



Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Ciencias  
Carrera de Tecnología Médica mención en Oftalmología y Contactología

**“Evaluación de los cambios de valores de presión intraocular posterior a la realización del ejercicio anaeróbico en la carrera de 100 metros planos, aplicado a los alumnos Grumetes Infantes de Marina y Grumetes Navales de la Academia Politécnica Naval de la Armada de Chile”**

Proyecto de tesis para optar al grado académico de Licenciado en Tecnología Médica mención Oftalmología y Contactología.

Autores: Martina Escobar - Marita Saldivar.

Tutor: TMO Norma Fuentes León.

Cotutor: TMO Alejandro Díaz Sagardía.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos sinceramente la colaboración de nuestros tutores para la realización del presente trabajo, Tecnólogos Médicos en Oftalmología, Norma Fuentes León y Alejandro Díaz Sagardia, ya que sin ellos todo habría sido mucho más difícil. Gracias por su tiempo entregado a la concreción de la tesis, y a su bondad como seres humanos por sobre todo.

Además queremos agradecer al Director de la Academia Politécnica Naval, Capitán de Navío, Señor Pablo Andrés Cifuentes Hyslop por autorizarnos a realizar esta investigación con los alumnos Grumetes Infantes de Marina y Grumetes Navales, además por permitirnos utilizar el Campus Jaime Charles para la realización de la actividad.

A los Suboficiales Ángelo Neira Guascha Suboficial enfermero, Suboficial Infante de Marina Walter Jara Cabeza, Suboficial Infante de Marina Richard Ríos Veloso, al Secretario Académico Área Infantes de Marina por las gestiones y contestar cada uno de nuestros insistentes llamados. También al Cabo Segundo Infante de Marina Óscar Toro Olivares, Instructor de la Escuela de Infantes de Marina, por estar a cargo y pendiente de nuestras peticiones el día de la toma de las mediciones, y por supuesto a cada uno de los estudiantes Grumetes Infantes de Marina y Grumetes navales por su disposición y participación en nuestra investigación.

También queremos dar las gracias a nuestros tutores estadísticos, Ricardo Pefaur López y Nataly Zamora Bugueño y a nuestro tutor metodológico Arturo Levican Asenjo por toda la orientación brindada.

Finalmente queremos agradecer a nuestros familiares por el apoyo psicológico y emocional durante este proceso de formación y sobretodo en el periodo de la realización de esta investigación para la obtención de nuestro grado académico.

## **DEDICATORIA**

A nuestras familias, quienes estuvieron presentes en este largo camino de nuestra formación profesional, apoyándonos, cuidándonos y fortaleciéndonos en cada momento.

Este es un logro que no se podría haber conseguido sin ustedes.

A mi mamá Ingrid por deberle mi fuerza interior para traspasar todos los obstáculos que se me presentan en la vida, a mi sobrina Maite, por darme una sonrisa cuando muchas veces ya no quería luchar, a mi abuela Friedel por heredarme algunas de sus habilidades, a mi abuelo Pedro por cuidarme siempre desde el cielo y heredarme también el gusto al área de la salud, a mis amigos, que estuvieron apoyándome en este largo camino, siempre creyendo en mí y a mi compañera de tesis por su apoyo, fuerza y empuje para que juntas pudiéramos lograr esto.

Martina Escobar.

# ÍNDICE

## Contenido

Contenido.....	3
1. RESUMEN .....	6
2. INTRODUCCIÓN.....	8
3. MARCO TEÓRICO.....	12
3.1 Dinámica del humor acuoso .....	12
3.1.1 Formación y Secreción del Humor acuoso.....	12
3.1.2 Drenaje del Humor acuoso .....	15
3.2 Glaucoma .....	18
3.3 Presión Intraocular.....	25
3.4 Ejercicio físico y presión intraocular .....	27
3.7 Posibles mecanismos que explican los cambios en la PIO a causa del ejercicio anaeróbico .....	35
4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN E HIPOTESIS .....	40
4.1 Pregunta de investigación.....	40
4.2 Hipótesis .....	40
5. OBJETIVOS.....	42
5.1 Objetivo General .....	42
5.2 Objetivos Específicos.....	42
6. MATERIALES Y MÉTODOS .....	45
6.1 Metodología.....	45
6.2 Definición de variables.....	46
6.3 Método de recolección de datos .....	47
6.4 Método Estadístico .....	50
7. RESULTADOS .....	52
7.1 Resultados Esperados .....	52
7.2 Resultados Obtenidos.....	52

8.	DISCUSIÓN.....	59
9.	CONCLUSIONES.....	64
10.	Anexos.....	67
I.	Encuesta.....	67
II.	CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	68
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

# **1. RESUMEN**

## 1. RESUMEN

**Planteamiento del problema:** La realización de ciertas actividades físicas pueden modificar los valores de la presión intraocular (PIO), conociéndose que el ejercicio aeróbico provoca una disminución de sus valores, pero pese a ello, aun no hay suficiente información sobre los efectos que el ejercicio anaeróbico provoca en ella. Bajo ciertas situaciones particulares de salud ocular como el glaucoma, podría el ejercicio ocasionar un empeoramiento de este o bien servir como mecanismo protector, por lo tanto, se hace imprescindible estudiar los efectos que provoca la actividad física anaeróbica de la carrera de 100 metros planos en las variaciones de la PIO a modo de estimar la incidencia de estos en la enfermedad

**Objetivos, materiales y métodos:** El objetivo principal de este estudio es determinar la variación de los valores de la PIO producidos por la realización del ejercicio anaeróbico de la carrera de 100 metros planos aplicado a los alumnos Grumetes Infantes de Marina y Grumetes Navales de la Academia Politécnica Naval de la Armada de Chile en la ciudad de Viña del Mar. Para ello se medirá la PIO con tonometría de aplanación inmediatamente después de la realización del ejercicio y a los 10 minutos posteriores a este.

**Resultados y discusión:** La PIO tuvo pequeñas diferencias que no produjeron cambios estadísticamente significativos, por lo tanto, la realización de la carrera de 100 metros planos no produjo un resultado que se pudiera considerar como satisfactorio para determinar lo que en la teoría provoca el ejercicio anaeróbico de esfuerzo máximo en corto periodo de tiempo, que corresponde a la provocación de variación en la PIO.

**Conclusiones:** El ejercicio anaeróbico de la carrera de 100 metros planos no es calificado como perjudicial para la alteración de los valores de la PIO, debido a que esta última no presenta variaciones considerables tras su realización.

**Palabras Claves:** Presión Intraocular, Glaucoma, Ejercicio Anaeróbico.

## **2. INTRODUCCIÓN**



## 2. INTRODUCCIÓN

Como lo ilustra el autor Kaufman (2004), el humor acuoso corresponde a uno de los medios refringentes del globo ocular cuya función principal consiste en nutrir la córnea y el cristalino, estructuras que carecen de irrigación sanguínea. Hasta principios del siglo XX era considerado un líquido sin movimiento, pero desde entonces se ha demostrado que este líquido está en constante formación en el epitelio ciliar que reviste a los procesos ciliares. La formación y secreción del humor acuoso es consecuencia de 3 procesos, donde dos de ellos corresponden a procesos de tipo pasivo; proceso de difusión y de ultrafiltración. La secreción activa corresponde al tercer proceso, el cual se considera un proceso que requiere de energía para la secreción de sustancias en contra del gradiente de concentración. Mediante este proceso se produce la mayor cantidad de humor acuoso, representando entre el 80 – 90% del humor acuoso secretado a la cámara posterior. Una vez que el líquido se encuentra en la cámara posterior fluye alrededor del cristalino y a través de la pupila hacia la cámara anterior, mediante un flujo de convección en dirección inferior hacia la córnea, donde la temperatura es más baja, y en dirección superior hacia el cristalino, donde la temperatura es mayor. Finalmente, el humor acuoso es drenado mediante dos vías situadas en el ángulo de la cámara anterior. El primer tipo de drenaje corresponde al drenaje a través de la malla trabecular, el cual traspasa la pared interna del canal de Schlemm dirigiéndose hacia los canales colectores, venas acuosas y circulación venosa episcleral, mientras que el segundo medio de drenaje corresponde al que ocurre a través de la raíz del iris, la malla uveal y la cara inferior del músculo ciliar, correspondiente a la vía uveoescleral o no convencional.

Estas estructuras generan a su vez resistencia a la salida del humor acuoso provocando una presión interna, conocida como presión intraocular (PIO), la que presenta un valor medio de 15 mmHg.

Esta PIO es necesaria para que el globo ocular tenga la configuración anatómica y propiedades ópticas adecuadas para el proceso de formación de la imagen. Además es considerada como un factor de riesgo causal para el desarrollo y progresión del glaucoma.

El glaucoma corresponde a una neuropatía óptica progresiva y multifactorial asociada a la pérdida del campo visual, en donde la presión intraocular es un factor modificador clave. Los principales factores de riesgo para la enfermedad, además del aumento de la presión intraocular fuera de los rangos considerados normales son la edad, raza, antecedentes familiares, miopía, diabetes mellitus (Kanski, 2012).

Por lo anterior es crucial realizar la medición de la PIO. Esta se realiza mediante el examen de tonometría, en donde la tonometría de aplanación de Goldmann, basada en el principio de Imbert-Fick es considerada como el examen de referencia. Teóricamente, la rigidez de la córnea central y la atracción capilar del menisco lagrimal se contrarrestan entre sí cuando un área aplanada tiene una superficie de contacto de 3,06 mm. de diámetro, tamaño del área de contacto del prisma de Goldmann que se aplica a la córnea con una fuerza medible variable de la que se deduce el valor de la presión intraocular (Kanski, 2012).

Existen antecedentes que indican que la práctica deportiva induce cambios sistémicos, como por ejemplo aumentos de la temperatura corporal, liberación de productos de desechos como ácido láctico y CO<sub>2</sub> y la disminución del pH, los que podrían influir en el funcionamiento del sistema visual, como en las habilidades visuales, en los cambios de los parámetros anatómicos y fisiológicos oculares, en el diámetro pupilar, flujo coroidal, perfusión ocular, diámetro de los vasos sanguíneos oculares, tamaño del ángulo irido-corneal y en la presión intraocular (Sillero, 2007).

