

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS**

**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD FÍSICA Y DEL ESTADO NUTRICIONAL EN
DEPORTISTAS ADOLESCENTES FEDERADOS”**

Estudio descriptivo transversal realizado en el departamento de Baja Verapaz, Guatemala
mayo-junio 2016

Tesis

Presentada a la Honorable Junta Directiva
de la Facultad de Ciencias Médicas de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

Edgar Alejandro Estrada Donis
Sergio Daniel Mejía Chet
Erwin Conrado Del Valle Ríos
Ana Gabriela Morales Pérez

Médico y Cirujano

Guatemala, agosto de 2016

El infrascrito Decano de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala hace constar que:

Los estudiantes:

Edgar Alejandro Estrada Donis	200614287
Sergio Daniel Mejía Chet	200614405
Erwin Conrado Del Valle Ríos	200710268
Ana Gabriela Morales Pérez	200910218

Cumplieron con los requisitos solicitados por esta Facultad previo a optar al Título de Médico y Cirujano en el grado de Licenciatura, y habiendo presentado el trabajo de graduación titulado:

**"EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD FÍSICA Y DEL ESTADO NUTRICIONAL
EN LOS DEPORTISTAS ADOLESCENTES FEDERADOS"**

Estudio descriptivo transversal realizado en el departamento de Baja Verapaz

mayo-junio 2016

Trabajo asesorado por el Dr. Calvin Haroldo Illescas Orellana y revisado por el Dr. Paul Antulio Chinchilla Santos, quienes avalan y firman conformes. Por lo anterior, se emite, firma y sella la presente:

ORDEN DE IMPRESIÓN

En la Ciudad de Guatemala, el once de agosto de dos mil dieciséis



DECANATO
DR. MARIO HERRERA CASTELLANOS
DECANO

El infrascrito Coordinador de la Coordinación de Trabajos de Graduación de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, hace constar que los estudiantes:

Edgar Alejandro Estrada Donis	200614287
Sergio Daniel Mejía Chet	200614405
Erwin Conrado Del Valle Ríos	200710268
Ana Gabriela Morales Pérez	200910218

Presentaron el trabajo de graduación titulado:

**"EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD FÍSICA Y DEL ESTADO NUTRICIONAL
EN LOS DEPORTISTAS ADOLESCENTES FEDERADOS"**

Estudio descriptivo transversal realizado en el departamento de Baja Verapaz

mayo-junio 2016

El cual ha sido revisado por el Dr. Luis Gustavo de la Roca Montenegro y, al establecer que cumple con los requisitos exigidos por esta Coordinación, se les autoriza continuar con los trámites correspondientes para someterse al Examen General Público. Dado en la Ciudad de Guatemala el diez de agosto del dos mil dieciséis.

César O. García G.
Doctor en Salud Pública
Colegiado 5.950

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Dr. C. César Oswaldo García García
Coordinador

USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ciencias Médicas
Coordinación de Trabajos de Graduación
COORDINADOR

Guatemala, 10 de agosto del 2016

Doctor
César Oswaldo García García
Coordinación de Trabajos de Graduación
Facultad de Ciencias Médicas
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Dr. García:

Le informamos que nosotros:

Edgar Alejandro Estrada Donís

Sergio Daniel Mejía Chet

Erwin Conrado Del Valle Ríos

Ana Gabriela Morales Pérez



Presentamos el trabajo de graduación titulado:

"EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD FÍSICA Y DEL ESTADO
NUTRICIONAL EN LOS DEPORTISTAS ADOLESCENTES FEDERADOS"

Estudio descriptivo transversal realizado en el departamento de Baja Verapaz

mayo-junio 2016

Del cual el asesor y revisor se responsabilizan de la metodología,
confiabilidad y validez de los datos, así como de los resultados
obtenidos y de la pertinencia de las conclusiones y
recomendaciones propuestas.

Firmas y sellos

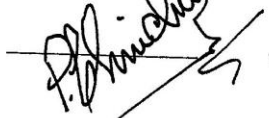
Asesor: Dr. Calvin Haroldo Illescas Orellana

Revisor: Dr. Paul Antulio Chinchilla Santos

No. de registro de personal 20100161



Calvin H. Illescas O
Médico y Cirujano
Colegiado No. 4524



Paul Antulio Chinchilla Santos
MEDICO Y CIRUJANO
Colegiado 3154

ACTO QUE DEDICO

A Dios: Ser supremo a quien le debo todas la bendiciones recibidas, además de ser la luz y la guía en mi vida, quien me ha brindado la sabiduría para llegar hasta donde estoy.

A mis padres: Noemi Donis y Edgar Estrada quienes me brindaron su apoyo y comprensión, principalmente a mi mami quien paso largas noches a mi lado sufriendo la angustia de los días de parciales y estrés, quien bajo ninguna circunstancia dudo de la capacidad que tengo para lograr mis metas y sueños para quienes en el camino se volvieron sus metas y sueños. A mi papi gracias por enseñarme a enfrentar a la vida. Mi amor para ustedes dos ya que sin su presencia yo no existiría en este mundo.

A mis hermanos: José Efraín, Sara Noemi y Susan Noemi, quienes a pesar de ser unos maestros en el arte de molestar, fueron mis maestros para el amor, para el apoyo, y la dedicación, a quienes espero lograr ser un ejemplo de que por muy difícil que parezca el camino siempre lograremos llegar a la meta junto como una familia.

A mis tíos: Luis, Lupe, Carmen, quienes confiaron en mí y no dudaron de que lograría la meta, y en especial mención a mi tío el Dr. Gustavo Gutiérrez quien es un ejemplo de superación y trabajo, y el tipo de médico al que quiero llegar a ser en un futuro.

A mis mejores amigos: Conrado y Sergio quienes siempre están en las buenas y en las malas y con quienes viví la parte alegre y compleja de este proyecto, que a pesar de la diferencia de tiempo que tenemos de conocernos son esas personas que quiero me acompañen siempre, y en especial a Mariana quien entre sus locuras y extraña forma de bailar para no dormirnos manejando, pasamos todas las penas y cumplimos la meta ser llamados Doctores.

A la Dra. Marsha Pineda: por ser mi amiga, maestra, mentora, compañera, novia, quien durante el final del proceso no dudo ningún momento que lograría la meta, gracias por estar a mi lado aguantando mis quejas, y por siempre decirme que yo era capaz y no permitir que cayera, te amo.

A mis asesores: Dr. Calvin, Dr. Del Valle gracias por sus consejos y ayuda.

A mi revisor: Dr. Chinchilla gracias por su comprensión.

A la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala: gracias por su ayuda.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, catedráticos y hospitales: quienes me guiaron con enseñanza y permitieron mi formación académica para orgullosamente ser llamado Doctor.

GRACIAS TOTALES.

EDGAR ALEJANDRO ESTRADA DONIS.

ACTO QUE DEDICO

A Dios: Por su regalo inmerecido de amor, por tomarme en cuenta en sus planes eternos, y permitirme cumplir esta meta.

A mi papá Félix: Por su dedicación, esfuerzo e inmenso sacrificio que realizó, por mantenerme en esta carrera y sin importar las adversidades me brindó su apoyo en todo momento para alcanzar esta meta.

A mi mamá Miriam: Por ese inmenso amor y apoyo incondicional, por su afán entrañable de formarme como un hombre de bien; pero sobre todo por darme la vida.

A mi hermano Josué: Por su comprensión, apoyo, por compartir conmigo tantas alegrías y logros, por motivarme a no rendirme y acompañarme siempre.

A mis hermanas: Mariela Mejía y Patricia Mejía con quienes he compartido toda mi vida y en quienes he encontrado apoyo y el cariño en todo momento de mi vida.

A mis sobrinos: Juliana, Jimena, Carlos y José por darme tanta alegría, estaré siempre para apoyarlos en todo lo que necesiten.

A mi novia: Stephany por ser la mejor compañera y amiga en esta travesía, gracias por el apoyo, consejos y amor, porque ésta sea la primera meta alcanzada de muchas más en nuestra vida. Te amo.

A la familia Ordoñez: Gracias por el cariño y apoyo que me han mostrado, por estar junto a mí y brindarme la oportunidad de compartir con cada uno de ustedes.

A mis amigos: Todos aquellos que durante este recorrido estuvieron allí brindándome su apoyo, pero en especial a Conrado y Edgar quienes me han demostrado que no es necesario llevar el mismo apellido ni compartir lazo sanguíneo para llamarlos hermanos.

A mis maestros: Aquellos que han estado durante mi proceso de formación desde mi niñez, a los catedráticos de la universidad, a los médicos de los hospitales quienes con paciencia y esmero transmitieron su experiencia y conocimiento.

A mis asesores: Doctores Illescas y Del Valle, por sus consejos y ayuda.

A mi revisor: Doctor Chinchilla por su apoyo y comprensión.

A la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala: gracias por la ayuda brindada.

A mi universidad: San Carlos de Guatemala, en especial a la Facultad de Ciencias Médicas, mi segunda casa, por formarme como profesional.

SERGIO DANIEL MEJÍA CHET.

ACTO QUE DEDICO

A Dios: por darme sabiduría y empatía, por estar junto a mí en los buenos momentos y no olvidarme en los malos.

A mis padres: Sonia y Conrado por darme la vida, por su paciencia y amor durante estos largos años, por siempre confiar en mí y por contar con su apoyo incondicional durante cada etapa de mi aprendizaje.

A mis hermanos: Ruby, Rudy, Romario y Luis por su apoyo, por el cariño y por ser mis ejemplos a seguir.

A mis cuñados: Esteban y Gabriela por su cariño y apoyo a lo largo de estos años

A mis abuelitos: Luis, Augusto, Ruby y Lidia por consentirme, cuidarme y brindarme sus propias experiencias de vida.

A mi familia: tíos y primos por ser mi ejemplo perfecto de unidad familiar.

A mis amigos: Luis Fernando, Ana Gabriela, Edgar, Sergio, Ricardo, Andrea, Stephanie, Moisés, Pablo y Jorge Luis con quienes compartí durante toda la carrera.

A la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala: por el apoyo brindado durante el desarrollo de esta investigación.

A mi asesor: Dr. Calvin Illescas, Dr. Luis Del Valle y revisor de tesis Dr. Paul Chinchilla por orientarme y compartir un poco de sus tantos conocimientos.

A la Facultad de Ciencias Médicas: por su compromiso en forjar excelentes médicos.

A la Universidad De San Carlos De Guatemala: por darme la oportunidad de realizar mis estudios superiores.

ACTO QUE DEDICO

A Dios: por guiarme y acompañarme siempre, por escuchar mis oraciones y hacer posible una de mis metas.

A mis padres: Guillermo Morales y Holanda Pérez quienes han creído en mí siempre. Doy gracias por su amor, por su confianza, por su sacrificio, por el ejemplo de trabajo y superación, porque sin su apoyo no sería posible culminar mi carrera profesional.

A mis hermanos: Mario Guillermo y Claudia Alejandra por su cariño, por sus consejos y por fomentar en mí la unión familiar, la responsabilidad y el deseo de superación.

A mi sobrina: Kayla Jimena por permitirme revivir mi infancia y porque aún a tu corta edad, me has enseñado muchas cosas de esta vida. Gracias por llenar mi vida de felicidad.

A mis asesores: Dr. Calvin Illescas y Dr. Luis Del Valle por brindarme sus conocimientos, por compartir sus experiencias y por su tiempo aún fuera del horario de trabajo.

A mi revisor: Dr. Paul Chinchilla por el tiempo, dedicación, enseñanzas, consejos y las palabras de aliento en el momento preciso.

A mis amigos: por los momentos que compartimos y por ser parte de mi formación académica.

A la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala: por el apoyo brindado durante el desarrollo de esta investigación.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala: por abrirme sus puertas y permitirme ser parte de tan gloriosa casa de estudios.

A la Facultad de Ciencias Médicas: por su labor en mi formación académica, cultural y social

A todas las personas que, de una manera u otra, han sido parte de mi vida profesional, muchas gracias.

ANA GABRIELA MORALES PÉREZ

De la responsabilidad del trabajo de graduación:

El autor o autores es o son los únicos responsables de la originalidad, validez científica, de los conceptos y de las opiniones expresadas en el contenido del trabajo de graduación. Su aprobación en manera alguna implica responsabilidad para la Coordinación de Trabajos de Graduación, la Facultad de Ciencias Médicas y para la Universidad de San Carlos de Guatemala. Si se llegara a determinar y comprobar que se incurrió en el delito de plagio u otro tipo de fraude, el trabajo de graduación será anulado y el autor o autores deberá o deberán someterse a las medidas legales y disciplinarias correspondientes, tanto de la Facultad, de la Universidad y otras instancias competentes.

RESUMEN

OBJETIVO: Evaluar la capacidad física y el estado nutricional en los deportistas adolescentes federados del departamento de Baja Verapaz, Guatemala en los meses de mayo y junio del año 2016. **POBLACIÓN Y MÉTODOS:** Estudio descriptivo de corte transversal con enfoque cuantitativo, muestra de 297 deportistas entre 12 y 18 años a quienes se realizó una entrevista, evaluación clínica y evaluación física por medio de las pruebas de Tokmakidis para la capacidad aeróbica y Running Anaerobic Sprint Test (RAST) para la capacidad anaeróbica. **RESULTADOS:** De las características epidemiológicas, se encontró que 49% (144) corresponde a las edades de 12 y 13 años; el sexo masculino prevalece con 57% (169); la escolaridad en el 57% (168) fue nivel básico; la residencia con mayor porcentaje fue Salamá 80% (236). En cuanto al estado nutricional, 19% (56) presentaba sobrepeso u obesidad. Con respecto al desarrollo sexual, 47% (141) se encontraba en grado V de Tanner. La capacidad aeróbica mostró que del sexo femenino, 57% (73) se encontraba por arriba del promedio. En la capacidad anaeróbica, 1% (1) se encontró en mal esfuerzo. **CONCLUSIONES:** Las características epidemiológicas que predominaron fueron las edades de 12 y 13 años, sexo masculino, escolaridad de nivel básico y residencia en el municipio de Salamá. El estado nutricional sobresaliente fue sobrepeso u obesidad, así como Tanner V en el grado de desarrollo sexual. En cuanto a capacidad aeróbica el sexo femenino obtuvo mejores resultados. La capacidad anaeróbica evidenció que un deportista presentó mal esfuerzo.

