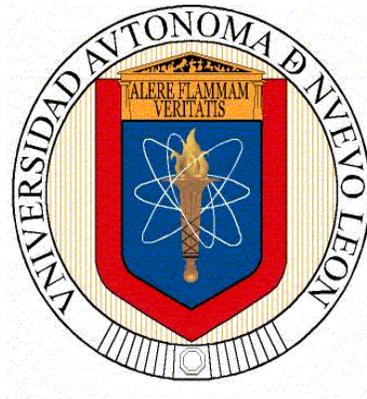


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN UN
PROGRAMA DE INTERVENCIÓN EN SUJETOS ACTIVOS Y SEDENTARIOS**

TESIS REALIZADA POR

ADRIANA ÁGUILA SÁNCHEZ

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS DEL EJERCICIO CON ESPECIALIDAD EN
DEPORTE DE ALTO RENDIMIENTO**

DICIEMBRE 2012

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**



**ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA EN UN
PROGRAMA DE INTERVENCIÓN EN SUJETOS ACTIVOS Y
SEDENTARIOS**

AUTORA:

LIC. NUT. ADRIANA ÁGUILA SÁNCHEZ

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS DEL EJERCICIO**

TUTOR:

DR. C. FERNANDO A. OCHOA AHMED.

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, NUEVO LEON, DICIEMBRE 2012



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



Los miembros del comité de Tesis de la Subdirección de posgrado de la Facultad de Organización Deportiva, recomendamos que la tesis “ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA EN UN PROGRAMA DE INTERVENCIÓN EN SUJETOS ACTIVOS Y SEDENTARIOS” realizada por la Lic. Nut. Adriana Águila Sánchez, con número de matrícula 1053409, sea aceptada para su defensa para opción al grado de Maestra en Ciencias del Ejercicio con especialidad en Deporte de Alto Rendimiento.

COMITÉ DE TESIS

Dr. Fernando A. Ochoa Ahmed
Asesor Principal

Dr. Germán Hernández Cruz
Co-asesor

Dr. Luis E. Carranza García
Co-asesor

Dra. Jeanette López-Walle
Sub-Directora de Posgrado

San Nicolás de los Garza, Nuevo León, Diciembre de 2012

DEDICATORIA

Primero que nada a Dios. Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud, paciencia para lograr mis sueños, mis metas y objetivos

A mis padres “Quirinos”, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor; por sus ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han infundado siempre. Por la pasión con la cual lo hacen parte de su estilo de vida, misma que me han inculcado. Los quiero mucho y esto es por y para Ustedes.

A mi hermano Pancho por ser un ejemplo para mí, por siempre estar al pendiente, por creer en mí, gracias porque siempre puedo contar contigo.

A mis amigas y compañeras de maestría, que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional, personal y deportiva y que a la fecha seguimos siendo amigas, siempre al pendiente una de la otra. “Bere y Violeta”, Violeta por tu dedicación, responsabilidad, por siempre ser un ejemplo de lucha y entrega, Bere mi mejor amiga, compañera y hermana en todo mi camino en la Universidad, por su pasión, alegría, sentido del humor, dedicación, por estar siempre al pendiente de mí, y siempre poder contar contigo, Gracias por Todo. Las quiero

A mis compañeras y amigas de Equipo “Tigres Futbol Soccer”, siempre apoyando en las buenas y en las malas, por demostrarme el significado de trabajo en equipo y amistad, por tantos años conviviendo como hermanas día con día en los entrenamientos, las quiero, “Bere, Rocío, Lucia, Paty Emma, Daniela”, al equipo Campeón de Universiada 2008 por ser parte de la culminación de mi etapa como deportista universitaria, por su entrega y por ese año que se trabajo juntas por un mismo objetivo y defender los colores azul y oro de nuestra Universidad.

A los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de mi camino universitario, y que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis.

A todas aquellas personas que estuvieron al pendiente de mí en todo este camino y que me ayudaron en algún momento de toda esta etapa, como la recopilación de datos y en las aplicaciones de las pruebas. Gracias.

AGRADECIMIENTOS

A la UANL, a la Facultad de Organización Deportiva, y a la Facultad de Salud Pública y Nutrición, por darme la oportunidad de ser parte de esta gran Institución que me brinda las herramientas para ser una mejor profesional y mejor persona, y a la cual tuve el honor de poder representar deportivamente hablando y poder combinar mis estudios profesionales con el deporte, la ciencia y la Investigación, siempre defendiendo los colores y la identidad y orgullo Universitario.

Al Dr. Aristides Lanier Soto, por ser siempre un gran ejemplo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis; porque gracias a él estoy en el INDE en el puesto que él dirigió en un momento cumbre de su vida, y por creer en mí.
“Gracias Doctor”

Al Dr. Fernando Ochoa Ahmed, por ser su tiempo y dedicación para llevar a buen término este trabajo, por compartir sus conocimientos y experiencias, y estar al pendiente por impulsar mi crecimiento y formación profesional.

Al MC José Alberto Pérez García, por darme la oportunidad de ser parte de FOD, por su ejemplo, por creer en mí y ser un líder.

A la MC Mireya Medina Villanueva, por sus consejos, por todo su apoyo, por su pasión.

Al Dr. Oswaldo Ceballos Gurrola, por su confianza, por la dedicación y entrega por la investigación, a la **Dra. Jeanette López- Walle**, por su apoyo, preocupación y ejemplo, y al **Dr. Germán Hernández Cruz** y el **Dr. Luis E. Carranza García** por darme el tiempo y asesorarme.

ÍNDICE

Dedicatoria	2
Agradecimientos.....	4
1. Introducción.....	7
2. Planteamiento del problema.....	9
2.1 Justificación	11
3. Objetivos.....	13
3.1 Objetivo general.....	13
3.2 Objetivos específicos.....	13
4. Marco teórico	14
4.1 Sedentarismo e Inactividad Física	14
4.1.1 Definición de “Sedentarismo” y su relación con la salud	14
4.1.2 El Sedentarismo y la población joven en México	15
4.2 Actividad Física y Ejercicio	16
4.2.1 Definiciones Básicas	16
4.2.2 Medición del nivel de esfuerzo en la actividad física y el ejercicio	19
4.2.3 Efectos benéficos del ejercicio físico en relación con la prevención de Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT)	22
4.2.4 Dieta, actividad física y aumento excesivo de peso y obesidad	26
4.3 Dosificación del Ejercicio Físico.....	32
4.3.1 Criterios Básicos.....	32
4.3.2 Resistencia Cardiorrespiratoria	35
4.3.3 Fuerza y resistencia muscular.....	36
4.3.4 Composición corporal	38
4.3.4.1 Evaluación de la Composición corporal	39
4.3.5 Flexibilidad	46

4.4 Programa “Universitarios Activos y Saludables” de la Universidad Autónoma de Nuevo León.....	47
4.5 Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC): Concepto, Antecedentes y Relación con la Salud	50
4.5.1 Concepto	50
4.5.2 Fundamentos fisiológicos de la VFC	51
4.5.3 Métodos de evaluación de la VFC	52
4.5.3.1 Métodos en el Dominio de la Frecuencia (Análisis Espectral)	52
4.5.3.2 Métodos del dominio del tiempo	54
4.5.4 Estudios antecedentes	55
5. Hipótesis.....	62
6. Material y Métodos.....	63
6.1 Sujetos.....	63
6.2 Métodos	63
6.2.1 Programa de Ejercicios	63
6.2.2 Variables y Pruebas Físicas	66
6.2.3 Tratamiento Estadístico	67
7. Resultados.....	68
8. Discusión.....	72
9. Conclusiones	75
10. Referencias.....	77
Anexo A: Programa “Universitarios Activos y Saludables” de la Universidad Autónoma de Nuevo León”	86
Anexo B: Evidencia fotográfica	90

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA EN UN PROGRAMA DE INTERVENCIÓN EN SUJETOS ACTIVOS Y SEDENTARIOS

1. INTRODUCCIÓN

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) reveló que el 69.5% de la población Mexicana mayor de 15 años sufre sobrepeso y obesidad (Longhu-Bracaglia, 2010). Por su parte, la ciudad de Monterrey ocupó el primer lugar en obesidad infantil a nivel internacional y el segundo respecto a su población total (García, 2010).

La incidencia de otras enfermedades crónicas como hipertensión, hipercolesterolemia, cáncer, obesidad, enfermedad coronaria, alteraciones musculoesqueléticas y otras más se ven incrementadas por el ritmo de vida actual que conduce a las personas a realizar actividad física en poca cantidad y de baja intensidad, exigiendo pobremente a su organismo.

Uno de los parámetros más utilizados en el análisis y la valoración de la respuesta del organismo a diferentes exigencias de actividad física es la frecuencia cardíaca. En los últimos años se ha utilizado un parámetro llamado Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC) como indicador de la recuperación y adaptación del organismo ante el esfuerzo físico, tanto en atletas como en deportistas recreativos.

Se infiere que la VFC puede ser un indicador diagnóstico del estado de salud respecto a la composición corporal inducida por la realización de actividad física cuando ésta es dosificada correctamente.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad los estudiantes de la UANL tienen menos tiempo para realizar actividades físicas, por el ritmo de vida tan acelerado, con la tecnología cada vez al alcance de la mano y que reduce las exigencias físicas de las actividades cotidianas, estudio, hogar y / ó trabajo. La mayoría de las actividades del tiempo libre son sedentarias.

Con el propósito de fomentar la práctica de la actividad física para crear un estilo de vida saludable en los estudiantes, docentes y demás trabajadores la Facultad de Organización Deportiva y la Universidad Autónoma de Nuevo León proponen el programa “Universitarios activos y Saludables”

El programa consiste de un par de propuestas de ejercicios, correspondientes a personas activas y sedentarias, quienes pueden elegir las actividades a realizar de forma libre. Este concepto puede ser seguido por los involucrados de forma sencilla y accesible.

Las mejoras en el organismo causadas por la realización de ejercicio abarcan diversos aspectos fisiológicos y morfológicos, para los cuales existe una amplia gama de test e implementos en el terreno del control y la evaluación, muchos de los cuales requieren de instrumentos costosos y personal especializado.

La prevalencia de obesidad en niños y adultos ha aumentado cerca del 50% en los últimos 10 años, por lo que la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha considerado a la obesidad como una verdadera enfermedad epidémica, "El nuevo azote de la Humanidad" (World Health Organization , 2000).

En el 2010 la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) reveló que México es el país que ocupa la primera posición del mundo en Obesidad (69.5% de su población), por encima de Estados Unidos (67.3%) y Nueva Zelanda (62.6%), mientras que los que mostraron un menor promedio son: Japón (25.1%), Corea (30.5%) y Suiza (37.3%) (Auditoría Superior de la Federación, 2011). mientras que Monterrey ocupa el primer lugar en obesidad infantil a nivel internacional y el segundo en obesidad en general (García, 2010).

En la literatura relacionada con la actividad física de los habitantes de Nuevo León se encuentran trabajos en los que se analizan datos principalmente demográficos. Se encontró que el 62.6% de los habitantes del municipio de monterrey son físicamente inactivos; del total de inactivos 31.8% nunca han practicado actividades físico deportivas, y el restante 30.8% practicaron actividad físico deportiva alguna vez, pero dejaron de hacerlo para convertirse en personas que abandonaron la actividad física

(Zamarripa-Rivera, y otros, 2011). En la literatura no se encontraron datos de indicadores directos al estado físico de la población

Relacionado con lo anterior podemos hacer las siguientes afirmaciones:

- La VFC puede ser un indicador importante de las diferentes mejoras que la actividad física trae tanto a personas activas como inactivas.
- La VFC puede ser una herramienta sencilla de utilizar que no provoque aversión o rechazo al ejercicio como pudieran ser otros tipos de control como las pruebas incrementales de esfuerzo en banda “sinfín”, y más precisa que tests de campo como el test de Caminar 2 kms. del Urho Kaleva Kekonen Institute, UKK (Centeno Prada, y otros, 2005).

2.1. Justificación

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) permite estudiar de forma no invasiva la modulación autonómica de la función cardiovascular; una VFC disminuida predice eventos cardíacos adversos y mortalidad tanto en personas sanas como en aquellas con algún tipo de enfermedades cardiovasculares (ECV), y en el campo del rendimiento deportivo, se ha sugerido su uso como indicador no invasivo en la planificación y seguimiento del entrenamiento (Ortiz Guzmán, Mendoza Romero, Calderón, & Urbina, 2011). Por todo esto, determinar los cambios provocados por el programa universitario y su relación con la VFC aportaría

información relevante sobre su impacto en las personas que se sumen a su cumplimiento, tanto inactivas como activas, además de que puede constituirse como un parámetro para evaluar la efectividad del programa.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

El propósito del presente estudio fue establecer relaciones entre diferentes valores de la VFC y los cambios en la composición corporal y pruebas físicas que ocurren en sujetos tanto sedentarios como activos al cumplir un programa de actividad física.

3.2 Objetivos Específicos

- Conocer e identificar los cambios en la composición corporal con un programa de intervención
- Identificar los cambios en los indicadores de fuerza, resistencia aeróbica y composición corporal
- Comparar los valores de VFC y composición corporal al inicio y al final del protocolo de aplicación del programa de intervención (Programa Universitarios Activos y Saludables de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Anexo 1) según género y tipo de persona (activo o sedentario).

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Sedentarismo e Inactividad Física

4.1.1 Definición de “Sedentarismo” y su relación con la salud.

La palabra “Sedentario” se deriva del latín *sedentarius* y éste de *sedere*, que significa “estar sentado” (Real Academia Española, 2001). Booth, Chakravarthy, Gordon y Spangenburg definen el “Sedentarismo” en relación a la salud, como “el nivel de inactividad física debajo del umbral de ocurrencia de efectos saludables” (2002). Los profesionales del área de la salud reconocen la importante relación entre ejercicio físico y la salud, hasta el punto de manifestar que la inactividad y el sedentarismo son factores de riesgo (Annicchiarico Ramos, 2002), e incluso autores como Sallis y Owen consideran que los datos que relacionan el sedentarismo con el incremento de la incidencia de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) como hipertensión, hipercolesterolemia, diabetes, cáncer y enfermedades coronarias en la población de zonas urbanas, convierte a la inactividad física en “un problema tan preocupante para la salud pública como el tabaquismo, el colesterol en la sangre y la obesidad” (1999, en Zamarripa-Rivera y otros, 2011).

A este respecto, en la República Mexicana la mortalidad relacionada con las ECNT se ha incrementado de forma progresiva en los últimos 12 años; de 2000 a 2004, la proporción de la mortalidad general explicada por la

diabetes y las ECV se elevó de 24.9 a 28.7% en los hombres y de 33.7 a 37.8% en las mujeres, siendo desde entonces las dos causas de muerte más frecuentes en México (Córdova-Villalobos, y otros, 2008). Estos datos se corresponden con los porcentajes de mortalidad general en el continente americano por los mismos padecimientos (Gross-Galiano, citada en (La Prensa Gráfica, 2011).

4.1.2 El sedentarismo y la población joven en México

El sedentarismo hace más propensas a las personas a enfermar y adquirir más tempranamente signos de envejecimiento, conduce al sobrepeso, e incrementa las posibilidades de morbilidad y mortalidad en el hombre. Si bien todo ello es un obstáculo en la salud de las personas jóvenes y en edad productiva, más complicado es el cuadro desde que se ha alcanzado una expectativa de vida promedio de 85 años (Saavedra, 2000).

Si bien en todos los grupos de edad, regiones y niveles socioeconómicos del país se ha incrementado la prevalencia de la obesidad y el sobrepeso, ambas condiciones determinantes del desarrollo de ECNT relacionadas con la inactividad física, resulta alarmante el hecho de que los niños y jóvenes mexicanos están presentando enfermedades que antes sólo se veían en adultos, como diabetes tipo 2 o hipertensión (Mejía Rodríguez, Gómez Medina, & Villa Barajas, 2010), lo que se corresponde con los datos obtenidos en la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006 respecto a la

actividad física en la población mexicana de entre 10 y 19 años de edad; de acuerdo con el estudio, 35.2% de los adolescentes realizan 7 o más horas a la semana de actividad física clasificada como “intensa” (que requiere un gasto de energía equivalente a 5 MET/Hora) o “moderada” (actividades de menor intensidad pero que implican movimiento de todo el cuerpo, como caminar, limpiar la casa, arreglar el jardín), siendo clasificados como “activos”, mientras que el 24.4% llevan a cabo más de 4 horas pero menos de 7 por semana de tales actividades, correspondiéndoles por ello la clasificación “moderadamente activos”. El restante 40.4% fue clasificado como “inactivos” al realizar menos de 4 horas por semana de actividades “intensas” o “moderadas” (Olaiz-Fernández, y otros, 2006).