En general, los efectos fisiológicos del deporte sobre el sistema visual se asocian a los efectos generales que este tiene en el organismo, los cuales varían según la intensidad y el tipo de esfuerzo físico realizado (Sillero, 2007).

Se conocen 2 tipos de esfuerzos físicos, el aeróbico y el anaeróbico, los que se diferencian según el gasto energético muscular requerido para desarrollar su función. El ejercicio aeróbico corresponde al ejercicio de baja intensidad, en donde la fase de contracción muscular se alterna con las de relajación, mientras que el ejercicio anaeróbico corresponde al tipo de ejercicio de alto esfuerzo realizado en un tiempo corto, donde se produce una contracción del músculo sin movimiento de la articulación (López, 2006).

La mayoría de las investigaciones sobre la relación del ejercicio con el valor de la presión intraocular no han entregado resultados concluyentes sobre los efectos que estos generan en ella, pero se ha descrito que la presión intraocular tiende a disminuir con la práctica de los ejercicios aeróbicos, considerándose una alternativa recomendable para pacientes con glaucoma, mientras que los ejercicios anaeróbicos tienden a aumentar la presión intraocular durante su realización (Sillero, 2007).

A partir de la poca información sobre los efectos que tiene el deporte anaeróbico sobre la presión ocular, se analizará el impacto que tiene la carrera de 100 metros planos, un tipo de deporte anaeróbico que ejecuta la máxima potencia muscular en un corto periodo de tiempo (15 segundos). Este estudio será observacional de tipo descriptivo, y de corte transversal, con la finalidad de evaluar la variación que la PIO presenta inmediatamente después de correr y a los 10 minutos posteriores a la carrera.

### **3. MARCO TEÓRICO**

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Dinámica del humor acuoso**

##### **3.1.1 Formación y Secreción del Humor acuoso.**

El globo ocular está sometido normalmente a la presión interna ejercida por el flujo del humor acuoso, conocida como presión intraocular (PIO). La PIO es necesaria para mantener la tonicidad del globo ocular, con la finalidad de conservar las propiedades ópticas que debe mantener este órgano para que sus funciones se desarrollen de manera adecuada (American Academy of Ophtalmology 2011-2012).

El humor acuoso por su parte, es un líquido transparente que circula constantemente desde la cámara posterior hacia la cámara anterior del ojo llenando ambos compartimientos de manera simultánea, lo que facilita la nutrición de la córnea y del cristalino (Kaufman, 2004).

La formación del humor acuoso es un proceso biológico, donde la formación del fluido varía durante el día, disminuyendo la producción durante el sueño. La velocidad media de formación es de 2 - 2,5 ul/min y su composición se ve alterada a medida que pasa desde la cámara posterior hacia la cámara anterior (American Academy of Ophtalmology 2011-2012).

Su secreción tiene lugar en la cámara posterior, específicamente en el epitelio ciliar que reviste los procesos ciliares del iris. Cada proceso ciliar está compuesto por una doble capa de epitelio sobre un núcleo de estroma (fig. 1) con abundantes capilares fenestrados, los cuales provienen principalmente de ramas del círculo arterial mayor del iris (American Academy of Ophtalmology 2011-2012).



Fig. 1: Proceso de secreción y flujo del humor acuoso. Extraído de: <https://www.oftalmologia-online.es/anatom%C3%ADa-del-globo-ocular/humor-acuoso/>

Su secreción consta de dos procesos: la secreción activa y la secreción pasiva (American Academy of Ophtalmology 2011-2012). La secreción activa o transporte activo ocurre en el epitelio ciliar no pigmentado del cuerpo ciliar y corresponde al principal mecanismo de producción. Este proceso requiere de energía, la que es utilizada para la secreción de sustancias en contra del gradiente de concentración. En este proceso las células del epitelio no pigmentado pasan iones de sodio ( $\text{Na}^+$ ) en contra del gradiente mediante el funcionamiento de bombas  $\text{Na}/\text{K}$ . El desequilibrio osmótico resultante del paso de  $\text{Na}^+$  hacia la cámara posterior por parte del epitelio ciliar no pigmentario da lugar a un movimiento del  $\text{H}_2\text{O}$  desde el estroma hacia la cámara posterior (Kaufman, 2004).

Dos enzimas están implicadas en este proceso: La  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPasa}$  y la anhidrasa carbónica (AC). Estas enzimas son las responsables de aportar energía para el paso contragradiente de  $\text{Na}^+$ . La AC produce bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), necesario para la secreción activa del humor acuoso, donde la inhibición de la producción de  $\text{HCO}_3^-$  da lugar a una inhibición del transporte activo del  $\text{Na}^+$  a través del epitelio no pigmentado hacia el humor acuoso, reduciendo su concentración (Kaufman, 2004).

La secreción activa no es sensible a las variaciones de PIO, al menos en el rango de variaciones fisiológicas, ya que se ha observado que las fuerzas hidrostáticas y oncóticas existentes a través de la interfase epitelio ciliar y humor acuoso posterior favorecen la reabsorción pero no la secreción de humor acuoso (Kaufman, 2004).

La secreción pasiva, compuesta por el proceso de ultrafiltración y de difusión, corresponde al proceso de menor producción de humor acuoso, el cual no requiere de una participación celular activa. Este proceso se encarga de la formación del reservorio del ultrafiltrado plasmático en el estroma, a partir del cual se origina el humor acuoso. La ultrafiltración es sensible a los cambios de la PIO, es decir que la secreción de humor acuoso disminuye cuando la PIO aumenta (Kaufman, 2004).

La difusión es el movimiento pasivo de iones a través de las membranas celulares en función de la carga y de la concentración, donde las sustancias con coeficientes de liposolubilidad elevados que puedan atravesar con facilidad las membranas biológicas se desplazan más fácilmente a través de ella (Kaufman, 2004).

### 3.1.2 Drenaje del Humor acuoso

En cuanto al drenaje del humor acuoso, este comienza cuando el líquido transita desde la cámara posterior a la cámara anterior del ojo a través de la pupila (American Academy of Ophthalmology 2011-2012). Se produce mediante dos mecanismos y vías diferentes: la vía trabecular dependiente de la presión y la vía uveoescleral o vía de drenaje independiente de la presión (fig. 2) (Kanski & Bowling, 2012).

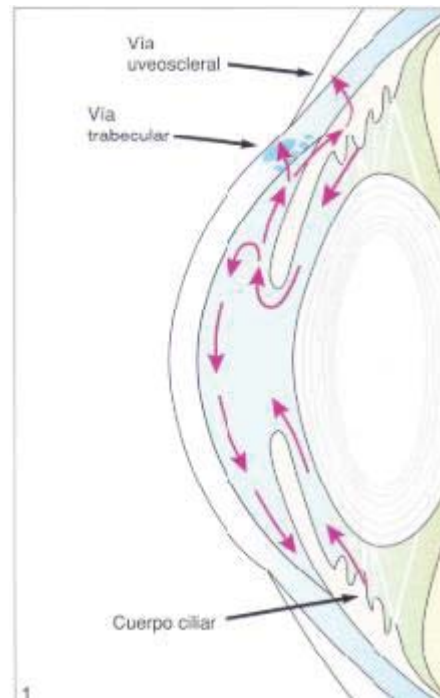


Fig. 2 Vías de drenaje del humor acuoso. Extraído de:

<http://www.centrooftalmologicocarballino.com/noticias/4/el-glaucoma-la-ceguera-silenciosa>



La vía trabecular corresponde a la vía convencional de drenaje, y se encarga de recambiar el 90% del total del humor acuoso existente. Mediante esta vía, el humor acuoso pasa desde el trabéculo hacia el canal de Schlemm, y desde ahí es evacuado hacia los canales colectores, las venas acuosas y la circulación venosa episcleral. Para ello la malla trabecular modifica sus características químicas y mecánicas, por ejemplo, a través de cambios en la contracción, volumen celular o cambios de la matriz extracelular (Kanski & Bowling, 2012).

La malla trabecular se compone de 3 zonas. La primera corresponde a la zona uveal, zona formada por laminillas de tejido conectivo recubiertas de células endoteliales orientadas de manera radial. La segunda corresponde a la malla corneoescleral formada por láminas recubiertas de células endoteliales, que a diferencia de la porción uveal, siguen una distribución circunferencial (Gasull, 2003).

Finalmente se encuentra la porción yuxtacanalicular, porción que contiene células alargadas, ordenadas en capas dispersas dentro de una matriz extracelular la que a su vez está formada por fibras elásticas y de colágeno. A diferencia de las otras porciones no presenta una organización en láminas de tejido, por lo cual se considera que es el principal lugar de resistencia al drenaje debido a su estructura morfológica ya que el humor acuoso atraviesa esta zona por pequeños conductos de aproximadamente 1,5 mm (Gasull, 2003).

La malla trabecular, además de presentar algunos fenómenos con el envejecimiento como son la pérdida de células trabeculares, engrosamiento de las membranas basales, ensanchamiento y compactación de las lamelas de la trama uveal y corneoescleral, también puede presentar el cierre de los espacios trabeculares por desechos acumulados que obstaculizan el drenaje del humor acuoso (Gasull, 2003).

La evacuación del humor acuoso a través de la vía convencional es sensible a la presión del volumen del flujo, de forma que al aumentar la presión intraocular se aumenta el drenaje del humor acuoso (Kaufman, 2004). Cabe mencionar que esta vía funciona como una válvula unidireccional, la cual permite que el humor acuoso salga del ojo en su

mayor parte, pero limita el flujo en otras direcciones, sin necesidad de que se produzca un gasto de energía (Kanski& Bowling, 2012).