Palabras clave: Prueba de Esfuerzo, Estado Nutricional, Ciencias de la Nutrición y del Deporte

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3. MARCO TEÓRICO	5
3.1 Medicina deportiva.....	5
3.1.1 Concepto.....	5
3.1.2 Antecedentes históricos.....	5
3.1.3 Medicina deportiva en Guatemala	7
3.2 Deporte.....	8
3.2.1 Concepto.....	8
3.3 Ejercicio.....	8
3.3.1 Concepto.....	8
3.3.2 Fisiología.....	8
3.3.2.1 Control nervioso del sistema motor.....	9
3.3.2.2 Sistemas energéticos en el ejercicio.....	10
3.3.2.3 Interacción de los diferentes sistemas energéticos.....	11
3.3.2.4 Las fibras musculares y su reclutamiento en el ejercicio.....	12
3.3.2.5 Fuerza muscular: concepto y tipos de acciones musculares.....	12
3.3.2.6 Respuesta cardiovascular al ejercicio.....	13
3.3.2.7 Gasto cardíaco y ejercicio físico	14
3.3.2.8 Respuesta de la ventilación pulmonar al ejercicio.....	16
3.3 Capacidad física	19
3.3.1 Capacidad aeróbica. Test de Tokmakidis	19
3.3.2 Capacidad anaeróbica. Running-based anaerobic sprint test (RAST)	21
3.4 Desarrollo de caracteres sexuales.....	24
3.4.1 Escala de Tanner	25
3.4.2 Efectos del desarrollo sexual en adolescentes deportistas	27
3.5 Estado nutricional en el deportista	29
3.5.1 Alimentación y nutrición.....	29
3.5.2 Medidas antropométricas.....	29
4. POBLACIÓN Y MÉTODOS	31
4.1 Tipo y diseño de la investigación	31
4.2 Unidad de análisis	31

4.3	Población y muestra	31
4.3.1	Población o universo	31
4.3.2	Marco muestral	31
4.3.3	Muestra	31
4.4	Selección de los sujetos a estudio	34
4.4.1	Criterio de inclusión	34
4.4.2	Criterio de exclusión	34
4.5	Medición de variables	35
4.6	Técnicas, procesos e instrumentos utilizados en la recolección de datos	42
4.6.1	Técnicas de recolección de datos.....	42
4.6.2	Procesos	43
4.6.3	Instrumentos de medición.....	44
4.7	Procesamiento y análisis de datos.....	44
4.7.1	Procesamiento de datos	44
4.7.2	Análisis de datos	45
4.8	Límites de la investigación.....	45
4.8.1	Obstáculos (riesgos y dificultades)	45
4.8.2	Alcances.....	46
4.9	Aspectos éticos de la investigación	46
4.9.1	Principios éticos generales	46
4.9.2	Categorías de riesgo	46
4.9.3	Consentimiento informado	46
5.	RESULTADOS	47
5.1	Características epidemiológicas	47
5.2	Estado nutricional.....	48
5.3	Grado de desarrollo sexual	48
5.4	Capacidad aeróbica	49
5.5	Capacidad anaeróbica.....	50
6.	DISCUSIÓN	51
7.	CONCLUSIONES	53
8.	RECOMENDACIONES	55
9.	APORTES	57
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
11.	ANEXOS	61
11.1	Figuras	61
11.2	Tablas	63

1. INTRODUCCIÓN

El deporte a nivel mundial ha comenzado a tomar mayor auge en las últimas décadas, no solo por el beneficio que éste implica para la salud sino porque a partir de esta extensa población ha logrado sobresalir un grupo de atletas en distintas disciplinas deportivas, esto ha hecho que organizaciones a nivel mundial hayan involucrado a la medicina deportiva como un ente encargado de preservar la salud de los deportistas y partiendo de esto poder tener un óptimo desarrollo físico.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha definido como buen estado físico a la capacidad para realizar satisfactoriamente un trabajo muscular en determinadas condiciones tomando en cuenta la capacidad aeróbica y anaeróbica. Partiendo de esto se puede mencionar que existen pruebas para medir la condición física aeróbica como el Test Tokmakidis y pruebas para la condición anaeróbica como el Test RAST.¹

Para establecer que un deportista goza de buena salud es necesario realizar exámenes clínicos periódicamente, así mismo evaluar el estado nutricional en cada visita. Posteriormente el deportista debe ser sometido a una serie de pruebas de terreno con el objetivo de conocer cómo se encuentra su condición física.

En Europa existen diversos estudios que se encargan de analizar las capacidades físicas que presentan los deportistas evaluando a estos con pruebas de terreno las cuales indican el nivel que estos presentan ante las demandas que tienen sus distintas disciplinas, los más destacados en este continente son los deportes de conjunto, donde se necesita alta resistencia ante un juego anaeróbico (en ausencia de oxígeno), por la fuerza explosiva y la velocidad que los integrantes deben tener ante su desempeño.²

En América Latina, se ha encontrado que Cuba realiza estudios para valorar la capacidad física que presentan sus deportistas, debido a que las exigencias competitivas durante el año son constantes y por tal razón los deportistas son sometidos a pruebas de terreno para valorar su capacidad aeróbica (con uso de oxígeno).³

En Guatemala a los deportistas de alto rendimiento se les evalúa y estos resultados son comparados con los estándares internacionales, sin embargo estos no se adecuan a las características epidemiológicas y sociodemográficas del territorio.

En los últimos años los departamentos han aportado parte de los deportistas que han sobresalido, recientemente las Verapaces se han convertido en una región muy importante

para el deporte nacional debido a sus mayores exponentes Erick Barrondo (Marcha), José Amado García (Maratón) y Herlinda Xol (Maratón).

Es de suma importancia hacer el estudio en adolescentes ya que es la etapa ideal para su desarrollo deportivo, con la adecuada evaluación de la capacidad física y estado nutricional, los metodólogos deportivos y entrenadores sabrán exactamente en qué condición se encuentran los deportistas y así podrán tomar decisiones con respecto al rumbo que pueda tomar su entrenamiento.

Con base a lo anterior surge la pregunta: ¿cuál es la capacidad física y el estado nutricional que presentan los deportistas adolescentes federados en las disciplinas existentes en el departamento de Baja Verapaz, Guatemala?, por lo que se traza como objetivo principal, evaluar la capacidad física y el estado nutricional de los deportistas adolescentes federados de dicho departamento; para lo cual se realizó una entrevista obteniendo datos sobre características epidemiológicas, una evaluación clínica la cual mediante medidas antropométricas se determinó el estado nutricional, así también se realizó una evaluación física por medio de la prueba de terreno Tokmakidis para evaluación de la capacidad aeróbica y Running anaerobic sprint test (RAST) para evaluación de la capacidad anaeróbica.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar la capacidad física y el estado nutricional de los deportistas adolescentes federados del departamento de Baja Verapaz, Guatemala en los meses de mayo y junio del año 2016.

2.2 Objetivos específicos

2.2.1 Identificar características epidemiológicas según edad, sexo, escolaridad y residencia en deportistas adolescentes federados del departamento de Baja Verapaz.

2.2.2 Determinar el estado nutricional de los deportistas adolescentes federados.

2.2.3 Identificar el grado de desarrollo sexual de los deportistas adolescentes federados.

2.2.4 Determinar la capacidad aeróbica por pruebas indirectas de terreno (Tokmakidis), de los deportistas adolescentes federados.

2.2.5 Determinar la capacidad anaeróbica por pruebas indirectas de terreno (RAST), de los deportistas adolescentes federados.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Medicina deportiva

3.1.1 Concepto

Es una especialidad multi e interdisciplinaria que estudia de manera científica el desempeño del ser humano durante las actividades de la vida diaria y/o físico deportivas con el fin de lograr un estado de óptima salud y alcanzar el máximo rendimiento deportivo.

Aplicada en competencias de alto rendimiento consiste en seleccionar, orientar, vigilar y tratar a los deportistas, haciendo notar que ningún deportista, cualquiera que sea su edad y sexo, puede recibir la autorización necesaria para la práctica de deportes de competición si no se le considera físicamente capaz de soportar los esfuerzos que estos exigen. ⁴

3.1.2 Antecedentes históricos

Existen numerosos antecedentes de la utilización del movimiento o ejercicio terapéutico para aliviar ciertas patologías o mejorar una función corporal.

En el año de 1904 Grecia ya conocía las virtudes del ejercicio y tenían médicos encargados de atender y tratar a los lesionados y heridos en los Juegos Olímpicos,

Heródico (personaje que llegó a ser considerado padre de la medicina deportiva) desarrolló un complejo sistema de ejercicios en los que combinó la lucha, carrera y boxeo para desarrollar la fuerza.

El hombre más grande en la medicina romana fue Galeno. Sus escritos constituyeron el principal texto médico para los estudiantes de medicina durante más de mil años. En su libro "Acerca de la Higiene" clasificó los ejercicios según su vigor, duración, frecuencia, uso de aparatos y la parte del cuerpo que intervenía. ⁵

Cristóbal Méndez, médico español, basándose en el pensamiento de Hipócrates y la obra de Galeno, escribió en 1553 el libro titulado "Libro del

Ejercicio Corporal y de sus Provechos”, donde combina con habilidad consejos básicos para mejorar el estado de salud y prevención de enfermedades, con el beneficio que reporta el ejercicio físico y su práctica a través de movimientos específicos de las diferentes partes del cuerpo. Esta obra es de obligada consulta bibliográfica ya que por primera vez se unen conceptos de actividad física y salud caminando a la par.

El hombre que dió realmente el primer paso hacia delante en cuanto a vincular los ejercicios con el sistema de los músculos estriados fue Nicolás Andry. El 4 de marzo de 1723, Andry impartió una conferencia en la Facultad de Medicina de París, titulada: “¿Es el ejercicio el mejor medio para preservar la salud?”. Sus primeras palabras eran la clave de sus creencias: “*entre todos los métodos para aliviar e incluso para curar muchas enfermedades a las cuales está sujeto el cuerpo, no hay nada que iguale al ejercicio*”.

En los tiempos modernos, no fue hasta los Juegos Olímpicos de invierno de 1928, en St. Moritz, que un comité especial decidió realizar el primer congreso internacional de Medicina del Deporte.

El médico alemán Ernst Jokl se dedicó a la investigación y desarrollo de esta especialidad con un criterio visionario especial, fue fundador del *American College of Sports Medicine*, la organización de medicina deportiva más prominente de los Estados Unidos.

En la actualidad en los Estados Unidos, la Medicina del Deporte es una subespecialidad reconocida desde 1989, con más de 70 plazas para especializarse y unos mil especialistas certificados. Está claro que la Medicina del Deporte no solo abarca lesiones musculoesqueléticas, sino problemas que requieren el trabajo en equipo con múltiples especialidades: Cardiología, Neumología, Ortopedia, Fisiología del Ejercicio, Traumatología entre otras.⁵

3.1.3 Medicina deportiva en Guatemala

La confederación deportiva autónoma de Guatemala (CDAG) fue creada por el acuerdo 211 del Ministerio de Educación Pública el día 7 de diciembre del año de 1945. El 28 de abril de 1946 se promulgaron sus estatutos. Este fue el marco legal que rigió el deporte nacional hasta 1956.

La primera Ley Orgánica del Deporte fue promulgada el 27 de febrero de 1956, durante el gobierno de facto del Coronel Carlos Alberto Castillo Armas. Se le llamó el Decreto-Ley 566. Esta ley ha sido modificada en múltiples ocasiones.

Es bueno destacar que siempre ha prevalecido el criterio, por parte de los distintos gobiernos constitucionales, que el deporte federado debe preservar su modelo de estructura "AUTÓNOMA".

De acuerdo a la Constitución Política de la República de Guatemala, anualmente se recibe una asignación privativa no menor del tres por ciento del presupuesto general del estado. Estos se utilizan para la promoción y fomento de la cultura física nacional (deporte federado: confederación deportiva autónoma de Guatemala y comité olímpico guatemalteco; deporte no federado: ministerio de educación, a través de la dirección general de educación física, y el ministerio de cultura y deportes).⁷

3.1.3.1 Marco legal

Actualmente según la Constitución de la República de Guatemala:

CAPÍTULO VII Comisión de medicina y ciencias aplicadas a la cultura física y al deporte

ARTÍCULO 24 Creación y objetivo: se crea la comisión de medicina y ciencias aplicadas a la cultura física y al deporte con el interés de velar por el estado de salud física y psicosocial de los practicantes de la educación física, la recreación física y el deporte, para el mejor aprovechamiento de ésta y que no haya duplicidad de esfuerzos físicos ni económicos con otras entidades dedicadas al desarrollo del deporte nacional.

ARTÍCULO 25. Integración. La comisión de medicina y ciencias aplicadas a la cultura física y al deporte estará formada por una dirección, sub-dirección y departamentos de diferentes especialidades de las ciencias aplicadas al desarrollo de la cultura física y del deporte, medicina del ejercicio en niños, niñas, jóvenes, hombres y mujeres, nutrición, odontología, psicología, fisiatría, cardiología, traumatología ortopedia y otras teniendo su sede en la ciudad capital con posibilidad de tener subsedes en las diferentes regiones del país.⁸

3.2 Deporte

3.2.1 Concepto

Actividad física, ejercida como juego o competición, cuya práctica supone entrenamiento y sujeción a normas, la cual se puede sub-dividir en deporte recreativo que se refiere a aquel que es practicado por placer o diversión sin la finalidad de superar a ningún adversario únicamente por disfrute o goce; y el deporte competitivo el cual tiene como objetivo superar a un contrario o a sí mismo, en este deporte es importante conseguir resultados y para esto se requiere sacrificio y un entrenamiento sistemático para lograr los fines deseados, se rige por el principio de selectividad, de forma que la elite deportiva constituye un colectivo minoritario que practica bajo las normas y reglamentos avalados por la Federación Deportiva Internacional correspondiente, y que en el ámbito nacional se práctica bajo el control y la supervisión de la federación nacional la cual en Guatemala lleva por nombre CDAG (Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala por sus siglas en español) quien es el ente encargado a su vez este tiene subsedes departamentales.^{4,9}

3.3 Ejercicio

3.3.1 Concepto

Cualquier movimiento corporal repetitivo y destinado a conservar la salud o recobrarla.⁴

3.3.2 Fisiología

La fisiología es el estudio del funcionamiento de los diversos aparatos y sistemas de los seres vivos, su regulación e interacción. Así, la fisiología

humana se dedica al estudio de las funciones que realizan en el ser humano los órganos, aparatos y sistemas, tanto en sus aspectos más específicos y concretos como en los más globales.

Se define la fisiología del ejercicio como la ciencia que estudia las respuestas de los órganos, aparatos y sistemas que componen el organismo humano durante el ejercicio físico, los mecanismos de regulación e integración funcional que hacen posible la realización de ejercicio físico, y las adaptaciones tanto estructurales como funcionales que la realización continuada de ejercicio o entrenamiento físico ocasiona. ¹⁰

3.3.2.1 Control nervioso del sistema motor

Todas las acciones dirigidas al exterior dependen de la capacidad del sistema nervioso para gobernar los músculos esqueléticos.

Diversas estructuras controlan la actividad motora y se organiza de manera jerárquica. La médula espinal es el nivel inferior de esta organización, donde se hallan los circuitos neuronales que median reflejos y movimientos rítmicos como la locomoción.

El tronco del encéfalo es el siguiente nivel de la jerarquía motora. Esta zona recibe numerosas aferencias de la corteza y núcleos subcorticales, y envía información a la médula a través de fascículos descendentes que contribuyen al control de la postura, los movimientos de la cabeza y los ojos.

La corteza es el nivel superior del control motor. Tanto la corteza motora primaria como las áreas pre-motoras se proyectan directamente hacia la médula espinal a través del fascículo cortico-espinal, pero también modulan los núcleos del tronco del encéfalo. La coordinación y planificación de secuencias motoras complejas tiene lugar en estas áreas pre-motoras en conexión con las cortezas asociativas parietal-posterior y pre-frontal. ¹¹

Además de los niveles jerárquicos indicados (médula espinal, tronco del encéfalo y corteza) en la planificación y ejecución del movimiento intervienen el cerebelo y los ganglios basales. Estas estructuras establecen bucles de retroalimentación, contribuyendo tanto al control postural como a la realización normal de los movimientos.

3.3.2.2 Sistemas energéticos en el ejercicio

Durante el ejercicio, el músculo esquelético satisface sus demandas energéticas utilizando sustratos, fundamentalmente, las grasas y los hidratos de carbono. Las proteínas actúan en ocasiones como sustratos energéticos, si bien son otras muy diferentes sus funciones fundamentales en el organismo. Los sustratos mencionados no son utilizados directamente por la célula muscular, sino que todos ellos deben ceder la energía contenida en sus enlaces químicos para la fosforilación de la adenosina trifosfato (ATP), ya que la célula muscular sólo es capaz de obtener directamente la energía química de este compuesto de alta energía y transformarla en energía mecánica.¹¹

La célula muscular dispone de tres mecanismos para resintetizar el ATP, como se puede observar en la figura 11.1 del apartado de anexos:

- La resíntesis de ATP a partir de la fosfocreatina (PCr) (*vía anaeróbica aláctica*). Se refiere al metabolismo de los llamados fosfatos de alta energía, de los que el ATP y la fosfocreatina son los compuestos más relevantes. La ventaja de esta vía es que proporciona la energía necesaria para la contracción muscular al inicio de la actividad y durante ejercicios explosivos, muy breves y de elevada intensidad. La desventaja es la limitada capacidad de almacenamiento, lo que hace que sus reservas sólo puedan sostener actividades de máximo esfuerzo de unos 6 a 10 segundos de duración.
- El proceso de la glucólisis anaeróbica con la transformación del glucógeno muscular en lactato (*vía anaeróbica láctica o glucólisis anaeróbica*). Ésta involucra a la glucosa o al glucógeno como

sustratos energéticos y proporciona, por sí misma, la energía suficiente para mantener una elevada intensidad de ejercicio desde pocos segundos hasta 1 min de duración.

