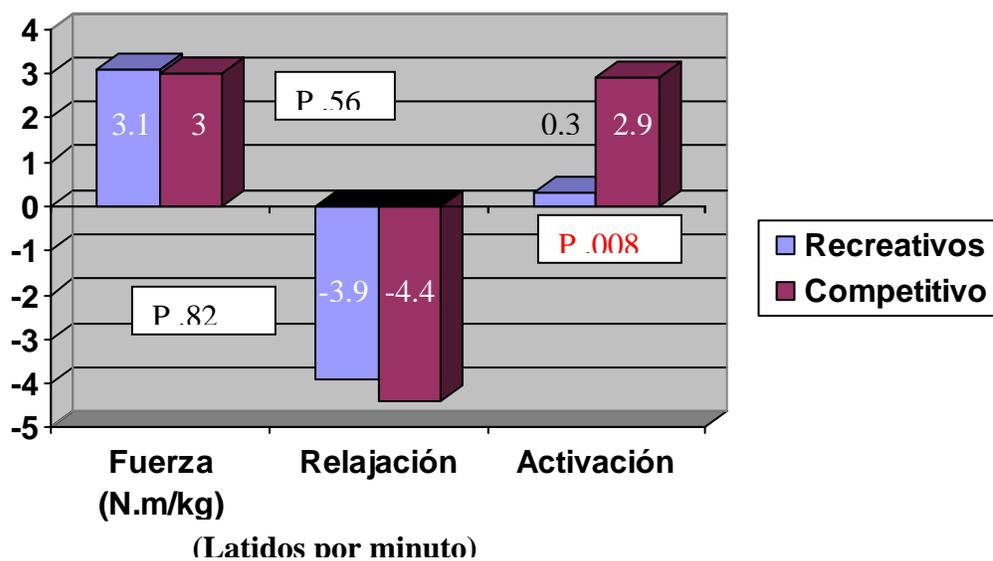
Al dividir la muestra en corredores competitivos (N=51) vs. Corredores recreativos (N=51) se pudo analizar las diferencias fisiológicas y psicológicas entre ellos (ver tabla 6 y graficas 5,6), encontrando las siguientes diferencias significativas:

El grupo competitivo presentó mayor capacidad aeróbica, mayor recuperación a los 5 minutos posterior a la prueba de esfuerzo, mayor habilidad de activación, más horas semana de práctica.

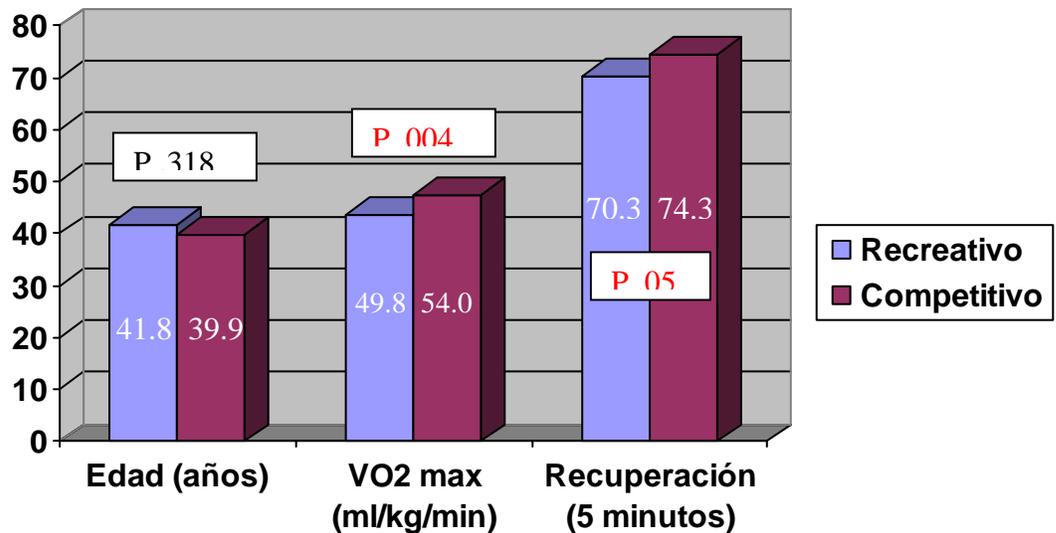
No existieron diferencias en la habilidad de relajarse (tendencia de mayor relajación en el grupo competitivo), no existieron diferencias en la fuerza.

Tabla 6.- Comparación entre corredores competitivos y corredores recreativos			
Característica	Corredores recreativos (N=51)	Corredores Competitivos (N=51)	p
Edad (años)	41.8	39.9	.318
Fuerza (N.m)	3.1	3.0	.820
Vo2max (ml/kg/min)	49.8	54.0	.004**
Recuperación (1er minuto) +	23.6	24	.823
3er minuto +	47.7	50.7	.187
5to minuto +	70.3	74.3	.050*
Relajación +	-3.9	-4.4	.56
Activación +	0.3	2.9	.008**
Horas semana de práctica	7.3	8.6	.039*

*p .05, ** p <.01 + Medido en latidos por minuto



Grafica 5.- Diferencias entre corredores competitivos y corredores recreativos en fuerza, habilidad de relajación y activación.