Aunque la filogenia del ser humano llevó al cuerpo a un diseño especial para el movimiento y la actividad física agotadora, los datos antes mencionados indican que el ejercicio no forma parte del estilo de vida normal de la juventud mexicana. No puede esperarse que el cuerpo humano funcione de modo óptimo y que permanezca sano durante largos períodos de tiempo si se abusa de él o si no es utilizado como debería (Heyward V. H., 2006).

4.2 Actividad Física y Ejercicio

4.2.1 Definiciones básicas

Roberts (citado por (Duperly, 2005), comenzó un artículo, publicado en un revista de cardiología en 1992, describiendo “un agente hipolipemiente,

antihipertensivo, inotrópico positivo, cronotrópico negativo, vasodilatador, diurético, anorexígeno, reductor de peso, catártico, hipoglicemiante, ansiolítico, hipnótico y con propiedades antidepresivas”. Contrario a lo que algunos lectores (médicos especialistas) pensaron con estas líneas, no se trataba de un avance en materia de fármacos o en tecnología, sino de “un arma preventiva y terapéutica al alcance de la humanidad desde hace miles de años: el ejercicio físico”.

Los organismos vivos suelen experimentar un aumento adaptativo de su capacidad funcional como respuesta al uso, y pierden capacidad funcional cuando no se usan. Con el uso, las estructuras de los tejidos se agrandan y se reorganizan, mientras que con el desuso los tejidos se reducen y se debilitan.

González-Aramendi define la **Actividad Física** como “cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que da lugar a aumentos sustanciales en el gasto energético” (2003, pág. 28). Se trata de un gasto de energía adicional al que necesita el organismo para mantener las funciones vitales como son la respiración, digestión, circulación de la sangre, etc. La contribución fundamental a la actividad física diaria se debe a actividades cotidianas como andar, transportar objetos, subir escaleras, hacer tareas domésticas, lavar el coche, hacer la compra, cuidar el jardín o sacar a pasear al perro (Márquez & Garatachea, 2010). Esta definición coincide con la que la OMS refiere en sus distintos reportes sobre salud, alimentación y actividad física.

Por otro lado, el concepto de **Ejercicio Físico** resulta referirse a una situación organizada intencionalmente con un fin específico de bienestar, al considerarse como el “conjunto de movimientos corporales planificados, estructurados y repetitivos desarrollados para mejorar o mantener uno o más componentes de la forma física y gozar de buena salud” (González Aramendi, 2003, pág. 29). Algunos ejemplos de ejercicio físico son andar o pasear en bicicleta, tomar clases de aerobics, hacer algunos recorridos en la alberca. Si el ejercicio físico se realiza como competencia que se rige por un reglamento establecido, se trata entonces del término “deporte” (Márquez y Garatachea, 2010).

Por su parte, la **Forma física** o **Condición Física** es una serie de atributos condicionales como la fuerza o la resistencia, que determinan la capacidad de realizar actividad física de manera específica, es decir: la adaptación a la actividad física varía según el tipo de ejercicio, pues el organismo se adapta de manera específica a las demandas que se le imponen. Éste es el llamado principio AEDI del ejercicio: Adaptación Específica a las Demandas Impuestas. Por lo tanto, un individuo puede estar capacitado para realizar un tipo de actividad física y no otro. La forma física depende tanto de factores genéticos como del tipo y niveles de actividad física de los individuos, de tal modo que es posible desarrollar programas específicos de ejercicio encaminados a la mejora de la forma física (ídem, 2010).

4.2.2 Medición del nivel de esfuerzo en la actividad física y el ejercicio.

Según Selye (citado en (Morehouse & Miller, 1976), se puede discriminar entre lo que él denomina “adaptación Superficial” y “profunda” al estrés, lo que aplica al ejercicio. La energía que se requiere para afrontar un estrés superficial, como un ejercicio moderado, se regenera con rapidez y el organismo se fortalece con esta experiencia. El estrés profundo, en cambio, como un ejercicio agobiante y continuo bajo tensión emocional constante, produce un daño irreparable, y la energía de adaptación no se regenera.

Durante el reposo, los requerimientos energéticos del cuerpo se satisfacen mediante el desdoblamiento de la molécula ATP (adenosintrifosfato), y el aporte de éste se repone constantemente con la energía proveniente de la oxidación de las sustancias nutricias. Pero, durante la actividad física, los requerimientos energéticos se multiplican. Un régimen de ejercicio puede aumentar varias veces los requerimientos energéticos. Si el ejercicio no es demasiado intenso, la reposición del ATP sigue dependiendo de la energía derivada del metabolismo aeróbico, según se refleja en el índice creciente de consumo de oxígeno, y se dice que el organismo está en una “fase estable” o “fase de equilibrio” (*steady state*). Si el máximo consumo de oxígeno no aporta suficiente energía para reponer el ATP con la misma rapidez en que se desintegra, el resto de la energía necesaria se obtiene del metabolismo anaeróbico, en el que el ácido pirúvico que se forma en la glucólisis se reduce a ácido láctico en vez de oxidarse a anhídrico

carbónico y agua. En el ejercicio de este tipo, el índice de consumo de oxígeno sigue siendo elevado una vez que aquél finaliza, y se va normalizando gradualmente en el periodo de recuperación.

Cuantificar el gasto energético durante una actividad física determinada permite valorar objetivamente qué tipo y nivel de actividad se relaciona con los diferentes efectos adaptativos, así como con el estado de salud del individuo. El requerimiento energético de una actividad puede expresarse como índice de consumo de oxígeno durante la actividad o como un múltiplo del índice metabólico en reposo. La unidad que se emplea para expresar el índice metabólico en condiciones basales de reposo, también llamado “Metabolismo Basal”, es el llamado “equivalente metabólico” o MET, que representa un múltiplo de la cantidad de oxígeno consumida en estado de reposo, la cual a su vez corresponde a 3.5 ml O₂/kg/min. Si al hacer cierto ejercicio una persona tiene un gasto de 10 MET, por ejemplo, significa que ha consumido 10 veces la cantidad de oxígeno que normalmente consumiría si estuviera en reposo (Olaiz-Fernández, y otros, 2006).

Morehouse y Miller (1976) usaron una clasificación aproximada de la intensidad de trabajo de un estudiante universitario norteamericano promedio de educación física (tabla 1). En el caso de sujetos con una forma física pobre y de mayor edad estos valores serían mucho más bajos.

Tabla 1. Clasificación Metabólica del Esfuerzo en un estudiante promedio de educación física norteamericano (Morehouse y Miller, 1977).

Clasificación	MET	VO₂ (litros/min)	Kcal/min
Muy liviano	<2.5	<0.5	<3.5
Liviano	2.5 – 5.0	0.5 – 1.0	3.5 – 5.5
Moderado	5.0 – 7.5	1.0 – 1.5	5.5 – 8.0
Pesado	7.5 – 10.0	1.5 – 2.0	8.0 – 10.5
Muy pesado	>10.0	>2.0	>10.5

En la actualidad, para clasificar el nivel de exigencia de la actividad física, se han desarrollado los llamados Cuestionarios Internacionales de Actividad Física (IPAQ, por sus siglas en inglés), que pueden ser aplicados de manera sencilla e incluso por teléfono o auto administrada. El propósito de los cuestionarios es proveer instrumentos comunes que pueden ser usados para obtener datos internacionalmente comparables relacionados con actividad física relacionada con salud. El desarrollo de los IPAQ comenzó en Ginebra en 1998 y fue seguida de un extensivo examen de confiabilidad y validez hecho en 12 países (14 sitios) en el año 2000. Los resultados finales sugieren que estas medidas tienen aceptables propiedades de medición para usarse en diferentes lugares y en diferentes idiomas, y que son apropiadas para estudios nacionales poblacionales de prevalencia de participación en actividad física (Ainsworth, y otros, 2000).

Existen dos versiones del IPAQ: una versión corta y una versión larga. La versión larga mide el nivel de actividad física a través de preguntas en cuatro dominios: laboral, doméstico, de transporte y del tiempo libre. La

versión corta indaga la actividad en 4 preguntas generales relacionadas directamente con 2 niveles de actividad (vigoroso, moderado) más el tiempo que se caminó y se estuvo sentado durante una semana. El indicador de actividad física se expresa tanto de manera continua, en MET-minutos/semana, como de manera categórica, clasificando el nivel de actividad física en bajo, moderado o alto (Serón, Muñoz, & Lanas, 2010). El protocolo de calificación del IPAQ considera como actividades de intensidad vigorosa las que alcanzan los 8 MET, mientras que las que alcanzan entre 3.3 (correspondiente a caminar a paso ligero) y 4 MET son clasificadas como actividades de intensidad moderada. Menos de 3.3 MET corresponde a intensidad baja.

4.2.3 Efectos benéficos del ejercicio físico en relación con la prevención de Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT).

El ejercicio físico ha demostrado ampliamente su efecto favorable sobre el metabolismo de los carbohidratos tanto a nivel epidemiológico como experimental, modificando así un aspecto central del riesgo cardiovascular del paciente obeso y diabético. Grandes trabajos epidemiológicos prospectivos realizados tanto en mujeres como en hombres han podido demostrar una menor incidencia de diabetes mellitus tipo 2 (DM2) en individuos físicamente activos, aun después de controlar los factores de riesgo más importantes como índice masa corporal (IMC), distribución del tejido adiposo e historia familiar de diabetes. Igualmente, se han realizado

estudios transversales en ambos sexos, encontrándose mayores niveles de insulinemia basal en individuos sedentarios que en deportistas. En los hombres de mayor edad esta relación persiste, aun después de corregir los factores de riesgo ya mencionados. Existe una correlación positiva entre el consumo de oxígeno máximo (VO₂ max), como indicador de la capacidad aeróbica y la captación tisular de glucosa como reflejo de la sensibilidad a la insulina, independientemente de la edad y del peso corporal. La edad parece desempeñar un papel importante en el desarrollo de la resistencia a la insulina, en especial cuando se asocia a menores niveles de actividad física y obesidad.

Un segundo efecto metabólico, quizás el más importante descrito hasta el momento, es la síntesis y expresión aumentada de la proteína transportadora de glucosa (GLUT4) a nivel de la célula muscular como respuesta al ejercicio. Se ha podido demostrar, tanto un incremento en los niveles de mRNA para GLUT4 a nivel intracelular como una mayor expresión de esta proteína a nivel de la membrana celular después del ejercicio físico. Estos efectos han sido documentados experimentalmente en animales y humanos de diferentes edades, como respuesta no sólo al ejercicio de tipo aeróbico sino también como resultado de un entrenamiento de fuerza. Es interesante resaltar que estos cambios se evidencian en el músculo esquelético después de pocas contracciones y desaparecen rápidamente después de pocos días de reposo muscular. Por otra parte existen numerosas adaptaciones metabólicas y ultraestructurales, en

especial a nivel del metabolismo de la glucosa y los lípidos. Se han documentado una mejor capacidad oxidativa tanto para la glucosa como para los ácidos grasos, debido a una mayor población y tamaño de mitocondrias ricas en enzimas oxidativas y transportadores de membrana.

El tercer cambio metabólico de importancia se encuentra a nivel de la síntesis de glucógeno muscular regulada por la actividad de la glucógeno sintetasa. Esta vía metabólica no oxidativa de la glucosa se ve favorecida como resultado del entrenamiento aeróbico y de fuerza. La tasa de resíntesis de glucógeno muscular posterior al ejercicio depende, entre otros del tipo de ejercicio, del aporte de oxígeno a la mitocondria, de la disponibilidad de glucosa y de los niveles tisulares de insulina y sus hormonas contraregulatoras. El ejercicio intenso, de corta duración es capaz de producir incrementos en la síntesis de glucógeno muscular mucho mayores que el ejercicio aeróbico de baja intensidad, probablemente debido al reclutamiento preferencial de fibras rápidas, a los mayores niveles de insulina y glucosa, y seguramente a niveles intracelulares mayores de intermediarios metabólicos como el lactato. El incremento en la actividad de la glucógeno sintetasa como respuesta al ejercicio aeróbico ha sido demostrada tanto en animales como en humanos con diagnóstico de diabetes mellitus tipo 2.

En cuanto a las adaptaciones estructurales de aparatos y sistemas, el ejercicio físico es un comportamiento que intensifica sobremanera el funcionamiento del sistema cardiovascular. Parámetros como la frecuencia

cardiaca (FC), volumen sistólico y consecuentemente el débito cardiaco, aumentan significativamente durante una sesión de ejercicio físico (Negrão, Forjaz, Moraes, Rondon, & Brum, 1996).

La OMS, en relación a la prevención de ECNT, propone que, en cuanto a actividad física, la meta que debe perseguir la población que lleva un estilo de vida y ocupaciones sedentarias, se centre en “mantener un peso corporal saludable”, recomendando para ello “un total de una hora diaria de ejercicio de intensidad moderada, como caminar, la mayoría de los días de la semana”, y afirma que tal recomendación “está basada en cálculos del equilibrio energético y en un análisis de los numerosos trabajos publicados acerca de la relación entre el peso corporal y la actividad física con el resultado de una mayor longevidad y un envejecimiento sano” (p. 65). Sin embargo, la propia OMS señala que estas orientaciones no deben ser tomadas de forma dogmática, y hace comentarios sobre otra recomendación ampliamente extendida, la de realizar actividad física moderada o intensa durante 30 minutos 3 veces por semana:

“En un simposio reciente sobre la relación dosis-respuesta entre la actividad física y la salud se aportaron datos demostrativos de que 30 minutos de actividad moderada son suficientes en lo que atañe a la salud cardiovascular/metabólica, pero no respecto de todos los beneficios para la salud. Dado que la prevención de la obesidad es una de las metas de salud fundamentales, la recomendación de 60 minutos diarios de actividad física moderada se considera apropiada. La actividad de intensidad moderada se considera suficiente para lograr un

efecto preventivo en la mayoría de las enfermedades cardiovasculares y metabólicas, si no todas, que se examinan en el presente informe. Una actividad física más intensa tiene más efecto en algunos aspectos de la salud, aunque no en todos, pero supera la capacidad y la motivación de la inmensa mayoría de la población” (Consulta Mixta OMS/FAO de Expertos en Régimen Alimentario, Nutrición y Prevención de Enfermedades Crónicas, 2003, págs. 65-66).

4.2.4 Dieta, actividad física y aumento excesivo de peso y obesidad

“Una combinación de actividad física, diversidad de alimentos e interacción social amplia constituye probablemente el perfil del modo de vida más adecuado para optimizar la salud” (Consulta Mixta OMS/FAO de Expertos en Régimen Alimentario, Nutrición y Prevención de Enfermedades Crónicas, 2003, pág. 53). Las tasas de mortalidad aumentan a medida que lo hacen los grados de exceso de peso medidos en función del Índice de Masa Corporal (IMC). A medida que aumenta el IMC, también lo hace la proporción de personas con una o más afecciones asociadas. En un estudio realizado en los Estados Unidos (Manson, y otros, 1995), más de la mitad (53%) de las defunciones ocurridas entre mujeres con un IMC superior a 29 kg/m podían atribuirse directamente a su obesidad. Entre los hábitos alimentarios que se han relacionado con el exceso de peso y la obesidad figuran la frecuencia de las comidas y de los tentempiés entre comidas, los episodios de ingestión compulsiva de alimentos, las comidas fuera de casa y la lactancia materna exclusiva (efecto de protección). Entre

los factores relacionados con los nutrientes que se están investigando cabe citar las grasas, el tipo de carbohidratos (incluidos los refinados como el azúcar), el índice glucémico de los alimentos, y la fibra. Los aspectos ambientales tienen una importancia clara, en especial porque muchos entornos se están haciendo cada vez más «obesogénicos» (favorecedores de la obesidad).