- La fosforilación oxidativa (*vía aeróbica*). El acúmulo de lactato en la célula se asocia a acidosis metabólica, con consecuencias fisiológicas vinculadas a la fatiga muscular. La intensidad de ejercicio en la que comienzan a elevarse las concentraciones de lactato en sangre es diferente en cada persona, denominándose conceptualmente a este fenómeno *transición aeróbica-anaeróbica* o *umbral anaeróbico*; éste es el mejor indicador para la planificación de cargas de trabajo en el entrenamiento, tanto deportivo como clínico.

3.3.2.3 Interacción de los diferentes sistemas energéticos durante el ejercicio

Los diferentes sistemas energéticos (anaeróbico aláctico, anaeróbico láctico y aeróbico) no actúan de forma independiente: cuando un individuo está realizando ejercicio a la máxima intensidad posible, desde los velocistas de distancias más cortas (menos de 10 segundos) hasta los que realizan eventos de resistencia aeróbica (más de 30 minutos), cada uno de los tres sistemas energéticos está contribuyendo a las necesidades energéticas totales del organismo. Lo que ocurre es que en los diferentes tipos de ejercicio, y sobre todo en función de la intensidad, predomina un sistema energético sobre los otros. Por ejemplo, en un evento muy intenso y breve, como puede ser una carrera de 100 m que se realiza en 10 segundos, predomina el sistema de los fosfágenos (ATP-PCr) o sistema anaeróbico aláctico, pero tanto los sistemas anaeróbico láctico (glucólisis anaeróbica) como el oxidativo o aeróbico proporcionan una pequeña cantidad de la energía necesaria. En el otro extremo, en una carrera de 30 minutos (10.000 m) predomina el sistema oxidativo, si bien contribuyen también los dos sistemas anaeróbicos.¹¹

3.3.2.4 Las fibras musculares y su reclutamiento en el ejercicio

Los músculos esqueléticos están formados por distintos tipos de células (fibras musculares), que poseen características funcionales, metabólicas y moleculares distintas.

Los diferentes tipos de fibras se encuentran en proporciones variables dentro de cada músculo. Actualmente la clasificación de las fibras musculares se realiza en función del tipo de miosina presente en la célula y de la velocidad de acortamiento de la fibra.

Así, se reconocen en el ser humano tres tipos básicos de fibras musculares: fibras de tipo I, que son de contracción lenta, y fibras de tipo II, de contracción rápida, de las que existen dos subtipos: IIA y IIX, siendo las últimas las genuinas de tipo II en el ser humano. Los distintos tipos y subtipos de fibras, además de presentar diferentes isoformas de miosina y velocidad de contracción, se diferencian en diversos aspectos, como su metabolismo, la capacidad de almacenamiento de calcio, la distribución, etc. ¹²

En resumen, se puede decir que las fibras tipo I presentan una baja velocidad de acortamiento, un escaso desarrollo de los sistemas implicados en la homeostasis del Ca^{2+} y una gran capacidad oxidativa. Estas características las convierten en células bien adaptadas para la realización de ejercicios aeróbicos y prolongados. Por otra parte, las fibras tipo II son aquéllas de las que se obtiene una respuesta más rápida y con mayor tensión cuando se activan, aunque debido a su metabolismo son más rápidamente fatigables. Así pues, parecen particularmente adaptadas para actividades breves e intensas. ¹¹

3.3.2.5 Fuerza muscular: concepto y tipos de acciones musculares

Desde un punto de vista fisiológico, la fuerza se entiende como la capacidad que tiene el músculo para producir tensión al activarse; es algo interno (fuerza interna), que puede tener relación con un objeto (resistencia) externo o no. Como resultado de esta interacción entre

fuerzas internas y externas surge un tercer concepto y valor de fuerza, que es la *fuerza aplicada*.

La fuerza aplicada es el resultado de la acción muscular sobre las resistencias externas, que pueden ser el propio peso corporal o cualquier otra resistencia o artefacto ajeno al sujeto. Lo que interesa saber a efectos prácticos, es en qué medida la fuerza interna generada por los músculos se traduce en fuerza aplicada sobre las resistencias externas.

La tensión se produce durante la activación del músculo, lo que tiene lugar cuando éste recibe un impulso eléctrico y se libera la energía necesaria, lo que dará lugar a la unión y desplazamiento de los filamentos de actina y miosina en el sentido de acortamiento sarcomérico y elongación tendinosa.

Terminología relativa a la fuerza muscular. Se entiende por *fuerza máxima* la máxima tensión aplicada que un músculo o grupo muscular puede alcanzar (p. ej., el peso máximo que un individuo puede vencer una vez). Se expresa generalmente como 1 RM (una repetición máxima). La *potencia muscular* representa el aspecto explosivo de la fuerza; es el producto de la fuerza y la velocidad de movimiento (potencia = fuerza × distancia/tiempo). Por último, la capacidad de poder sostener acciones musculares repetidas durante un largo período de tiempo se denomina *fuerza-resistencia*.¹³

Factores que condicionan la fuerza muscular:

- Factores fisiológicos (grado de desarrollo muscular)
- Factores mecánicos (aspectos biomecánicos del movimiento)
- Otros factores (peso, edad, sexo, entrenamiento, etc.)¹¹

3.3.2.6 Respuesta cardiovascular al ejercicio

El principal objetivo de la activación del sistema cardiovascular durante la realización de ejercicio físico es adecuar la irrigación sanguínea de los músculos en contracción a las nuevas necesidades metabólicas del músculo esquelético, es decir, aumentar el aporte de

oxígeno y de nutrientes (sustratos metabólicos) necesarios para la generación de ATP.

Durante el ejercicio intenso los pulmones pueden necesitar absorber hasta 20 veces más oxígeno hacia la sangre. El gasto cardíaco puede aumentar 4-6 veces antes que la presión en la arteria pulmonar aumente excesivamente. A medida que aumenta el flujo sanguíneo en los pulmones, se abren cada vez más capilares; así mismo, se expanden las arteriolas y los capilares pulmonares ya abiertos. Por tanto, el exceso de flujo pasa a través del sistema capilar sin un aumento excesivo de la tensión arterial pulmonar. Esta capacidad de los pulmones de acomodar un flujo sanguíneo muy aumentado durante el ejercicio, con un aumento relativamente pequeño de la presión en los vasos pulmonares, es importante en dos sentidos: en primer lugar, conserva la energía del corazón derecho y, en segundo lugar, evita un aumento de la presión capilar pulmonar, y con ello el desarrollo de cierto grado de edema pulmonar, cuando aumenta mucho el gasto cardíaco.

Con el inicio del ejercicio se producen una serie de respuestas simultáneamente y se clasifican en:

- Respuesta regulada por mecanismos nerviosos.
- Respuesta regulada por mecanismos humorales.
- Respuesta hidrodinámica.¹¹

3.3.2.7 Gasto cardíaco y ejercicio físico

El gasto cardíaco aumenta durante la actividad física, ya que los dos factores de los que depende, la frecuencia cardíaca y el volumen sistólico, se incrementan durante el ejercicio. Este incremento del gasto cardíaco es directamente proporcional a la intensidad del ejercicio hasta un 60-70% del consumo máximo de oxígeno ($VO_2^{\text{máx}}$), intensidad a partir de la cual la linealidad se pierde y tiende a estabilizarse en sus parámetros máximos a una carga de trabajo próxima al 90% de la potencia aeróbica máxima. En esfuerzos de alta intensidad, el gasto cardíaco tiende a disminuir por la taquicardia

excesiva, que disminuye el llenado diastólico y en definitiva el volumen sistólico.

El gasto cardíaco se considera uno de los limitantes de la máxima potencia aeróbica en un individuo. Los sujetos entrenados pueden llegar a alcanzar gastos cardíacos superiores a 30-35 l/min en ejercicio máximo, mientras que los individuos sedentarios de la misma edad (varones jóvenes) alcanzan valores de alrededor de 20 l/min.

La respuesta cardíaca al esfuerzo es compleja y requiere la interacción de la precarga, la frecuencia cardíaca, la poscarga y la contractilidad. Como el comportamiento del gasto cardíaco es el resultado de la combinación del volumen sistólico y la frecuencia cardíaca.

- **Volumen sistólico**

El volumen de eyección o volumen sistólico es el factor más importante en la determinación de las diferencias individuales del $VO_2^{\text{máx}}$. Por ejemplo, entre un sujeto entrenado y uno sedentario de la misma edad (20 años), ambos tienen frecuencias cardíacas máximas de 200 lpm; sin embargo, los volúmenes sistólicos alcanzados en máximo esfuerzo son de 170-200 y 110-130 ml, respectivamente. Estas diferencias se deben fundamentalmente a las variaciones en el llenado diastólico.

La respuesta del volumen sistólico a un ejercicio de tipo incremental no es una respuesta lineal. El volumen sistólico se eleva progresivamente de forma lineal con la intensidad de ejercicio hasta que se alcanza una intensidad correspondiente al 50-60% del $VO_2^{\text{máx}}$.¹¹

A partir de este nivel de esfuerzo, el volumen sistólico se estabiliza hasta intensidades de ejercicio muy elevadas. En algunos sujetos, con las intensidades más altas, cuando la taquicardia es muy

pronunciada, el volumen sistólico puede experimentar incluso un pequeño descenso debido al menor llenado diastólico como consecuencia del acortamiento de la fase diastólica.

Los mecanismos implicados en el incremento del volumen sistólico son: 1) el mecanismo de Frank-Starling (aumento de la precarga); 2) la postcarga; y 3) la mejora de la contractilidad. ¹¹

- **Frecuencia cardíaca**

La frecuencia cardíaca depende principalmente de la influencia del sistema neurovegetativo sobre la actividad intrínseca de las células marcapasos.

Durante un ejercicio de ligero a moderado en posición supina el aumento del gasto cardíaco se realiza básicamente a expensas de la frecuencia cardíaca, que aumenta linealmente, pues el volumen de eyección se mantiene prácticamente constante en la mayoría de las personas. *La frecuencia cardíaca, pues, es el factor más importante en el aumento del gasto cardíaco durante el ejercicio.* Durante ejercicios dinámicos de intensidad creciente (p. ej., prueba ergométrica) se obtiene una relación lineal entre la intensidad y la frecuencia cardíaca hasta alcanzar la máxima intensidad de trabajo. ¹⁰

3.3.2.8 Respuesta de la ventilación pulmonar al ejercicio

La respuesta pulmonar al ejercicio tiene como función principal el control homeostático de la concentración de los gases en la sangre arterial. Así, durante el ejercicio el sistema respiratorio ha de realizar las siguientes funciones: por un lado, contribuir a oxigenar y disminuir el grado de acidez de una sangre venosa mixta marcadamente hipercápnica e hipoxémica, y por otro, mantener un bajo grado de resistencia vascular pulmonar para evitar o minimizar el paso de agua al espacio intersticial pulmonar (edema).

- **Ventilación en ejercicio de tipo estable**

El aumento de la ventilación pulmonar es el ajuste ventilatorio más importante que se produce como respuesta a la actividad física. La ventilación se modifica antes, durante y después del ejercicio, de tal manera que en la respuesta ventilatoria al ejercicio realizado a una carga constante partiendo del reposo, compatible con el establecimiento de un estado estable, se distinguen tres fases bien diferenciadas:

Así, en la fase I, la ventilación aumenta bruscamente, reflejando su relación con el componente neural de la regulación de la ventilación pulmonar y con el inicio del movimiento al comenzar la actividad física. La duración de la fase I suele ser de 30 a 50 s, pudiendo incluso aparecer antes de comenzar la actividad física en sí (hiperpnea anticipatoria). Seguidamente, la ventilación aumenta más gradualmente durante la fase II, para estabilizarse en la fase III, a los 3-4 minutos de iniciarse el ejercicio, dependiendo de la intensidad del ejercicio y del estado de entrenamiento del sujeto. (Ver figura 11.2 en el apartado de anexos)

- **Ventilación en ejercicios de intensidad progresivamente creciente**

Durante un ejercicio de intensidad progresivamente creciente no existirá, por definición, la fase III de la respuesta general de la ventilación pulmonar al ejercicio. De manera que si obviamos la fase I (que se produce) observamos que la ventilación aumenta linealmente respecto de la intensidad creciente de ejercicio o del consumo de oxígeno ($\dot{V}O^2$) hasta aproximadamente el 50-70% $\dot{V}O^2_{\text{máx}}$, pero que a partir de esa intensidad la ventilación aumenta desproporcionadamente en relación con el incremento del $\dot{V}O^2$. El momento en que la ventilación pierde la linealidad en su incremento con respecto al $\dot{V}O^2$ o carga de trabajo hace referencia al concepto de *umbral ventilatorio* (VT).¹¹

- **Transición aeróbica-anaeróbica**

Durante la realización de un ejercicio en el que la intensidad de trabajo aumenta progresivamente, la concentración de lactato en sangre no varía respecto a sus valores de reposo durante las primeras fases de trabajo, pero a partir de cierta intensidad, se produce un efecto de elevación progresiva de la concentración de lactato en sangre. (Ver figura 11.3 en el apartado de anexos)

- **Bases fisiológicas del umbral láctico**

Un posible esquema de la respuesta del lactato sanguíneo durante el ejercicio incremental podría ser el siguiente: durante el ejercicio de intensidad ligera, son reclutadas predominantemente las fibras musculares tipo I, produciéndose una escasa estimulación simpático-adrenal y por consiguiente es-asa liberación de catecolaminas a la sangre, con lo que las concentraciones sanguíneas de lactato apenas sufren modificaciones. Conforme la intensidad de ejercicio aumenta, se produce un reclutamiento progresivo de fibras tipo II (primero IIa y después IIx) y se incrementa la estimulación simpático-adrenal y la intensidad de la glucólisis, lo que provocará un aumento de la concentración sanguínea de catecolaminas, un aumento de la producción de lactato muscular, un descenso del aclaramiento del lactato sanguíneo y, por consiguiente, un incremento en la acumulación de lactato plasmático. ¹¹

- **Concepto de consumo máximo de oxígeno ($VO^2_{\text{máx}}$)**

Se define el $VO^2_{\text{máx}}$ como la cantidad máxima de O^2 que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo. El oxígeno consumido en nuestras mitocondrias equivale al oxígeno absorbido en nuestros alveolos, ya que la función del sistema ventilatorio es permitir que la sangre reponga, a su paso por los capilares pulmonares, el oxígeno que le ha sido extraído en los capilares sistémicos. El $VO^2_{\text{máx}}$ se expresa normalmente en cantidades absolutas ($\text{ml} \times \text{min}^{-1}$) o en

cantidades relativas al peso corporal del sujeto ($\text{ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$)
(Ver figura 11.4 del apartado de anexos).

El $\text{VO}^2_{\text{máx}}$ es un parámetro indicador de la capacidad funcional de los individuos o de su potencia aeróbica máxima. La variabilidad existente entre los diferentes sujetos es amplia y depende de diversos factores:

- *Dotación genética*
- *Edad* (El $\text{VO}^2_{\text{máx}}$ aumenta desde el nacimiento, paralelamente a la ganancia de peso corporal).
- *Composición corporal* (El $\text{VO}^2_{\text{máx}}$ depende especialmente del peso magro o libre de grasa, de manera que, en general, a mayor masa muscular, mayor será el $\text{VO}^2_{\text{máx}}$).
- *Sexo* (Para cualquier edad y condición física, el $\text{VO}^2_{\text{máx}}$ es más elevado en los varones que en las mujeres).
- *Grado de entrenamiento o acondicionamiento físico.* ¹¹

3.3 Capacidad física

3.3.1 Capacidad aeróbica. Test de Tokmakidis

Es un test específico para la mayoría de las disciplinas del atletismo, desde los 200 metros hasta la maratón, y es un test básico o general para otras disciplinas deportivas de resistencia así como también para otros grupos de deportes.