Por su parte, la vía uveoescleral corresponde a la vía no convencional. Esta se encarga de drenar el 10% restante del humor acuoso, aunque existen estudios recientes que consideran que esta vía drena un porcentaje de humor acuoso más elevado, sobre todo en los ojos normales de personas jóvenes. Este mayor porcentaje de drenaje también podría estar asociado a ciertas condiciones como la cicloplejia, la administración de fármacos adrenérgicos y análogos de prostaglandinas y a ciertas complicaciones quirúrgicas (AmericanAcademy of Ophtalmology 2011-2012).

El proceso comienza drenando el humor acuoso a través de la raíz del iris, la malla uveal y la cara inferior del músculo ciliar a través del tejido conjuntivo ubicado entre los haces musculares, y atravesando al espacio supracoroideo para salir desde allí a través de la esclerótica (Kaufman, 2004).

El flujo de este medio refringente se puede ver alterado bajo ciertas condiciones normales como por ejemplo con las variaciones horarias y la edad, donde en este último caso disminuye la formación del líquido reduciendo su producción conforme los años avanzan, afectando de manera directa entonces los valores de la PIO (AmericanAcademy of Ophtalmology 2011-2012).

La dinámica del humor acuoso incluye los efectos que causan en su producción y drenaje el sistema nervioso central, el sistema nervioso autónomo, las influencias hormonales, el sistema vascular y la propia actividad metabólica (Gasull, 2003).

Los procesos ciliares y células del tejido trabecular poseen inervación simpática y parasimpática en el estroma y en su sistema vascular, por tanto, el sistema nervioso autónomo puede actuar sobre la dinámica del humor acuso en diferentes niveles de forma simultánea (Gasull, 2003).

Particularmente se ha estudiado que las variaciones del drenaje tendrían que ver con la existencia de terminales nerviosas colinérgicas en el músculo ciliar que inducen la contracción y relajación del mismo. La contracción provocaría la alteración física de la configuración de la malla trabecular disminuyendo su resistencia, mientras que la relajación muscular tiende a deformar la malla aumentando la resistencia (Kaufman, 2004).

Por su parte, el sistema adrenérgico actúa sobre las estructuras encargadas de la regulación de la dinámica del humor acuoso. El músculo ciliar tiene además otros receptores, mayoritariamente de tipo  $\beta$ , que principalmente se encargan de relajar las fibras musculares para abrir la vía uveoescleral a nivel del segmento anterior donde aumentan el nivel del AMPc en el humor acuoso incrementando la facilidad de salida (Kaufman, 2004).

Existe una patología asociada a la fluctuación en los valores de la PIO, en particular, asociada a elevaciones de la presión como causa principal pero no exclusiva; el glaucoma. Las fluctuaciones de la PIO sobre los 10 mmHg están fuertemente implicadas en el desarrollo del glaucoma (Vera, 2017).

### **3.2 Glaucoma**

El glaucoma corresponde a una neuropatía óptica multifactorial, asintomática y adquirida que presenta un patrón de daño característico en la cabeza del nervio óptico (NO) (fig. 3), provocando pérdida de las células ganglionares y sus axones. El daño de la capa de fibras nerviosas se reconoce más fácilmente en los polos superior e inferior del disco óptico. La relación copa-disco vertical (VCDR) ha demostrado ser un índice simple y relativamente robusto de pérdida glaucomatosa del borde neuroretinal (Foster, 2002).

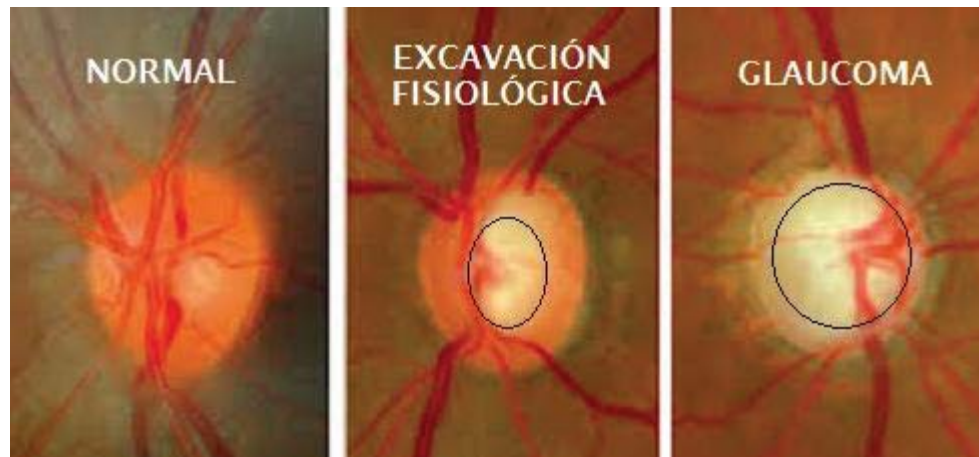


Fig. 3 Comparación entre una excavación normal y patológica. Extraída de: <https://www.optimview.com/area-pacientes/patologias-oculares/patologia-del-nervio-optico-y-vias-opticas>

Existen dos teorías que explican la pérdida de células ganglionares. Estas corresponden a la teoría del daño mecánico y la del daño vascular o isquémico (Labrada, 2007).

La primera de ellas, sostiene que el daño principal de los axones que pasan por la lámina cribosa del nervio óptico ocurre por una deflexión mecánica en forma de un estrangulamiento parcial, ya que al aumentar la presión intraocular se produce un abombamiento posterior de la lámina cribosa (Labrada, 2007). Los forámenes de la lámina cribosa ofrecen resistencia a las fibras que pasan por su interior y los delicados haces de fibras nerviosas se comprimen justamente en su flexión al pasar por la lámina. Al flexionarse estos haces de células ganglionares, se impide el libre movimiento de sustancias que van del cuerpo celular a las dendritas (Labrada, 2007).

La teoría del daño vascular sugiere que la pérdida axonal en el glaucoma es predominantemente resultado de la isquemia. Se piensa que la presión intraocular elevada compromete la perfusión de la cabeza del nervio óptico, causando daño isquémico, con la subsecuente activación de la muerte celular programada o apoptosis (Labrada, 2007). Estos daños ocasionan además defectos típicos en el campo visual, donde la pérdida de

visión comienza en la periferia del campo, pudiendo evolucionar a estadios más avanzados con un campo visual tubular, e incluso pudiendo producirse la ceguera completa (Labrada, 2007).

Los factores de riesgo más importantes para la presentación del glaucoma que se deben tener presente son:

- Edad: Algunos estudios describen a la edad como uno de los factores de riesgo más importantes dentro de la patología, considerándose este como tal en personas mayores de 40 años.
- Raza: El glaucoma tiene una prevalencia de 4 a 16 veces mayor en personas de raza negra en comparación con la raza blanca.
- Antecedentes familiares: Generalmente se presenta como enfermedad hereditaria, donde alrededor del 20 – 25% de los casos con Glaucoma primario de ángulo abierto tiene antecedentes familiares.
- Miopía: Las personas con ametropías tienen ojos más susceptibles a desarrollar lesiones en el nervio óptico inducidas por el aumento de la PIO.
- Diabetes Mellitus: La diabetes aumenta la sensibilidad del nervio óptico por la lesión que la enfermedad produce sobre los vasos de pequeño calibre.
- PIO: Una presión intraocular elevada, fuera de los rangos de normalidad, sería el factor principal para el desarrollo de glaucoma, y por ello es el primer factor indicador de posible daño en el NO ,aunque existen situaciones inusuales donde es posible encontrar que se presente daño del NO con valores de PIO normales (glaucoma de tensión normal o baja) ó pacientes con presiones fuera de los rangos de normalidad sin presencia de lesiones glaucomatosas en el NO (hipertensos oculares) (Piñero, 2005).

Esta neuropatía puede ser clasificada dependiendo de la presencia o ausencia de obstrucción en el sistema de drenaje del humor acuoso, en glaucoma de ángulo cerrado y glaucoma de ángulo abierto respectivamente. Además, se puede subdividir según la etiología en primario o secundario (Piñero, 2005).

Referente al tratamiento del glaucoma, la mayoría de los pacientes diagnosticados tempranamente y que reciben un tratamiento adecuado presentan una buena evolución de la enfermedad. El mejor tratamiento dependerá del tipo de glaucoma, la gravedad de este y de qué tan bien responda el paciente a él (Antón, 2017). El primer tratamiento de elección es farmacológico, con el uso de fármacos tópicos (mayormente usados) y sistémicos que vayan dirigidos principalmente a mejorar la irrigación arterial de la papila óptica mediante la disminución de la PIO y el aumento del flujo sanguíneo. Si esto no es efectivo, se puede considerar el tratamiento mediante cirugía convencional ó láser (Piñero, 2005).

Entre los medicamentos de uso tópico se encuentran:

- 1) ***Inhibidores de la Anhidrasa Carbónica***, como por ejemplo la Acetozolamida, Brinzolamida y Dorzolamida. Este tratamiento interviene la síntesis de la anhidrasa carbónica y evita que hipertonifique el medio extraciliar y se genere el arrastre de iones, bicarbonato y metabolitos, provocándose la consecuente reducción de la producción del humor acuoso (Guerrero, 2011).
- 2) ***Agonistas Adrenérgicos***, como por ejemplo la Noradrenalina y Fenilefrina, los que se encargan de interactuar con los receptores  $\beta_2$  del cuerpo ciliar responsables de reducir la producción de humor acuoso y potenciar el efecto antiglaucomatoso (Guerrero, 2011).
- 3) ***Agentes Colinérgicos o Mióticos***, como por ejemplo la Pilocarpina. Se encargan de generar una acción mecánica de miosis con la finalidad de liberar los pliegues iridianos del ángulo camerular, y así ampliar la zona de

la malla trabecular para favorecer el drenaje del humor acuoso y la disminución de la PIO (Guerrero, 2011).