La actividad física es un importante determinante del peso corporal. Además, la actividad física y la buena forma física (entendiendo por tal la capacidad para realizar actividad física) influyen en gran manera en la mortalidad y la morbilidad relacionadas con el exceso de peso y la obesidad. Hay pruebas contundentes de que los niveles moderados a altos de forma física conllevan un riesgo considerablemente menor de ECV y mortalidad por todas las causas, y de que esos beneficios se aplican a todos los grados del IMC. Además, una buena forma física protege contra la mortalidad en todos los niveles de IMC en los hombres con diabetes. La baja forma cardiovascular es una afección grave y común asociada a la obesidad, y una proporción considerable de las defunciones que se registran entre las personas con sobrepeso u obesas se debe probablemente a una baja forma cardiorrespiratoria, más que a la obesidad en sí. La buena forma física, a su vez, depende en gran medida de la actividad física, además de los factores genéticos. Esas relaciones subrayan el papel de la actividad física en la prevención del sobrepeso y la

obesidad, con independencia de los efectos de la actividad física en el peso corporal”.

“La asociación entre aumento excesivo de peso, adiposidad central y aparición de diabetes de tipo 2 es convincente. La relación ha quedado demostrada repetidamente en estudios longitudinales realizados en distintas poblaciones, que han puesto de manifiesto un claro gradiente de riesgo paralelo al aumento del IMC, el aumento de peso en el adulto, la circunferencia de la cadera y la relación cintura/cadera. De hecho, estas dos últimas medidas (que reflejan la adiposidad abdominal o visceral) son preferibles al IMC como indicadores del riesgo ulterior de diabetes de tipo 2 (Després, 2001). La adiposidad central también es un importante determinante de la resistencia a la insulina, fallo subyacente en la mayoría de los casos de diabetes de tipo 2. La pérdida voluntaria de peso mejora la sensibilidad a la insulina (McAuley, y otros, 2002) y, según se ha observado en varios ensayos controlados aleatorizados, reduce el riesgo de progresión de una menor tolerancia a la glucosa a la diabetes de tipo 2 (Tuomilehto, y otros, 2001).

Estudios longitudinales han revelado claramente que el aumento de la actividad física reduce el riesgo de padecer diabetes de tipo 2 con independencia del grado de adiposidad (Manson, y otros, 1992); (Kriska, y otros, 1993). El ejercicio vigoroso (por ejemplo, un esfuerzo de intensidad equivalente al 80%-90% del ritmo cardiaco máximo previsto para la edad durante al menos 20 minutos como mínimo cinco veces a la semana)

puede aumentar sustancialmente la sensibilidad a la insulina. No se han determinado la intensidad y la duración mínimas de la actividad física necesaria para mejorar la sensibilidad a la insulina.

Debido al «efecto retardado» de los factores de riesgo de las ECV, las actuales tasas de mortalidad son consecuencia de una exposición anterior a factores comportamentales de riesgo, como una alimentación inadecuada, una actividad física insuficiente y un mayor consumo de tabaco. El exceso de peso, la obesidad central, la hipertensión, las dislipidemias, la diabetes y la baja forma cardiorrespiratoria se encuentran entre los factores biológicos que más contribuyen al incremento del riesgo.

Se observa sistemáticamente una relación dosis-respuesta inversa entre la actividad física y el riesgo de ECV, especialmente de cardiopatía coronaria, con independencia de que se considere la duración o la intensidad del esfuerzo. Esa relación se aplica tanto a la incidencia de todas las ECV y de la cardiopatía coronaria como a las tasas de mortalidad por esas causas. Por el momento no se ha hallado una relación dosis-respuesta coherente entre el riesgo de accidente cerebrovascular y la actividad física. No se han establecido con seguridad los límites inferiores de la duración o la intensidad de la dosis de actividad física que tiene efecto protector, pero se considera suficiente la recomendación actual de un mínimo de 30 minutos de actividad física de intensidad cuando menos moderada la mayoría de los días de la semana. Una mayor cantidad o intensidad de ejercicio tendrían un mayor efecto protector. La cantidad recomendada de actividad física es

suficiente para mejorar la salud cardiovascular hasta el nivel comprobadamente asociado a un menor riesgo de ECV. Las personas no acostumbradas a hacer ejercicio regularmente o con un perfil de alto riesgo de ECV deben evitar las sesiones súbitas de actividad física muy intensa (Consulta Mixta OMS/FAO de Expertos en Régimen Alimentario, Nutrición y Prevención de Enfermedades Crónicas, 2003).

Por otro lado, en relación al cáncer, se calcula que el peso corporal y la inactividad física son responsables de entre la quinta y la tercera parte de varios de los cánceres más comunes, concretamente los cánceres de mama (posmenopáusicos), colon, endometrio, riñón y esófago (adenocarcinoma). Como recomendación para prevenir el cáncer, se recomienda mantener una actividad física regular. El objetivo primordial debe ser hacer ejercicio la mayoría de los días de la semana; en las personas con ocupaciones sedentarias, 60 minutos diarios de una actividad de intensidad moderada, como caminar, pueden ser necesarios para mantener un peso corporal saludable. Una actividad más vigorosa, como caminar a paso ligero, podría tener un efecto adicional de prevención del cáncer (Centro Internacional de Investigaciones sobre el cáncer, 2002).

También existen pruebas convincentes de que la actividad física, en particular aquella que mantiene o incrementa la potencia muscular, la coordinación y el equilibrio como determinantes importantes de la propensión a las caídas, es beneficiosa para prevenir las fracturas osteoporóticas. Además, una actividad regular de levantamiento de pesos

a lo largo de toda la vida, especialmente de forma vigorosa y con participación de los huesos, aumenta la masa ósea máxima durante la juventud y ayuda a conservar la masa ósea más adelante en la vida.

La OMS (Consulta Mixta OMS/FAO de Expertos en Régimen Alimentario, Nutrición y Prevención de Enfermedades Crónicas, 2003, pág. 149) elaboró una tabla resumen de la evidencia de factores selectos de la actividad física y el peso corporal en relación a las ECNT, además de las enfermedades dentales y la osteoporosis (tabla 2).

Tabla 2. Factores selectos de la actividad física y el peso corporal en relación a las Enfermedades Crónicas No Transmisibles, enfermedades dentales y osteoporosis (Fuente: Organización Mundial de la Salud (2003). *Dieta, Nutrición Y Prevención De Enfermedades Crónicas, Serie de Informes Técnicos*; 916, Ginebra).

FACTORES DEL PESO Y LA ACTIVIDAD FÍSICA	Obesidad	Diabetes Tipo II	ECV	Cáncer	Enfermedades Dentales	Osteoporosis
Obesidad abdominal		Aumento de Riesgo, Convinciente				
Sobrepeso y obesidad		Aumento de Riesgo, Convinciente	Aumento de Riesgo, Convinciente	Aumento de Riesgo, Convinciente		
Pérdida de peso voluntaria en las personas obesas o con sobrepeso		Disminución del riesgo, convincente				
Peso corporal bajo						Aumento de Riesgo, Convinciente
Actividad física regular	Disminución del riesgo, convincente		Disminución del riesgo, convincente			
Inactividad física/modo de vida sedentario	Aumento de Riesgo, Convinciente	Aumento de Riesgo, Convinciente				

4.3 Dosificación del Ejercicio Físico

4.3.1 Criterios básicos

Una correcta prescripción de ejercicio físico, individualizada y sistematizada, requiere de metodologías apropiadas para evaluar las necesidades y carencias específicas de cada individuo. Sin embargo, los especialistas en promover la salud a través del consejo o la prescripción de actividad física en nuestro ámbito (educadores físicos, médicos, epidemiólogos, psicólogos, expertos en política sanitaria, etc.) han venido teniendo serias dificultades para evaluar y controlar los efectos de los programas de ejercicio físico, ya que las baterías existentes hasta el momento han sido poco aplicables (gran número de pruebas), han incorporado con frecuencia pruebas basadas en el rendimiento y, en general, los valores normativos han sido obtenidos en población anglosajona o escandinava (Rodríguez, Valenzuela, Gusi, Nacher, & Gallardo, 1998).

Según Pate (1983) considerando dos orientaciones fundamentales de la forma física (orientación deportiva y orientación relacionada con la salud), es posible distinguir sus componentes fundamentales (tabla 3). Mientras que los factores relacionados con el rendimiento dependen fundamentalmente de factores genéticos, los componentes relacionados con la salud se ven más influenciados por las prácticas físicas, asociándose con un bajo riesgo de desarrollar, prematuramente, enfermedades

derivadas del sedentarismo (Bouchard, 1994). Las orientaciones hacia la salud deberían aunar los siguientes criterios (Pate R. , 1988, pág. 177):

- Debería referirse a las capacidades funcionales necesarias para verse envuelto en actividades diarias.
- Debería recoger las manifestaciones de los resultados saludables de altos niveles de actividad física habitual.
- Debería emplear un lenguaje claro y fácil de poner en práctica por los educadores físicos.

Tabla 3. Componentes Fundamentales de la Condición Física (modificado de Pate, 1983).

Condición Física	Condición Física relacionada con la Habilidad Atlética	Condición Física relacionada con la Salud
Agilidad	✓	
Equilibrio	✓	
Coordinación	✓	
Velocidad	✓	
Potencia	✓	
Tiempo de Reacción	✓	
Resistencia Cardiorrespiratoria	✓	✓
Resistencia Muscular	✓	✓
Fuerza Muscular	✓	✓
Composición Corporal	✓	✓
Flexibilidad	✓	✓

Devís y Peiró plantean la interrogante: “¿se puede tener una buena condición física y no estar sano?, ¿y tener mala condición física y estar sano?, o ¿qué niveles de condición física son los adecuados para la salud?” (1993, pág. 74). En relación con las dos primeras cuestiones, Morehouse y Gross (1976) ya dijeron que se puede tener buena condición física y no estar sano, y lo hicieron con un ejemplo drástico, pero esclarecedor:

“Hace unos años estaba [Morehouse] en un picnic de la facultad, nadando con mi colega John Sellwood. [Éste último] estaba muriéndose de cáncer de pulmón. Le habían extirpado un pulmón y el otro lo tenía infectado. Al día siguiente tenía que acudir al hospital. Los dos habíamos sido nadadores en la facultad. Después de estar nadando durante un rato me dijo: "Te reto a nadar 50 yardas." Yo le respondí: "Ya me has tocado mi punto flaco", y pensé que partía con una ventaja injusta. Comenzamos la carrera muy igualados. Finalmente me ganó y eso que no me dejé ganar. Al día siguiente, ingresó en el hospital y un mes más tarde murió. (p.47)”

Autores como Clarke (1979) y Pate (1983) coinciden en el criterio de 4 componentes básicos sobre los que debe influir el ejercicio físico que se programe con una clara intencionalidad de salud:

- Resistencia Cardiorrespiratoria
- Fuerza y resistencia muscular
- Composición corporal
- Flexibilidad

A continuación se describen cada uno de los 5 factores relacionados con la salud y se comentan criterios y pruebas para su valoración.

4.3.2 Resistencia Cardiorrespiratoria.

Es la capacidad del corazón, los pulmones y el sistema circulatorio para suministrar oxígeno y nutrientes de manera eficiente a los músculos que trabajan; la mejora de la capacidad aeróbica es uno de los beneficios más importantes que se obtiene de los programas de entrenamiento aeróbicos. Numerosos estudios han demostrado una relación directa entre la condición cardiorrespiratoria y la salud cardiovascular (Bouchard, Physical activity, fitness, and health: overview of the consensus symposium, 1994) y el riesgo de mortalidad general y por diversas causas (Blair, y otros, 1989). Los dos indicadores de la condición cardiorrespiratoria relacionados con la salud más ampliamente reconocidos son el consumo máximo de oxígeno y la capacidad de realizar un ejercicio submáximo durante un período prolongado de tiempo. Si bien la relación entre la salud y el consumo máximo está mejor establecida, su medición directa precisa de un esfuerzo de intensidad máxima, lo cual supone un riesgo de accidente en sujetos con patologías silentes, especialmente de tipo cardiovascular (Siscovick, Weiss, Fletcher, & Lasky, 1984); (American College of Sports Medicine, 1991). Además, requieren una infraestructura material costosa y personal altamente especializado. Las pruebas submáximas son más seguras y permiten estimar el consumo máximo de oxígeno a costa de una cierta

pérdida de validez. Las pruebas de campo suelen ser más económicas, sencillas y aplicables pero generalmente menos válidas y fiables que las de laboratorio (Skinner & Oja, 1994). La prescripción de ejercicio físico suele incluir actividades naturales como correr y caminar. En ese sentido las pruebas de campo suelen ser no sólo más aplicables sino también más transferibles. Considerando que parte de los adultos examinados pueden tener una tolerancia al ejercicio muy baja o padecer problemas músculo-esqueléticos o articulares, se sugiere la aplicación de pruebas de caminar por su menor impacto osteoarticular. Las pruebas más válidas y fiables de estimación del consumo máximo de oxígeno mediante la aplicación de pruebas de caminar son: a) la prueba de 1 milla denominada Rockport Walking Test (Kune, y otros, 1987) y b) la prueba de 2 km (Oja, Laukkanen, Pasanen, Tyry, & Vuori, 1991). Estos autores, al analizar comparativamente las pruebas de 1, 1,5 Y 2 km, constataron que los examinados preferían la de 2 km. Dicha prueba presenta niveles de eficiencia muy satisfactorios (más del 85% de validez comparativa y más del 90% de fiabilidad test-retest) y puede considerarse además como segura, aplicable y económica.

4.3.3 Fuerza y resistencia muscular

Se refiere a la resistencia de un músculo o grupo muscular al cansancio durante una contracción repetida (Cebrián Negrillo, 2007). Muchos mecanismos podrían ser los responsables en el posible efecto de la fuerza y resistencia del tronco como protección sobre la salud. Bouchard (1994)

estudió la capacidad de contracción de los músculos de la espalda y su relación con la musculatura abdominal, encontrando que estos sufren menor tensión debido a una mayor perfusión de las fibras activas, menos isquemia local y menor fatiga ante una carga. También se ha demostrado un notable efecto benéfico cuando se aplica un programa de ejercicios de fortalecimiento abdominal y lumbar acompañado de toma de conciencia corporal en alumnos (niños y adolescentes) de educación básica (Rodríguez García, s/a). La fuerza-resistencia abdominal es valorada habitualmente mediante dos pruebas distintas: a) flexiones ventrales sentado o "sit-ups" y b) encogimientos o "crunches". Durante las flexiones la intervención de los flexores y extensores de la cadera es mayor que las de los músculos abdominales. Además, los sujetos con una musculatura abdominal demasiado débil para fijar la cadera corren el riesgo de realizar una hiperextensión lumbar peligrosa (Norris, 1993). En cambio, los encogimientos requieren primordialmente la fuerza abdominal. Esta última prueba ha sido ampliamente difundida en Canadá al adoptarla la organización gubernamental Condition Physique et Sport Amateur du Canada (Faulkner, Springs, & McQuarrie, 1989). Los protocolos de ejecución empleados difieren en el ángulo de flexión de las rodillas (90 ó 140°) y el recorrido de las manos al abandonar la colchoneta o el suelo. El protocolo con flexión de rodillas de 140° se mostró más consistente que el de 90°, sin embargo este último es más utilizado por su más fácil estandarización. La técnica de alcanzar la rodilla presentó una mayor

fiabilidad intra-observador ($r=0,93$; (Hyytiäinen, Salminen, Suvitie, Wickström, & Pentti, 1991). Por otro lado, la técnica de deslizamiento sobre la colchoneta permite adaptar la distancia de recorrido a las características de cada sujeto o población. En consecuencia, la prueba que cumple mejor los criterios fijados es la de flexión de 90° y deslizamiento de la mano sobre la colchoneta.