Para las disciplinas de duración larga es posible evaluar la resistencia aeróbica, anaeróbica láctica y anaeróbica aláctica con la obtención del $\text{VO}^2_{\text{Máx/kg}}$, PO^2 , etc.

La información que brinda este test, como la describe el propio autor, es el producto del esfuerzo de diferentes investigadores, entre ellos Leger, Mercier, Bouchad entre otros. ¹⁴

Se valora este test, como de mucha utilidad para el deporte de competición, tanto para la detección de talentos como para el deporte de alto rendimiento. Para evaluar potencia aeróbica ($\text{VO}^2_{\text{Máx}}$) se considera que para deportistas

de un alto nivel en disciplinas de resistencia la distancia de 3,000 metros y de 2,000 metros para las otras disciplinas. En edades tempranas se debe ser más conservador con las distancias por lo que se recomienda utilizar los 1,600 metros.

El test de Tokmakidis permite evaluar el porcentaje (%) de intensidad del mejor tiempo del deportista para todo su evento, y compararlo con el record nacional y mundial. Esto permite conocer, en qué situación se encuentra el deportista. También se utiliza con respecto a diferentes distancias del deporte, que permite conocer la capacidad funcional del deportista en cuanto a la resistencia aeróbica, anaeróbica láctica y anaeróbica aláctica. ¹⁴

Con los datos obtenidos durante la prueba se puede obtener los siguientes valores:

- Consumo Máximo de Oxígeno: VO^2 máx Absoluto
- Consumo Máximo de Oxígeno: VO^2 máx Relativo
- Equivalente Metabólico: MET
- Presión de Oxígeno: PO^2
- Volumen de Eyección Sistólica: VES

Donde estos se definen como:

- *VO² máx*:
Capacidad máxima para el consumo de O^2 por parte del cuerpo durante la realización de esfuerzos máximos.
Se expresa en ml/Kg/minuto el cual dará el valor relativo; cuando se multiplica la VO^2 máx relativa por el peso dará la VO^2 máx absoluto en ml/minuto. (Ver tabla 11.1 del apartado de anexos).
- *MET*:
Unidad usada para estimar el costo metabólico (VO^2) de la actividad física. 1 MET equivale al ritmo metabólico en reposo de aproximadamente 3,5 ml de O^2 /Kg./min. ¹⁴
- *PO₂*:
Indica la cantidad de oxígeno que se consume durante un ciclo cardíaco completo. Puede modificarse con el entrenamiento, alcanzando valores máximos con el VO^2 máximo alcanzado. Los valores normales del PO^2

en persona sana: 4-5 ml de O²/latidos en reposo, hasta valores de 25 ml O²/lpm en personas entrenados.

- **VES:**

Volumen de sangre que es eyectado por el corazón en cada latido. Volumen varía en función de:

- Volumen ventricular previo a la contracción
- Contractibilidad (inotropismo) de la pared muscular
- Resistencia a vencer (resistencias mecánicas y/o dinámicas)
- Nivel de entrenamiento físico.

De los valores anteriormente mencionados, el que tiene mayor relevancia es VO² máx, ya que indica la capacidad aeróbica real del deportista expresada en ml/kg/min, donde se subdivide en hombres y mujeres, siendo estas últimas clasificadas en muy pobre con un rango menor a 25, pobre de 25 a 30.9, promedio de 31 a 34.9, bueno de 35 a 38.9, alto de 39 a 41.9 y muy alto mayor de 41. Y para los hombres muy pobre menor de 35, pobre de 35 a 38.3, promedio 38.4 a 45.1, bueno de 45.2 a 50.9, alto de 51 a 55.9, muy alto mayor de 55.9. ¹⁴

3.3.2 Capacidad anaeróbica. Running-based anaerobic sprint test (RAST)

El RAST fue desarrollado por la Universidad de Wolverhampton (Reino Unido) para medir el rendimiento anaeróbico del deportista. El RAST es similar al WANT (Wingate anaerobic 30 cycle test) y aporta a los entrenadores y deportistas información sobre los índices de potencia y fatiga. El WANT es más específico para ciclistas mientras que el RAST puede ser utilizado por individuos cuya actividad se basa en movimientos similares o idénticos a los de carrera (de ahí lo de su nombre original “running-based”). Tenistas, jugadores de baloncesto, balonmano o voleibol por mencionar algunos también podrían utilizar este test para medir su componente anaeróbica. Los árbitros de fútbol han empezado a incorporar este test en su catálogo de pruebas físicas. Por otra parte el test será menos eficiente para piragüistas, ciclistas o aquellos que no efectúan movimientos de carrera durante su práctica deportiva. ¹⁵

Para realizar este Test se necesita:

- Pista, campo de fútbol o similar – con una sección que marque los 35m en línea recta.
- Dos conos (o similar) para determinar los dos extremos a 35 metros de distancia.
- Dos cronómetros.
- Dos asistentes/cronometradores. Uno para los sprints y otro para contar el tiempo que se tarda en dar la vuelta (menos de 10 segundos)

El papel del deportista:

- Se toma el peso antes del test.
- Realiza una sesión de calentamiento de 10 minutos.
- Reposa durante 5 minutos
- Completa seis series de 35 metros a máxima cadencia (al final de cada sprint se le permiten hasta 10 segundos para dar la vuelta y empezar el siguiente sprint)

El papel de los asistentes/cronometradores:

- Registrar el tiempo empleado para cubrir cada sprint de 35 metros (registrando hasta la centésima de segundo (por ejemplo 5 segundos, 34 centésimas)

Los cálculos a realizarse:

- La Potencia resultante para cada sprint se encuentra utilizando las siguientes ecuaciones:
- Velocidad = Distancia / Tiempo
- Aceleración = Velocidad/ Tiempo
- Fuerza = Peso * Aceleración
- Potencia = Fuerza * Velocidad o PESO kg X DISTANCIA² / TIEMPO³

15

Valores:

- Potencia máxima:
Es una medida del valor de la potencia (trabajo) más elevado e informa sobre fuerza y velocidad máxima de sprint. El rango que se sitúa entre

1054 vatios y 676 vatios. Es decir que cualquier resultado que se encuentre cercano a 1054 se le reconoce como un resultado excelente.

- **Potencia mínima:**
Indica la menor potencia de trabajo alcanzada y se utiliza para poder estimar el índice de fatiga. Se le ha establecido un rango de 674 a 318 vatios.
- **Potencia media:**
Indica la capacidad del individuo para mantener un esfuerzo durante un tiempo determinado. Cuanto más alto es el resultado más capacitado está para rendir aeróbicamente.¹⁵

Interpretación de valores:

Los valores anteriores sirven para sacar el índice de fatiga, el cual se describe a continuación:

- **Índice de fatiga:**
Indica la proporción por la que la potencia de un deportista desciende. Cuanto menor es su valor más capacidad tendrá el deportista para mantener el esfuerzo anaeróbico.¹⁶

De acuerdo con este índice se interpreta como resultado malo cuando el rendimiento del deportista se encuentra igual o arriba de 10, su rendimiento se categoriza como bueno cuando este índice se encuentre menor de 10.

El test se realiza con cierta regularidad a lo largo del programa de entrenamiento (Cada 3-6 semanas). Los resultados deben ser comparados con los obtenidos anteriormente, para determinar si el programa de entrenamiento está obteniendo los resultados esperados. De no ser así el programa debe ser modificado, teniendo en cuenta que quizá el deportista debe aumentar la intensidad del entrenamiento o por lo contrario puede que el deportista esté sobre-entrenado y necesite reposo.¹⁵

3.4 Desarrollo de caracteres sexuales

La pubertad, como fenómeno biológico, psicológico y social, presenta características singulares; en condiciones fisiológicas se produce el dimorfismo más acentuado de nuestra especie, es decir, la respuesta específica ante un mismo estímulo en cada sexo, que determina un fenotipo somático y funcional particular, responsable de condiciones metabólicas y del desarrollo de características sexuales secundarias propias de cada sexo.

Los cambios puberales se presentan en todos los individuos, cuando se alcanza un gradiente de maduración, composición corporal y proporcionalidad similares, e independientes de la edad cronológica.

La intensidad de las manifestaciones puede variar entre una población y otra. Los parámetros de referencia derivan de poblaciones del norte de Europa, pero en la población indígena de Latinoamérica existen variaciones probablemente debidas en parte a la adaptación al ambiente y a nutrición diferente. El primer evento del proceso puberal parece deberse a que la corteza suprarrenal alcanza una maduración que le permite desarrollar la zona reticular y convertirse en productora de andrógenos, especialmente de esteroides (dehidroepiandrosterona [DHEA] y sulfato de DHEA) desde los seis o siete años de edad ósea, sin cambios en la producción de cortisol. Esta fase del desarrollo adrenal, denominado adrenerca, se debe a un aumento en la actividad de la enzima 17-20 liasa y en menor grado de la 17- hidroxilasa, dependientes del citocromo P. Se desconoce si existe una regulación independiente de la propia glándula adrenal que ponga en marcha la adrenerca, pero no parece que la prolactina, las gonadotropinas hipofisarias ni los esteroides sexuales estén involucrados. La adrenerca es responsable del inicio de la aceleración de la velocidad de crecimiento, de la maduración ósea, de la aparición de vello púbico y posteriormente del axilar y del cambio de aroma de la transpiración.¹⁷

Probablemente también esté involucrada, al menos parcialmente, en el cambio de sensibilidad hipotalámico y el inicio del patrón secretor pulsátil de la hormona hipotalámica liberadora de gonadotropinas hipofisarias (GhRH).

Los caracteres sexuales secundarios, como el crecimiento del vello corporal y facial, aumento del tamaño de los genitales externos, aumento de la gravedad de la voz,

desarrollo del tejido muscular y el crecimiento de los túbulos seminíferos se deben a la acción de la testosterona, que puede iniciar el proceso de espermatogénesis.¹⁷

3.4.1 Escala de Tanner

La escala de Tanner describe los cambios físicos que se observan en genitales, pecho y vello púbico, a lo largo de la pubertad en ambos sexos. Esta escala, que está aceptada internacionalmente, clasifica y divide el continuo de cambios puberales en 5 etapas sucesivas que van de niño (I) a adulto (V). El aumento en la actividad del eje hipotálamo-hipofisario-gonadal de la época puberal se conoce como gonarquía. Telarquía es el comienzo del desarrollo del pecho, menarquía la primera regla y pubarquía el desarrollo de vello sexual (consecuencia de los andrógenos adrenales, ováricos o testiculares).

- Sexo masculino:

La evaluación de la maduración del sexo masculino se basa en el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios del desarrollo testicular y de la eyaculación. La primera manifestación de la pubertad en el sexo masculino es el crecimiento del testículo debido al desarrollo de los conductos seminíferos. Esto es seguido de la aparición del vello púbico y del crecimiento del pene.

El crecimiento del vello axilar ocurre generalmente dos años después de la aparición del vello púbico y va seguido de la aparición del vello facial.¹⁸

El crecimiento del testículo puede medirse por palpación comparativa con el orquidómetro de Prader. Otro modelo es la rejilla de elipsoides, diseñada por los Dres. Paulino Álvarez Navarro y Carlos Robles Valdés y utilizadas en el Instituto Nacional de Pediatría para medir el volumen testicular en niños mexicanos.

Los cambios de la voz aparecen en la fase avanzada del crecimiento genital en varones; en mujeres, desde el inicio de la pubertad. La próstata y las vesículas seminales empiezan a crecer a partir del comienzo del desarrollo testicular.¹⁸

Aumenta la pilosidad en otras regiones corporales:

- Cara anterior del tórax, a nivel pectoral, y posterior del tórax a nivel lumbar y sacro.
- En la cara se pigmenta el vello en la región nasolabial (bigote), tres años después de iniciada la fase acelerada y final de la pubertad; cerca de un año después lo hace a nivel de la rama ascendente del maxilar superior (patillas); finalmente aparece en la rama horizontal de la mandíbula (barba) y región anterior y superior del cuello alrededor de los 18 a 25 años.
- En las axilas empieza a aparecer vello escaso y delgado a nivel de la línea media axilar; posteriormente se engruesa y pigmenta más; alcanza la línea lateral de las axilas.
- Aparece vello en los hombros y parte superior de la espalda y ocasionalmente en los brazos y los muslos.
- Aparece vello escaso y poco engrosado a nivel de la primera falange de los dedos de las manos y de los artejos de los pies.

En el varón generalmente ocurre una maduración mamaria incompleta y transitoria que alcanza los estadios II o III descritos para las mujeres por Tanner; se la denomina ginecomastia puberal y se debe a que una proporción relativamente alta de andrógenos suprarrenales sufre aromatización en los tejidos periféricos, convirtiéndose a estrógenos. Una vez que la producción de andrógenos testiculares aumenta, la ginecomastia tiende a revertir de manera gradual hasta desaparecer por completo, excepto en quienes mantienen un sobrepeso mayor al 30% durante la pubertad y en aquellos con antecedentes familiares de ginecomastia persistente o en ambos. Existen diferencias en la prevalencia de ginecomastia puberal; es menor en la población indígena latinoamericana que en la de origen sajón y mediterráneo; sin embargo, cuando se presenta, la persistencia hasta la vida adulta tiene una prevalencia mayor al 85% y el volumen generalmente es grande.¹⁸

Otros cambios secundarios a la respuesta somática a los andrógenos, como la aparición de acné en la cara y el tronco, la recesión de la línea de implantación del cabello y el engrosamiento de las cuerdas vocales

que ocasionan un cambio en el tono de la voz, haciéndola más grave, son mucho menos acentuados en la población indígena.

- **Sexo femenino:**

La maduración del sexo femenino se determina por el desarrollo de los senos, la aparición del vello púbico y axilar, así como de la menarquia.

Las modificaciones de la glándula mamaria dependen de la producción de 17-estradiol ovárico y de la aromatización periférica de los andrógenos adrenales; asimismo, de la sensibilidad de los receptores tisulares para éstos.

El volumen del busto no se relaciona con la capacidad de maduración, sino que está regulado por características genéticas de una de las familias (materna o paterna), e influido por el estado nutricional de la paciente a partir de los siete a ocho años de edad.

La menarquia se presenta cuando se alcanza una masa crítica corporal dependiente del músculo, e independiente del peso, la talla y la edad cronológica.¹⁸

3.4.2 Efectos del desarrollo sexual en adolescentes deportistas

La observación de que el inicio de la menstruación (menarquia) se retrasa frecuentemente en jóvenes atletas competitivas, ha planteado el concepto de que el entrenamiento puede afectar adversamente el desarrollo sexual y la función reproductiva. El promedio de edad para la menarquia en niñas norteamericanas saludables se encuentra entre 12.3 y 12.8 años y la mayoría de estudios indican que las mujeres atletas experimentan su primera menstruación a la edad de 13 o 14 años, e incluso más tarde. En la mayoría de los deportes se han encontrado estos retrasos; alguna vez se pensó que la natación podría ser la excepción, pero información reciente indica que las nadadoras también pueden experimentar menarquia retardada, se sugiere que la edad en la que ocurre la menarquia se relaciona con el número de años de entrenamiento previo antes del inicio de la menstruación. Según un estudio norteamericano indica que en promedio, un retraso de 4 años en la menarquia se podría relacionar con cada año de entrenamiento realizado en la pre-adolescencia.¹⁹

Si la menarquia retrasada en atletas es verdaderamente una consecuencia directa del entrenamiento sigue siendo una afirmación controvertida. Frisch y Revelle en 1971 propusieron que el ejercicio intenso previo a la pubertad producía pérdida de energía, y que ello impedía que las niñas alcanzaran un peso corporal crítico del contenido necesario de grasa para provocar el inicio de la menstruación. De acuerdo con este concepto, antes de la menarquia se requiere un peso crítico de 48 Kg. o un porcentaje de grasa corporal del 17% para que ésta se alcance y los efectos del entrenamiento prevengan o retarden a la atleta de alcanzar estos umbrales. La metodología experimental utilizada para llegar a estas conclusiones se ha criticado y el concepto de un peso crítico sigue concibiéndose como una duda. Sin embargo existen datos que sostienen el papel de los cambios en la composición corporal y los ejercicios de tensión en la menarquia retardada.