- 4) ***Betabloqueadores***, como por ejemplo el Timolol y el Betaxolol. Estos producen un bloqueo selectivo de los receptores  $\beta$  del cuerpo ciliar para reducir la formación del humor acuoso (Guerrero, 2011).
- 5) ***Análogos de las Prostaglandinas***, como por ejemplo el Latanaprost, que favorecen la permeabilidad vascular uveoescleral e incrementan la salida del humor acuoso (Guerrero, 2011).

Como se menciona anteriormente, existen diversas alternativas para tratar el glaucoma, pero la eficacia dependerá mayormente de la tolerancia y adecuada administración de los fármacos. Si bien esta patología no tiene cura, el adecuado tratamiento puede detener y evitar la progresión de la enfermedad (Antón, 2017).

Por otro lado, a pesar de que existen diversas alternativas, el tratamiento del glaucoma continúa considerándose muchas veces como un problema, debido al alto costo que este posee, y a la importancia de la adecuada administración con la que deben usarse los medicamentos. El paciente debe generar un hábito y este debe ser parte de su rutina cotidiana, de tal forma que debe cumplir a cabalidad con el horario y dosis prescrita por su doctor, ya que el no hacerlo puede suponer baja efectividad en la acción del fármaco (Antón, 2017).

Debido a todo lo anterior, es esencial realizar una exploración oftalmológica exhaustiva para realizar el diagnóstico de la enfermedad y con ello dar tratamiento de manera oportuna (Piñero, 2005)

Como métodos de diagnóstico se debe considerar la evaluación del ángulo iridocorneal mediante la Gonioscopia, la cual consiste en visualizar el ángulo iridocorneal, para observar la apertura de este mediante un prisma o lente de contacto especial. También debe evaluarse el funcionamiento de las células ganglionares y la amplitud del campo visual mediante la campimetría, la visualización del NO mediante el examen de Fondo de ojo, el grosor de capas de fibras nerviosas mediante la Tomografía Óptica Computarizada

(OCT) y la evaluación de la PIO y la fluctuación de esta mediante la Tonometría (Piñero, 2005).

La tonometría es el método de medición de la PIO a través de un dispositivo no invasivo utilizado en oftalmología, el tonómetro. Este basa su funcionamiento en principios físicos, resultando de estos los diferentes tipos de tonometría existentes como son: de indentación, de rebote y de aplanación. (Peña, 2013).

- ***Tonometría de Indentación:*** Su principio se basa en medir el grado en el que se puede indentar la córnea producida por un peso fijo con el paciente en posición decúbito supino. Corresponde al principio en el que se basa el tonómetro de Schiötz (Okafor, 2015)
- ***Rebote o Neumotonometría:*** Corresponde a la tonometría sin contacto y sin uso de anestesia tópica. Consiste en la deformación del ápex corneal por medio de un chorro de aire en un tiempo de exposición de entre 1 y 3 segundos. Posee un sistema electro-óptico que detecta el punto de aplanación para determinar el valor de la PIO a través de la presión de aire que ha tenido que ejercer para producir el aplanamiento (Okafor, 2015).
- ***Tonometría de Aplanación:*** La tonometría de aplanación se basa en el principio de Imbert-Fick, que establece que la presión dentro de una esfera está directamente relacionada con la fuerza aplicada para aplanar un área determinada de esta. En su diseño actual, el valor de la PIO se obtiene mediante la fuerza necesaria para aplanar el ápice de la córnea anestesiada (Okafor, 2015). El diámetro de contacto con el ápice de la córnea es constante y es igual a 3,06mm, rango necesario para compensar la tensión superficial de la película lagrimal y la rigidez corneal. La PIO en mmHg es equivalente a diez veces la fuerza de contacto aplicada en gramos (Morales, 2015).



De todos los tipos de tonometría, la más usada en la actualidad es la Tonometría de aplanación, método considerado como Gold Standard para la valoración de la PIO, mediante el uso de tonómetros como el de Goldmann o Perkins, el que fue introducido hace más de 50 años en la práctica de la oftalmología. (Ruiz, 2013). Estos basan su funcionamiento principalmente en mantener constante la superficie de aplanación y variar la fuerza que se necesita para realizar dicha aplanación (fig. 4) (Peña, 2013).

El tonómetro Perkins, consiste en un equipo portátil que permite determinar el valor de la PIO. Para realizar el examen se aplica anestesia local tópica y una tinción con tira de fluoresceína en el saco conjuntival, donde el colorante se mezcla con la película lagrimal generando una fluorescencia cuando es estimulado con la luz sobre el filtro azul de cobalto. El dispositivo utiliza un método de ajuste óptico que permite que el cilindro compuesto por un biprisma muestre al menisco lagrimal como dos hemicírculos que deben ser ajustados para que se toquen en sus bordes internos y así determinar el valor de la PIO (Peña, 2013).

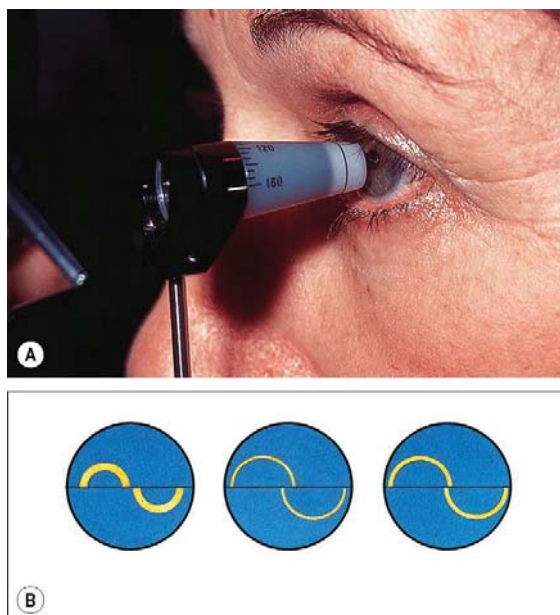


Fig. 4 Tonometría de aplanación. (A) Medición de PIO mediante tonómetro de Goldmann. (B) Semicírculos teñidos con fluoresceína durante la Tonometría (Kanski& Bowling, 2012).

Esta técnica es más precisa en pacientes con un grosor corneal central medio de entre 500 y 525  $\mu\text{m}$ , ya que el valor de la PIO se ve influenciado por el espesor corneal, sobrevalorando la PIO en córneas con grosores altos e infravalorando la PIO en córneas delgadas (Morales, 2015).

### 3.3 Presión Intraocular

La PIO está determinada por el equilibrio entre la tasa de secreción y drenaje del humor acuoso, pero también depende de la resistencia encontrada en los canales de drenaje y el grado de presión venosa episcleral, por lo tanto, la tasa de drenaje de humor acuoso es proporcional a la diferencia entre la PIO y la presión venosa episcleral (Kanski & Bowling, 2012).

De esta manera la relación entre estos factores y la PIO se ha determinado a través de la ecuación de Goldmann:

$$P_o = (F/C) + P_v$$

donde:

$P_o$  = Corresponde al valor de la PIO en milímetros de mercurio (mmHg).

$F$  = Es la tasa de formación del humor acuoso en microlitros por minuto, con un valor normal de 2  $\mu\text{l}/\text{min}$ .

$C$  = Corresponde a la facilidad de drenaje del humor acuoso en microlitros por minuto por milímetros de mercurio (normal 0,2  $\mu\text{l}/\text{min}/\text{mmHg}$ ).

$P_v$  = Es la presión venosa episcleral en milímetros de mercurio (normal 10 mmHg) (American Academy of Ophthalmology 2011-2012).

En consecuencia, de la ecuación de Goldmann se establece que por cada mmHg de  $P_v$  que se incremente aumenta 1mmHg de PIO. De esta manera, se establece que incrementos crónicos y excesivos de  $P_v$  pueden modificar la PIO en mayor o menor magnitud, lo cual puede ocasionar colapso del canal de Schlemm y generar mayor resistencia del drenaje del humor acuoso (Domínguez, 2017).

La  $P_v$  presenta valores normales entre los 8-10 mmHg. Se considera relativamente estable, y puede encontrarse modificada en pacientes que sufran cambios en su postura corporal, como también en enfermedades de la órbita, la cabeza y el cuello o en condiciones de inhalación excesiva de oxígeno donde haya obstrucción del retorno venoso al corazón (Domínguez, 2017).

Con todo ello, la medida media de la PIO es de aproximadamente 16 mmHg, con una desviación media estándar de  $\pm 3$  mmHg, sin embargo, la PIO sigue una distribución no gaussiana con una desviación hacia las presiones más altas, sobre todo en personas mayores de 40 años. (AmericanAcademy of Ophtalmology 2011-2012).

De acuerdo a lo anterior, las variaciones de la PIO pueden ser normales o anómalas, considerándose 22 mmHg, con una desviación estándar de  $\pm 2$  sobre la media como valor para diferenciar presiones normales de las anómalas, aunque no existe un nivel claro de PIO por debajo del cual pueda ser considerada normal y por sobre del cual se pueda considerar como elevada, ya que algunos ojos sufren lesión del nervio óptico con presiones bajo este rango consensuado, mientras que otros toleran incluso una PIO de 30 mmHg para recién provocarse daño (AmericanAcademy of Ophtalmology 2011-2012).

Las variaciones de la PIO ocurren por ejemplo con el ciclo circadiano, cuya fluctuación es de entre 2 a 6 mmHg a lo largo de las 24 horas del día por los cambios en la producción y drenaje del humor acuoso que se producen al pasar las horas. Otros factores que inducen cambios diarios en la PIO son el procesamiento cognitivo, la maniobra de Valsalva, traumatismos e inflamaciones oculares, administración de ciertos fármacos, ciertas condiciones de salud como la oclusión carotidea, las actividades diarias y la actividad física (Vera,2017).

### **3.4 Ejercicio físico y presión intraocular**

Se ha estudiado la influencia que provoca el ejercicio en la modificación de los valores de PIO. Un estudio en pacientes con glaucoma muestra que los cambios físicos relacionados con el deporte podrían ser perjudiciales para ellos o para los pacientes con sospecha de glaucoma, pero por otro lado, otros estudios arrojan en términos generales que fuera esperable que la menor prevalencia de glaucoma ocurriera entre las personas que hacen ejercicio (Macmonnies,2015).