4.3.4 Composición corporal

Para hacer una valoración del estado nutricional del ser humano es preciso considerar el cuerpo dividido en compartimentos. La distribución de los tejidos del cuerpo humano en este conjunto de compartimentos es lo que se conoce como composición corporal, llevando implícito varios componentes que se constituyen como indicadores del estado de salud del sujeto, tales como el índice de masa corporal, el contenido de grasa corporal, la distribución subcutánea y la densidad ósea. Los estudios pueden hacerse partiendo de 2, 3 ó 4 componentes: a) fraccionamiento en dos componentes (peso corporal = peso graso + masa magra); b) fraccionamiento en tres componentes (peso corporal = peso graso + peso ósea + peso residual); c) fraccionamiento en cuatro componentes (peso corporal = peso graso + peso óseo + peso muscular + peso residual). Se ha demostrado que el exceso de grasa corporal (obesidad) es un importante factor de riesgo para la salud de la población en la mayoría de países industrializados (Bouchard, Shephard, & Stephens, 1994). La primera

conferencia internacional sobre el control del peso celebrada en Montreaux, Suiza en 1985, como así también el Simposium de Consenso Internacional sobre Actividad Física, Condición Física y Salud celebrado en Toronto en 1992, concluyeron que la definición operativa más simple y aceptada del peso ideal venía determinada por el índice de masa corporal (IMC o índice de Quetelet, peso en kg dividido por la talla en metros al cuadrado) según los valores normativos para cada edad, sexo y raza (Bouchard, Shephard, & Stephens, 1994). El método para valorar la masa corporal grasa, basado en la estimación de la densidad corporal mediante la medición de tres pliegues cutáneos y el uso de ecuaciones cuadráticas generalizadas que tienen en cuenta la edad del sujeto, desarrolladas y validadas para hombres adultos (Jackson & Pollock, Generalized equations for predicting body density in men, 1978) y para mujeres adultas (Jackson, Pallock, & Ward,, 1980) es probablemente la mejor elección para estudios de campo en personas adultas.

4.3.4.1 Evaluación de la composición Corporal. La Antropometría es un instrumento de trabajo, que procede de los términos griegos “Antropos” y “Metros”, significando hombre y medidas respectivamente. El Diccionario Terminológico de Ciencias Médicas la define como “la ciencia que estudia las proporciones del cuerpo humano por procedimientos de medición (1974). Años después se la define como “El estudio del tamaño, forma, proporcionalidad, composición, maduración biológica y función corporal;

con el objeto de entender el proceso del crecimiento, el ejercicio, el rendimiento deportivo, y la nutrición” (Drinkwater & Ross, 1980).

La antropometría, al igual que cualquier otra ciencia, depende de la estricta adhesión a un protocolo de reglas de medición determinado por los organismos normativos nacionales e internacionales. La antropometría es una ciencia muy antigua y como tantas, ha evolucionado siguiendo una variedad de caminos. Las normas antropométricas internacionales son las aplicadas por la Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría (International Society for the Advancement of Kinanthropometry).

En el análisis de la composición corporal está muy extendido el uso de tablas que correlacionan peso y altura para evaluar el grado de “sobrepeso” basado en la edad. Sin embargo tales tablas no proporcionan una información fiable con respecto a la composición o calidad relativa del peso corporal del individuo (Mc Ardle, Katch y Katch 1990). Por ellos es necesario contar con técnicas o parámetros que permitan la evaluación de la composición corporal cuantificando los principales componentes estructurales del cuerpo: tejido muscular, óseo y graso. La amplia variedad de métodos para determinar la composición corporal, pueden ser divididos en tres niveles según Martín y Drinkwater (1991):

1. Métodos Directos.- Es un método que se basa en el proceso de disección de cadáveres. Solo hay 8 cadáveres en los que la grasa

corporal ha sido medida directamente por disección anatómica y extracción con éter. Posteriormente, en 25 cadáveres más fueron pesados todos sus componentes, pero ninguno era comparado con una técnica indirecta.

2. Métodos Indirectos.- Llamados “in vivo”. Sirven para calcular cualquier parámetro, como la cantidad de grasa. Supone una relación cuantitativa constante entre diferentes variables.
3. Métodos doblemente indirectos.- Resultan de ecuaciones derivadas (a su vez) de algún método indirecto (ejemplo, la antropometría), la cual es un método que, por su accesibilidad y bajo costo, es uno de los más difundidos en la valoración de un deportista. A partir de la densidad corporal de una muestra determinada, se calcula una ecuación matemática que nos permite valorar las masas de otras muestras, a partir de la toma de determinados pliegues cutáneos y diámetros óseos, los cuales se describen a continuación:

La The International Society for the Advancement of Kinanthropometry promueve el uso de las siguientes referencias Antropométricas (2001)

- Acromial.- Es el punto más lateral del borde superior externo del acromion.
- Cóndilos Femorales.- Debemos distinguir entre cóndilo medial y lateral. Los puntos se localizan en el punto más distal del Fémur.

- Estiloideo.- Se debe distinguir entre estiloideo radial, el punto más distal de la apófisis estiloides del radio y el punto estiloideo cubital, el punto más distal de la apófisis estiloide cubital.
- Radial.- Es el punto más craneal del borde superior y lateral de la cabeza del radio.
- Vértex.- Es el punto más elevado de la cabeza cuando esta se encuentra en el plano de Frankfort.
- Altura.- Es la distancia entre Vértex y las plantas de los pies. El sujeto permanece de pie, guardando la posición anatómica con los talones, glúteos y espalda en contacto con el plano vertical del tallímetro y la cabeza en el plano de Frankfort. El valor de los datos se expresa en centímetro.
- Peso.- El sujeto permanece colocado en el centro de la báscula con el peso distribuido en los dos pies y en posición funcional, de espaldas al registro de la medida, el cuerpo no podrá contactar con nada. Está expresado en kilogramos.
- Perímetros.- El sujeto se encuentra de pie con el peso del cuerpo repartido en ambos pies y con ligera separación de estos. Se manipula la cinta métrica con la mano derecha y su extremo con la izquierda. Se pasa alrededor de la zona a medir, sin comprimir el tejido adiposo subcutáneo.

Todas las mediciones se expresan en centímetros. Los perímetros a estudiar son los siguientes:

- Brazo Relajado.- Las extremidades superiores se encuentran colgado, relajadas, con las palmas de las manos mirando a los muslos. El punto de medida se localiza en la mitad de la distancia Acromio-Radial. La cinta es colocada perpendicular al eje longitudinal del brazo.
- Brazo Contraído y Flexionado.- El brazo se coloca en 90° de flexión y el antebrazo en supinación y flexión de 45°. El sujeto realizará la máxima contracción y el perímetro se toma en el punto donde se alcanza la mayor circunferencia.
- Cintura.- El perímetro se toma en el nivel más estrecho, entre el borde del costal inferior (10ma costilla) y la cresta ilíaca. El antropometrista se ubica al frente del sujeto, quien tiene los brazos levemente en abducción, para permitir que la cinta corra alrededor del abdomen. El sujeto deberá respirar normalmente y la medición se toma al final de una espiración (al final del volumen tidal). Si no existe una cintura mínima obvia, la medida se tomará en el punto medio entre el borde del costal inferior (10ma costilla) y la cresta ilíaca.
- Cadera.- El perímetro se toma en el nivel posterior máximo de la protuberancia de los glúteos, el cual usualmente se encuentra a la altura de la sínfisis púbica
- Pierna.- La posición del sujeto es similar a la anterior. La cinta se coloca paralela al suelo y se desplaza arriba y abajo, siempre perpendicular al eje longitudinal de la pierna, hasta encontrar el máximo perímetro de circunferencia.

Diámetros.- Para la medida entre estos puntos anatómicos debemos utilizar el paquímetro (antropómetro corto). Las medidas se realizan en centímetros. Los diámetros a estudiar son los siguientes

- Biepicondíleo del humero.- Es la distancia entre el epicóndilo y la epitroclea del húmero. El sujeto se encuentra sentado con el brazo y antebrazo en flexión de 90° y éste último estará supinado. El antropometrista se posiciona frente al sujeto palpando los puntos de medida y las ramas del antropómetro se colocan dirigidas hacia arriba, en posición oblicua.
- Biestiloideo.- Es la distancia entre la apófisis estiloide del radio y del cúbito. El sujeto se coloca de pie con el brazo colgando a ambos lados del tronco, el antebrazo en pronación y flexionado 90° y la mano en flexión. Las puntas del paquímetro se dirigen hacia abajo en la bisectriz del ángulo de la muñeca. El antropometrista se encuentra frente al sujeto.
- Bicondíleo de fémur.- Es la distancia entre el cóndilo medial y lateral del fémur. El sujeto estará sentado con caderas, rodillas y tobillos en 90° de flexión. El antropometrista se encuentra de pie frente al sujeto y las ramas del paquímetro se coloca ligeramente hacia abajo, en la bisectriz del ángulo recto formado a nivel de la rodilla.

Pliegues cutáneos: entre los dedos pulgar e índice de la mano no dominante se obtiene un pliegue de piel y tejido adiposo subcutáneo, evitando incluir musculo (Lohman, Roche, & Martorell, 1988). Este pliegue

se realiza aproximadamente a 1 cm del lugar donde se tomara la medida, lo cual es necesario para que la presión de los dedos no afecte a dicho valor. Con la mano dominante se coloca el calibrador a 1 cm del punto de agarre sin soltar el pliegue, debiendo permitir que la presión tenga efecto. La lectura se realiza a los dos o tres segundos de haber aplicado el calibrador tal como recomiendan Kramer y Ulmer (1981)

- Pliegue de Tríceps.- Se encuentra situado en el punto medio de la distancia Acromio-Radial, en la parte posterior del brazo. Es vertical y paralelo al eje longitudinal del brazo, estando este relajado.
- Pliegue Subescapular.- Se toma en el ángulo inferior de la escápula, con una inclinación de 45° respecto al horizontal, oblicuamente hacia abajo y afuera. Los brazos estarán relajados a los lados del cuerpo.
- Pliegue del Bíceps.- Se sitúa en la parte anterior del brazo. El pliegue es vertical y paralelo al eje longitudinal del brazo, se toma a 1cm. Por encima del punto el cual se obtiene el pliegue tricpital. La palma de la mano estará dirigida hacia delante.
- Pliegue Supraespinal.- el sitio en la inserción de dos líneas la línea desde la marca ilioespinal marcada hasta el borde axilar anterior y la línea horizontal a nivel de la marca iliocristale, el pliegue corre en un ángulo de 45° siguiendo el clivaje natural de la piel.
- Pliegue Abdominal.- El sitio se identifica en el lado derecho del sujeto, con una marca longitudinal a 5cm del punto medio del ombligo. El panículo corre verticalmente.

- Pliegue Pantorrilla Medial.- El sujeto asume una posición relajada de pie con los brazos al lado del cuerpo y el pie derecho sobre el cajón de medición. La rodilla derecha esta flexionada en un ángulo aproximado de 90°. El pie derecho del sujeto esta sobre el cajón de medición, con la pantorrilla relajada. El pliegue corre paralelo al eje longitudinal de la pierna.

4.3.5 Flexibilidad.

Entendida como la capacidad de extensión máxima de un movimiento en una articulación determinada, la flexibilidad, también llamada “amplitud de movimiento” es una cualidad sumatoria de la movilidad articular y la elasticidad muscular. El trabajo de flexibilidad orientado a la salud está en consonancia con lo que se denomina “flexibilidad de trabajo”, referida al grado de elongación alcanzado en el transcurso de la ejecución real de un movimiento, y “flexibilidad residual” que se refiere al nivel de elongación, siempre superior a la de trabajo, que una persona debería desarrollar para evitar rigidez que puede afectar la coordinación de movimiento o provocar lesiones (Cebrián Negrillo, 2007). Aun existiendo un determinado grado o nivel de flexibilidad general, determinado por factores tales como el género, la edad y las características fenotípicas individuales, el grado de flexibilidad es relativamente específico para cada articulación. Por lo tanto, su valoración precisa requeriría diversas pruebas para cada articulación o segmento corporal (Heyward V. , 1991), (Hyytiäinen, Salminen, Suvitie,

Wickström, & Pentti, 1991). Sin embargo, no sería razonable incluir un elevado número de pruebas por razones de economía y aplicabilidad. En consecuencia, parece aconsejable seleccionar aquel segmento o articulación más relevante para la salud. Los especialistas coinciden en valorar la importancia de la flexibilidad global anterior del tronco (columna dorso-lumbar y musculatura isquiotibial) por su relación con los problemas de la columna lumbar (Jackson & Baker, 1986) y su repercusión en tareas cotidianas como agacharse, atarse los zapatos, vestirse o cortarse las uñas de los pies. La prueba más utilizada es la prueba de flexión anterior del tronco con alcance de las manos ("sit and reach"). Hoeger y Hopkins (1992) han propuesto una modificación del protocolo clásico (Wells & Dillon, 1952), (American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance, 1980) que permite estandarizar mejor la posición inicial, considerar determinadas diferencias antropométricas individuales y mejorar la seguridad de la prueba.

4.4 Programa “Universitarios Activos y Saludables” de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Kahn et al (2002) describen tres líneas principales de actuación para influir en una población determinada hacia la consecución de conductas saludables de práctica de Actividad Física:

1. Estrategias de información para producir un cambio de conocimiento o actitudes acerca de los beneficios y oportunidades para realizar actividad física planificada dentro de la comunidad. Por ejemplo: “puntos de decisión informativos” (como mamparas o posters al pie de los elevadores para incitar a la gente a preferir mayormente el uso de las escaleras en los edificios), campañas comunitarias masivas invasivas, campañas en medios de comunicación (como el Programa Nacional de Actividad Física) y clases en las escuelas de educación básica a media superior enfocadas en la provisión de información.
2. Estrategias y acciones que generan ambientes sociales favorables para el cambio conductual que lleve a la población a alejarse del sedentarismo. Se trata de una intervención directa. Por ejemplo, modificación del programa de educación física en las escuelas de los diferentes niveles educativos, intervenciones en espacios comunitarios como asociaciones vecinales, programas de activación física laboral, y asesoría individualizada e integral brindada como un servicio privado por parte de especialistas en salud, en los cuales se incluye asesoría en alimentación, actividad física, y análisis y refuerzos conductuales.
3. Implementación de políticas y acciones que generen oportunidades y espacios para practicar actividad física. Generalmente no se trata de intervención directa con los individuos sino hacia las estructuras de organización de la actividad física. La forma más extendida de aplicar este enfoque es la creación o mejora de plazas públicas y accesibles

para la práctica física combinada con actividades y espacios de información sobre ellas.

En la primera de las líneas descritas, se encuentra el “Programa Universitarios Activos y Saludables”, propuesto a la comunidad estudiantil de la UANL por parte de su Facultad de Organización Deportiva “con el propósito de fomentar la práctica de la actividad física para crear un estilo de vida saludable en los estudiantes, docentes y demás trabajadores de la UANL. Esta iniciativa forma parte de la visión 2012 y del plan de desarrollo de la UANL, así como del programa universidad saludable” (UANL, s.a.).

El programa consiste en una serie de recomendaciones, pautas e información relacionada con la práctica de la actividad física, reunidos en un folleto que incluye descripción e ilustraciones de rutinas de calentamiento y guías de ejercicios y actividades para personas tanto inactivas como activas. La diferenciación de las recomendaciones para cada uno de estos dos grupos de actividad radica en un mayor énfasis en actividades recreativas y cotidianas para los inactivos, tales como caminar, subir escaleras, labores domésticas, baile, etc., en tanto que para las personas activas se aconseja mayormente la práctica sistemática de ejercicios cíclicos como correr, nadar o saltar la cuerda. En el ámbito de la fuerza, los ejercicios recomendados para personas inactivas son de carácter mayormente isométrico, mientras que para las personas activas se incluyen ejercicios de mayor dificultad superando el propio peso corporal en

posturas más complejas o con implementos tales como mancuernas y balón suizo (ver anexo A).

El programa fue difundido en las instalaciones deportivas y en varias facultades de la Ciudad Universitaria de la UANL por medio de carteles, lonas y distribución del folleto. La comunidad universitaria recibió de esta forma la información sobre los beneficios de la actividad física a la vez que conoció el programa propuesto (FIME, 2009).