Alternativamente, argumentó que las niñas que sufrían menarquia retardada tenían más posibilidades para dedicarse a los deportes. Las niñas con pubertad retardada tienen típicamente caderas estrechas, cuerpos esbeltos, piernas largas y bajo peso corporal, características que prueban la ventaja para practicar el ballet y deportes como la gimnasia y el atletismo. De acuerdo con este concepto la asociación observada entre menarquia retardada y entrenamiento atlético no indica una relación causal. La relación entre menarquia retardada y entrenamiento es el resultado de un proceso selectivo. Las competidoras con inicio tardío de la menstruación poseen hábitos corporales que les permiten ser más exitosas en la práctica de deportes.

En cuanto al desarrollo sexual de los varones, hay muy poca información disponible. Estudios de corte transversal en competidores masculinos jóvenes indican que no existe evidencia de disturbios en el logro de las características sexuales secundarias. Manifestaron que no existían cambios en los niveles de suero testosterónico en 15 adolescentes masculinos postadolescentes corredores a campo traviesa en el curso de una temporada competitiva de 8 semanas. Se reportaron bajos niveles de suero testosterónico, incluso en corredores adultos que entrenaban al menos 64 km por semana.¹⁹

3.5 Estado nutricional en el deportista

3.5.1 Alimentación y nutrición

La alimentación es la manera de proporcionar al organismo las sustancias esenciales para el mantenimiento de la vida. Es un proceso voluntario y consciente por el que se elige un alimento determinado y se come. A partir de este momento empieza la nutrición, que es el conjunto de procesos por los que el organismo transforma y utiliza las sustancias que contienen los alimentos ingeridos. Hay muchas formas de alimentarse y es responsabilidad del deportista el saber elegir de forma correcta los alimentos que sean más convenientes para su salud y que influyan de forma positiva en su rendimiento físico. Una dieta adecuada, en términos de cantidad y calidad, antes, durante y después del entrenamiento y de la competición es imprescindible para optimizar el rendimiento. Una buena alimentación no puede sustituir un entrenamiento incorrecto o una forma física regular, pero, una dieta inadecuada puede perjudicar el rendimiento en un deportista bien entrenado.

La valoración de medidas corporales puede ser una de las formas de comprobar si nuestra alimentación es o ha sido adecuada y si deberemos enfocar el plan alimentario priorizando la reposición de energía y el rendimiento, o realizaremos antes algunas restricciones y adaptaciones nutricionales para mejorar la estructura, según el ideal de cada especialidad deportiva. La determinación seriada de estas medidas será además de utilidad para objetivar los cambios y realizar el seguimiento de un sujeto sometido a un programa de dieta y ejercicio.²⁰

3.5.2 Medidas antropométricas

3.5.2.1 Medidas básicas: peso, talla e índice de masa corporal (IMC)

Peso y talla (o estatura) entregan información general de crecimiento. Ambos deben medirse idealmente en la mañana, en ayunas y luego de vaciar la vejiga. Por lo general los sujetos son más altos en la mañana y más bajos en la tarde y es común observar una reducción de la talla de casi 1% durante el transcurso del día. Así también el peso muestra generalmente una variación diurna de 1 a 2 kg. Si no es posible estandarizar el tiempo de evaluación, es importante registrar la hora del día en la que se realizó. Para una mejor

valoración de la situación nutricional es útil relacionar si el peso está adecuado con la talla.²¹ Para esto se calcula el índice de masa corporal (IMC) el cual se mide en kg/m², y según la OMS se clasifica en: delgadez severa con valores por debajo de DE -3, bajo peso valores entre DE -3 y DE -2, peso normal valores entre DE -2 y DE +1, sobrepeso entre DE +1 y DE +2 y por último obesidad con valores por encima DE +2. ²¹ (ver tabla 11.2 y 11.3 del apartado de anexos)

3.5.3 Antecedentes de la asociación del IMC y el nivel de condición física en escolares de educación primaria

En el año de 2012 se publica un estudio realizado en España titulado “Asociación del IMC y el nivel de condición física en escolares de educación primaria” en el cual analizan la asociación entre el estado del peso en base al índice de masa corporal y los valores obtenidos en pruebas de condición física en niños y niñas de educación primaria. Con una muestra de 71 escolares (niños, n=36; niñas, n=35) voluntarios de 10-12 años de edad.

Este estudio comprobó que los niños y niñas de 10-12 años sin sobrepeso presentan menores valores de IMC, pliegues cutáneos (tríceps y pierna medial), porcentaje de grasa corporal, así como mayores valores en condición física y consumo de oxígeno máximo (VO₂max) en comparación con sus compañeros con sobrepeso u obesidad. El menor rendimiento en las pruebas físicas de los niños con sobrepeso/obesidad queda explicado, además de por la falta real de forma física, por el exceso de peso graso. En cambio, los niños con sobrepeso/obesidad presentan una tendencia hacia una mayor fuerza de prensión manual. Esto es explicado porque los niños con sobrepeso/obesidad también presentan una mayor cantidad de materia libre de grasa.²²

4. POBLACIÓN Y MÉTODOS

4.1 Tipo y diseño de la investigación

Cuantitativo, descriptivo transversal.

4.2 Unidad de análisis

4.2.1 Unidad primaria de muestreo:

Deportistas adolescentes (edades entre 12 y 18 años) federados del departamento de Baja Verapaz, Guatemala.

4.2.2 Unidad de análisis:

Información sobre datos epidemiológicos, examen físico, test de Tokmakidis y test de RAST obtenida con el instrumento recolector de datos diseñado para el efecto.

4.2.3 Unidad de información:

Deportistas adolescentes federados con edades de 12 a 18 años dentro de las 17 disciplinas deportivas de la Comisión Técnica CDAG sede Salamá, Baja Verapaz, Guatemala.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población o universo:

1,300 deportistas federados de la Comisión Técnica CDAG sede Salamá del departamento de Baja Verapaz, Guatemala.

4.3.2 Marco muestral:

Comisión Técnica CDAG sede Salamá, Baja Verapaz, Guatemala.

4.3.3 Muestra:

Probabilística de 297 deportistas federados adolescentes (edades entre 12 y 18 años) dentro de la Comisión Técnica CDAG sede Salamá del departamento de Baja Verapaz, Guatemala. La muestra fue obtenida de forma aleatoria mediante un sorteo.

Fórmula para calcular el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

En donde:

- N = tamaño de la población
- Z = nivel de confianza
- P = probabilidad de éxito, o proporción esperada
- Q = probabilidad de fracaso
- D = precisión (error máximo admisible en términos de proporción)

Para la presente investigación, se consideraron los siguientes valores:

- N = 1300
- Z = 0.95 (95%)
- p = 0.5 q = 0.5
- Precisión: 0.05 (5%)

$$n = \frac{1300 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{0.05^2 \times 1299 + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5} = 297$$

deportistas adolescentes
federados de la Comisión
Técnica CDAG sede
Salamá.

Para calcular la muestra más un 10% de pérdidas se utilizó la fórmula de muestra ajustada:

$$n_c = n * (1/1 - R)$$

En donde:

- n_c = muestra ajustada
- n = muestra
- R = rechazo esperado

Para la siguiente investigación, se consideraron los siguientes valores:

- n = 297
- R = 0.10 (equivalente al 10%)

$$n_c = 297 * (1/1 - 0.10) = 330$$

Deportistas adolescentes
federados de la Comisión
Técnica CDAG sede Salamá.

Esta muestra fue seleccionada de forma aleatoria estratificada, es decir, que se tomó la cantidad de deportistas de cada disciplina en relación al porcentaje que representaron en la población total.

Para la selección aleatoria de los sujetos de estudio, se utilizó el generador de números aleatorios sin repetición vía electrónica (www.numero-aleatorio.com/generadores/) obteniendo así la cantidad correspondiente al porcentaje de deportistas que representaron en la población total como se muestra en la siguiente tabla.

Selección de muestra					
No	Disciplina	Población	Porcentaje	Muestra	Muestra Ajustada
1	Ajedrez	48	3.69	11	12
2	Atletismo	187	14.38	43	47
3	Bádminton	64	4.92	15	16
4	Baloncesto	108	8.30	25	27
5	Balonmano	98	7.53	22	25
6	Beisbol	92	7.07	21	23
7	Billar	40	3.07	9	10
8	Boxeo	50	3.84	11	13
9	Fisicoculturismo	48	3.69	11	12
10	Futbol	152	11.6	34	38
11	Halterofilia	42	3.23	10	11
12	Judo	68	5.23	16	17

13	Karate-do	64	4.92	15	16
14	Natación	46	3.53	10	12
15	Tenis de campo	52	4.00	12	13
16	Tenis de mesa	55	4.23	13	14
17	Voleibol	86	6.61	19	22
	Total	1300	100%	297	330

4.4 Selección de los sujetos a estudio:

4.4.1 Criterio de inclusión:

- Deportistas federados hombres y mujeres de todas las disciplinas que pertenezcan a la Comisión Técnica CDAG sede Salamá, Baja Verapaz, Guatemala.
- Deportistas federados entre las edades de 12 a 18 años.
- Deportistas federados que presentaron asentimiento informado y consentimiento subrogado.

4.4.2 Criterio de exclusión:

- Deportistas federados que hayan estado en recuperación de alguna lesión deportiva.
- Deportistas federados que hayan padecido alguna patología al momento de evaluación.
- Deportistas federados que hayan comido en las últimas 3 horas previas a la prueba.

4.5 Medición de variables

Macro variable	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Criterios de clasificación
Características epidemiológicas	Edad	Tiempo que un individuo ha vivido desde su nacimiento hasta un momento determinado	Dato que resulta de la resta de la fecha de evaluación y la fecha nacimiento.	Cuantitativa discreta	Razón	<ul style="list-style-type: none"> • Años
	Sexo	Condición orgánica masculina o femenina de los animales o las plantas	Auto percepción de la identidad sexual durante la entrevista.	Cualitativa dicotómica	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> • Masculino • Femenino
	Escolaridad	Tiempo durante el que un alumno asiste a la escuela o a cualquier centro de enseñanza	Nivel escolar que cursa actualmente el deportista adolescente federado.	Cualitativa politómica	Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> • Primaria • Básica • Diversificada
	Residencia	Lugar o establecimiento donde conviven personas que tienen algo en común.	Municipio donde viven actualmente.	Cualitativa politómica	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> • Salamá • San Jerónimo • Cubulco • Purulhá • Granados

Estado nutricional		Grado de adecuación de las características anatómicas y fisiológicas del individuo con respecto a parámetros considerados normales relacionados con la ingesta, la utilización y la excreción de nutrientes	Resultado de la medición del índice de masa corporal, el cual se obtiene de la división del peso en kilogramos entre la talla en metros elevada al cuadrado, siendo los valores en adolescentes:	Cualitativa politémica	Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> • Rabinal • San Miguel Chicaj • Santa Cruz El Chol • Otros
						<ul style="list-style-type: none"> • Delgadez severa • Bajo peso • Peso normal • Sobrepeso • Obesidad

		<ul style="list-style-type: none"> • Sobrepeso: entre los puntajes z de +1 a +2. • Obesidad: por encima del puntaje z +2.²² 			
Grado de desarrollo sexual	Medidas físicas de desarrollo basadas en características sexuales externas (vello púbico)	<p>Resultado de las características de la Escala de Tanner, las cuales son diferentes en los dos sexos, siendo estos:</p> <p>En hombres: Grado I: ninguno Grado II: escaso ligeramente pigmentado Grado III: más oscuro cantidad pequeña Grado IV: grueso rizado, tipo adulto pero en menor cantidad</p>	Cualitativa politómica	Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> • Grado I • Grado II • Grado III • Grado IV • Grado V

<p>Capacidad aeróbica</p>	<p>Capacidad del organismo para realizar actividades físicas sostenidas con poco esfuerzo, poca fatiga y con recuperación rápida</p>	<p>Grado V: se extiende a la superficie interna de los muslos.</p> <p>En mujeres</p> <p>Grado I: Ninguno</p> <p>Grado II: escaso poco pigmentado</p> <p>Grado III: oscuro con mayor cantidad</p> <p>Grado IV: grueso rizado pero menor que el adulto.</p> <p>Grado V: triángulo femenino adulto, se extiende a la superficie interna de los muslos.¹⁹</p>	<p>Estimación de VO₂ máximo del deportista con el Test de Tokmakidis, siendo estos resultados en ml/kg/min</p> <p>En mujeres:</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy pobre: <25 	<p>Cualitativa</p> <p>politémica</p>	<p>Ordinal</p>	<ul style="list-style-type: none"> Muy pobre Pobre Promedio Buena Alta Muy alta
---------------------------	--	--	--	--------------------------------------	----------------	---

Capacidad anaeróbica	Capacidad del organismo para realizar actividades físicas de corta duración y alta intensidad en presencia de poco oxígeno	<ul style="list-style-type: none"> • Pobre: 25-30.9 • Promedio: 31-34.9 • Buena: 35-38.9 • Alta: 39-41.9 • Muy alta: >41.9 <p>En hombres:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muy pobre: <35 • Pobre: 35-38.3 • Promedio: 38.4-45.1 • Buena: 45.2-50.9 • Alta: 51-55.9 • Muy alta: >55.9¹⁷ 	Cualitativa dicotómica	Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> • Mala • Buena
----------------------	--	--	------------------------	---------	---

			<p>Datos:</p> <p>Potencia máxima informa sobre la fuerza y velocidad máxima de cada sprint.</p> <p>Potencia mínima indica la menor potencia de trabajo alcanzada en cada sprint.</p> <p>Potencia media indica la capacidad del individuo para mantener un esfuerzo durante un tiempo determinado.</p> <p>Interpretación de resultados: con los datos descritos anteriormente se aplica una fórmula para obtener:</p> <p>Índice de fatiga, el cual es el valor de referencia</p>	

				<p>para conocer el estado físico del deportista evaluado, indica la proporción por la que la potencia de un deportista desciende. Cuanto menor es su valor más capacidad tendrá el deportista para mantener el esfuerzo anaeróbico.</p> <p>Rangos: Mala: índice de fatiga igual o mayor a 10. Buena: índice de fatiga menor a 10.¹⁶</p>		
--	--	--	--	--	--	--

4.6 Técnicas, procesos e instrumentos utilizados en la recolección de datos:

4.6.1 Técnicas de recolección de datos

4.6.1.1 Entrevista

Luego de la selección aleatoria de los deportistas adolescentes federados de las distintas disciplinas deportivas, previo a la entrega del asentimiento informado y consentimiento subrogado firmado por el deportista y sus respectivos encargados, se procedió a realizar la entrevista para obtener datos de edad, fecha de nacimiento, sexo, escolaridad, residencia, disciplina deportiva y antecedentes patológicos de importancia.

4.6.1.2 Evaluación clínica

Se inició la exploración física obteniendo los signos vitales:

- Frecuencia cardíaca: se realizó mediante la localización del pulso carotídeo y este se tomó durante un minuto, durante este proceso el atleta estuvo en reposo absoluto.
- Frecuencia respiratoria: se realizó mediante la observación del número de respiraciones que realiza el atleta en un minuto, durante este proceso estuvo en reposo absoluto.

Posteriormente se obtuvieron las medidas antropométricas del deportista siendo estos:

- Peso: se tomó utilizando una balanza indicando el valor en kilogramos, durante el proceso el atleta estuvo descalzo y utilizó la menor cantidad de ropa.
- Talla: durante este proceso el atleta estuvo de pie, descalzo y se utilizó un tallímetro dando el valor en centímetros.

Para darle fin a la evaluación clínica se clasificó al atleta según el estadio de Tanner para vello púbico que presentó.