Comprender las consecuencias que afecten la presión intraocular es crucial para determinar el mejor entrenamiento físico y qué tipo de ejercicios se recomiendan para estos pacientes (Vera, 2017).

En consecuencia, se ha documentado que la realización de ejercicio aeróbico, aquel tipo de ejercicio en donde se necesita oxígeno para poder realizar el metabolismo muscular, y que incluyen cualquier tipo de ejercicio que se practique a niveles moderados de intensidad durante períodos de tiempo extensos, haciendo que se mantenga la frecuencia cardíaca más elevada, son ejercicios que disminuyen los valores de presión intraocular. Ejemplos de estos ejercicios son caminar, trotar, andar en bicicleta o marchar (Wylegala, 2016).

Las investigaciones sobre el efecto del ejercicio aeróbico en la PIO demuestran una reducción de esta, ya sea por períodos cortos tras el ejercicio, con cambios observados entre 5 minutos y hasta por 48 horas. (Wylegala, 2016), aunque los resultados también dependerían de la muestra analizada ya que estas variaciones se darían de acuerdo a la cantidad de participantes, esperándose resultados menos certeros mientras más pequeña sea la muestra (Xiaoquin,2016).

Aunque se sabe que los ejercicios aeróbicos reducen la PIO, persiste la incertidumbre sobre si los ejercicios anaeróbicos o actividades como el yoga provocan los

mismos efectos. Para el ejercicio anaeróbico de resistencia, los datos obtenidos tampoco son concluyentes (Rufer, 2013)

Los ejercicios anaeróbicos son aquellos ejercicios que producen energía para el músculo a través del proceso de descomposición de los fosfatos adenosintrifosfato (ATP) y fosfocreatina (PC) (Astrand, 2010). Corresponden a este tipo de ejercicio, los ejercicios de fuerza o resistencia como el levantamiento de pesas, los ejercicios donde se implique velocidad en corto periodo de tiempo, como carreras breves e intensas y ejercicio muscular localizado como las flexiones de brazos (Astrand, 2010).

Dentro de los ejercicios anaeróbicos se encuentran los ejercicios isométricos y los ejercicios isotónicos. En los ejercicios isométricos, el tono muscular y la resistencia contra la cual el músculo trabaja aumenta mientras que la elongación del músculo se mantiene igual (Avunduk, 1999). En el ejercicio isotónico la longitud del músculo cambia mientras la resistencia contra la cual trabaja el músculo se mantiene constante (Avunduk, 1999).

Diversos investigadores que han estudiado los efectos de la PIO en el ejercicio anaeróbico muestran resultados controversiales en sus publicaciones. A modo de referencia en este punto, se ha demostrado que el ejercicio de resistencia de las extremidades superiores como también de las extremidades inferiores, específicamente la máquina de pecho y el rizo de piernas dieron como resultado una disminución moderada en la PIO de aproximadamente 15%, regresando al nivel basal de PIO después de un periodo de 10 minutos de descanso (Rufer, 2013).

Una significativa disminución de la PIO se produjo después de exponer a 25 individuos a un esfuerzo físico específico de levantamiento de pesas en posición supina (Vieira, 2003). Además, se ha demostrado el efecto de la reducción de PIO después de la realización de ejercicio de prensa de piernas en posición sentada y supina, donde la PIO se mantiene significativamente reducida después de 3 minutos de recuperación del ejercicio (Soares, 2015).

Por el contrario, también ha sido expuesto por Dickerman en su estudio sobre la relación que tiene la ejecución de fuerza muscular máxima con los aumentos de la PIO, que en todos los sujetos que tenían presión intraocular en reposo normal hubo aumentos significativos en la PIO durante la contracción isométrica máxima (Dickerman, 2016). Así mismo, se ha visto que la actividad anaeróbica aguda induce un aumento en la PIO (Najmanova, 2016).

Vera en su estudio del efecto agudo de los ejercicios de fuerza a diferentes intensidades sobre la PIO, obtuvo como resultado que esta aumentó linealmente con cargas más pesadas para los ejercicios de salto en cuclillas y los ejercicios de banca con movimiento balístico, que es aquel movimiento iniciado con la máxima fuerza de contracción energética, que continúa con su propio impulso o con reducción de fuerza (Pearl, 2003).

De manera similar, se encontró que el esfuerzo anaeróbico físico de las extremidades superiores (20 repeticiones con 65% de RM o repetición máxima, es decir el máximo peso que una persona puede mover de una vez, evaluada en la máquina de mariposa) indujo un aumento significativo de la PIO, la cual regresó a su valor basal después de 10 minutos de descanso (Vera, 2017).

Es necesario evaluar las variaciones de la presión con el ejercicio, particularmente el ejercicio anaeróbico, ya que se desconocen resultados concretos respecto a esta condición.

### **3.5 Una actividad deportiva anaeróbica: la carrera de velocidad de 100 metros planos en el atletismo.**

El atletismo es un deporte competitivo regido por normas que tienen orígenes mucho más recientes (Campos, 2004) que sus comienzos netamente primitivos como actividad de supervivencia.

Existen numerosas especialidades en esta actividad, como por ejemplo las carreras lisas o planas, que incluyen velocidad, medio fondo corto, medio fondo largo, fondo y maratón, como también las carreras con obstáculos como por ejemplo de 100, 110, 400 y 3.000 metros (Campos, 2004). Así mismo se encuentran las competencias de saltos, horizontales y verticales, y los lanzamientos lineales (peso y jabalina) y circulares (disco y martillo).

A modo general, las actividades de carrera implican diferentes técnicas y fases en su ejecución (Campos, 2004). Estas por supuesto incluyen a aquellas carreras que implican tanto metabolismo muscular aeróbico como anaeróbico, por lo que consideran a la carrera de 100 metros planos, cuya ejecución consta de las siguientes fases:

- 1. Impulso***
- 2. Suspensión***
- 3. Apoyo***
- 4. Recepción***
- 5. Posición del tronco y la cabeza***
- 6. Acción de los brazos.***

La técnica, corresponde a la ejecución del deporte en particular, y su interacción con el entorno físico en donde se practica para lograr la eficacia (Riera, 1995).

En ciertos deportes, la técnica ha de ir ligada a una economía de esfuerzos, como en el caso de los deportes de resistencia, así como ir ligada al desarrollo de la

fuerza explosiva o potencia, sin importar el gasto energético que esto suponga, como es el caso de los deportes de corta duración como la carrera de 100 metros planos (Ferro, 2001).

### **3.6 Fisiología muscular del ejercicio anaeróbico.**

Mediante la práctica deportiva el músculo esquelético es capaz de adaptarse a las diferentes demandas funcionales que se le imponen. Dichas modificaciones debido al entrenamiento son específicas para los músculos ejercitados (López, 2006). Las células musculares disponen de 3 mecanismos para obtener energía a través de la sintetización de ATP (adenosintrifosfato). Estos mecanismos son: 1) Sistema de los fosfágenos, donde los sustratos utilizados son ATP y fosfocreatina PCr (proceso anaeróbico aláctico), 2) El proceso de la glucólisis anaeróbica con la transformación del glucógeno muscular en lactato (proceso anaeróbico láctico), y 3) La fosforilación oxidativa (López, 2006) que utiliza energía liberada por la oxidación de nutrientes.

Los dos primeros corresponden a mecanismos que se llevan a cabo en condiciones anaeróbicas y las reacciones químicas que en ellos acontece tienen lugar en el citosol celular, mientras que la fosforilación oxidativa corresponde a un proceso aeróbico, donde las reacciones químicas de estas células se llevan a cabo en las mitocondrias (López, 2006).

Los diferentes sistemas energéticos no actúan de forma independiente. Lo que ocurre es que, bajo ciertas condiciones, y en función de diversos factores como la duración y la intensidad del ejercicio, el músculo decide qué proceso debe priorizar para reponer las tasas de ATP, predominando un sistema energético sobre los otros (López, 2006).



Un ejemplo de esto ocurre en la carrera de los 100 metros planos, donde los atletas intentan recorrer 100 metros en una línea recta sin obstáculos, en el menor tiempo posible. Los atletas se sitúan en un carril de la pista y se mantienen en él a lo largo de toda la carrera (Rosa, 2014) para lo cual usan la energía predominantemente del sistema anaeróbico aláctico, con un pequeño aporte de energía del sistema anaeróbico láctico (López, 2006).

El ejercicio anaeróbico, o de alta intensidad en general, es aquel ejercicio que aumenta la tensión muscular sin provocar variantes en la elongación del músculo, es decir, la tensión muscular es equivalente a la resistencia externa. El músculo no cambia su longitud mientras se ejercita, de tal manera que hay una contracción sin movimiento evidente de la articulación (Wylegala, 2016).

La acción del músculo se da mediante el acortamiento de las fibras y del estiramiento del tejido conectivo (tendón), de modo que la fuerza de contracción muscular origina tensión sin un cambio en el ángulo en el que se produce la tensión (Ferrada, 2002).

En el proceso anaeróbico aláctico de los 100 metros planos, está implicado el proceso de descomposición de fosfatos ricos en energía o fosfágenos, adenosintrifosfato (ATP) y fosfocreatina (PCr). La producción de energía mediante este proceso es indispensable, pero cuantitativamente, las reservas disponibles de estos fosfatos ricos en energía por sí solas tan sólo pueden cubrir las demandas de energía durante menos de 10 segundos en un esfuerzo máximo (Astrand, 2010).

El proceso de obtención de energía comienza cuando el ATP se hidroliza gracias a la enzima ATPasa ubicada en las cabezas de miosina para desencadenar el desplazamiento de la actina que da lugar a la contracción muscular. La hidrólisis convierte el ATP en ADP puede acoplarse a cualquier proceso celular que precise energía (López, 2006), ya que las reservas de ATP en la célula son pequeñas y se agotan en segundos durante el esfuerzo físico. Esta energía liberada en la célula muscular producto de este proceso varía según las condiciones de temperatura y pH (López, 2006).