4.5 Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca: concepto, antecedentes y relación con la salud.

4.5.1 Concepto

La frecuencia cardíaca (FC) es uno de los parámetros no invasivos más utilizados en el análisis y en la valoración de la actividad cardíaca. El aumento de FC durante el ejercicio es evidente a la simple observación. La facilidad con la cual se pueden contar las pulsaciones dio origen a muchas investigaciones sobre los cambios que se producen en la frecuencia como resultado de distintos tipos, intensidades y duraciones de la actividad física. La mayoría de dichos estudios adolecía del defecto de que el periodo de observación comenzó, generalmente, después de la suspensión del ejercicio (Morehouse & Miller, 1976).

Con el advenimiento del registro cardiotaquimétrico (p.ej., monitores cardíacos) ha sido posible registrar en forma continua la frecuencia cardíaca durante el ejercicio y la recuperación.

En una persona sana, en reposo, los latidos se van produciendo con una frecuencia variable, es decir, el tiempo (en milisegundos) entre dos latidos va variando latido a latido. Este aspecto representa el concepto de variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC, equivalente a "HRV", Heart Rate Variability, en inglés), que se define como la variación de la frecuencia cardiaca del latido cardiaco durante un intervalo de tiempo definido con anterioridad (Gallo Villegas, Farbiarz Farbiarz, & Alvarez Montoya, 1999).

4.5.2 Fundamentos fisiológicos de la VFC

El corazón está regulado extrínsecamente por fibras simpáticas y parasimpáticas del SNA procedentes del centro cardiovascular del tallo cerebral. A su vez el corazón está regulado intrínsecamente por su sistema eléctrico especializado que genera rítmicamente impulsos que producen la contracción periódica del músculo cardíaco. La estimulación simpática actúa acelerando la despolarización del nodo sinusal, produciendo taquicardia y disminuyendo la VFC. La estimulación parasimpática produce liberación de acetilcolina, lo que disminuye el ritmo de descarga del nodo sinusal, produciendo bradicardia y aumentando la VFC. El centro cardiovascular del tallo cerebral también regula la VFC; se retroalimenta con la información periférica, proveniente de receptores localizados en los vasos sanguíneos, articulaciones y músculos, además de los impulsos procedentes de la corteza cerebral. Con el entrenamiento físico se produce un mayor dominio vagal con disminución concomitante de la descarga

simpática. Además, puede también disminuir directamente el ritmo intrínseco de descarga del nodo sinusal, con lo que disminuye la frecuencia

La VFC es el resultado de las interacciones entre el Sistema nervioso autónomo SNA (con su equilibrio simpático-vagal) y el sistema cardiovascular.

El sistema nervioso simpático produce una disminución de la variabilidad de la frecuencia cardíaca; por el contrario el parasimpático la aumenta. El análisis adecuado de este parámetro permite el estudio de la actividad del SNA de manera no invasiva (lo cual es especialmente importante en el ámbito de la medicina deportiva). La actividad del SNA se basa en un equilibrio entre el sistema nervioso simpático (SNS) y el sistema nervioso (SNP). En un estado de reposo predomina la estimulación vagal (SNP), mientras que en estados de ansiedad, stress y ejercicio físico predomina la estimulación del SNS.

4.5.3 Métodos de evaluación de la VFC

Existen varios métodos para evaluar la VFC. Los más aceptados actualmente son los métodos en el dominio de la frecuencia (análisis espectral) y los métodos en el dominio del tiempo.

4.5.3.1 Métodos en el Dominio de la Frecuencia (Análisis Espectral). El análisis espectral consiste en descomponer el “tacograma”, que es un gráfico que muestra el comportamiento de la frecuencia cardíaca en el tiempo. El tacograma se asemeja a una onda compleja con aspecto ruidoso

(figura 1). Con el Análisis Espectral se obtiene un gráfico (figura 2) en el que se observan los componentes, en frecuencia y amplitud, de una onda compleja. Se diferencian tres componentes espectrales, los cuales pueden corresponder a una variable fisiológica determinada:

- a) componente de alta frecuencia (HF), relacionado con el tono parasimpático;
- b) componente de baja frecuencia (LF), relacionado con la modulación tanto simpática como parasimpática;
- c) componente de muy baja frecuencia (VLF); de éste último no se ha hallado correlación fisiológica con el SNA y, por tanto, no se ha utilizado como indicador en la mayoría de los estudios de VFC (Gallo Villegas, Farbiarz Farbiarz, & Alvarez Montoya, 1999).

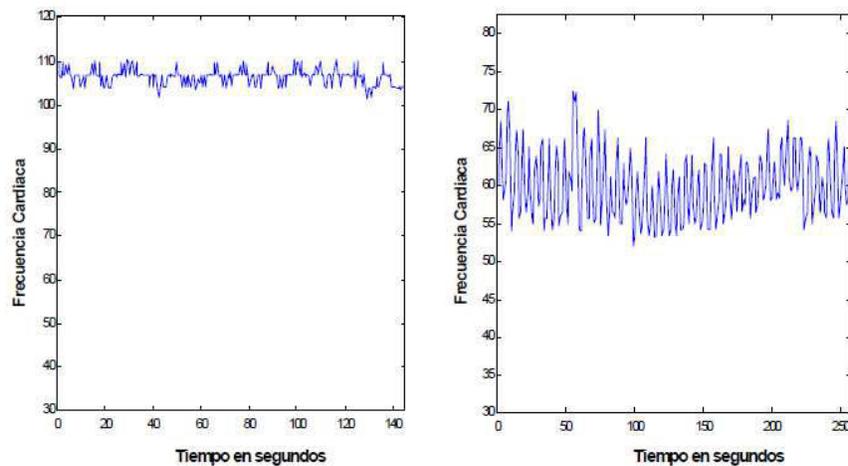


Figura 1. Ejemplos de Tacogramas que muestran diferentes comportamientos de frecuencia cardiaca en dos sujetos.

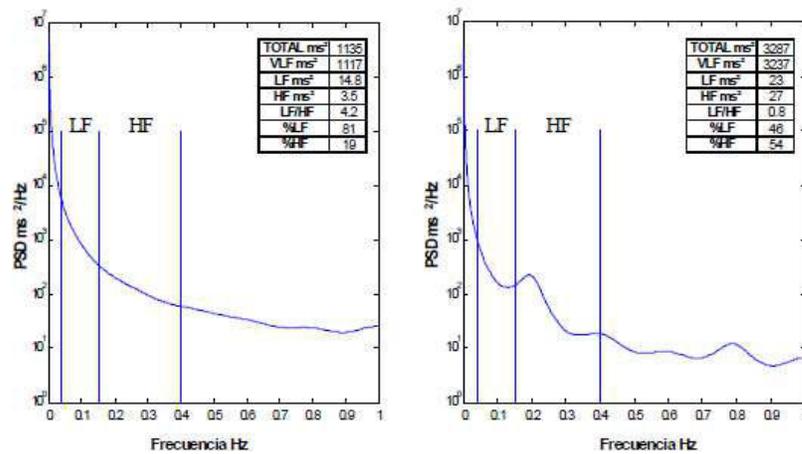


Figura 2. Gráfico de componentes espectrales, correspondientes a los tacogramas de la figura 1.

4.5.3.2 *Métodos del dominio del tiempo.* Los métodos del dominio del tiempo, son básicamente estadísticos y evalúan la variabilidad por medio de las variables *promedio (media)* y *desviación estándar* de la variación continua de los intervalos RR (latido normal a normal, figura 3) midiendo el eje longitudinal del llamado gráfico de dispersión de Poincaré (SD2ms, figura 4) Son los más conocidos y mencionados en la literatura. La VFC se correlaciona con adaptaciones fisiológicas a cambios en el medio interno, externo y a la presencia de enfermedades

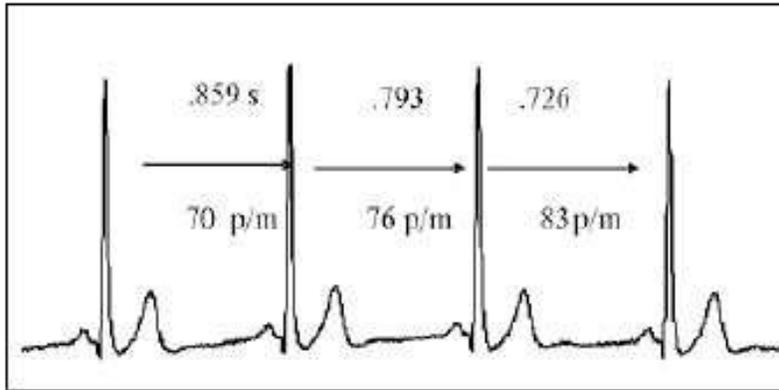


Figura 3. Variación de la Frecuencia Cardíaca (FC) latido a latido. A partir del electrocardiograma se calcula el intervalo entre picos R-R y se expresa la VFC en segundos (s) y la FC en latidos por minuto (p/m).

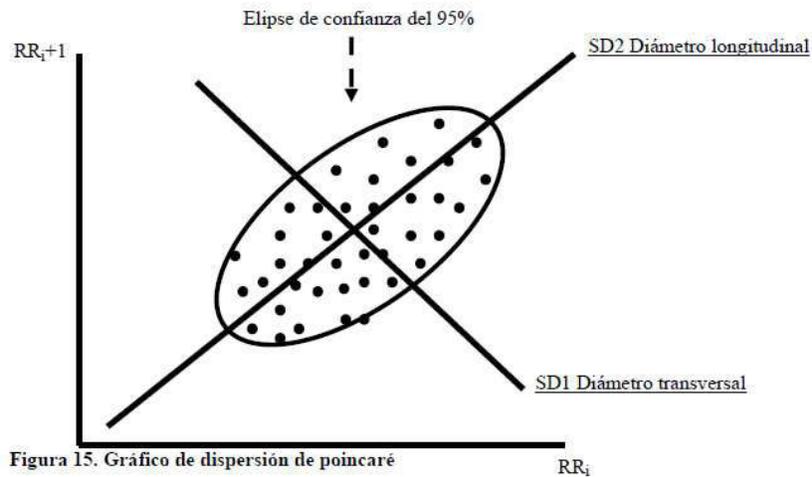


Figura 15. Gráfico de dispersión de Poincaré

Figura 4. Gráfico de dispersión de Poincaré.

4.5.4 Estudios antecedentes.

Históricamente, el interés clínico de la VFC se apreció por primera vez en 1965 cuando Hon y Lee (1965) observaron que el sufrimiento fetal, definido éste como hipoxia fetal asociada a una variedad de complicaciones

obstétricas que afectan los procesos normales de intercambio de sustancias y nutrientes entre la madre y el feto (Espinoza, 1973), era precedido de alteraciones en los intervalos de tiempo entre un latido y otro, antes de algún cambio apreciable en la frecuencia cardíaca.

Sayers (1973) puso especial atención en la existencia de ritmos fisiológicos en la señal de la frecuencia cardíaca latido a latido. Ewing, Martin, Young y Clarke (1985), realizaron pruebas para detectar neuropatía diabética. Wolf, Varigos y Hunt. D (1978), encontraron asociación entre la disminución de la VFC y el alto riesgo de mortalidad luego de un infarto.

Akselrod et al (1981), utilizaron el análisis espectral de las fluctuaciones de la frecuencia cardíaca para evaluar cuantitativamente el control cardiovascular latido a latido.

Estos análisis, que hacen parte de los llamados análisis en el dominio de la frecuencia, contribuyeron al entendimiento del papel del SNA en las fluctuaciones del intervalo R-R en el registro de la frecuencia cardíaca (Malik & Camm, 1993); (Pagani, y otros, 1986)

La importancia clínica de la VFC comenzó a ser valorada al final de los años 80, cuando se confirmó que es un predictor potente e independiente de mortalidad, luego de un infarto agudo del miocardio (Kleiger, Miller, Bigger, Moss, & Group., 1987).

Arai et al (1989) estudiaron el comportamiento de la VFC durante la actividad física, utilizando métodos en el dominio de la frecuencia.

Posteriormente Uisitalo, Hanin, y Rusko (1994), observaron los cambios que se presentan en la modulación autonómica en los deportistas, como respuesta al proceso de entrenamiento.

En los últimos años se ha observado a detalle el comportamiento de la VFC al hacer frente a un programa de entrenamiento (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996), ya sea de resistencia, fuerza o interválico (Garrido, 2009) (Capdevila, y otros, 2008); (De la cruz, López, & Naranjo, 2008); (Atlaoui, y otros, 2007); En estos trabajos se ha encontrado que el entrenamiento físico produce un mayor dominio vagal con una disminución correspondiente de la descarga simpática e induce adaptaciones en el sistema nervioso autónomo lo cual es común observar en la disminución de la frecuencia cardíaca basal.

El monitoreo de la frecuencia cardíaca es utilizado generalmente como un referente de la intensidad del entrenamiento deportivo; sin embargo se ha visto la factibilidad de la utilización de monitores de ritmo cardíaco para la valoración de VFC, teniendo una validez aceptable en los intervalos de latido a latido (Gamelin, Berthoin, & Bosquet, 2006).

Algunos de los antecedentes de la VFC relacionada con el entrenamiento deportivo son: el estudio realizado por Melanson y Freedson (2001), en el que observaron el comportamiento de la VFC en un programa de entrenamiento de resistencia en adultos sedentarios. Participan 11 hombres

sedentarios (grupo experimental) con una edad media de 36.6 años, y 5 hombres sedentarios (grupo control) que no realizaron el programa de entrenamiento. El grupo experimental participo en un programa de ejercicio durante 16 semanas, las tomas de la VFC fueron tomadas con un electrocardiograma. Los métodos del dominio del tiempo y de frecuencia fueron utilizados para su análisis. Al terminar. Al termino de la semana 12 vieron un aumento en el pNN50 y en el RMSSD. Concluyeron que un programa de ejercicio moderado a vigoroso produce que incremento en el método del dominio del tiempo después de las 12 semanas.

En otro estudio, Lee, Wood y Welsch (2003) analizaron a 24 hombres con una edad promedio de 23.1 años de edad, se separaron aleatoriamente en 2 grupos (control y experimental), el grupo experimental entrenaron 2 semanas (8 sesiones) de entrenamiento de resistencia (40 minutos al 80% al 85% de la frecuencia cardiaca de reserva) en un ciclo ergómetro, y el grupo control solo mantuvo su nivel físico, la VFC fue evaluada por medio de un electrocardiograma antes, durante (2 veces a la semana) y después (48 horas) de las 2 semanas de entrenamiento, los electrocardiogramas fueron tomados durante 5 minutos con una respiración controlada (12 respiraciones por minuto), 5 minutos de respiración espontánea, 5 minutos con el 70% de inclinación ascendente de la cabeza y 5 minutos de respiración espontánea, utilizaron los métodos espectrales para el análisis de la VFC. Los resultados sugieren que un entrenamiento corto de 2 semanas (8 sesiones), realza la modulación vagal del corazón durante la

toma de los 5 minutos con respiración controlada (12 respiraciones por minuto) y durante los 5 minutos con el 70% de inclinación ascendente de la cabeza, pero no durante los 5 minutos de respiración espontánea.

Pigozzi et al. (2001) observaron los efectos del entrenamiento en la regulación autonómica de la frecuencia cardiaca en condiciones de la vida diaria. En este estudio participaron 26 mujeres atletas sanas de 24.5 ± 1.9 años, que se dividieron en 2 grupos en donde a uno le asignaron 5 semanas de un programa de entrenamiento aeróbico y al el grupo control el no hacer ejercicio. Las tomas de la VFC fueron tomadas por un electrocardiograma, antes y después de las 5 semanas en un periodo de 24 horas. Los resultados muestran que no hubo diferencia significativa entre los 2 grupos antes del entrenamiento. Después del entrenamiento, no hubo diferencias significativas entre los 2 grupos esto con el método del dominio del tiempo. Solo en la desviación estándar hubo diferencia entre el día y la noche. Aquí concluyen que el entrenamiento puede inducir al aumento de la modulación simpática del nodo sinusal.