4.6.1.3 Evaluación de la capacidad física

- Test de Tokmakidis (prueba para evaluación de la capacidad aeróbica)
El deportista recorrió 1600 metros de distancia en el menor tiempo posible.
- Test de RAST (prueba para evaluación de la capacidad anaeróbica)

El deportista recorrió 6 embalajes a máxima velocidad de 35 metros cada uno, con una pausa de 10 segundos entre cada embalaje.

4.6.2 Procesos:

- Se tomó la muestra probabilística de manera aleatoria de una población de 1300 deportistas adolescentes federados como se mencionó anteriormente.
- Luego de la selección de la muestra, a los deportistas se les entregó un asentimiento informado y a sus tutores un consentimiento subrogado para que fuese firmado y entregado previo a la entrevista, todo esto con el aval de la CDAG sede central ciudad capital y con el apoyo de CDAG sede Salamá Baja Verapaz.
- La muestra se dividió en 10 grupos de 30 deportistas cada uno; se citó a cada grupo a las 07:30 am, con ropa deportiva (pantalóneta, blusa/playera y tenis); un grupo por día en una pista que fue brindada por la CDAG sede Salamá la cual constó de 400 mts, con cuatro carriles y con una superficie de tierra aplanada artificialmente;
- Se procedió al llenado del instrumento recolector de datos en donde los investigadores realizaron la entrevista, se separaron a los atletas por sexo para su posterior evaluación física (frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, medidas antropométricas y estadio de Tanner para vello púbico), las mujeres fueron evaluadas por la investigadora del grupo, mientras los hombres fueron evaluados por los investigadores en clínicas separadas.
- Posteriormente se indicó a los deportistas que debían reposar completamente por 10 minutos, para obtener el dato de frecuencia cardiaca en reposo absoluto, seguidamente se tuvo una sesión de calentamiento de aproximadamente 10 minutos, esto para evitar lesiones musculares al momento que realizaron las pruebas de terreno. Se inició la evaluación de la prueba aeróbica Tokmakidis, la cual consistió en dar cuatro vueltas a la pista preparada de 400 metros para tener una distancia total de 1600 metros, durante el recorrido de los deportistas se les midió el tiempo total en minutos y segundos con un cronómetro y al finalizar la prueba se tomó la frecuencia cardiaca

nuevamente, estos datos se colocaron en una fórmula para obtener los resultados de METS, V^{O_2} máximo absoluto, relativo, VES y P^{O_2} .

- Después de haber finalizado la prueba de Tokmakidis se les dio un tiempo de 20 minutos para descansar para poder pasar a la siguiente prueba de terreno.
- Se procedió a evaluar la prueba de RAST, la cual consistió en correr 35 metros a su máxima velocidad 6 veces, con un descanso de 10 segundos entre cada sprint, cada recorrido fue cronometrado en segundos y anotado en el instrumento de recolección de datos, luego se calculó la fórmula y se obtuvo la potencia en watts de cada sprint, potencia máxima, mínima, media e índice de fatiga.

4.6.3 Instrumentos de medición:

El instrumento recolector de datos constó de tres secciones, la primera recolectó datos generales tales como edad, sexo, fecha de nacimiento, escolaridad, lugar de residencia y disciplina deportiva; la segunda parte recolectó los datos obtenidos al momento del examen físico, signos vitales y antecedentes patológicos de importancia, las medidas antropométricas (peso y talla), y la clasificación del grado de desarrollo de los deportistas según la escala de Tanner para vello púbico, la tercera y última sección consta de la recolección de datos al realizar las pruebas de terreno (Test de Tokmakidis y RAST).

4.7 Procesamiento y análisis de datos

4.7.1 Procesamiento de datos:

- Después de haber recopilado la información, ésta se ingresó al programa de Microsoft Excel 2013 y se elaboró una base de datos.
- La variable edad se clasificó individualmente por años.
- Se clasificó el estado nutricional de los deportistas luego de comparar el resultado de Índice de Masa Corporal con las tablas proporcionadas por la OMS.
- Se agrupó a los deportistas acorde al grado de desarrollo por medio de la escala de Tanner para vello púbico.

- Se determinó la capacidad aeróbica de los deportistas con los valores de VO² máxima relativa que se obtuvieron en la prueba Tokmakidis para su posterior clasificación.
- De la misma forma, se determinó la capacidad anaeróbica de los deportistas de acuerdo a los valores del índice de fatiga que se obtuvieron en la prueba de terreno (RAST) para su posterior clasificación.

4.7.2 Análisis de datos

Por medio del programa Microsoft Excel 2013 se elaboraron tablas que contienen:

- Macro variable:
 - Características epidemiológicas:
 - Variable cuantitativa: estratificación por edad de los deportistas evaluados.
 - Variables Cualitativas: clasificación por sexo, escolaridad y residencia de los deportistas evaluados.
- Variables cualitativas:
 - Agrupación del estado nutricional en presencia de delgadez severa, bajo peso, peso normal, sobrepeso y obesidad.
 - Categorización del grado de desarrollo sexual según los grados de Tanner I,II,III,IV y V para vello púbico.
 - Categorías de la capacidad aeróbica (muy pobre, pobre, promedio, bueno, alto, muy alto) según sexo.
 - Categorías de la capacidad anaeróbica (bueno, malo).

4.8 Límites de la investigación

4.8.1 Obstáculos (riesgos y dificultades)

- Los trabajos de ampliación de carretera provocaron retraso en la llegada al departamento de Baja Verapaz.
- La presencia de lluvias provocó detener por varios días las pruebas de terreno ya que éstas se realizaron al aire libre.
- Los problemas administrativos entre las disciplinas deportivas y la Comisión Técnica CDAG sede Salamá del departamento de Baja Verapaz repercutió en la toma de muestra ya que dos federaciones no fueron parte de ésta investigación.

4.8.2 Alcances

Con este estudio se logró la descripción de la capacidad física y estado nutricional, así también se identificaron las características epidemiológicas y el grado de desarrollo sexual de los deportistas adolescentes federados del departamento de Baja Verapaz. Además se logró captar la atención y motivar a las autoridades para la replicación de dicho estudio.

4.9 Aspectos éticos de la investigación

4.9.1 Principios éticos generales

La información fue recolectada respetando los principios éticos de justicia ya que todos los deportistas adolescentes federados del departamento de Baja Verapaz tuvieron la misma probabilidad de participar en el estudio y de ser seleccionados; autonomía ya que tuvieron la libertad de tomar la decisión de participar o no en el estudio para lo cual tuvieron que firmar el asentimiento informado y consentimiento subrogado por parte del tutor o encargado; beneficencia porque el deportista conoció su capacidad física y estado nutricional de ese momento y por último en cuanto a riesgo este se categorizó como mínimo ya que los deportistas fueron sometidos a pruebas físicas con posibilidad de lesión.

4.9.2 Categorías de riesgo

El estudio fue considerado como categoría II con riesgos mínimos para el deportista ya que se realizaron pruebas físicas que requirieron esfuerzo, de las cuales se obtuvo el beneficio de conocer la capacidad aeróbica y anaeróbica así como también el estado nutricional en el que se encontraba el deportista.

4.9.3 Consentimiento informado

Asentimiento informado y consentimiento subrogado ver el apartado de anexo 11.3

5. RESULTADOS

Con la finalidad de lograr los objetivos planteados, se recopiló información de la muestra de 297 deportistas adolescentes federados del departamento de Baja Verapaz de las distintas disciplinas deportivas.

Los resultados se presentan en el siguiente orden:

- Características epidemiológicas
- Estado nutricional
- Grado de desarrollo sexual
- Capacidad aeróbica
- Capacidad anaeróbica

5.1 Características epidemiológicas

Tabla 5.1
Características epidemiológicas de los deportistas adolescentes federados del departamento de Baja Verapaz, Guatemala, mayo-junio 2016

Características		Total	Porcentaje
Edad (años)	12	80	27
	13	64	22
	14	36	12
	15	45	15
	16	38	13
	17	20	7
	18	14	5
Sexo	Masculino	169	57
	Femenino	128	43
Escolaridad	Primaria	95	32
	Básica	168	57
	Diversificada	34	11
Residencia	Cubulco	0	0
	Granados	0	0
	Purulhá	0	0
	Rabinal	21	7
	Salamá	236	80
	San Jerónimo	37	12
	San Miguel Chicaj	3	1
	Santa Cruz el Chol	0	0
	Otros	0	0

Interpretación: El 49% de los deportistas tiene entre 12 y 13 años de edad.

5.2 Estado nutricional

Tabla 5.2
Estado nutricional por disciplina deportiva en los deportistas adolescentes federados del departamento de Baja Verapaz, Guatemala, mayo-junio 2016

Estado nutricional	Ajedrez	Atletismo	Bádminton	Baloncesto	Balonmano	Beisbol	Billar	Boxeo	Fisicoculturismo	Halterofilia	Judo	Karate-do	Tenis de Campo	Tenis de Mesa	Voleibol	Total	Porcentaje
Bajo Peso	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1
Normal	11	42	13	27	12	32	4	24	8	2	1	13	12	1	15	239	80
Sobrepeso	0	0	3	3	10	3	3	5	3	5	2	2	0	3	2	44	15
Obesidad	0	0	2	1	0	1	2	0	0	3	0	0	0	0	3	12	4

Interpretación: El 19% de los deportistas adolescentes federados tienen sobrepeso u obesidad.

5.3 Grado de desarrollo sexual

Tabla 5.3
Grado de desarrollo sexual según escala de Tanner por disciplina deportiva en los deportistas adolescentes federados del departamento de Baja Verapaz, Guatemala, mayo-junio 2016

Tanner	Ajedrez	Atletismo	Bádminton	Baloncesto	Balonmano	Beisbol	Billar	Boxeo	Fisicoculturismo	Halterofilia	Judo	Karate-do	Tenis de Campo	Tenis de Mesa	Voleibol	Total	Porcentaje
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
II	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	4	11	4
III	7	5	2	8	7	17	2	5	1	0	0	4	9	3	5	75	25
IV	4	11	9	7	10	5	1	7	2	1	2	3	1	3	4	70	24
V	0	26	6	15	5	13	6	16	8	9	14	8	0	8	7	141	47

5.4 Capacidad aeróbica

Tabla 5.4

Capacidad aeróbica por disciplina deportiva en sexo femenino de los deportistas adolescentes federados del departamento de Baja Verapaz, Guatemala, mayo-junio 2016

Capacidad aeróbica	Ajedrez	Atletismo	Bádminton	Baloncesto	Balonmano	Beisbol	Billar	Boxeo	Fisicoculturismo	Halterofilia	Judo	Karate-do	Tenis de Campo	Tenis de Mesa	Voleibol	Total	Porcentaje
Muy Pobre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pobre	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	2
Promedio	5	14	1	3	4	0	0	6	0	1	8	4	3	1	2	52	41
Bueno	2	5	4	2	5	0	0	2	0	2	2	3	1	0	5	33	26
Alto	0	2	4	1	2	0	0	1	3	0	0	0	0	1	3	17	13
Muy Alto	0	7	3	3	1	0	0	1	5	0	0	0	2	0	1	23	18

Interpretación: El 57% de las deportistas se encuentra por arriba del promedio.

Tabla 5.5

Capacidad aeróbica por disciplina deportiva en sexo masculino de los deportistas adolescentes federados del departamento de Baja Verapaz, Guatemala, mayo-junio 2016

Capacidad aeróbica	Ajedrez	Atletismo	Bádminton	Baloncesto	Balonmano	Beisbol	Billar	Boxeo	Fisicoculturismo	Halterofilia	Judo	Karate-do	Tenis de Campo	Tenis de Mesa	Voleibol	Total	Porcentaje
Muy Pobre	3	3	0	5	1	9	3	5	0	0	2	2	0	6	1	40	24
Pobre	1	7	2	6	5	5	2	4	0	2	1	3	5	3	0	46	27
Promedio	0	0	1	4	3	11	2	4	2	2	0	3	0	1	5	38	22
Bueno	0	0	3	4	0	9	2	6	1	2	2	0	1	2	3	35	21
Alto	0	2	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	6	4
Muy Alto	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2

Interpretación: El 51% de los deportistas se encuentra por debajo del promedio.

5.5 Capacidad anaeróbica

Tabla 5.6

Capacidad anaeróbica por disciplina deportiva en los deportistas adolescentes federados del departamento de Baja Verapaz, Guatemala, mayo-junio 2016

Capacidad anaeróbica	Ajedrez	Atletismo	Bádminton	Baloncesto	Balonmano	Beisbol	Billar	Boxeo	Fisicoculturismo	Halterofilia	Judo	Karate-do	Tenis de Campo	Tenis de Mesa	Voleibol	Total	Porcentaje
Bueno	11	43	18	31	22	35	9	29	11	10	16	15	12	14	20	296	99
Malo	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

6. DISCUSIÓN

En esta investigación se planteó como objetivo principal evaluar la capacidad física y el estado nutricional de los deportistas adolescentes federados del departamento de Baja Verapaz, así como también identificar epidemiológicamente a los deportistas y el grado de desarrollo sexual.

De acuerdo a las características epidemiológicas iniciando con la edad, se encontró que el 49% corresponde a las edades de 12 y 13 años, disminuyendo paulatinamente hasta los 18 años donde se encuentra la menor cantidad de deportistas evaluados (5%). Esto puede tener relación con la situación cultural de Guatemala (en especial en el interior de la república) donde conforme aumenta la edad de los adolescentes estos comienzan a ausentarse de sus actividades recreativas y deportivas para iniciar actividades laborales en apoyo a su familia principalmente.

Los datos presentados revelan que el sexo masculino prevalece con un 57%, no sorprende encontrar dicho dato, ya que en un país como Guatemala la cultura machista aún se encuentra presente, sin embargo la diferencia no es tan amplia con respecto al sexo femenino ya que este último presentó un 43%, esto refleja la incursión que ha tenido el sexo femenino en los últimos años al deporte.

El nivel de escolaridad que presento un 57% de los deportistas evaluados fue el nivel básico, esto concuerda con el 49% de los deportistas comprendidos entre los 12 y 13 años, ya que para esas edades se esperaría que estuvieran en primero básico según lo establecido por el Ministerio de Educación de Guatemala.

El lugar de residencia con mayor porcentaje fue Salamá con un 80%, debido a que, además de ser la cabecera departamental, es donde actualmente se encuentra la sede de la CDAG. Esto también puede deberse a que es el lugar más urbanizado, lo que les permite tener un mejor acceso hacia las instalaciones deportivas.