Grafica 6.- Diferencias entre corredores competitivos y corredores recreativos en capacidad aeróbica (Vo2max) y recuperación al 5to minuto posterior a la prueba de esfuerzo.

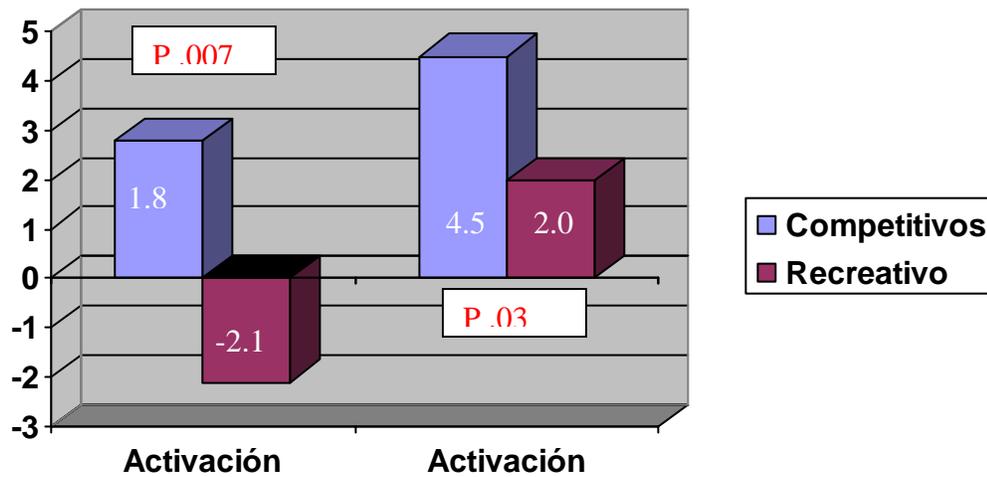
Esta diferencia en la habilidad de activación y de capacidad aeróbica entre los corredores competitivos y recreativos, permanece aún al dividir la muestra por géneros (hombres corredores competitivos vs. hombres corredores recreativos, de igual forma en el género femenino), lo cual se muestra en las tablas 5, 6 y en las graficas 7, 8:

Característica	Grupo recreativo (N=20)	Grupo competitivo (N=30)	Prueba T
Edad	41.4	39.4	.441
Vo2max (ml/kg/min)	46.6	50.1	.032+
Fuerza (N.m/kg)	2.84	2.81	.802
Recuperación 1er minuto *	23.0	20.6	.269
3er minuto *	46.5	46.5	.983
5to minuto *	73.6	72.8	.754
Relajación *	-4.5	-5.2	.548
Activación *	-2.1	1.8	.007++

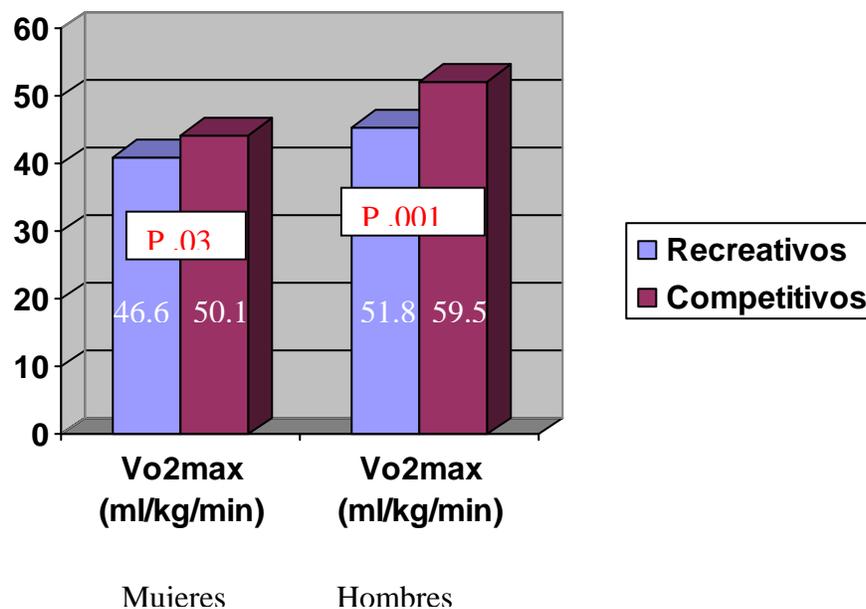
*** En latidos por minuto, + p<0.05, ++ p<0.01**

Tabla 6.- Comparación entre hombres corredores recreativos y competitivos			
Característica	Recreativos	Competitivos	Prueba T
Edad	42.1	40.7	.632
Vo2max (ml/kg/min)	51.8	59.5	.001++
Fuerza (N.m)	3.2	3.4	.365
Recuperación 1er minuto *	24.0	28.9	.068
3er minuto *	48.5	56.7	.012+
5to minuto *	68.2	76.8	.005++
Relajación *	-3.6	-3.8	.837
Activación *	2.0	4.5	.036+

*** En latidos por minuto, + $p < .05$ ++ $p < .01$**



Grafica 7.- Diferencia en habilidad de activación entre mujeres corredoras competitivas (n= 30) y mujeres corredoras recreativas (n=20), así como entre hombres corredores competitivos (n=15) y hombres corredores recreativos (n=25).