Una vez finalizado el proceso de hidrolización de ATP, este debe ser resintetizado constantemente en las células musculares. En ellas este proceso de resíntesis ocurre a partir de la energía proporcionada por la fosfocreatina (López, 2006). La transferencia de energía desde la fosfocreatina consiste en el traspaso de energía de esta al ADP para que pueda reincorporar un grupo fosfato a su molécula y transformarse nuevamente en ATP. La fosfocreatina pierde un grupo fosfato, lugar de donde procede la energía liberada, quedando transformada a creatina (López, 2006).

El otro proceso para obtener energía en los 100 metros planos, es el anaeróbico láctico, donde están implicados los hidratos de carbono (glucosa) como sustrato. Estos son el único sustrato que la célula es capaz de utilizar para obtener energía con o sin la presencia de oxígeno (López, 2006). El proceso por el cual las células obtienen energía de la glucosa en condiciones anaeróbicas es denominado glucólisis (López, 2006).

El proceso de la glucólisis anaeróbica, con la transformación del glucógeno muscular en lactato, permite resintetizar 2 moléculas de ATP por cada molécula de glucosa. Además aporta energía suficiente para mantener una intensidad de ejercicio desde pocos segundos hasta un minuto (López, 2006). Durante el catabolismo de glucosa a piruvato en el citoplasma, el rendimiento energético neto equivale a la resíntesis de 6 moléculas de ATP, de los cuales 2 ATP se forman en el citosol por glucólisis anaeróbica y 4 ATP en la mitocondria por la reoxidación del NADH. En caso de no reoxidar el NADH mediante esta vía, el piruvato es capaz de hacerlo, reduciendo a ácido láctico sin la presencia de oxígeno (López, 2006).

Finalmente, cuando no se reoxida el NADH, el proceso de glucólisis anaeróbica permite la formación de 2 moléculas de ATP y 2 moléculas de ácido láctico que provocan estados de acidosis metabólica cuya consecuencia es la fatiga muscular (López, 2006).

El catabolismo de la glucosa en la glucólisis anaeróbica permite la recuperación rápida del ATP permitiendo a su vez mantener durante algún tiempo una intensidad elevada (López, 2006).

El lactato obtenido de este proceso se va acumulando en la sangre según la intensidad del ejercicio. Los aumentos más rápidos se producen durante los ejercicios que se realizan a alta intensidad en un periodo entre 60 y 180 segundos (López, 2006). El ácido láctico se disocia totalmente al pH normal de la célula muscular dando lugar a lactato e iones de hidrógeno (López, 2006).

Al aumentar la concentración de hidrógeno, el músculo entra a un estado de acidosis, el que es regulado por la acción del bicarbonato de sodio el cual se encarga de regular el equilibrio ácido-base de los líquidos corporales (Barceló, 2002). El bicarbonato es el sistema más utilizado como regulador de pH en el organismo, por lo que al unirse con un ion de hidrógeno aumenta la producción de CO<sub>2</sub> durante el ejercicio intenso (López, 2006).

Tabla 1

*Resumen de los distintos tipos de metabolismo muscular.*

<b>ESFUERZO ANAERÓBICO ALÁCTICO</b>	<b>ESFUERZO ANAERÓBICO LÁCTICO</b>	<b>ESFUERZO AERÓBICO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Esfuerzo muy intenso y breve</li> <li>❖ Músculo posee reservas suficientes de ATP y PCr para asegurar su propia energía</li> <li>❖ No hay deuda de oxígeno máxima</li> <li>❖ No hay formación de ácido láctico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Esfuerzo intenso y relativamente duradero</li> <li>❖ Hay necesidad de energía de forma considerable por parte de la célula muscular</li> <li>❖ Ocurre formación de ácido láctico</li> <li>❖ Se produce la fatiga muscular por acúmulo de ácido láctico</li> <li>❖ Se produce deuda de oxígeno (desequilibrio respiratorio)</li> <li>❖ Trabajo Cardíaco intenso: 180 latidos x min o más</li> <li>❖ Trabajo muscular muy intenso y sostenido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Esfuerzo poco intenso</li> <li>❖ Necesidades de energía por parte de la célula muscular son moderadas</li> <li>❖ No hay deuda de oxígeno</li> <li>❖ No se produce ácido láctico</li> <li>❖ Trabajo cardíaco cómodo: entre 140-150 latidos x min</li> </ul>

Nota. Recuperado de libro: Las Técnicas de Atletismo: manual práctico de enseñanza. Campos, J. 2004. Pag. 51-52 .Editorial Paidotribo.

### **3.7 Posibles mecanismos que explican los cambios en la PIO a causa del ejercicio anaeróbico.**

Los mecanismos para el aumento y reducción de la presión intraocular en el ejercicio anaeróbico son muy diversos. Existen varias hipótesis que intentan explicar estos mecanismos, pero siguen siendo presunciones aún, ya que el ejercicio anaeróbico no ha sido tan profundizado en su estudio como el aeróbico. De acuerdo a lo anterior, el mecanismo en común para las variaciones de presión intraocular durante el ejercicio es referido a la estimulación del sistema nervioso simpático que se produce con la realización de actividad física, la que puede ir acompañada de la producción y secreción de grandes cantidades de adrenalina y noradrenalina de la médula suprarrenal. También existe liberación de cantidades de catecolaminas (Morteza, 2017). Las respuestas autónomas a diferentes circunstancias tales como la práctica de ejercicio se han asociado con variaciones de presión intraocular (Vera, 2017).

Además, los cambios de PIO se relacionan en general a los cambios en las cantidades de ácido láctico y en la osmolaridad plasmática, y también a las variaciones en el pH de la sangre, principales causas de las modificaciones de PIO con el ejercicio (Vieira, 2003).

A lo anterior puede añadirse el factor de cambio de posición corporal, en específico, de posición supina a sentada, ya que ciertos ejercicios requieren de estas posturas. Por ejemplo, la PIO en posición decúbito supino es más alta que en posición sentada, y posiblemente los cambios hidrostáticos que se producen en la presión venosa episcleral al cambio de la ubicación del cuerpo, expliquen las diferencias en los valores de presión (Soares, 2015)

En específico, el aumento de la presión intraocular en el ejercicio anaeróbico se explica a través de diversas formas. La primera explicación dice relación con que este tipo

de ejercicio interfiere en el intercambio regular de los gases respiratorios, como por ejemplo lo que ocurre con la maniobra de Valsalva al cerrarse la glotis (Rufer ,2013).

Con ella se produce un aumento de la presión intratorácica, lo que determina una brusca reducción en el retorno venoso, lo que a su vez provoca una caída en la eyección sistólica y con ello una caída en la presión arterial (Rufer ,2013).

Se ha visto también, que después de este ejercicio, el ángulo de la cámara anterior disminuye, asociado a una maniobra de Valsalva que aumente la PIO a 40 mmHg durante 15 segundos, ya que se produce un cierre del ángulo iridocorneal debido a una hinchazón del cuerpo ciliar y tejido del iris (Rufer, 2013).El aumento en el diámetro de la pupila se relaciona con la intensidad del ejercicio, y los autores especulan que esto podría deberse a la activación reticular por descargas simpáticas del músculo dilatador ya la inhibición simultánea del sistema parasimpático (Wylegala, 2016).

Otras explicaciones consisten en que el cambio transitorio de la presión arterial media que sucede al realizar este tipo de ejercicio tendría consecuencias en el aumento de la PIO al aumentar la resistencia vascular coroidea y con ello el aumento de volumen de sangre en estos vasos. Esto se ha asociado a la fuerza de la contracción y también al tamaño de la masa muscular involucrada durante el ejercicio (Vera, 2017).

Adicionalmente, se ha vinculado el aumento de la presión intraocular con el Síndrome de Dispersión pigmentaria (PDS), que ha sido identificado como una causa de aumento de la PIO después de los partidos de baloncesto, provocando Glaucoma pigmentario. Se propone que el levantamiento de pesas, ejercicio anaeróbico, puede tener el potencial de causar una liberación de pigmento, lo que podría conducir a una elevación de la PIO (Vieira, 2003).

Podría decirse incluso, que el aumento de la PIO podría deberse a los métodos empleados para la medición de esta (Vieira, 2003).

Respecto a la reducción de la PIO, también existen varias hipótesis que pretenden explicarla. Una de ellas implica al control fisiológico del humor acuoso (HA), el cual

depende de cuatro factores: la producción del HA, la resistencia al flujo del HA, la presión venosa episcleral y el flujo uveoescleral y trabecular (Conte, 2014).

Cuando aumenta la acidosis en sangre, puede promoverse la reducción de producción del humor acuoso. Esto ocurre en respuesta al predominio de la actividad glucolítica como productora de energía en ejercicios de resistencia, lo que provoca el acúmulo de concentraciones de lactato (Conte, 2014).

El aumento de la lactacidemia con la reducción del pH plasmático, puede considerarse como uno de los principales aspectos relacionados con las modificaciones de la PIO por el ejercicio físico (Conte, 2014).

Otros mecanismos proponen que la pérdida de agua a través del sudor en el ejercicio podría aumentar la presión osmótica coloidal del plasma, dando como resultado también la disminución de la producción de humor acuoso (Wylegala,2016). Se cree además que el ejercicio conduce a un aumento en el suministro de sangre principalmente a las extremidades, lo que disminuiría significativamente la producción de humor acuoso.