En cuanto al estado nutricional, el dato más relevante encontrado fue que el 19% de la muestra evaluada presentaba sobrepeso u obesidad, cabe resaltar que una de las disciplinas con mayor presencia de sobrepeso y obesidad fue Billar, el cual es un deporte que no requiere mayor exigencia física. De acuerdo con un estudio realizado en España en el 2012, el cual asocia el IMC (índice de masa corporal) y la condición física, expuso que de los 71 pacientes evaluados el 51% presentó sobrepeso, sin embargo los deportistas evaluados en ese estudio comprendían las edades de 10 a 12 años, y esto no concuerda

con los datos anteriormente mencionados ya que la mayoría de los deportistas de 12 años en esta investigación presentaron estado nutricional normal.²²

Los datos muestran, con respecto al desarrollo sexual, que de la muestra evaluada el 47% se encontraba en grado V de Tanner, esto es relevante ya que influye en la ganancia de masa muscular y fuerza, sobre todo en hombres, y esto significa una ventaja sobre los que presenten grados de desarrollos menores, además, para algunas disciplinas como por ejemplo el fisicoculturismo o la halterofilia esto representa un mejor rendimiento. Un estudio norteamericano indica que las mujeres deportistas sufren un retraso en el desarrollo de aproximadamente 4 años y en hombres no hay grandes cambios, estos datos son contrarios a los obtenidos en la investigación ya que el mayor porcentaje de deportistas evaluados poseen grados de desarrollo en concordancia a la edad.²⁰

La capacidad aeróbica se categorizó de acuerdo al sexo del deportista; los datos mostraron que del sexo femenino evaluado, el 57% se encontraba por arriba del promedio. Por otro lado, el sexo masculino reveló que el 51% de los deportistas se encontraba por debajo del promedio. Cabe resaltar que la tabla de referencia, la cual se utilizó para medir esta capacidad, es muy diferente en cada sexo, ya que del sexo masculino los valores asignados son mucho más altos que la del sexo femenino. De acuerdo a un estudio realizado en Colombia en dos sectores distintos, rurales y urbanos, en donde se analizó y evaluó el consumo máximo de oxígeno de los estudiantes de 5to año primaria, que comprendían las edades entre 10 y 12 años mediante el Test de Tokmakidis de 1000 metros, el sexo masculino tuvo mejor capacidad aeróbica que el sexo femenino. Esto contrasta con los datos obtenidos en la investigación ya que de los deportistas evaluados en Baja Verapaz, el sexo femenino tuvo mejores resultados y mayor diferencia que la del sexo masculino, pero, cabe resaltar que en el estudio realizado en Colombia los resultados obtenidos estuvieron por debajo del promedio de los estándares internacionales, esto es debido a que no se evaluaron deportistas sino a estudiantes sin ningún entrenamiento previo.²³

En cuanto a la capacidad anaeróbica, el 1% (1 deportista) se encontró en mal esfuerzo, el resultado no refleja la verdadera capacidad del deportista ya que contaba con las condiciones físicas y un estado nutricional adecuado para cumplir con la exigencia de la prueba, pero a pesar de ello no dio su máximo esfuerzo.

7. CONCLUSIONES

- 7.1** De los deportistas adolescentes federados evaluados del departamento de Baja Verapaz, la mitad de la muestra se encuentra en las edades de 12 y 13 años. Más de la mitad pertenece al sexo masculino. La escolaridad predominante es el nivel básico. Salamá es el municipio de residencia con mayor representatividad.
- 7.2** En cuanto al estado nutricional 2 de cada 10 deportistas presentan sobrepeso u obesidad.
- 7.3** En los deportistas adolescentes evaluados se encontró que 5 de cada 10 presentan grado de desarrollo sexual Tanner V.
- 7.4** Con respecto a la prueba aeróbica y los resultados obtenidos con base en el promedio establecido, más de la mitad del sexo femenino se encuentra por arriba de este y el sexo masculino por debajo del mismo.
- 7.5** Los resultados de la prueba anaeróbica evidencian que un deportista presenta mal esfuerzo.

8. RECOMENDACIONES

8.1 A la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala:

8.1.1 Incentivar el proceso de investigación en adolescentes, que permita descubrir el estado físico del deportista y así poder desarrollar sus cualidades a temprana edad.

8.1.2 Implementar nutricionistas en sedes departamentales para evaluación y asesoría de los deportistas.

8.2 A la comisión técnica de la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala del departamento de Baja Verapaz con sede en Salamá:

8.2.1 Tomar en consideración los resultados de ésta investigación y continuar realizando pruebas que evalúen la capacidad física de los deportistas adolescentes en los períodos de pre y post competición y hacer llegar la información de manera simple y concisa a los entrenadores para tomar decisiones en el rumbo del entrenamiento.

8.2.2 Motivar a los deportistas adolescentes de las diferentes disciplinas a que continúen participando en este tipo de investigaciones, ya que se beneficiaran con una mejor preparación física.

8.3 A la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad San Carlos de Guatemala:

8.3.1 Fomentar y motivar la investigación científica en el campo de la medicina del deporte, para que futuros investigadores puedan seguir explorando y ampliando esta rama de la medicina.

9. APORTES

El estudio permitió conocer cuál es la capacidad física y estado nutricional de los deportistas adolescentes federados del departamento de Baja Verapaz, así como también las características epidemiológicas y grado de desarrollo sexual de los mismos.

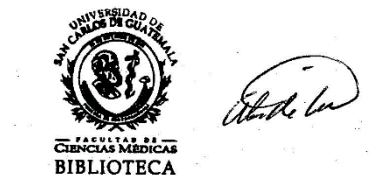
Debido a que en otros países los deportistas son captados a temprana edad, fue de suma importancia haber hecho el estudio en adolescentes y con los resultados obtenidos los metodólogos deportivos y entrenadores sabrán exactamente en qué condiciones se encuentran los deportistas y así podrán tomar decisiones con respecto al rumbo que pueda tomar su entrenamiento.

Los resultados obtenidos en la investigación serán entregados a las autoridades deportivas de la CDAG tanto sede Salamá como sede central, para que puedan ser utilizados como base para futuras evaluaciones, creación de bases de datos para poder establecer parámetros nacionales y así estandarizar a todos los deportistas a nivel nacional con las características epidemiológicas y sociodemográficas de cada departamento.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud. Las pruebas de esfuerzo y la función cardiovascular: Informe de una reunión de la OMS. Ginebra: OMS; 1968 (informe técnico; 388) [citado 5 Mar 2016]. Disponible en: <http://goo.gl/2Pb5cX>
2. Benítez J, Da Silva M, Muñoz E, Morente A, Guillén M. Capacidades físicas en jugadores de futbol formativo de un club profesional. Rev int med cienc act fís deporte [en línea]. 2015 [citado 18 Feb 2016]; 15(58): 289-307. Disponible en: <http://goo.gl/Bgm7u6>
3. Reyes R, Velarde E, Álvarez E. Valoración de la capacidad física mediante prueba ergometrica en jóvenes sanos. Rev Cubana Med [en línea]. 2000 [citado 18 Feb 2016]; 39(1): 42-48. Disponible en: <http://goo.gl/vtw52F>
4. Rojo García JM. Medicina del deporte [en línea]. Sevilla: Universidad de Sevilla Secretariado de Publicaciones; 1997 [citado 10 Mayo 2016]. Disponible en : <https://goo.gl/xD5XQM>
5. Tobal F, Legido J. Concepto y desarrollo de la medicina del deporte en España. Athlos Rev Int CC Soc Act F J y Dpte [en línea].2012 [citado 22 Mar 2016]; 3(3): 169-213. Disponible en: <http://goo.gl/IRQ2p7>
6. Maldonado M. Historia de la medicina. Revista Galenus [en línea].2010 [citado 25 Feb 2016]; 16(2): 36-37. Disponible en: <http://www.galenusrevista.com/HISTORIA-La-Medicina-Deportiva-en.html>
7. Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala [en línea]. Guatemala: CDAG; 2009 [citado 25 Feb 2016]. Historia [1 pant.]. Disponible en: <http://cdag.com.gt/confederacion/historia/>
8. Guatemala. Asamblea Nacional Constituyente. Constitución Política de la Republica de Guatemala. 1986.
9. Robles J, Abad M, Giménez F. Concepto, características, orientaciones y clasificaciones del deporte actual. efdeportes [en línea]. 2009 Nov [citado 10 Feb 2016]; (138): 1. Disponible en: <http://goo.gl/cViBqV>
10. López J, López L. Fisiología clínica del ejercicio. [en línea] Madrid: Panamericana; 2008 [citado 13 Feb 2016] Disponible en: <https://goo.gl/DJJ9yK>
11. López J, Fernández A. Fisiología del ejercicio [en línea]. 3 ed. España: Panamericana; 2006 [citado 16 Feb 2016]. Disponible en: <https://goo.gl/TXWuYS>
12. Schiaffino S, Reggiani C. Molecular diversity of myofibrillar proteins: gene regulation and functional significance. American Physiological Society [en línea]. 1996 [citado 5 Mar 2016]; 76(2): 371-423. Disponible en: <http://physrev.physiology.org/content/76/2/371>
13. Wilmore J, Costill D. Fisiología del esfuerzo y del deporte. [en línea] 5 ed. Barcelona: Paidotribo; 2004 [citado 12 Feb 2016] Disponible en: <http://goo.gl/9yuDLN>

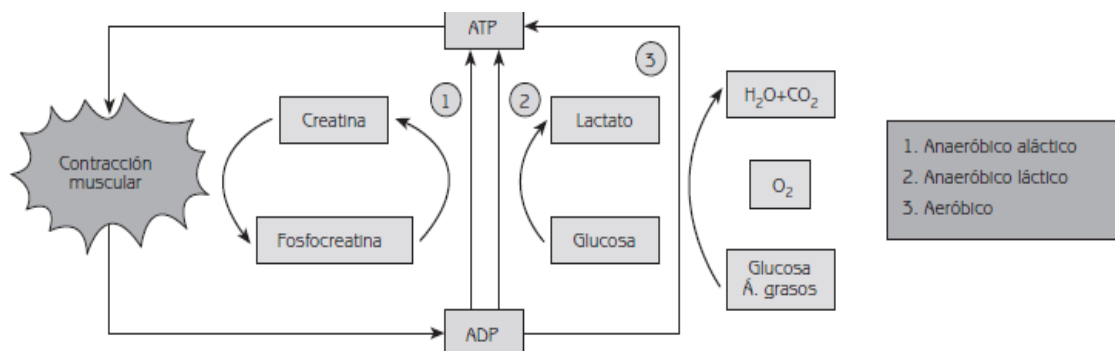
14. Pancorbo A. Medicina del deporte y ciencias aplicadas al alto rendimiento y la salud. Brasil: Educus; 2002.
15. Larralde C. RAST (Running-based Anaerobic Sprint Test). ISDe Sport Mag [en línea] 2009 [citado 13 Feb 2016]; 1 (3): [aprox. 2 pant.]. Disponible en: <http://goo.gl/Tclt0v>
16. Alto Rendimiento [en línea]. Alicante: Alto Rendimiento 2002-2016 [actualizado 2016; citado 12 Feb 2016] RAST: Test anaeróbico para deportistas que utilicen movimientos de carrera. [aprox. 7 pant.]. Disponible en: <http://altorendimiento.com/rast-test-anaerobico/>
17. Calzada R, Ruiz M, Altamirano N. Características sexuales secundarias. Acta Pediatr Méx [en línea] 2001 [citado 15 Feb 2016]; 22 (2): 122-127. Disponible en: <http://goo.gl/1xxBry>
18. Marcell A V. Adolescencia. En: Kleigman RM, Behrman RE, editores. Tratado de pediatría de Nelson. 18 ed. Barcelona: Elsevier; 2008: vol.1 p. 60-65.
19. Vallejo Cuellar L. Desarrollo de la condición física y sus efectos sobre el rendimiento físico y la composición corporal de niños futbolistas. [tesis Pedagogía Aplicada en línea]. España: Universidad Autónoma de Barcelona, Facultad de Ciencias de la Educación; 2002. [citado 10 Mar 2016]. Disponible en: <http://goo.gl/evmzU6>
20. España. Ministerio de Educación Política Social y Deporte. Consejo Superior de Deportes. Alimentación, nutrición e hidratación en el deporte. Madrid, España: MEPSD; 2009.
21. Organización Mundial de la Salud. Elaboración de un patrón de crecimiento de escolares y adolescentes. Bulletin of the World Health Organization; 85: 660-667.
22. Mayorga Vega D. Asociación del IMC y el nivel de condición física en escolares de educación primaria. J Sport Health Res [en línea]. 2012 [citado 14 Feb 2016]; 4(3):299-310. Disponible en: <http://goo.gl/GD6Jbo>
23. Gil Rubiano R. Análisis y evaluación del consumo máximo de oxígeno en estudiantes residentes en un medio rural y urbano. efdepo [en línea]. 2014 [citado 20 Feb 2016]; (198): [7]. Disponible en: <http://goo.gl/uPH8vy>



11. ANEXOS

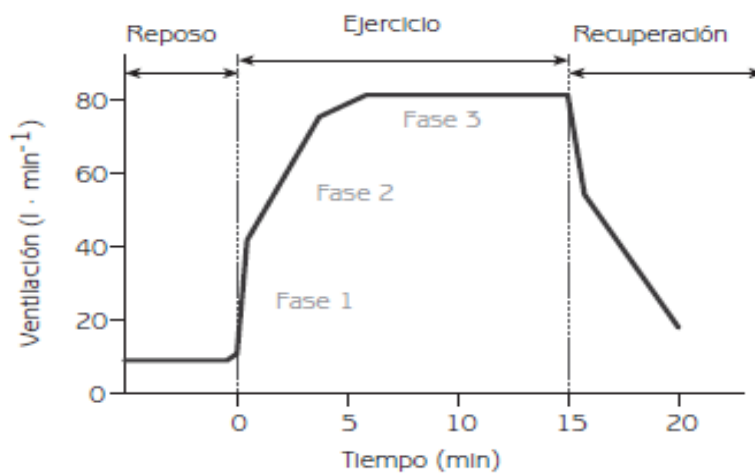
11.1 Figuras

Figura 11.1



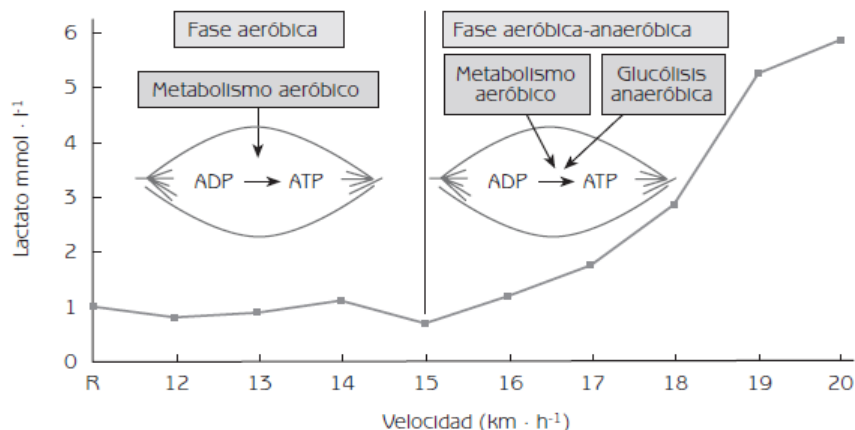
Producción de ATP en el músculo esquelético. Tomada del libro fisiología del ejercicio, J, López Chicharro, 3ra Ed 2006.