Grafica 8.- Diferencias en capacidad aeróbica (Vo2max) entre corredores competitivos vs. Corredores recreativos).

Al comparar corredores recreativos entre géneros (hombres vs. Mujeres) se encontró diferencias entre habilidades relajación – activación y recuperación al 5to minuto.

Tabla 7.- Comparación entre hombres vs. Mujeres corredores recreativos.

Características	Hombres (N=31)	Mujeres (N=20)	p
Edad (años)	42.1	41.4	.805
Relajación *	-3.6	-4.5	.486
Activación *	2.0	-2.1	.001++
Recuperación 5to minuto *	69.8	73.6	.022+

* En latidos por minuto, + p<0.05, ++ p<0.01

Dividiendo la muestra en grupos con mayor control psicofisiológico (mayor habilidad de relajación y de activación) vs. Grupos de menor control relajación – activación, se encontró tendencia del grupo con mayor control psicofisiológico a presentar mejores capacidades físicas: mayor consumo de oxígeno en ambos géneros, sin llegar al significado estadístico, una mayor recuperación de la frecuencia cardiaca al 5to minuto posterior al máximo esfuerzo durante la prueba de capacidad aeróbica en el género femenino, así como una tendencia de mayor relajación en el género femenino (ver tabla 8 y 9).

Tabla 8.- Comparación entre grupos con Mayor vs. Menor control de relajación – activación (Mujeres) (Relajación < -1 + activación >-3).

Característica	Mayor control (N=26)(promedios)	Menor control (N=24)(promedios)	p
Edad	40.3	40.0	.905
Fuerza (N.m)	2.8	2.7	.591
Vo2max (ml/kg/min)	50.1	47.3	.082
Recuperación 1er minuto *	22.7	20.2	.251
3er minuto *	49.3	43.5	.056
5to minuto *	76.5	69.2	.006++
Relajación *	-5.5	-4.3	.368
Activación *	2.4	-2.1	.001++

*** En latidos por minuto, ++ p< .01**

Tabla 9.- Comparación entre grupos con Mayor vs. Menor control de relajación – activación (Hombres) (Relajación < 0 + activación >0).

Característica	Mayor control (N=26)(promedios)	Menor control (N=26)(promedios)	p
Edad	43.8	39.3	.107
Fuerza (N.m)	3.2	3.4	.226
Vo2max (ml/kg/min)	57.0	52.7	.051
Recuperación 1er minuto *	25.1	26.8	.543
3er minuto *	51.1	52.7	.628
5to minuto *	70.8	72.4	.614
Relajación *	-4.7	-2.3	.046+
Activación *	4.5	1.5	.011+

*** En latidos por minuto, + p 0.05**

Correlaciones entre las habilidades psicológicas y el desempeño físico.

Las correlaciones encontradas del grupo entero (102 sujetos) a través de la prueba de correlación de Pearson solo fueron estadísticamente significativas para la activación con la fuerza, y para la activación y el consumo máximo de oxígeno. La relajación no tuvo correlación con alguna capacidad física.

Tabla 10.- Correlación entre habilidades psicológicas y capacidades físicas.

Variabes	p (Prueba de Pearson)	
	Vo2max	
Activación	r = .222	.012*
	Fuerza	
Activación	r = .202	.021*

*** p < 0.05**

Al dividir la muestra nuevamente en corredores competitivos y recreativos, se encontró una correlación estadísticamente significativa dentro del grupo competitivo entre la activación y la fuerza, no así dentro del grupo recreativo en donde no existieron correlaciones significativas.

Tabla 11.- Correlación entre habilidades psicológicas y capacidades físicas en corredores competitivos y recreativos.

Corredores competitivos			Corredores recreativos		
	Fuerza	(p) Prueba de Pearson		Fuerza	(p) Prueba de Pearson
Activación	r = .339	.007**	Activación	r = .092	.260

**** $p < 0.01$**

Análisis y discusión.

Diferencia entre géneros.

Dentro de la población estudiada los hombres corredores presentan una mayor capacidad de activación que las mujeres corredoras, estas últimas presentan una tendencia a un mejor control de la relajación que no alcanza significado estadístico. De igual forma las mujeres corredoras recreativas presentan mayor recuperación de la prueba de capacidad aeróbica (al 5to minuto posterior) que los hombres corredores recreativos.