Así mismo, las evidencias sugieren que el ejercicio de resistencia realizado con una intensidad más baja y un volumen más elevado, provoca mayores reducciones de la PIO comparado al de alta intensidad y bajo volumen (Conte, 2014)

Por otra parte, la liberación de adrenalina y noradrenalina disminuye las resistencias al flujo de salida del humor acuoso (Morteza ,2017). Entre un 75% a 80% del humor acuoso secretado por el cuerpo ciliar fluye a través de la vía trabecular convencional (TM y canal de Schlemm (SC). La principal resistencia al flujo acuoso se encuentra en el tejido juxtacanalicular y la pared interna de SC (Xiaoquin, 2016). Es a través de la expansión de la malla trabecular y canal de Schlem que se disminuyen las resistencias al flujo acuoso. Alvarado et al. encontraron que la adrenalina (A) potenciaba el flujo de salida del humor acuoso al reducir el tamaño de las células en la malla trabecular y canal de Schlemm, aumentando así el espacio intercelular a través de una respuesta b-adrenérgica. Estos hallazgos reafirmarían la tesis de la participación del sistema nervioso

simpático, ya que el canal de Schlemm y la malla trabecular podrían recibir inervación de este sistema. (Xiaoquin, 2016).

En términos generales, tanto para el aumento como la disminución de la PIO, la literatura relacionada muestra que el nivel de condición física es un modulador importante de la influencia del ejercicio sobre la fisiología ocular, siendo el alto nivel de aptitud muy beneficioso para una gran variedad de parámetros oculares (Vera, 2017). El nivel de condición física es un determinante principal de la respuesta de presión intraocular al ejercicio, siendo recomendable un alto nivel de condición física para evitar picos de presión intraocular aguda durante el ejercicio físico altamente exigente (Vera, 2017).

Está descrito que en pacientes con glaucoma, se ha encontrado que por cada aumento de 1.0 mmHg en la PIO hay un aumento del 19% en la progresión del glaucoma de ángulo abierto, y por lo tanto, pequeñas variaciones en esta inducida por el ejercicio pueden ser relevantes (Vera, 2017).

Por ello, se hace necesario evaluar las variaciones de la presión con el ejercicio, particularmente el ejercicio anaeróbico, del que se han encontrado resultados contrapuestos. Además estos ejercicios han sido poco estudiados en comparación con el ejercicio aeróbico, y sólo se remiten al estudio mayoritariamente del ejercicio de fuerza, por lo que se desconocen los resultados de los ejercicios anaeróbicos de otro tipo, motivo por el cual se plantea la presente investigación.

De esta manera, este estudio es realizado con la finalidad de conocer la variación de los valores de la PIO posterior al ejercicio anaeróbico en prácticas deportivas distintas de las ya valoradas, la carrera de 100 metros planos, buscando comparar los valores de PIO basal con la PIO obtenida inmediatamente después de la carrera y pasado los 10 minutos. Para esto, la investigación se realiza en las dependencias del Campus Jaime Charles de la Academia Politécnica Naval con los Grumetes Infantes de Marina y Grumetes Navales de dicha academia.

## **4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS**



## **4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN E HIPOTESIS**

### **4.1 Pregunta de investigación**

¿Qué cambios en la PIO provoca la carrera de 100 metros planos?

### **4.2 Hipótesis**

“Existen cambios fisiológicos orgánicos producto de la actividad deportiva, por lo tanto, el ejercicio anaeróbico de la carrera de 100 metros planos produce modificaciones en los valores de presión intraocular”.

## **5. OBJETIVOS**

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo General**

- Determinar la variación de los valores de la presión intraocular producidos por la realización del ejercicio anaeróbico de carrera de 100 metros planos aplicado a los alumnos Grumetes Infantes de Marina y Grumetes Navales de la Academia Politécnica Naval de la Armada de Chile.

### **5.2 Objetivos Específicos**

- Determinar los valores de PIO basales previo a la ejecución del ejercicio anaeróbico de la carrera de 100 metros planos aplicado a los alumnos Grumetes Infantes de Marina y Grumetes Navales de la Academia Politécnica Naval de la Armada de Chile.
- Determinar las variaciones de PIO inmediatamente después a la realización del ejercicio anaeróbico de la carrera de 100 metros planos y a los 10 minutos posteriores de efectuado el ejercicio, aplicado a los alumnos Grumetes Infantes de

Marina y Grumetes Navales de la Academia Politécnica Naval de la Armada de Chile.

- Determinar las variaciones de PIO basal con la PIO obtenida inmediatamente después de la realización del ejercicio anaeróbico de la carrera de 100 metros planos y de esta última con la PIO a los 10 minutos de efectuado el ejercicio, aplicado a los alumnos Grumetes Infantes de Marina y Grumetes Navales de la Academia Politécnica Naval de la Armada de Chile.

## **6. MATERIALES Y MÉTODOS**

## **6. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1 Metodología**

El estudio realizado fue de tipo observacional, ya que lo que se intentó conseguir fue trabajar con datos que se midieron luego de una situación dada, específicamente del tipo descriptivo de corte transversal.

El estudio fue realizado en dependencias del Campus Jaime Charles, ubicado en la subida Fuerte Vergara, Viña del Mar, V región, perteneciente a la Academia Politécnica Naval, en el mes de Julio del 2018. Se evaluó la PIO a 30 alumnos de dicha academia, correspondiendo 17 de ellos a Grumetes Infantes de Marina y 13 a Grumetes Navales.

Para lo anterior, la población accesible fue de 38 alumnos pertenecientes a los Grumetes de la Academia Politécnica Naval de la Armada de Chile, de los cuales se solicitó la evaluación de una muestra calculada de 35 alumnos, pero sólo se trabajó con una muestra por conveniencia de 30 personas, los que debieron realizar la actividad deportiva de carrera de 100 metros planos ya que cumplieron con los criterios de inclusión para el estudio.

Los criterios de inclusión correspondieron a alumnos, de entre 17 y 27 años de edad que aceptaron participar en la investigación a través de la lectura y posterior firma del consentimiento informado dispuesto para ello.

Se excluyó de esta investigación a aquellos pacientes que poseían alguna enfermedad cardiovascular, enfermedad autoinmune, y que usaran corticoides como tratamiento para alguna condición médica. Además fueron excluidos aquellos pacientes

que contaron con antecedentes oftalmológicos de glaucoma, PIO sobre 20 mmHg, miopía mayor a -2.00 dioptrías, hipermetropías altas, y que hubieran sufrido algún traumatismo ocular.

## 6.2 Definición de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Unidad de Medida
<b>Valor Basal de PIO</b>	Medida de la presión que ejerce el humor acuoso sobre el globo ocular cuando el organismo se encuentra en reposo.	Medición de la PIO a partir de la fuerza necesaria para aplanar un diámetro de 3,06 mm de la córnea, mediante la utilización del tonómetro aplanático de Perkins previo a la realización de ejercicio. El resultado numérico representa la PIO en mmHg, ya que es equivalente a 10 veces la fuerza de contacto aplicada en gramos.	Valor numérico de PIO	Milímetros de mercurio (mmHg)
<b>Valor PIO post ejercicio.</b>	Medida de la presión que ejerce el humor acuoso sobre el globo ocular después del ejercicio	Medición de la PIO a partir de la fuerza necesaria para aplanar un diámetro de 3,06 mm de la córnea, mediante la utilización del tonómetro aplanático de Perkins posterior a la realización de ejercicio. El resultado numérico representa la PIO en mmHg, ya que es equivalente a 10 veces la fuerza de contacto aplicada en gramos.	Valor numérico de PIO	Milímetros de mercurio (mmHg)

### **6.3 Método de recolección de datos**

Previo a la realización de la investigación se presentó el informe de proyecto de tesis al Comité de Ética del Hospital Naval Almirante Nef y al director de la Academia Politécnica Naval para la aprobación del estudio. Una vez aceptado este, se procedió a la realización de la investigación, iniciando el estudio con la realización de una encuesta destinada a recabar información sobre factores influyentes en los cambios de presión intraocular como complemento para definir la muestra. Posteriormente se procedió a firmar el consentimiento informado.

Las mediciones de la PIO fueron realizadas por ambas estudiantes, quienes se dividieron según la especialidad de los alumnos, es decir, una de las alumnas realizó todas las mediciones de los Grumetes Navales, mientras que la otra realizó todas las mediciones de los Grumetes Infantes de Marina. Cabe mencionar que durante la actividad se cronometraron los tiempos de tardanza en las tomas de PIO por alumno y entre los alumnos, como también el tiempo transcurrido entre la toma de la PIO basal y la llegada del corredor al punto de partida en la pista de atletismo, además de la tardanza en la ejecución de la carrera.

El estudio se realizó bajo los estándares de bioseguridad que se necesitan para la toma de cualquier examen de estas características.

El día de la realización de la actividad, los alumnos interrumpieron sus actividades dentro de la Academia Politécnica Naval a la 13:00 horas, donde luego de ello realizaron su colación y descansaron 1 hora antes de presentarse en el lugar establecido para la realización de las mediciones.



Una vez en la cancha de atletismo, se separó el grupo en parejas, la cuales debieron ir pasando las siguientes etapas (fig. 5):

- **1era etapa:** Medida de la PIO basal de la primera pareja, iniciando con OD y posteriormente OI por cada integrante, con un tiempo promedio de 10 segundos en la toma de cada ojo.
- **2da etapa:** Preparación de los alumnos para comenzar la carrera, donde el tiempo transcurrido fue de 1 minuto desde que fue medida la PIO basal y hasta que se inició la carrera.
- **3era etapa:** Finalización de la carrera, con tiempo promedio de duración de 12 segundos (desviación estándar de +/- 2 seg), y realización de segunda toma de PIO inmediatamente después de la carrera, con una diferencia de 23 segundos en la toma entre cada uno de los integrantes de la pareja.
- **4ta etapa:** Finalmente, una vez realizada la segunda medición, y luego de un reposo de 10 minutos finalizada la carrera, fue la realización de la tercera medición.

Durante las etapas descritas anteriormente, una de las examinadoras se dedicó por completo a la evaluación de las medidas de PIO de su grupo designado, lo que implicó la toma de la tonometría basal, la inmediatamente después y la tonometría a los 10 minutos de realizado el ejercicio en cada uno de los participantes, mientras que la segunda examinadora preparó a los pacientes previo a cada medición con la instilación de proparacaína y fluoresceína, además de realizar los registros de los valores de PIO encontrados, cronometrar los tiempos especificados y guiar el paso a los alumnos por cada una de las etapas.