Figura 11.2



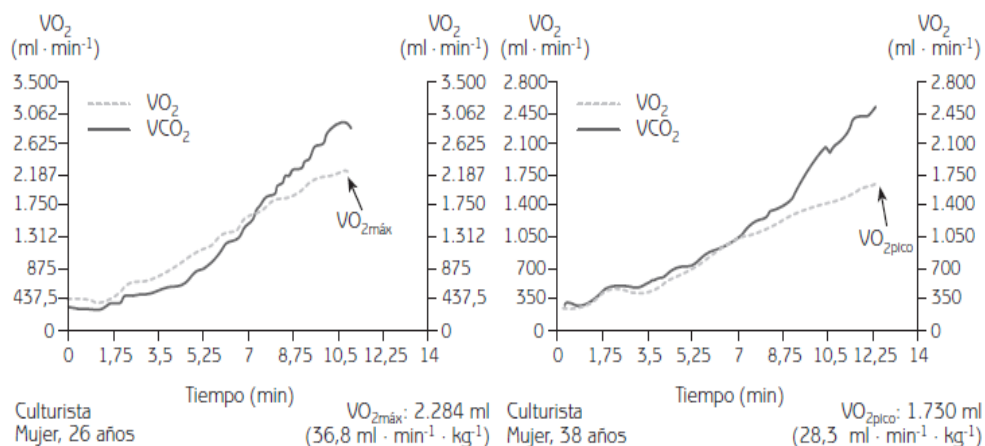
Respuesta de la ventilación pulmonar durante la realización de un ejemplo de carga estable. Tomada del libro de fisiología del ejercicio, J, López Chicharro. 3ra Ed. 2006

Figura 11.3



Participación de los sistemas energéticos aeróbico y anaeróbica (glucólisis anaeróbico durante un ejercicio incremental en relación con el comportamiento de la concentración de lactato en sangre). Tomada del libro de fisiología del ejercicio, J, López Chicharro, 3ra Ed 2006

Figura 11.4



Curvas representativas del consumo de oxígeno y producción de dióxido de carbono respecto del tiempo. Tomada del libro de fisiología del ejercicio, J, López Chicharro, 3ra Ed 2006

11.2 Tablas

Tabla 11.1

Tabla de valores para VO₂max

Mujeres (valores en ml/kg/min)

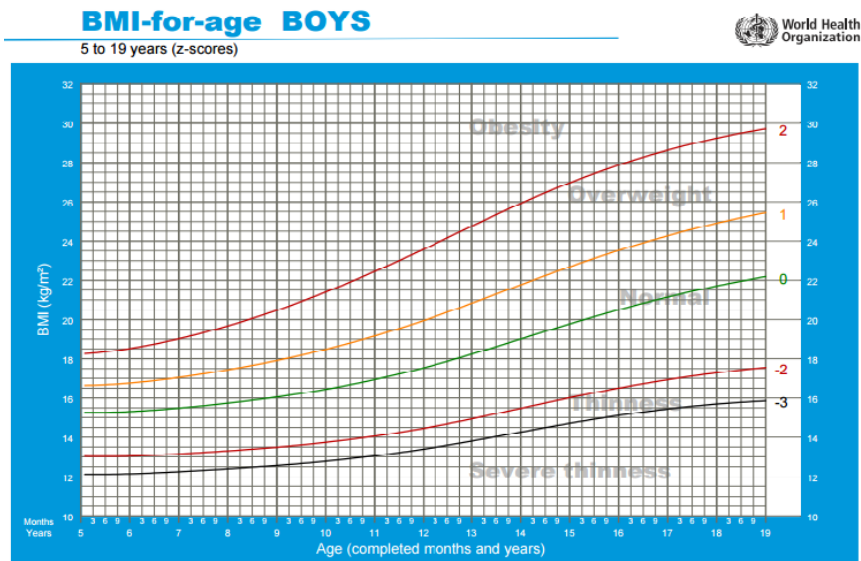
Edad	Muy pobre	Pobre	Promedio	Buena	Alto	Muy alto
13-19	<25.0	25.0 - 30.9	31.0 - 34.9	35.0 - 38.9	39.0 - 41.9	>41.9
20-29	<23.6	23.6 - 28.9	29.0 - 32.9	33.0 - 36.9	37.0 - 41.0	>41.0
30-39	<22.8	22.8 - 26.9	27.0 - 31.4	31.5 - 35.6	35.7 - 40.0	>40.0
40-49	<21.0	21.0 - 24.4	24.5 - 28.9	29.0 - 32.8	32.9 - 36.9	>36.9
50-59	<20.2	20.2 - 22.7	22.8 - 26.9	27.0 - 31.4	31.5 - 35.7	>35.7
60+	<17.5	17.5 - 20.1	20.2 - 24.4	24.5 - 30.2	30.3 - 31.4	>31.4

Hombres (valores en ml/kg/min)

Edad	Muy pobre	Pobre	Promedio	Buena	Alto	Muy alto
13-19	<35.0	35.0 - 38.3	38.4 - 45.1	45.2 - 50.9	51.0 - 55.9	>55.9
20-29	<33.0	33.0 - 36.4	36.5 - 42.4	42.5 - 46.4	46.5 - 52.4	>52.4
30-39	<31.5	31.5 - 35.4	35.5 - 40.9	41.0 - 44.9	45.0 - 49.4	>49.4
40-49	<30.2	30.2 - 33.5	33.6 - 38.9	39.0 - 43.7	43.8 - 48.0	>48.0
50-59	<26.1	26.1 - 30.9	31.0 - 35.7	35.8 - 40.9	41.0 - 45.3	>45.3
60+	<20.5	20.5 - 26.0	26.1 - 32.2	32.3 - 36.4	36.5 - 44.2	>44.2

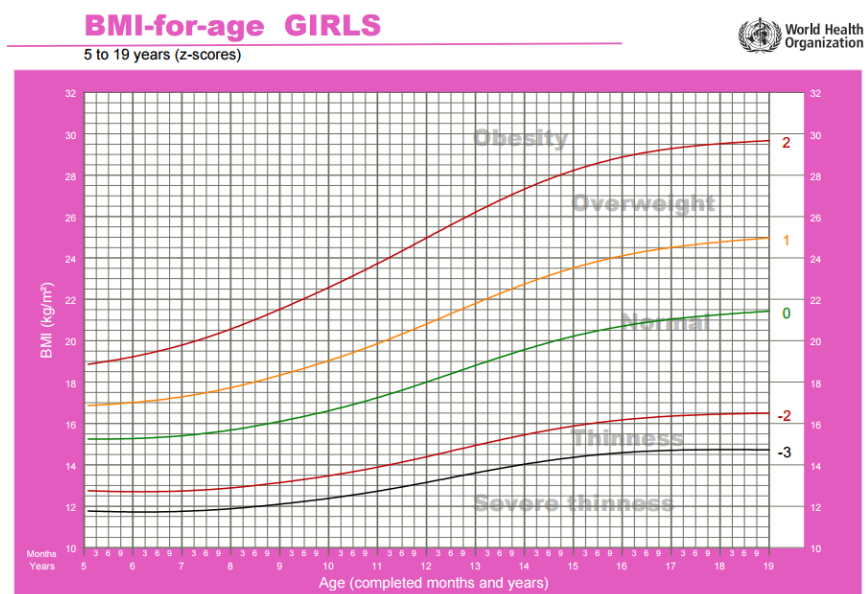
Capacidad aeróbica, test de Tokmakidis. Inciso A: valores de mujeres. Inciso B: valores de hombres. Tomada del libro Advance Fitness Assessment & Exercise Prescription, 3rd Edition, Vivian H. Heyward, 1998.

Tabla 11.2



Puntaje z para índice de masa corporal en niños y adolescentes de 5 a 19 años de edad. Tomada de Elaboración de patrón OMS. Bulletin of the World Health Organization. 2007.

Tabla 11.3



Puntaje z para índice de masa corporal en niñas y adolescentes de 5 a 19 años de edad. Tomada de Elaboración de patrón OMS. Bulletin of the World Health Organization. 2007.

11.3 ASENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN MÉDICA

Nosotros somos investigadores estudiantes de la carrera de Médico y Cirujano de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Estamos investigando sobre “Evaluación de la Capacidad Física y Estado Nutricional en Deportistas Adolescentes Federados” que pertenezcan a la Comisión Técnica CDAG sede Salamá, Baja Verapaz, Guatemala.

A usted se le está invitando a participar en este estudio de investigación médica. Antes de decidir si participa o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Este proceso se conoce como asentimiento informado. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto.

Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, entonces se le pedirá que firme esta forma de asentimiento informado, de la cual se le entregará una copia firmada y fechada.

PROCEDIMIENTOS DEL ESTUDIO

En caso de aceptar participar en el estudio deberá responder cierta cantidad de preguntas respecto a información personal, así como también se evaluarán pruebas físicas relacionadas con la Investigación. Durante todo el proceso los participantes serán tratados con el debido respeto por igual, sin discriminación de sexo, etnia o edad. Los resultados obtenidos de las pruebas no serán alterados por parte de los investigadores para su beneficio.

BENEFICIOS DEL ESTUDIO

En el departamento de Baja Verapaz no existen estudios previos sobre la capacidad física y estado nutricional en los deportistas federados adolescentes por lo que, al realizar esta investigación se pretende analizar los resultados y de esta manera realizar bases fisiológicas para análisis futuros de los deportistas federados del municipio de Salamá, Baja Verapaz, Guatemala.

RIESGOS DEL ESTUDIO

Dicha investigación posee una categoría de riesgo mínimo, ya que los participantes serán sometidos a pruebas físicas, en las cuales puede o no existir riesgo de lesiones.

ACLARACIONES

- Su decisión de participar en el estudio es completamente voluntaria.
- No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la invitación.
- Si decide participar en el estudio puede retirarse en el momento que lo desee, aun cuando el investigador responsable no se lo solicite, pudiendo informar o no, las razones de su decisión, la cual será respetada en su integridad.
- No tendrá que hacer gasto alguno durante el estudio.
- No recibirá pago por su participación.
- En el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo, al investigador responsable.
- La información obtenida en este estudio, será mantenida con estricta confidencialidad por el grupo de investigadores.

Si considera que no hay dudas ni preguntas acerca de su participación, puede, si así lo desea, firmar la carta de asentimiento informado que forma parte de este documento.

CARTA DE ASENTIMIENTO INFORMADO

Yo, _____ de _____ años de edad, he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Convengo en participar en este estudio de investigación. Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento.

Firma del participante

Fecha

Esta parte debe ser completada por el Investigador (o su representante):

He explicado a _____ la naturaleza y los propósitos de la investigación; le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implica su participación. He contestado a las preguntas en la medida de lo posible y he preguntado si tiene alguna duda. Acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para realizar investigación con seres humanos y me apego a ella.

Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procedió a firmar el presente documento.

Código del investigador

Fecha

11.4 CONSENTIMIENTO SUBROGADO PARA PARTICIPAR EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN MÉDICA

Nosotros somos investigadores estudiantes de la carrera de Médico y Cirujano de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Estamos investigando sobre “Evaluación de la Capacidad Física y Estado Nutricional en Deportistas Adolescentes Federados” que pertenezcan a la Comisión Técnica CDAG sede Salamá, Baja Verapaz, Guatemala.

A su representado se le está invitando a participar en este estudio de investigación médica. Antes de decidir si autoriza la participación o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Este proceso se conoce como consentimiento subrogado. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto.

Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea autorizar la participación de su representado, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento, de la cual se le entregará una copia firmada y fechada.

PROCEDIMIENTOS DEL ESTUDIO

En caso de autorizar la participación en el estudio su representado deberá responder cierta cantidad de preguntas respecto a información personal, así como también será sometido a pruebas físicas relacionadas con la investigación. Durante todo el proceso los participantes serán tratados con el debido respeto por igual, sin discriminación de sexo, etnia o edad.

Los resultados obtenidos de las pruebas no serán alterados por parte de los investigadores para su beneficio.

BENEFICIOS DEL ESTUDIO

En el departamento de Baja Verapaz no existen estudios previos sobre la capacidad física y estado nutricional en los deportistas federados adolescentes por lo que, al realizar esta investigación se pretende analizar los resultados y de esta manera realizar bases fisiológicas para análisis futuros de los deportistas federados del municipio de Salamá, Baja Verapaz, Guatemala.

RIESGOS DEL ESTUDIO

Dicha investigación posee una categoría de riesgo mínimo, ya que los participantes serán sometidos a pruebas físicas, en las cuales puede o no existir riesgo de lesiones.

ACLARACIONES

- La decisión de autorizar la participación a su representado en el estudio es completamente voluntaria.
- No habrá ninguna consecuencia desfavorable para su representado, en caso de no aceptar la invitación.
- Si autoriza la participación en el estudio, su representado puede retirarse en el momento que lo desee, aun cuando el investigador responsable no se lo solicite, pudiendo informar o no, las razones de su decisión, la cual será respetada en su integridad.
- No tendrá que hacer gasto alguno durante el estudio.
- No recibirá pago por la participación.
- En el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo, al investigador responsable.
- La información obtenida en este estudio será mantenida con estricta confidencialidad por el grupo de investigadores.

Si considera que no hay dudas ni preguntas acerca de la participación de su representado, puede, si así lo desea, firmar la Carta de Consentimiento subrogado que forma parte de este documento.

CARTA DE CONSENTIMIENTO SUBROGADO

Yo, _____ de _____ años de edad, he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Convengo en autorizar la participación de mi representado en este estudio de investigación. Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento.

Firma del Tutor/Encargado

Fecha

Esta parte debe ser completada por el Investigador (o su representante):

He explicado a _____ la naturaleza y los propósitos de la investigación; le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implica que autorice la participación de su representado. He contestado a las preguntas en la medida de lo posible y he preguntado si tiene alguna duda. Acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para realizar investigación con seres humanos y me apego a ella.

Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procedió a firmar el presente documento.

Código del investigador

Fecha

11.5 Instrumento para recolección de datos

“EVALUACION DE LA CAPACIDAD FISICA Y ESTADO NUTRICIONAL EN DEPORTISTAS ADOLESCENTES FEDERADOS”

El siguiente instrumento ha sido diseñado para la recolección de datos para fines de investigación, sobre la capacidad física y estado nutricional en deportistas adolescentes federados en Baja Verapaz. Los datos obtenidos serán analizados y utilizados para aportar respuestas a nuestras preguntas de investigación, se ruega veracidad al momento de responder este instrumento. Gracias por su cooperación.

I PARTE

Datos generales:

No correlativo: _____

Fecha de evaluación: _____

Nombre: _____

Edad: _____

Fecha de nacimiento: _____

Sexo: _____

Escolaridad: _____

Residencia: _____

Disciplina deportiva: _____

Antecedentes patológicos de importancia: _____

II PARTE

Examen físico:

FR: _____ rpm

Talla: _____ cm.

FC: _____ lpm

IMC: _____ kg/m²

Peso: _____ kgs.

Estadio de Tanner (vello púbico): I II III IV V

Hallazgos de importancia: _____

III PARTE

- ✓ Test de Tokmakidis:
- ✓ Distancia recorrida: 1600 metros
- ✓ Fórmula de regresión para la distancia utilizada: $2.5043+(0.8400 \cdot \text{Km/h})$
- ✓ Tiempo de recorrido: _____ mins.
- ✓ FC en reposo absoluto antes de iniciar la prueba: _____ lpm
- ✓ FC al finalizar la prueba: _____ lpm
- ✓ FC al finalizar la prueba después de 1 minuto: _____ lpm
- ✓ FC al finalizar la prueba después de 3 minutos: _____ lpm

- ✓ Velocidad: $V = S / T =$ _____ m/seg. $\times 3.6 =$ _____ Km/h.

- ✓ Reemplazamos Km/h en la fórmula de regresión:
 $2.5043+(0.8400 \cdot \text{_____}) =$ _____ METS

- ✓ VO_2 máximo relativo: _____ METS $\times 3.5 =$ _____ ml/Kg/min =

• **Capacidad aeróbica expresada en ml/kg/min**

Sexo	Edad (años)	Muy Pobre	Pobre	Promedio	Bueno	Alto	Muy Alto
Femenino	12-18	<25	25-30.9	31-34.9	35-38.9	39-41.9	>41.9
Masculino	12-18	<35	35-38.3	38.4-45.1	45.2-50.9	51-55.9	>55.9

- ✓ VO_2 máximo absoluto: _____ kg \times _____ ml/Kg/min =
 _____ ml/min.

- ✓ PO_2 : _____ ml/min / _____ lpm finalizar prueba =
 _____ ml₂/sístole

- ✓ Volumen de eyección sistólica: $\text{VES (ml/lat)} = 10.33 \times$ _____ ml/sístole $- 32.3 =$
 _____ ml/latido

Sujetos	VES (ml/lat)
Mujeres entrenadas	125
Hombres entrenados	180

✓ Test de RAST:

✓ Peso: _____ kgs.

SPRINT	TIEMPO (SEG.)	POTENCIA (WATTS.)
1		
2		
3		
4		
5		
6		

✓ Potencia: peso en kg X distancia² / tiempo³ = watts.

✓ Potencia máxima: _____ watts.

✓ Potencia mínima: _____ watts.

✓ Potencia promedio: _____ watts.

✓ Índice de fatiga: (potencia máxima – potencia mínima) / tiempo total de los 6 sprint
= _____ watts/seg.

Valores	Rango	Resultado
Potencia máxima	1054-676 watts	Cualquier resultado que se encuentre cercano a 1054 se le reconoce como excelente
Potencia mínima	674-318 watts	Cualquier resultado cercano a los 674 se le reconoce como excelente
Potencia promedio	864-497 watts	Cualquier resultado cercano a los 864 se le reconoce como excelente
Índice de fatiga	<10> watts/seg	Menor de 10 es un buen esfuerzo anaeróbico; igual o mayor a 10 es mal esfuerzo anaeróbico.