Este es uno de los primeros reportes en deportistas mexicanos describiendo la capacidad conciente de relajarse y activarse, así como diferencias entre géneros entre deportistas competitivos y deportistas recreativos.

Aunque son mediciones en contextos distintos, coincide con estudios psicofisiológicos en donde los hombres presentan una mayor reactividad neuroendocrina al estrés y con estudios de control autonómico del corazón, en donde las mujeres parecen tener un mayor control parasimpático y menor activación del sistema simpático que los hombres (en reposo), así como una menor reactividad cardíaca a estímulos diversos. Esto se ha asociado con la menor incidencia de enfermedades cardiovasculares y mayor longevidad en el género femenino. ^(14,55)

En relación a las diferencias fisiológicas entre géneros son similares a las reportadas en investigaciones internacionales, la diferencia de consumo máximo de oxígeno fue de 11.21% (14% en reportes internacionales) y en fuerza las

mujeres alcanzaron el 84.1% del pico de torque generado por los hombres (81% en reportes internacionales).^(37, 48)

Diferencias en capacidades fisiológicas y psicológicas a distintas edades

La comparación de dos grupos de edad dentro del mismo género permite observar que tanto en el grupo de hombres como en el de mujeres, las diferencias en capacidades físicas son menores a lo esperado como descenso natural de estas capacidades con la edad; aunque el carácter transversal del estudio no permite conclusiones definitivas.

La diferencia de capacidad aeróbica entre mujeres jóvenes vs. mayores fue de 8.2% a pesar de que la diferencia de edad es de 14 años en promedio entre los grupos. Se esperaría una disminución de aproximadamente 1% por año o 10% por década, de igual forma la diferencia entre los hombres es de 11.05% a favor de los más jóvenes en ambos grupos, con una diferencia de edad de 16 años en promedio (en ambos géneros la diferencia es estadísticamente significativa) . A pesar de la mayor diferencia dentro del grupo masculino persiste por debajo de el descenso esperado para la edad de los sujetos, lo que va de acuerdo con el papel de la actividad física regular en el mantenimiento o el retraso en la pérdida gradual de las capacidades físicas que se presenta con la edad.⁽³⁷⁾ En relación a la fuerza en los hombres si se presenta un descenso importante con una diferencia de 17.6% (estadísticamente significativo) a favor del grupo más joven, esto va de acuerdo con la pérdida fisiológica del 15% a partir de la 5ta década de la vida. En las mujeres esto no se presenta, la diferencia es de 4.6% (no significativo) menor a lo esperado. Existen reportes de corredores de resistencia que a pesar de

mantener un nivel alto de ejercicio físico aeróbico durante años no consiguen mantener sus niveles de masa muscular y por consiguiente de fuerza, resaltando la importancia de un entrenamiento anaeróbico de sobrecarga progresiva (ejemplo: el entrenamiento con porcentajes altos de una repetición máxima con pesas) en el mantenimiento de la masa muscular y la fuerza. ⁽³⁷⁾ Cabe la posibilidad de un entrenamiento diferente entre los géneros de la muestra, lo que conlleva a las mujeres a retener en mayor proporción la fuerza que en el grupo masculino. Sin dejar de destacar el carácter transversal del estudio.

En las habilidades psicológicas, las diferencias no llegan al significado estadístico, y son menores un latido entre los grupos (excepto en la relajación entre los hombres). Al expresarse en porcentajes existen diferencias entre las distintas edades, todas a favor de los grupos a más jóvenes. Los hombres jóvenes se relajan (15.88 %, equivalente a 0.6 latidos por minuto) y se activan (4.82%, equivalente a 0.2 latidos por minuto) más que los hombres de mayor edad. Las mujeres jóvenes se relajan (18.9%, equivalente a un latido por minuto) mas que las mujeres de mayor edad, ninguno de los grupos femeninos presento capacidad de activación. Son necesarios estudios prospectivos longitudinales que investiguen si estas habilidades se pierden con la edad de igual forma que las capacidades físicas, o la edad representa un impedimento o retraso en su aprendizaje con forme avanzan la edad.

Un hecho a resaltar es que no existe diferencia significativa en la recuperación de la frecuencia cardiaca posterior al máximo esfuerzo en la prueba de capacidad aeróbica, a pesar de que el grupo de menor edad en ambos géneros presenta una tendencia a mayor recuperación, ambos grupos de edad en ambos géneros están muy por encima (aunque en condiciones de salud distintos) de los

parámetros encontrados como predictivos de mortalidad en sujetos con sospecha de cardiopatía (>12 latidos al primer minuto posterior al máximo esfuerzo en la prueba de capacidad aeróbica), esto coincide con reportes que indican que el ejercicio aeróbico regular aumenta la capacidad de recuperación posterior a esfuerzos físicos, aumentando el control autonómico cardiaco, también con el papel del ejercicio en la conservación de este control del sistema nervioso autónomo del corazón que declina con la edad. ^(39, 38, 42)

Diferencia entre corredores recreativos y competitivos.