Gracias a estos estudios, y a la importancia clínica que tiene el análisis de la VFC en pacientes con cardiopatías, ha hecho que haya ganado bastante interés en el deporte y ciencias del entrenamiento (Garrido, 2009), considerando además que es una técnica no invasiva.

Hay algunos estudios que muestran cómo se comporta la VFC a diferentes intensidades de ejercicio y se concluyo que con intensidades de ejercicio

del 50% de VO₂ máx. la VFC tiende a disminuir progresivamente (Dixon, Kamath, & McCartney, 1992). La relación entre la FC y la VFC respecto a la intensidad y la carga de trabajo es inversamente proporcional; es decir, cuanto más aumenta la FC y la carga de trabajo, mas disminuye la VFC (esta disminución es especialmente pronunciada en los primeros momentos del esfuerzo físico) (figura 5)

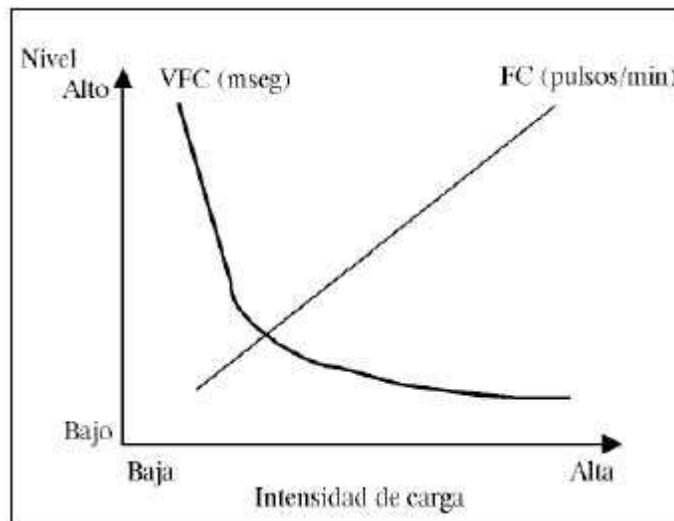


Figura 5. Relación de la Frecuencia Cardiaca (FC) y de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) con la intensidad de la carga de trabajo.

Hay muchos y variados factores que pueden influir en el análisis de la VFC. Puede influir el propio sistema nervioso central con determinados procesos mentales y emociones, el sistema termorregulador, el sistema respiratorio, el sistema barorreceptor y el sistema reninaangiotensina-aldosterona. Hay que también tener en cuenta los factores que afectan reconocidamente a la FC en sí misma, como pueden ser la edad (la FC aumenta con la edad), el género (en general, la FC es mayor en las mujeres), la posición del cuerpo

(la FC es menor en posición supina), la hora del día (la FC es más alta a primeras horas de la mañana), la temperatura, la ingesta de alcohol, de cafeína o de medicaciones diversas (atropina, beta bloqueantes, fenilefrina), el consumo de tabaco, la condición física de resistencia, el stress y la actividad muscular, entre otros (Capdevila, y otros, 2008).

La determinación adecuada del equilibrio del SNA, principalmente mediante la VFC y en menor parte por la sensibilidad barorrefleja y quimiorrefleja, nos puede aportar información muy útil y valiosa tanto en personas enfermas como en personas sanas. En personas enfermas nos puede aportar información de su pronóstico, patogénesis y estrategias de tratamiento en los casos de patología cardiovascular, progreso de la diabetes mellitus, control del estado de fibromialgia y síndrome de fatiga crónica. En personas sanas nos puede aportar información acerca de estados de adaptación al estrés físico y psíquico y concretamente en el deportista de la adaptabilidad al entrenamiento o la competición, pudiendo ser un buen marcador predictivo de estados de sobreentrenamiento (Rodas, Carballido, Ramos, & Capdevila, 2008).

5. HIPÓTESIS

En el presente estudio, la hipótesis planteada es la siguiente:

“Es posible que la VFC sea un indicador diagnóstico del estado de salud respecto a la composición corporal inducida por la realización de actividad física cuando ésta es dosificada correctamente”.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1 Sujetos

La muestra fue compuesta por 6 sujetos, (3 hombres y 3 mujeres, edad decimal 24.15 ± 7.30), mismos que fueron clasificados en “activos” o “sedentarios” bajo el criterio dicotómico de la realización de algún tipo de ejercicio o actividad física dentro del ciclo semanal con fines de salud, deportivos o estéticos (activos) o la total ausencia de actividad de tal tipo (sedentarios), resultando el 50% de sujetos de cada categoría. Les fueron informados verbalmente y por escrito las características y objetivos del estudio, firmando todos ellos el respectivo consentimiento informado. La muestra será no probabilística debido a la disponibilidad de tiempo de los potenciales sujetos a quienes se invitó como partícipes del estudio (Kerlinger 1988). Esta investigación fue de corte longitudinal, cuasi-experimental.

6.2 Métodos

6.2.1 Programa de Ejercicios

Los sujetos cumplieron con el programa de intervención “Programa Universitarios Activos y Saludables de la Universidad Autónoma de Nuevo León para personas activas e inactivas” durante 8 semanas. Ambos grupos (activos e inactivos) realizaron los 15 ejercicios de calentamiento por un lapso de 15 minutos antes de iniciar la sesión (figura 6).



Figura 6. Ejercicios de calentamiento.

Para el grupo “Inactivos”, se aplicó el programa contenido en la guía de ejercicios específica para personas inactivas, seleccionando los ejercicios no.1 (caminata 10 minutos y trote 10 minutos los días Lunes, Miércoles y Viernes) y no.4 (bicicleta estacionaria 10 minutos los días Martes y Jueves) y los 11 ejercicios de fuerza y flexibilidad 3 series x 10 repeticiones (Figura 7).

Para el grupo “activos”, fueron seleccionando los ejercicios no.1 (correr a un ritmo moderado por 30 minutos los días Lunes, Miércoles y Viernes) y no. 7 (bicicleta estacionaria por 30 minutos los días Martes y Jueves) y los 10 ejercicios de fuerza y flexibilidad 3 series x 20 repeticiones (figura 8).

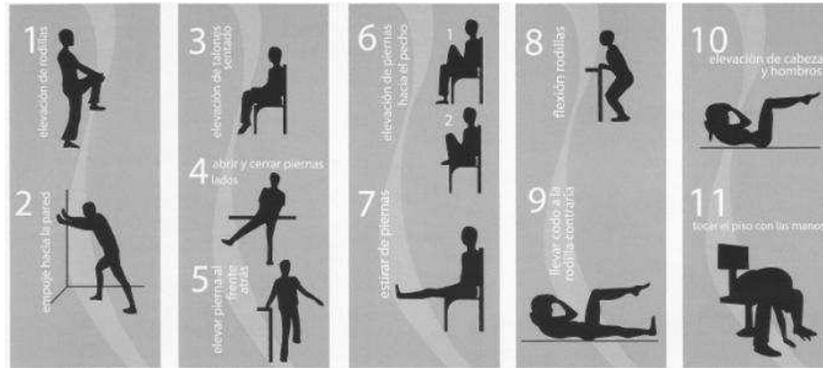


Figura 7. Programa de ejercicios de resistencia cardiovascular y de fuerza y flexibilidad para el grupo de sujetos “inactivos”.

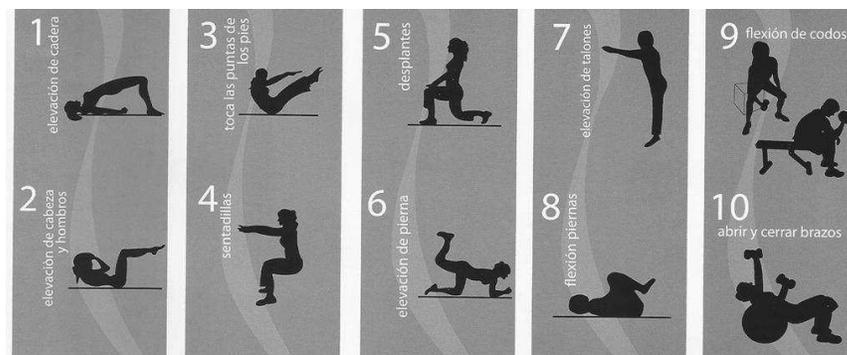


Figura 8. Programa de ejercicios de resistencia cardiovascular y de fuerza y flexibilidad para el grupo de sujetos “activos”.

6.2.2 Variables y Pruebas físicas

Se realizaron las siguientes pruebas físicas de control en las instalaciones del Estadio Chico Rivera tres días antes del inicio de la investigación y al finalizar el programa de ejercicios: máxima cantidad de flexiones abdominales y de lagartijas (extensión de brazos en decúbito prono) en 1 minuto, y el Test de Cooper de los 12 minutos (recorrido de la mayor distancia posible en una pista de atletismo en el tiempo especificado).

Como variables dependientes fueron medidas: la VFC a través de el valor de la desviación estándar de la variación continua de los intervalos RR (latido normal a normal) midiendo el eje longitudinal del llamado gráfico de dispersión de Poincaré (SD2ms), el peso corporal, el IMC (índice de masa corporal), la composición corporal, y el lactato pre y post esfuerzo. Como variables independientes se registraron el género y el grado de actividad física. La señal de la VFC fue medida con un monitor de ritmo cardiaco POLAR RS800sd[®] que arroja datos con correlación de 0.99 con el electrocardiograma (Physiotrace, Estaris, Lille, France), validado para su uso en posición supina. Los registros, transmitidos al software POLAR Trainer versión 5.0, fueron posteriormente introducidos en hoja de cálculo. El peso corporal, IMC y porcentaje de grasa fueron calculados utilizando una Báscula TANITA TBF-410. La composición corporal se estimó por medio del dispositivo anteriormente descrito y por antropometría bajo el protocolo reducido (medición de 6 pliegues cutáneos, dos diámetros óseos, tres perímetros musculares, talla y peso) de la International Society for the

Advancement of Kinanthropometry (2001). Los valores de lactato fueron obtenidos mediante el analizador bioquímico de lactato Accutrend Plus de Roché.

La señal de la variabilidad de la FC se medirá con un monitor POLAR RS80sd[®] en la opción RR (latido a latido) y el equipo POLAR TEAM 2, ésta serie de pulsómetros (Polar RS80sd[®] y POLAR TEAM 2) está validada para tomarse en posición supina, y tiene una correlación de 0.99 con el electrocardiograma (Physiotrace, Estaris, Lille, France).

Estos registros serán transmitidos a una computadora por vía infrarroja utilizando el software POLAR Trainer versión 5.0 para posteriormente ser enviados al programa Excel para su análisis gráfico.

La composición corporal, peso, IMC y porcentaje de grasa se medirán en la Báscula tipo TANITA TBF-410.

6.2.3 Tratamiento estadístico

Se utilizó el programa estadístico SPSS Versión 17 para obtener datos descriptivos e índice de correlación de Spearman para valorar la relación entre los valores de la VFC y las modificaciones en las variables físicas y antropométricas al concluir el programa, estableciendo el nivel de significancia de los resultados en $p < 0,05$.

7. RESULTADOS

Las modificaciones en los valores controlados se muestran en las tablas 4, 5 y 6. Al final de las 8 semanas de realización de las actividades del programa se encontraron las siguientes modificaciones (figura 9):

- aumento en la distancia recorrida en la prueba de Cooper: 100% de los casos;
- disminución de la sumatoria de 6 pliegues (tríceps, subescapular, supraespinal, abdominal, pantorrilla, muslo), aumento del porcentaje de músculo por antropometría, y disminución del lactato después de realizada la segunda prueba de Cooper: 83.3%;
- aumento de la cantidad de abdominales al final del programa de activación, disminución del porcentaje de grasa por antropometría, disminución del lactato en la toma inicial antes de realizar la prueba de Cooper: 66.6% de casos;
- disminución del lactato, tanto al inicio como al final del programa: 50% (1 activo y 2 sedentarios);
- incremento del peso muscular: 50% (2 activos y 1 sedentario);
- Disminución del peso corporal: 33.3% (1 activo y 1 sedentario)
- Disminución del IMC: 16.6% (1 activo).

Tabla 4. Valores antropométricos iniciales y finales

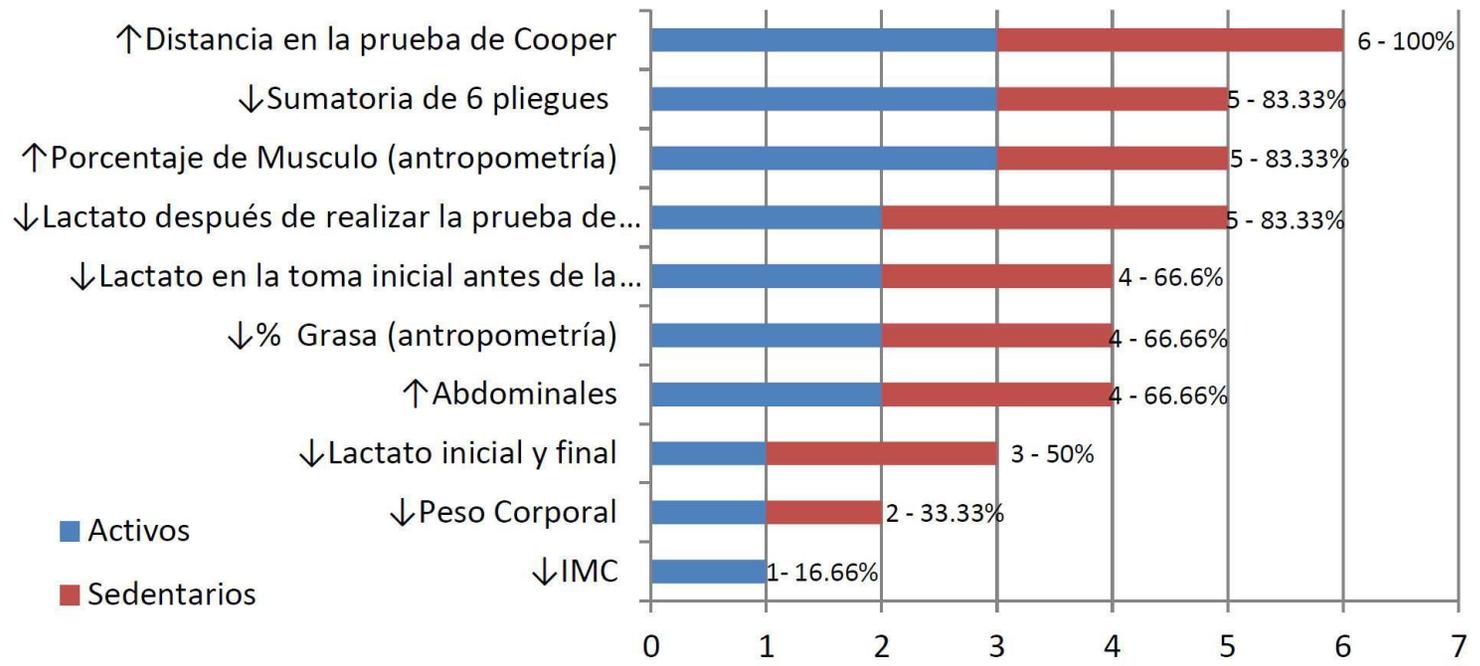
Sujeto	Sexo	Actividad	Peso		IMC		% GRASA Antro		kg GRASA		%GRASA Tanita		kg GRASA		% MUSCULO		Kg MUSCULO		Σ 6 Pliegues	
			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
1	1	1	57.9	57.8	18.45	18.48	13.4	14.1	7.7	8.1	8.7	8.6	5	4.9	43	42.7	24.9	24.7	44	45
2	1	1	63.7	63.9	22.3	22.37	17.8	16.9	11.3	10.8	13.7	12.5	8.7	7.9	44.3	45.7	28.2	29.8	65	61.5
3	2	1	51.1	52	21.27	21.66	27.1	26.2	13.9	13.6	20	21.9	10.2	11.3	37.5	37.8	13.9	13.6	97.5	93
4	2	0	63.2	65.2	27.72	28.6	32	31.5	20.2	20.5	33.2	32.2	20.9	20.9	31.4	31.8	19.8	20.7	168.5	157.5
5	1	0	82.4	79.2	22.12	21.26	13.6	14.3	11.2	11.3	5.3	5.5	4.3	4.3	45.6	45.8	37.6	36.3	34	32.5
6	2	0	50.8	52.4	20.87	21.53	27.4	27.1	13.9	14.2	22.1	24.4	11.2	12.7	36.1	36.7	18.4	19.2	97	93.5

Tabla 5. Valores iniciales y finales en pruebas físicas

Sujeto	Sexo	Actividad	LAGARTIJAS		ABDOMINALES		COOPER		LACTATO 1era		LACTATO 2da	
			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
1	1	1	37	19	31	36	2414.01	2600	2.3	11.8	2.1	7.8
2	1	1	35	22	39	37	2536	2640	2.1	5.9	2.5	5.2
3	2	1	15	23	26	29	1894.5	1970	1.8	10.5	1.5	9
4	2	0	19	20	26	30	1870	1920	3.1	9.7	2.5	8.5
5	1	0	53	40	53	48	2894	2920	2.6	9.2	2.3	9.7
6	2	0	10	12	27	37	2153.76	2300	0.9	11.3	1.5	10

Tabla 6. Valores iniciales y finales de la Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca

Sujeto	Sexo	Actividad	PNN50 %		RMSSD ms		SD1 ms		SD2 ms	
			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
1	1	1	0.8	2.6	21.3	27	15.1	19	77.5	201.4
2	1	1	26.2	6.2	100.3	96.2	70.9	24.4	239.6	219.2
3	2	1	0.5	25.9	20.8	127.1	14.7	89.9	68.9	237.9
4	2	0	9.2	11.2	46.5	71.9	32.8	50.8	105.7	290
5	1	0	28.3	9.2	130.4	46.5	92.1	32.8	243.3	105.7
6	2	0	18.5	28.3	87.6	130.4	61.9	92.1	192.8	234.3



	↓IMC	↓Peso Corporal	↓Lactato inicial y final	↑Abdominales	↓% Grasa (antropometría)	↓Lactato en la toma inicial antes de la prueba de resistencia	↓Lactato después de realizar la prueba de resistencia	↑Porcentaje de Musculo (antropometría)	↓Sumatoria de 6 pliegues	↑Distancia en la prueba de Cooper
Activos	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
Sedentarios	0	1	2	2	2	2	3	2	2	3

Figura 9. Porcentaje de casos de modificación de los valores antropométricos y físicos.