Los corredores competitivos a parte de una mayor capacidad aeróbica (Vo₂max) asociado a mayor tiempo de práctica o entrenamiento y presumiblemente a la planificación del mismo, difieren además de los corredores recreativos en su capacidad de activación, situación que pudiese responder a la necesidad de un buen desempeño deportivo tanto en entrenamientos como en la competencia y por lo tanto exigir al máximo los recursos físicos y psicológicos. Algunas de las demandas psicológicas en deportes de resistencia consisten en mantener la motivación día con día, a pesar de sesiones de entrenamientos largas y repetitivas. Lidar frecuentemente con el dolor y la fatiga muscular, que son esperadas y experimentadas en deportes de resistencia en condiciones de entrenamiento y competencia. ⁽³⁷⁾ Esto pudiese llevar a la necesidad de desarrollar la habilidad psicológica de activación en los deportistas competitivos y no en los corredores por salud o recreativos.

En estudios realizados en 1980 utilizando mediciones psicológicas en atletas colegiales y de elite, se encontró un perfil característico en atletas exitosos comparados con deportistas de menor éxito, niveles inferiores a la media

poblacional en tensión, ira, depresión, fatiga y confusión, acompañados de niveles superiores en el rubro de vigor. ^(25,37) Lo cual es similar al resultado de mayor activación (comparado con el rubro de vigor en estudios anteriores) dentro del grupo competitivo en este estudio.

Otro aspecto a destacar es la diferencia aún dentro del mismo género de la habilidad de la activación. A pesar de que las mujeres (como grupo total) no presentaron habilidad de activarse, al incluir la característica de competitividad se encontró una diferencia significativa dentro del grupo femenino comparado con las mujeres corredoras recreativas, resaltando aún más el papel de la competencia dentro del deporte para el desarrollo de ciertas habilidades psicológicas.

Por otro lado que no existan diferencias entre los grupos competitivo y recreativos en la habilidad de relajación pudiese inferir lo siguiente: 1.- Que la habilidad de relajarse en corto tiempo no representa una habilidad psicológica determinante durante la competencia en carreras de fondo y medio fondo, en donde las estrategias psicológicas son distintas y se establecen a mediano plazo (durante el transcurso de toda la competencia) ⁽³⁷⁾ y no son necesarios ni una activación ni una relajación inmediata (como las que podrían medirse con la prueba de relajación – activación utilizada en el estudio). En vez de esto las estrategias utilizadas durante las carreras de resistencia básicamente son de dos tipos ⁽³⁷⁾: 1.- Cognitivas asociativas (utilizadas con más frecuencia por corredores experimentados o de elite) que consisten en la retroalimentación de sensaciones corporales internas (fatiga o tensión muscular, frecuencia cardiaca y respiratoria, la percepción del esfuerzo durante la carrera) las cuales sirven para adoptar estrategias de carrera al percibirlas. 2.- Disociativas (utilizadas con más frecuencia

por corredores principiantes) se enfocan en sensaciones externas (escuchar música, hablar o cantar con uno mismo, imaginar un ambiente agradable) que pueden distraer al sujeto de la fatiga y dolor muscular experimentado durante la práctica o competencia. Tendría que investigarse si dentro de este grupo la estrategia que utilizan dentro de su práctica o competencia tiene que ver con aspectos disociativos (como la relajación) para lidiar con el cansancio y la rutina del entrenamiento y las grandes distancias en las competencias. Lo mismo habría que investigarse en cuanto a las diferencias entre géneros.

2do.- Que el desarrollo de esta habilidad en los corredores, no requiere de un carácter competitivo de participación dentro su deporte, y que sea similar a los efectos encontrados en poblaciones no deportistas con fines terapéuticos (efecto del ejercicio aeróbico para disminuir estados de ansiedad, depresión y trastornos de pánico) en donde es más importante la práctica de la actividad física para la disminución de los síntomas en estas enfermedades que la mejoría en las capacidades aeróbicas (Vo2max) y en la fuerza para lograr el efecto benéfico que tiene el ejercicio en la salud mental. ⁽¹⁹⁾ La comparación con una población sedentaria podría esclarecer en mayor medida si la práctica deportiva en si desarrolla esta habilidad psicológica o son otras características personales (rasgos de personalidad) las que influyen con mayor peso en el desarrollo de esta habilidad psicológica, situación no estudiada en el presente trabajo.

Muy baja relación de las habilidades psicológicas con parámetros de desempeño físico. Sin diferencia estadística de los grupos con mayor control psicofisiológico a presentar mejor desempeño físico.

La pobre correlación de estos parámetros pudiese responder a las características de la muestra:

1.-Poca cantidad de sujetos competitivos en cada género para comparar sujetos con mayor activación y/o relajación. Es dentro de estos grupos en donde el desempeño físico y psicológico es importante durante el entrenamiento y competencia.

2.- El poco desarrollo de las variables a comparar entre los sujetos (Consumo máximo de oxígeno y fuerza), aunque la población presenta una capacidad aeróbica mayor a la reportada en población sedentaria (de 38 a 44 ml/kg/min en capacidad aeróbica en individuos de similares edades en estudios nacionales e internacionales ^[29, 23,24]) y similar a la reportada en un estudio de atletas mexicanos (54.2 ml/kg/min en el estudio de Carreño y cols ^[24] y de 54.94 para los hombres en esta muestra) están un tanto lejos de los parámetros presentes en corredores de fondo altamente competitivos (70-80 ml/kg/min para hombres y 60-70 ml/kg/min para mujeres ^[37]). De igual forma sus habilidades psicológicas ligadas al éxito deportivo están con bajo desarrollo. De esta forma en una población con habilidades tanto fisiológicas como psicológicas con mayor desarrollo pudiese existir una correlación mayor.

Otro aspecto a considerar al respecto, es la naturaleza del deporte estudiado y las características de la prueba psicológica, La carrera de fondo y medio fondo no requiere de un estado de alerta elevado (activación elevada) ni de estrategias de relajación inmediatas y a corto plazo, las estrategias psicológicas a utilizar (descritas anteriormente) son a mediano y a largo plazo durante toda una carrera. La prueba de habilidad de relajación – activación utilizada en el estudio puede ser de mayor utilidad en deportes de corta duración y donde se involucre mayor fuerza y potencia muscular (carreras de 100 metros, levantamiento de

pesas, lanzamientos, etc.) en donde la naturaleza del deporte exige estados de activación mayores y de regulación inmediata o a corto plazo. (25, 26, 27,28)

De alguna manera puede también demostrar que las habilidades psicológicas se adquieren solo con el entrenamiento sistemático y planificado como sucede con las capacidades físicas y no simplemente con la práctica deportiva. Conviene entonces investigar a pacientes subsecuentes que acudieron a entrenamiento de habilidades psicológicas relacionadas con el éxito deportivo si estas mejoraron y en que plazo de tiempo si así fuese el caso.

Conclusiones y recomendaciones futuras.

Conclusiones: El presente es uno de los primeros reportes en describir características fisiológicas y psicológicas en población mexicana físicamente activa. Dentro de la muestra existieron diferencias entre géneros en habilidades psicológicas ligadas al desempeño deportivo (específicamente en la capacidad de activación) a parte de las fisiológicas ya descritas en la literatura. Estas diferencias permanecen a diferentes edades entre los géneros. Existe además una tendencia del género femenino a una mayor habilidad de relajación y a una mayor recuperación posterior a la prueba de esfuerzo que coincide con estudios psicofisiológicos en donde las mujeres presentan una menor reactividad cardiaca y neuroendocrina a diversos estímulos.

El carácter competitivo del deporte establece diferencias en capacidad aeróbica y en la habilidad del sujeto para activarse, pudiendo relacionarse con la exigencia física y psicológica de una competencia comparada con el deporte por salud o recreativo.

No existió una correlación significativa dentro de la población estudiada entre las habilidades psicológicas de relajación – activación y el desempeño físico en la prueba de esfuerzo y en la prueba de fuerza en maquina isocinética.

El presente trabajo abre una línea de investigación sobre aspectos poco estudiados y caracterizados dentro de la población físicamente activa. Serán necesarios estudios prospectivos en donde se controlen otras variables no estudiadas aquí (rasgos de personalidad de los individuos, distintos deportes, sobre todo de corta duración y que requieran de potencia y fuerza muscular para

su desarrollo, en donde teóricamente las correlaciones entre las habilidades psicológicas y el desempeño físico son mayores). Será importante además comparar un grupo sedentarios en cuanto a capacidades psicológicas, a fin de establecer si la práctica deportiva per se, incrementa la habilidad del sujeto para activarse o relajarse, o son otras variables las que influyen con mayor peso.

Otro aspecto a considerar a futuro es la modificación de estas habilidades psicológicas mediante el entrenamiento sistemático de técnicas de relajación activación en pacientes con evaluaciones subsecuentes y entrenamiento psicológico los cuales ya existen en el Centro Nacional de Rehabilitación.

Quedan otras habilidades psicológicas valoradas en el servicio de Psicología aplicada al deporte, como la fijación de metas y el ensayo mental o visualización para ser descritas y comparadas en los contextos pertinentes del ámbito deportivo y de salud en general.

El estudio paralelo de variables bioquímicas del desempeño físico como el lactato (puede ser un parámetro más sensible que la frecuencia cardiaca al efecto de la relajación como respuesta a la recuperación posterior al ejercicio) puede aportar información valiosa en futuros trabajos.

Limitaciones.

El carácter retrospectivo del estudio no permite estudiar variables que influyen en las habilidades psicológicas del deportista, como las características de personalidad (rasgo y estado de ansiedad). No contar con un grupo sedentario de comparación o control para estudiar el papel de la actividad física en el desarrollo de habilidades psicológicas asociadas al éxito deportivo. Dificultad de establecer causa efecto por el carácter retrospectivo

Bibliografía.