Respecto a la VFC y su correlación con variables antropométricas al final del programa de 8 semanas, el índice de Spearman para datos no paramétricos fue positivo y estadísticamente significativo entre la SD2 ms Final y las siguientes variables: porcentaje final de grasa por bioimpedancia ($r_s=.943$, $p<.005$); sumatoria final de 6 pliegues ($r_s =.943$, $p<.005$); porcentaje final de grasa por antropometría ($r_s =.886$, $p<.019$); porcentaje final de músculo ($r_s =-.886$, $p<.019$) (tabla 7).

Tabla 7. Correlación de Spearman entre la VFC (SD2 ms Final) y variables antropométricas al finalizar el programa de 8 semanas.

Variables Correlacionadas		Correlación de Spearman	Interpretación
SD2 ms Final	% Grasa Tanita Final	$r_s=.943$ $p=.005$	A menor porcentaje de grasa, menor SD2ms
SD2 ms Final	Sumatoria 6 Pliegues Final	$r_s=.943$ $p=.005$	A menor sumatoria de pliegues, menor SD2ms
SD2 ms Final	% Grasa Antropometría Final	$r_s=.886$ $p=.019$	A menor porcentaje de grasa, menor SD2ms
SD2 ms Final	% Musculo Final	$r_s=-.886$ $p=.019$	A mayor porcentaje de musculo, menor el valor de la SD2ms Final

8. DISCUSIÓN

Actualmente se considera de vital importancia ir más allá de las relaciones peso-talla para poder cuantificar los tres tejidos de mayor importancia en el campo de la salud y la actividad física: adiposo, muscular y óseo (Hollway, 2002). En este sentido, técnicas de determinación de la composición corporal como la tomografía computarizada, la resonancia magnética por imágenes y la absorciometría fotónica por rayos-x (DEXA) han mostrado una mayor validez que las técnicas antropométricas para cuantificar los depósitos de grasa (Bouchard, Shephard, & Stephens, 1994); (Després, 2001). Sin embargo, el costo de estas técnicas y su complejidad dificulta su uso en la mayoría de contextos de valoración clínica, resultando así que las técnicas antropométricas y la impedancia bioeléctrica representan a menudo las únicas herramientas disponibles, por lo que es fundamental optimizar su uso en la determinación y seguimiento del estado de salud (Norton & Olds, 1996).

En el presente estudio, las modificaciones encontradas sugieren que, a diferencia de lo que popularmente se cree, el IMC (salvo en uno de los sujetos activos), no disminuye en un programa de ejercicios tanto como sí se modificaron otros indicadores que la literatura relaciona con un óptimo estado de salud según expertos en el ámbito de la nutrición deportiva, (Holway, 2002) correspondientes a la resistencia aeróbica y a los componentes grasa y muscular de la composición corporal.

En cuanto a la VFC, los índices de correlación vincularon la modificación en la composición corporal con el SD2ms, disminuyendo esta última a la par de la mejora de los primeros. Estos datos sugieren que la SD2 ms como indicador de la VFC puede reflejar cambios positivos en el aspecto antropométrico debidos al cumplimiento del programa de ejercicios. Este dato obtenido es de gran valor, pues mientras que la antropometría requiere personal certificado para poder aplicarse en la población, y que la impedancia bioeléctrica mediante básculas de precio accesible no determina porcentaje de músculo, el registro de la VFC puede ser obtenido de forma sencilla mediante el monitor de ritmo cardiaco, lo que en el contexto práctico de la promoción de la actividad física para la salud, resulta ser una opción que combina portabilidad, fácil operación y aplicación, así como precisión.

Por otra parte, está bien documentado que, para lograr los objetivos de salud, los ejercicios físicos, la carga de trabajo, repeticiones, etc., deben estar en relación con las características de cada sujeto; esta individualización constituye el elemento básico de eficacia y seguridad (Casajús & Vicente-Rodríguez, 2011). Los monitores de ritmo cardiaco resultan ser una herramienta útil también para asegurar la individualización, ya que no son excesivamente molestos, son relativamente económicos en comparación con otros métodos de control y valoración de la actividad física, y han demostrado ser válidos en estudios epidemiológicos,

aumentando su confiabilidad si se calibra individualmente la curva Frecuencia Cardiaca / Consumo de Oxígeno (Vanhees, y otros, 2005).

9. CONCLUSIONES

Respecto a los objetivos planteados en esta investigación, el “Programa Universitarios Activos y Saludables de la Universidad Autónoma de Nuevo León, para personas activas e inactivas” tuvo mayor impacto en indicadores de composición corporal específicamente relacionados con la disminución del tejido adiposo, la proporción entre éste y el tejido muscular, y la mejora de la resistencia aeróbica. Las correlaciones encontradas entre los valores finales de los valores antropométricos mencionados y la SD2 ms final vinculan la modificación de esta última con los efectos positivos del programa.

A partir de estos hallazgos se plantean las siguientes recomendaciones:

- Al no requerir de personal capacitado específicamente en las técnicas antropométricas, la VFC puede ser usada como un indicador asequible y práctico del estado de salud relacionado con indicadores antropométricos, así como medida para cuantificar el progreso de participantes de programas de ejercicio orientados a la salud.
- Sin embargo, la utilización complementaria de las mediciones de la VFC en relación con la modificación de variables antropométricas y físicas pueden integrar una línea de investigación mayor para determinar el valor predictivo sobre el estado de salud en población activa físicamente mediante su aplicación con muestras de

diferentes características (grupos demográficos, por rangos de edad y desarrollo, género, etc.).

10. REFERENCIAS

- Ainsworth, B., Haskell, W., Whitt, M., Irwin, M., Swartz, A., Strath, S., . . . Leon, A. (2000). Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine & Science in Sports Exercise*, 498-516.
- Akselrod, S., Gordon, D., Ubel, F., Shannon, D., Barger, A., & Cohen, R. (1981). Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat to beat cardiovascular control. *Science*, 213, 220-222.
- American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance. (1980). *Health-Related Fitness Test Manual*. Reston: American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance.
- American College of Sports Medicine. (1991). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, 5th edition*. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Annicchiarico Ramos, R. J. (2002, Agosto 1). *La actividad física y su influencia en una vida saludable*. Retrieved from Educación Física y Deportes, Revista Digital: <http://www.efdeportes.com/efd51/salud1.htm>
- Arai, Y., Saul, J., Albrecht, P., Hartley, H., Lilly, L., & Cohen, R. (1989). Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. *Am J Physiol*, 25, H132-H141.
- Atlaoui, D., Pichot, V., Lacoste, L., Barale, F., Lacour, J., & Chatard, J. (2007). Heart Rate Variability, Training Variation and Performance in Elite Swimmers. *Int J Sports Med* 2007, 28(5), 394-400.
- Auditoría Superior de la Federación. (2011). *Perfil de México a través de Indicadores Clave*. México D.F.: Prerensa Digital, S.A. de C.V.
- Blair, S., Kohl, H., Paffenbarger, R., Clark, D., Cooper, K., & Gibbons, L. (1989). Physical fitness and all-cause mortality: a prospective study of healthy men and women. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 2395-2401.

- Booth, F., Chakravarthy, M., Gordon, S., & Spangenburg, E. (2002). Waging war on physical inactivity: using modern molecular ammunition against an ancient enemy. *J Appl Physiol.*, 3-30.
- Bouchard, C. (1994). Physical activity, fitness, and health: overview of the consensus symposium. In H. Quinney, L. Gauvin, & H. Quinney, *Toward active living* (pp. 7-14). Champaign: Human Kinetics.
- Bouchard, C., Shephard, R., & Stephens, T. (1994). *Physical activity, fitness and health: international proceedings and consensus statement*. Champaign: Human Kinetics.
- Capdevila, L., Rodas, G., Ocaña, M., Parrado, E., Pintanel, M., & Valero, M. (2008). Variabilidad de la frecuencia cardiaca como indicador de salud en el deporte: validación con un cuestionario de calidad de vida (SF-12). *Apunts. Medicina de L'esport*, 158, 62-69.
- Casajús, J. A., & Vicente-Rodríguez, G. (. (2011). *Ejercicio físico y salud en poblaciones especiales: Exernet*. Madrid: Consejo Superior de Deportes.
- Cebrián Negrillo, J. d. (2007). *Valoración Morfomotora de los Escolares de la Costa Granadina (Tesis Doctoral)*. Granada: Universidad de Granada.
- Centeno Prada, R. A., Caraballo Daza, M., Rodríguez Rodríguez, M., Naranjo Orellana, J., Galiano Orea, D., & Cayetano Méndez, M. (2005). Valoración Fisiológica de un Programa de Actividad Física en Adultos. *Archivos de Medicina del Deporte*, 9-18.
- Centro Internacional de Investigaciones sobre el cáncer. (2002). *Weight control and physical activity*. Lyon (Francia): IARC Handbooks of Cancer Prevention.
- Clarke, H. H. (1979). Definition of Physical Fitness. *Journal of Physical Education and Recreation*, 28.
- Consulta Mixta OMS/FAO de Expertos en Régimen Alimentario, Nutrición y Prevención de Enfermedades Crónicas. (2003). *Dieta, Nutrición y Prevención de Enfermedades Crónicas: Informe de una Consulta Mixta de Expertos OMS/FAO*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

- Córdova-Villalobos, J., Barriguete-Meléndez, J., Lara-Esqueda, A., Barquera, S., Rosas-Peralta, M., Hernández-Ávila, M., . . . Aguilar-Salinas, C. (2008). Las enfermedades crónicas no transmisibles en México: sinopsis epidemiológica y prevención integral. *Salud Pública de México*, 419-427.
- De la cruz, B., López, C., & Naranjo, J. (2008). Analysis of heart rate variability at rest and Turing aerobic exercise: a study in healthy people and cardiac patients. *Br. J. Sports Med.*, 42, 715 - 720.
- Després, J. P. (2001). Health consequences of visceral obesity. *Annals of Medicine*, 534-541.
- Devís, J., & Peiró, C. (1993). La actividad física y la promoción de la salud en niños/as y jóvenes: la escuela y la educación física. *Revista de Psicología del Deporte*, 71-86.
- Dixon, E., Kamath, M., & McCartney, N. (1992). Neural regulation of heart rate variability in endurance athletes and sedentary controls. *Cardiovascular resource*, 26(7), 713-719.
- Drinkwater, D., & Ross, W. (1980). Anthropometric fractionation of body mass. In M. Ostyn, G. Beunen, & J. Simons, *Kinanthropometry II* (pp. 178-189.). Baltimore: University Park Press.
- Duperly, J. (2005). Sedentarismo vs ejercicio en el síndrome metabólico. *Acta Médica Colombiana*, 133-136.
- Espinoza, J. (1973). Sufrimiento Fetal. *Rev. chil. pediatr.*, vol.44, n.6, 523-529.
- Ewing, D., Martin, C., Young, R., & Clarke, B. (1985). The value of cardiovascular autonomic function tests: 10 years experience in diabetes. *Diabetes Care*, 8, 491-498.
- Faulkner, R., Springs, E., & McQuarrie, A. (1989). A partial curl-up protocol for adults based on an analysis of the procedures. *Can. J. Sport Sci.*, 135-141.
- FIME. (2009, Febrero 26). *Programa Universitarios Activos Y Saludables*. Retrieved Marzo 2, 2010, from http://www.fime.uanl.mx: http://www.fime.uanl.mx/en/noticia_planti.php?newId=193

- Gallo Villegas, J., Farbiarz Farbiarz, J., & Alvarez Montoya, D. (1999). Análisis espectral de la variabilidad de la frecuencia cardíaca. *Iatreia*, 12(2), 61-71.
- Gamelin, F., Berthoin, S., & Bosquet, L. (2006). Validity of the polar S810i Heart rate monitor to measure R-R intervals at rest. *ACSM*, 38 (5), 887-893.
- García, M. (2010, Octubre 14). *Ocupa Monterrey primer lugar... en obesidad*. Retrieved Enero 23, 2011, from El Porvenir: http://www.elporvenir.com.mx/notas.asp?nota_id=437954
- Garrido, A. (2009). *Análisis de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca y sus modificaciones con la acumulación de partidos en jugadores de bádminton de máximo nivel (Tesis Doctoral)*. Sevilla: Universidad Pablo de Olavide.
- González Aramendi, J. M. (2003). *Actividad física, deporte y vida: Beneficios, perjuicios y sentido de la actividad física y del deporte*. Etor-Ostoa.
- Heyward, V. (1991). *Advanced fitness assessment and exercise prescription*. Champaign: Human Kinetics.
- Heyward, V. H. (2006). *Evaluación y Prescripción del Ejercicio*. Barcelona: Paidotribo.
- Hoeger, W., & Hopkins, D. (1992). A comparison of sit and reach and the modified sit and reach in the measurement of flexibility in women. *Res. Q. Exerc. & Sport*, 63, 191-195.
- Holway, F. (2002, Mayo 9). *La Composición Corporal; Mitos y Presunciones Científicas*. Retrieved from Nutrinfo: <http://www.nutrinfo.com/pagina/info/cocorp1.html>
- Hon, E., & Lee, S. (1965). Electronic evaluations of the fetal heart rate patterns preceding fetal death: Further observations. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 87, 814–826.
- Hyytiäinen, K., Salminen, J., Suvitie, S., Wickström, G., & Pentti, J. (1991). Reproducibility of nine tests to measure spinal mobility and trunk muscle strength. *Scand. J. Rehabil. Med.*, 3-10.