1.- Williams, J., Krane, V. (1998) Psychological characteristics of peak performance. In: Williams, J.M. Applied Sports Psychology: Personal Growth to Peak Performance, pp. 137-147. Mayfield, Mountain View, CA.

2.- Meyers, AW., Whelan, JP., Murphy, SM. Cognitive behavioral strategies in athletic performance enhancement. Prog Behav Modif. 1996;30:137-64.

3.- Weinberg, RS., Comar, W. The effectiveness of psychological interventions in competitive sport. Sports Med. 1994 Dec;18(6):406-18.

4.- Raglin, JS. Anxiety and sport performance. Exerc Sport Sci Rev. 1992;20:243-74.

5.- Ryska, T. Cognitive behavioral strategies and precompetitive anxiety among recreational athletes. Psychological Record, 1998.

6.- Caterini R, Delhomme G, Dittmar A, Economides S, Vernet-Maury E. A model of sporting performance constructed from autonomic nervous system responses. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1993;67(3):250-5.

7.- Smith AM, Sim FH, Smith HC, Stuart MJ, Laskowski ER. Psychologic, situational, and physiologic variables and on-ice performance of youth hockey goalkeepers. Mayo Clin Proc. 1998 Jan;73(1):17-27.

8.-Collet C, Roure R, Delhomme G, Dittmar A, Rada H, Vernet-Maury E. Autonomic nervous system responses as performance indicators among volleyball players. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1999 Jun;80(1):41-51.

9.-McKay JM, Selig SE, Carlson JS, Morris T. Psychophysiological stress in elite golfers during practice and competition. *Aust J Sci Med Sport.* 1997 Jun;29(2):55-61.

10.- Hassmen P, Koivula N. Cardiac deceleration in elite golfers as modified by noise and anxiety during putting. *Percept Mot Skills.* 2001 Jun;92(3 Pt 2):947-57.

11.- Tremayne P, Barry RJ. Elite pistol shooters: physiological patterning of best vs. worst shots. *Int J Psychophysiol.* 2001 May;41(1):19-29.

12.- Caterini R, Delhomme G, Deschaumes-Molinario C, Dittmar A, Economides S, Vernet-Maury E. Increased activation as a limiting factor of performance in sharp shooters. *Neuropsychologia.* 1995 Mar;33(3):385-90.

13.- Moya-Albiol, L. Salvador, A . Efectos del Ejercicio Físico Agudo Sobre la Respuesta Psicofisiológica al Estrés: Papel Modulador de la Condición Física. *Revista de Psicología del Deporte* 2001. Vol.10, núm. 1, pp. 35-48.

14.- Carter B., Banister W., Blazer A., Effect of Endurance Exercise on Autonomic Control of The Heart. *Sports Med* 2003;33 (1):33-46. Review Article.

15.- Coppel B. Psychological Factors and Exercise. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, vol 5, No2, may 1994.

16.- Moya-Albiol L, Salvador A, Costa R, Martinez-Sanchis S, Gonzalez-Bono E, Ricarte J, Arnedo M. Psychophysiological responses to the Stroop Task after a maximal cycle ergometry in elite sportsmen and physically active subjects. *Int J Psychophysiol.* 2001 Feb;40(1):47-59.

17.- Rozanski A., Blumenthal, James A. PhD; Kaplan, Jay PhD. Impact of Psychological Factors on the Pathogenesis of Cardiovascular Disease and Implications for Therapy. *Circulation*, Volume 99(16), April 27 1999, pp 2192-2217.

18.- Babyak, M. Blumenthal, J et al. Exercise Treatment for Major Depression: Maintenance of Therapeutic Benefit at 10 Months. *Psychosomatic Medicine*. Vol 62/(5). September/October 2000. 633-638.

19.- Physical Activity and Mental Health Current Concepts *Scott A. Paluska* , *Thomas L. Schwenk* *Sports Med* 2000 Mar; 29 (3)

20.- Sepúlveda, J. Encuesta Nacional de Salud 2000. Instituto Nacional de Salud Pública. Secretaría de Salud. Primera Edición 2003.

21.- González, S. La Salud Mental en México. Epidemiología de la salud mental. Sistema Virtual de Información. www.conadic.gob.mx

22.- Programa Nacional De Cultura Física Y Deporte 2001-2006. Comisión Nacional del Deporte. www.conade.gob.mx

23.- Díaz, F. et al. Validación y Confiabilidad De La Prueba Aeróbica de 1,000 metros. *Rev Invest Clin* . Vol. 52, Num. 1. Enero-Febrero de 2000. pp 44-51.

24.- Carreño, V. et al. Consumo Máximo de Oxígeno y Los Lípidos Séricos en Diabéticos, Controlados y Atletas. *Rev Invest Clin* 1996; 48:5-12.

25.- Van Raalte, J. Britton, W. Exploring Sport And Exercise Psychology. American Psychological Association, Washington DC, 1996.

26.- Martens, Rainer. *Coach's Guide to Sport Psychology*. Human Kinetics, 1987.

27.- Williams M, Jean. Psicología Aplicada al Deporte. Biblioteca Nueva, Madrid 1991.

28.- Eberspächer, H. Entrenamiento Mental. Un Manual para Entrenadores y Deportistas. Inde Publicaciones, Primera Edición , España, 1995.

29.- Roitman L, Jeffrey . ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing And Prescription, 4th Edition, LWL, 2001.

30.- Solberg,E., Ingjer,F. Holen A et al. Stress reactivity to and recovery from standardized exercise bout: a study of 31 runners practicing relaxation techniques. Br J Sports Med 2000; 34:268-272.

31.- Krantz, D. McCeney, K. Effects of Psychological and Social Factors on Organic Disease: A Critical Assessment of Research on Coronary Heart Disease* [Psychophysiological Disorders and Psychological Effects on Medical Disorders]. Annu Rev Psychol Vol 53, 2002, pp 341-369

32.- Nieman C. David DrPH. The exercise test as a component of the total fitness evaluation, Primary Care Clinics in Office Practice, Volume 28 • Number 1 • March 2001, Exercise Testing,

33.- Heyward H, Vivian. Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription, 4th Edition, Human Kinetics, 2002.

34.- Franklin A, Barry. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 6th Edition, LWL, 2000.

35.- Pugh L.G.C.E, Oxygen intake in track and treadmill running with observations on the effect of air resistance, J Physiol 1970, vol 207, 823-835.

36.- Gibbons et al, 2002, ACC/AHA Practice guidelines update of exercise testing.

37.- Shephard, R.J., Astrand, P.O. Endurance in Sports, Second Edition. The Encyclopedia of Sports Medicine. IOC Medical Commission Publication. Blackwell Science. 2000.

38.- Shetler, K et al. Heart rate recovery: Validation and Methodologic Issues. J Am Coll Cardiol, vol.38, No 7, 2001.

39.- Cole, Christopher et al. Heart Rate Recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. N Engl J Med. 1999;341:1351-7.

40.- Cole, Christopher et al. Heart Rate Recovery after Submaximal Exercise Testing as a Predictor of Mortality in a Cardiovascularly Healthy Cohort. Ann Intern Med, Vol 132(7), April 4, 2000. 552-555.

41.- Imai K, et al. Vagally mediated Heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. J Am Coll Cardiol 1994; 24:1529-35.

42.- Du, N. et al. Heart Rate Recovery After Exercise and Neural Regulation of Heart Rate Variability In 30-40 Year Old Female Marathon Runners. Journal of Sports Science an Medicine, 2005 (4), 9-17.

43.- Lillegard A. Wade, Terrio D. James, Appropriate Strength Training, Medical Clinics of North America, Vol 78 No2 March 1994.

44.- Deschenes MR, Kraemer WJ: Performance and Physiologic Adaptations to Resistance Training. Am J Phys Med Rehabil 2002; 81(Suppl):S3–S16

- 45.- Mora CJ. Ejercicios isocinéticos. Evaluación y Potenciación Fisioterapia 1998; 20:8-16
- 46.- Martín JA. Los Isocinéticos Y Sus Conceptos Principales .Fisioterapia, Vol. 20, Monografico,1998;20:2-7.
- 47.- Cybex Norm, Sistema de Prueba y Rehabilitación, 1994-1995 Cybex División de Lumex Inc. Blue Sky Software Corporation).
- 48.- Kraemer, W., Häkkinen, K. Strength Training for Sports. IOC Medical Commission Publication. Blacwell Science 2002.
- 49.- Fiatorone, M. Exercise and ageing. Clin Geriatr Med 20 (2004) 201–221
- 50.- Barry, C., Eathorne, SW. (1994). Exercise and Ageing. Issues for the Practitioner. Sports Medicine. Vol 78 (2) 357-376.
- 51.- Mazzeo, RS. (1988). Exercise and Physical Activity for Older Adults. Position Stand. Med. Sci. Sports Exerc. Vol 30 (6) pp. 992-1008.
- 52.- Brennan, F. (2002). Exercise Prescription for Active Seniors. The Physician and Sports Medicine. Vol 30 (2)
- 53.- Nied, RJ. (2002). Promoting and Prescribing Exercise for the Elderly. Am Fam Physician. 65:419-426, 427-8.
- 54.- Manual de Procedimientos para la Aplicación de Pruebas Morfológicas y Funcionales, Comisión Nacional Del Deporte, Dirección de Medicina y Ciencias Aplicadas al Deporte, México DF, 1996.
- 55.- Frankenhaeuser, Marianne. Lundberg, Ulf. Chesney, Margaret. Women, Work and Health, Stress and Opportunities. Plenum Press, NY. 1998.