- Jackson, A., & Baker, A. (1986). The relationship of the sit and reach test to criterion measures of hamstring and back flexibility in young females. *Res. Q. Exerc. & Sport*, 183-186.
- Jackson, A., & Pollock, M. (1978). Generalized equations for predicting body density in men. *Br. J. Nutrition*, 497-504.
- Jackson, A., Pallock, M., & W. A. (1980). Generalized equations for predicting body density of women. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 175-182.
- Kahn, E., Ramsey, L., Brownson, R., Heath, G., Howze, E., Powell, K., . . . Corso, P. (2002). The effectiveness of interventions to increase physical activity. *American Journal Preventive Medicine*, 22(4S), 73-107.
- Kleiger, R., Miller, J., Bigger, J., Moss, A., & Group., M. P.-I. (1987). Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. *Am. J. Cardiol.*, 59, 256-262.
- Kramer, H., & Ulmer, H. (1981). Two second standardization of the Harpenden caliper. *European Journal of Applied Physiology*, 103-104.
- Kriska, A. M., LaPorte, R. E., Pettitt, D. J., Charles, M. A., Nelson, R. G., Kuller, L. H., . . . Knowler, W. C. (1993). The association of physical activity with obesity, fat distribution and glucose intolerance in Pima Indians. *Diabetología*, 863-869.
- Kune, G., Porcari, J., Hintermeister, R., Freedson, P., Ward, A., McCarron, R., & Ross, J. (1987). Estimation of VO₂max from a one-mile track walk, gender, age, and body weight. *Med. Sci. Sport Exerc.*, 253-259.
- La Prensa Gráfica. (2011, Febrero 23). *Ministros de 31 países se reúnen en México por enfermedades crónicas*. Retrieved from La Prensa Gráfica: <http://m.laprensagrafica.com/2011/02/24/ministros-de-31-paises-se-reunen-en-mexico-por-enfermedades-cronicas/>
- Lee, C., Wood, R., & Welsch, M. (2003). nfluence of short-term endurance exercise training on heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc.*, 35(6), 961-969.
- Lohman, T., Roche, A., & Martorell, R. (1988). *Anthropometric Standardization Reference Manual*. Champaign: Human Kinetics.

- Longhu-Bracaglia, I. (2010, Septiembre 23). *México es el país con más obesos del mundo*. Retrieved Noviembre 23, 2010, from elmundo.es: <http://www.elmundo.es/america/2010/09/23/mexico/1285247226.html>
- Malik, M., & Camm, A. (1993). Components of heart rate variability - What they really mean and what we really measure. *Am. J. Cardiol.*, *72*, 821-822.
- Manson, J. E., Nathan, D. M., Krolewski, A. S., Stampfer, M. J., Willett, W. C., & Hennekens, C. H. (1992). A Prospective Study of Exercise and Incidence of Diabetes Among US Male Physicians. *Journal of the American Medical Association*, 63-67.
- Manson, J. E., Willett, W. C., Stamfer, M. J., Colditz, G. A., Hunter, D., Handkinson, S. E., . . . Speizer, F. E. (1995). Body weigh and mortality among women. *New England Journal of Medicine*, 677-685.
- Márquez, S., & Garatachea, N. (2010). *Actividad física y salud*. España: Ediciones Díaz de Santos.
- Martin, A. D., & Drinkwater, D. T. (1991). Validity in the measurement of body fat. Assumptions or technique? *Sports Medicine*, 277-288.
- McAuley, K. A., Williams, S. M., Mann, J. I., Goulding, A., Chisholm, A., Wilson, N., . . . Jones, I. E. (2002). Intensive Lifestyle Changes Are Necessary to Improve Insulin Sensitivity: A randomized controlled trial. *Diabetes Care*, 445-452.
- Mejía Rodríguez, O., Gómez Medina, S. d., & Villa Barajas, R. (2010). Estrategias educativas en el control metabólico de pacientes con Diabetes mellitus tipo 2. *Aten. Fam.*, 55-56.
- Melanson, E., & Freedson, P. (2001). The effect of endurance training on resting heart rate variability in sedentary adult males. *Eur J Appl Physiol.*, *85(5)*, 442-449.
- Morehouse, L. E., & Gross, L. (1976). *Total fitness in 30 minutes a week*. Londres: Granada publishing.
- Morehouse, L., & Miller, A. (1976). *Fisiología del ejercicio*. Buenos Aires: Editorial El Ateneo.
- Negrão, C., Forjaz, M., Moraes, L., Rondon, M., & Brum, P. (1996). Adaptação cardiovascular ao treinamento físico dinâmico. In

SOCESP, *Cardiología, Atualização e Reciclagem* (pp. 532-540). São Paulo: Atheneu, .

- Norris, C. (1993). Abdominal muscle training in sport. *Br. J. Sports Med.*, 19-27.
- Norton, K., & Olds, T. (1996). *Antropométrica*. Rosario: Biosystem Servicio Educativo.
- Oja, P., Laukkanen, R., Pasanen, M., Tyry, T., & Vuori, I. (1991). A 2-km walking test for assessing the cardiorespiratory fitness of healthy adults. *Int. J. Sports Med.* , 356-362.
- Olaiz-Fernández, G., Rivera-Dommarco, J., Shamah-Levy, T., Rojas, R., Villalpando-Hernández, S., Hernández-Avila, M., & Sepúlveda-Amor, J. (2006). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006*. Cuernavaca: Instituto Nacional de Salud Pública.
- Ortiz Guzmán, J. E., Mendoza Romero, D., Calderón, C. A., & Urbina, A. (2011). Análisis de los componentes espectrales de la variabilidad cardíaca en hombres jóvenes entrenados: comparación del entrenamiento aeróbico y anaeróbico. *Apunts Med Sport*, 41-47.
- Pagani, M., Lombardi, F., Guzzetti, S., Rimoldi, O., Furlan, R., & Pizzinelli, P. (1986). Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympathovagal interaction in man and conscious dog. *Circulation Research*, 59, 178-193.
- Pate, R. (1988). The evolving definition of physical fitness. *Quest*, 174-179. .
- Pate, R. R. (1983). A new definition of youth fitness. *The physician and sportsmedicine*, 77-83.
- Pigozzi, F., Alabiso, A., Parisi, A., Di Salvo, V., Di Luigi, L., Spataro, A., & Iellamo, F. (2001). Effects of aerobic exercise training on 24 hr profile of heart rate variability in female Effects of aerobic exercise training on 24 hr profile of heart rate variability in female athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 41, 101-107.
- Real Academia Española. (2001, Enero 1). *sedentario, ria*. Retrieved Enero 14, 2012, from Real Academia Española: <http://lema.rae.es/drae/?val=sedentario>

- Rodas, G., Carballido, C., Ramos, J., & Capdevila, L. (2008). Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (I). *Archivos de Medicina del Deporte, Vol. XXV No. 123*, 41-47.
- Rodríguez García, P. L. (s/a). *La postural corporal: intervención en Educación Física escolar*. Retrieved from Universidad de Murcia: http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:jqNI1iGcU7kJ:scholar.google.com/&hl=es&as_sdt=0
- Rodriguez, F. A., Valenzuela, A., Gusi, N., Nacher, S., & Gallardo, I. (1998). Valoración de la condición física saludable en adultos: fiabilidad, aplicabilidad y valores normativos de la batería AFISAL-INEFC. *Apunts, Educación Física y Deportes*, 54-65.
- Saavedra, C. (2000, Abril 1). *Ejercicio y Salud: a la opinión pública y autoridades gubernamentales*. Retrieved from Educación Física y Deportes, Revista Digital: <http://www.efdeportes.com/efd20a/saav.htm>
- Salvat Editores S.A. (1974). *Diccionario terminológico de ciencias médicas*. Barcelona: Salvat.
- Sayers, B. (1973). Analysis of heart rate variability. *Ergonomics*, 16, 17-32.
- Serón, P., Muñoz, S., & Lanas, F. (2010). Nivel de actividad física medida a través del cuestionario internacional de actividad física en población chilena. *Rev. méd. Chile*, 1232-1239.
- Siscovick, D., Weiss, N., Fletcher, R., & Lasky, T. (1984). The incidence of primary cardiac arrest during vigorous exercise. *New Engl. J. Med.* , 874-877.
- Skinner, J., & Oja, P. (1994). Laboratory and field tests for assessing "health-related" fitness. In C. Bouchard, R. Shephard, & T. Stephens, *Physical activity, fitness and health: international proceedings and consensus statement* (pp. 160-179). Champaign: Human Kinetics.
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation*, 1043-1065.

- The International Society for the Advancement of Kinanthropometry. (2001). *International Standards for Anthropometric Assessment*. Underdale: The International Society for the Advancement of Kinanthropometry.
- Tuomilehto, J., Lindström, J., Eriksson, J., Valle, T., Hämäläinen, H., Ilanne-Parikka, P., . . . Group, F. D. (2001). Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *New England Journal of Medicine*, 1343-1350.
- Uisitalo, A., Hanin, Y., & Rusko, H. (1994). Effect of exhaustive training period on intrinsic heart rate and autonomic balance. *Abstract XXV FIMS World Congress*. Athens.
- Vanhees, L., Lefevre, J., Philippaerts, R., Martens, M., Huygens, W., Troosters, T., & Beunen, G. (2005). How to assess physical activity? How to assess physical fitness? *Eur. J. Cardiovasc. Prev. Rehabil.* 12, 102-114.
- Wells, K., & Dillon, E. (1952). The sit and reach -a test of back and leg flexibility. *Res. Q. Exerc. Sport.*, 23, 115-118.
- Wolf, M., Varigos, G., & Hunt, D., S. J. (1978). Sinus arrhythmia in acute myocardial infarction. *Med J Aus*, 2, 52-53.
- World Health Organization . (2000). *Obesity: preventing and managing the global epidemic*. Singapore: World Health Organization.
- Zamarripa-Rivera, J. I., López-Walle, J. M., Ruiz-Juan, F., Carranza-García, L. E., Medina-Corrales, M., & Ochoa-Ahmed, F. (2011). La inactividad físico-deportiva de los habitantes de Monterrey, Nuevo León, México. *Revista Mexicana de Investigación en Cultura Física y Deporte*, 128-142.

ANEXO A

Programa “Universitarios Activos y Saludables” de la Universidad Autónoma de Nuevo León

presentación

La Facultad de Organización Deportiva te propone el programa “Universitarios activos y saludables”, con el propósito fomentar la práctica de la actividad física para crear un estilo de vida saludable en los estudiantes, docentes y demás trabajadores de la UANL. Esta iniciativa forma parte de la visión 2012 y del plan de desarrollo de la UANL, así como del programa universidad saludable.

Te proponemos dos guías para su ejecución: para los que se consideran personas inactivas o activas. Los ejercicios que se incluyen se pensaron para que los realices el mismo lugar de trabajo, en los andadores o en las instalaciones deportivas de la universidad, en casa, en el parque o donde creas conveniente, siempre y cuando no presenten un riesgo para ti.

recomendaciones

Antes
Responde al cuestionario C-AEF.
Utiliza los ejercicios de calentamiento propuestos en este programa.
Usa ropa deportiva de algodón.
Realiza la actividad física 2 horas después de que ingeriste alimentos.

Durante
Realizar los ejercicios propuestos con una postura correcta.
Al correr, controlar que los apoyos de los pies vayan rectos, que no se desplacen hacia fuera o hacia dentro.
En base a tu experiencia y creatividad combina y agrega otros ejercicios

Después
Realiza ejercicios de relajación: flexibilidad, masaje, ducha, entre otros.
Ejercicios de respiración.
Programa tu siguiente sesión de ejercicio.

programa universitarios activos y saludables

aprovecha los beneficios que la actividad física te da:

psicológicos

- reduce el estrés
- incrementa el rendimiento escolar
- positivismo hacia tu cuerpo

físicos

- incrementa la condición física
- mejora la capacidad cardiovascular
- reduce el sobrepeso y la obesidad

sociales

- te relaciona con tus amigos
- integración a la comunidad
- practicas valores como la cooperación, el respeto, compañerismo, solidaridad...

diagnóstico

¿Te ha dicho el médico alguna vez que padeces una enfermedad cardíaca y que sólo debes hacer aquella actividad física que te aconseje tu médico?

¿Tienes dolor en el pecho cuando realizas una actividad física?

¿Te ha dolido el pecho durante el mes pasado aunque no practicas una actividad física?

¿Pierdes el equilibrio a causa de mareos o te has desmayado alguna vez?

¿Tienes problemas óseos o articulares que puedan empeorar si aumentas tu actividad física?

¿Te receta tu médico normalmente algún medicamento (por ejemplo, pastillas) para la tensión arterial o para alguna enfermedad cardíaca?

¿Conoces cualquier otra razón por la cual no puedas practicar una actividad física?

Si has contestado: Sí a una o más preguntas

• Ponte en contacto con tu médico o acude a tu consulta ANTES de incrementar tu actividad física o ANTES de hacerte una valoración del nivel de tu condición física. Comenta a tu médico de las preguntas que has contestado Sí.

• Deberías poder hacer la actividad que deseas siempre que empiece lenta y gradualmente y vayas incrementando el esfuerzo. O puede que tengas que limitar tus actividades o aquellas que sean seguras para ti. Consulta a tu médico sobre las actividades que deseas participar y sigue su consejo.

• Si te consideras una persona que realizas poca o ninguna actividad física, inicia con la guía para personas inactivas.

Fuente: American Collage of Sport Medicine (1999).

calentamiento

Es un conjunto de actividades y/o ejercicios físicos que se ejecutan con el objetivo de preparar a tu organismo para que puedas realizar un esfuerzo físico más intenso y poder alcanzar un mejor rendimiento. El calentamiento permite preparar a los sistemas del cuerpo (muscular, articular, respiratorio, cardiovascular y nervioso) para poder realizar ejercicios intensos sin riesgo de lesión. (López, 1997)



guía de ejercicios para personas inactivas

* Recomendado
** Opcional



*Camina-trota de 10 – 30 minutos, 3 veces por semana.



* Involucrarse en actividades del hogar (lavar, barrer, trapear...).



** Practica baile individual, por pareja o en grupo hasta 30 minutos, 1 a 2 veces por semana.



** Bicicleta estática de 10 – 30 minutos, 1 a 2 vez por semana.



** Nadar de 10 – 30 minutos, 3 veces por semana.



*Incrementa el uso de andadores y corredores.



*Utiliza cada vez que puedas las escaleras.



Practicar un deporte recreativo o con el equipo representativo de la facultad

La frecuencia cardíaca máxima recomendada para esta categoría en estudiantes es de 130-150 pulsaciones/min, y para adultos de 120-140 pulsaciones/min. La frecuencia cardíaca se puede tomar de forma radial durante 15 segundos multiplicando las pulsaciones por 4.

<p>1 elevación de rodillas</p>	<p>3 elevación de talones sentado</p>	<p>6 elevación de piernas hacia el pecho</p>	<p>8 flexión rodillas</p>	<p>10 elevación de cabeza y hombros</p>
<p>2 empuje hacia la pared</p>	<p>4 abrir y cerrar piernas lados</p>	<p>7 estirar de piernas</p>	<p>9 llevar codo a la rodilla contraria</p>	<p>11 tocar el piso con las manos</p>

guía de ejercicios para personas activas

* Recomendado
** Opcional



* Correr a un ritmo moderado durante 30 – 50 minutos, 3 veces por semana.



* Incrementa el uso de andadores y corredores.



* Saltar la cuerda



* Iniciar con un programa de fuerza con su mismo peso y con implementos



** Practicar un deporte recreativo o con el equipo representativo de la facultad



** Practica baile individual, por pareja o en grupo hasta 60 minutos, 1 a 2 veces por semana.



** Bicicleta estática de 30 – 50 minutos, 1 a 2 vez por semana.



** Nadar de 30 – 60 minutos, 3 veces por semana.

La frecuencia cardiaca máxima recomendada para esta categoría en estudiantes es de 150-170 pulsaciones/min, y para adultos de 140-160 pulsaciones/min. La frecuencia cardiaca se puede tomar de forma radial durante 15 segundos multiplicando las pulsaciones por 4.

1

elevación de cadera



3

toca las puntas de los pies



5

desplantes



7

elevación de talones



9 flexión de codos



2

elevación de cabeza y hombros



4

sentadillas



6

elevación de pierna



8

flexión piernas



10

abrir y cerrar brazos



ANEXO B

Evidencia Fotográfica