Se decidió a priori organizar un protocolo de atención para aquellos participantes que indicaran en sus medidas valores por sobre los 20 mmHg, o que tuvieran una diferencia de 5 mmHg entre la PIO transcurridos los 10 minutos post ejercicio y el valor basal; esto con el objeto de evitar complicaciones. Este protocolo consistiría en tomarles la PIO transcurridos 45 minutos desde la toma a los 10 minutos de terminada la carrera para asegurar se volviera a valores similares al basal.

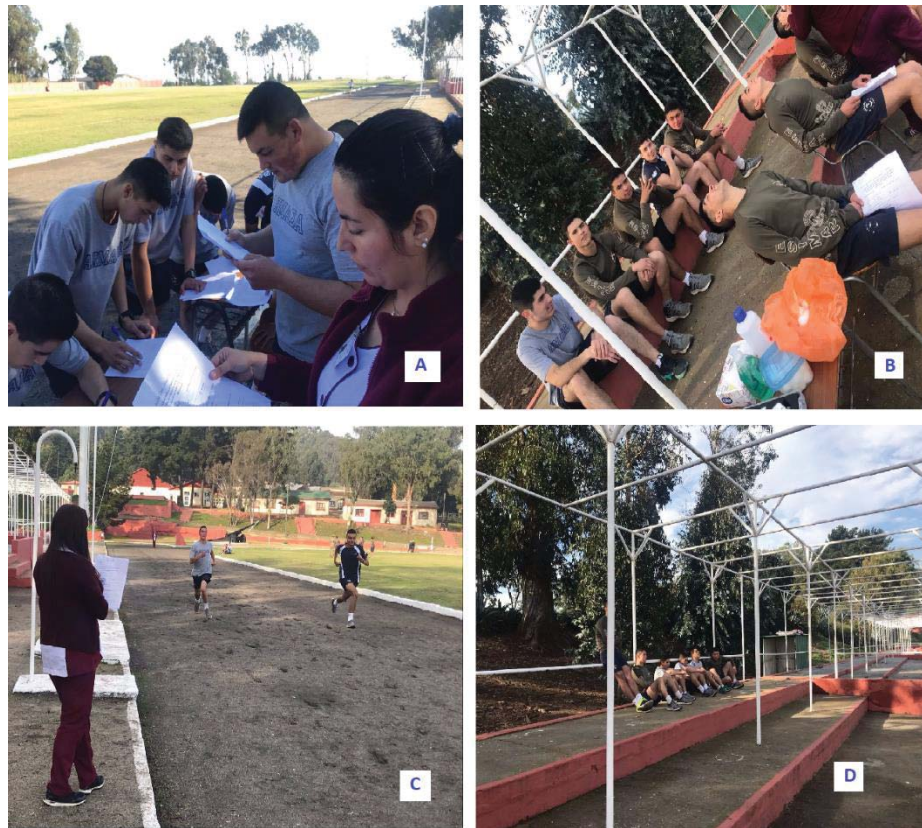


Fig. 5: Fases de la realización de la actividad. A: aplicación de encuesta y consentimiento informado. B: Medición de PIO basal. C: Proceso de la carrera. D: Intervalo de reposo, en espera de la tercera medición.

Para la medición en el campus se requirió de la presencia de la tutora de la investigación, Tecnólogo Médico Norma Fuentes León del policlínico de Oftalmología del Hospital Naval Almirante Nef de Viña del Mar con la finalidad de fiscalizar los procedimientos realizados a los participantes, como también para proveer del manejo adecuado del paciente si se presentaba alguna situación de emergencia durante la actividad. Además, por supuesto se contó con la presencia de las estudiantes de Quinto año de Tecnología médica mención oftalmología de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso a cargo del presente estudio.

Una vez obtenidos los datos, se realizó la tabulación de los estos en formato Excel, en tabla adjunta (Anexo 3). Posteriormente, los datos fueron analizados mediante sistemas informáticos estadísticos.

#### **6.4 Método Estadístico**

En el análisis de los datos se utilizó el programa GraphPadPrism 6 para graficar los datos obtenidos y tabulados en la tabla Excel. Una vez obtenidos los gráficos se realizó el análisis estadístico de prueba de normalidad mediante el Test de Shapiro –Wilk usado para evaluar si los datos siguen una distribución normal. Una vez comprobado esto se continuó con el programa ANOVA o de Análisis de la Varianza de 1 vía y el test de comparaciones múltiples de Tukey para determinar si existen diferencias significativas entre los datos.

## **7. RESULTADOS**

## **7. RESULTADOS**

### **7.1 Resultados Esperados**

Esperamos saber si la carrera de 100 metros planos representa un riesgo para las personas que puedan padecer glaucoma, o para quienes pudieran desarrollarlo, presentando así una nueva evidencia para que se considere al ejercicio anaeróbico, y no sólo al aeróbico, como una alternativa terapéutica complementaria que pueda ayudar a controlar los niveles de presión intraocular en aquellos pacientes en que la farmacología pudiera no ser eficaz, aun siendo aplicada de manera correcta.

Es probable que la carrera de 100 metros planos, disminuya los valores de presión intraocular debido a que este ejercicio no involucra a la maniobra de Valsalva en su realización, principal mecanismo asociado al aumento de presión en el ejercicio anaeróbico de fuerza.

### **7.2 Resultados Obtenidos**

La toma de exámenes a los pacientes se realizó específicamente en el Campus Jaime Charles de Viña del Mar dependiente de la Academia Politécnica Naval de la Armada de Chile en el mes de Julio del presente año. La muestra que se analizó correspondió a 30 pacientes de sexo masculino, con un rango de edad entre 19 y 25; la edad promedio de los voluntarios fue de 20.2 años, con una desviación estándar de  $\pm 1.5$  años.

La muestra real analizada correspondió a 30 de ellos, específicamente 13 alumnos Grumetes Navales y 17 alumnos Grumetes Infantes de Marina.

Se evaluó un total de 60 ojos, 30 ojos derechos (OD) y 30 ojos izquierdos (OI) a los que se le aplicó tonometría de aplanación,

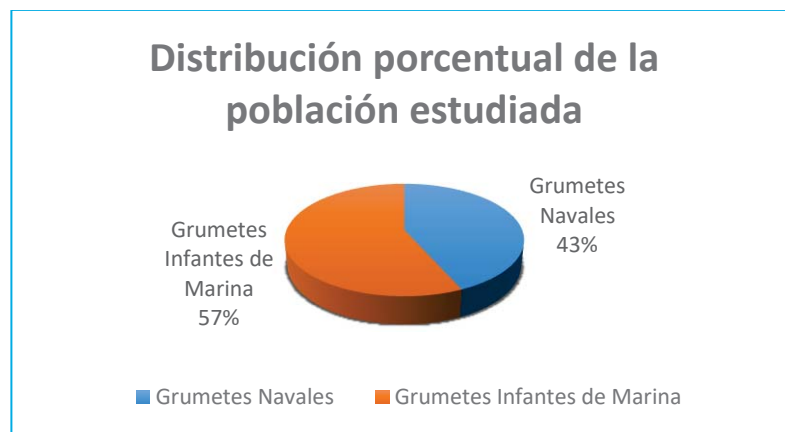


Gráfico 1: Gráfico obtenido de los datos evaluados.

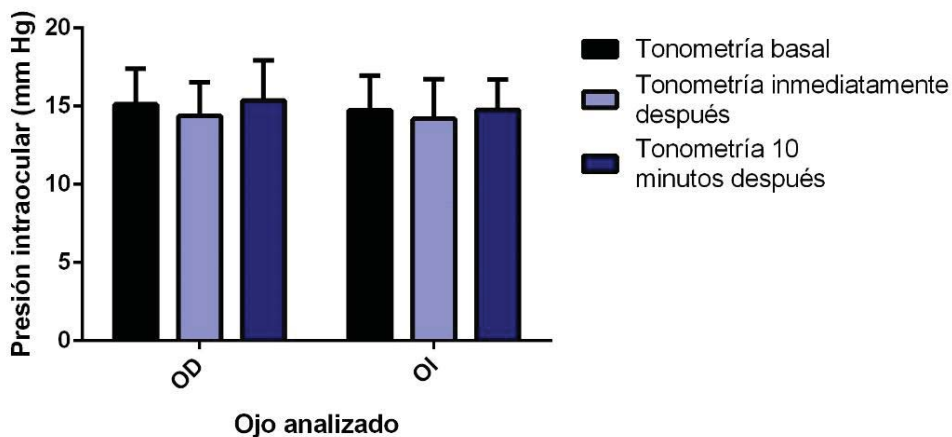
Considerando un nivel de significancia de  $p < 0,05$  se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2: Promedio y Desviación Estándar Generales de los valores de la PIO

	Basal		Inmediatamente Después		10 Minutos Después	
	OD	OI	OD	OI	OD	OI
Media de los Datos	15,1	14,7	14,4	14,2	15,4	14,8
Desviación Media	2,27	2,22	2,12	2,52	2,57	1,94

Nota: Media de los Datos o Promedio: mmHg.

Gráfico 2: “Comparativo de las medias de tonometría por ojo”



Del gráfico 2 y tabla 2 se obtiene que las tonometrías basales de ambos ojos se mantuvieron en los mismos valores, en donde ambas mediciones presentan un valor medio de OD:15,2 y OI: 14, 7 ,con una desviación media de  $\pm 2.27$  y  $\pm 2.22$  respectivamente (tabla 2), mientras que también lo hicieron las tonometrías tomadas inmediatamente después del ejercicio con valor medio de 14.4 y desviación estándar de  $\pm 2.12$  en OD y promedio de 14.2 con desviación media de  $\pm 2.52$  en OI, y las tomadas a los 10 minutos posteriores al ejercicio con valor medio de 15.4 y desviación media de  $\pm 2.57$  en OD y promedio 14.8 con desviación estándar (SD) de  $\pm 1.94$  en OI (tabla 2).

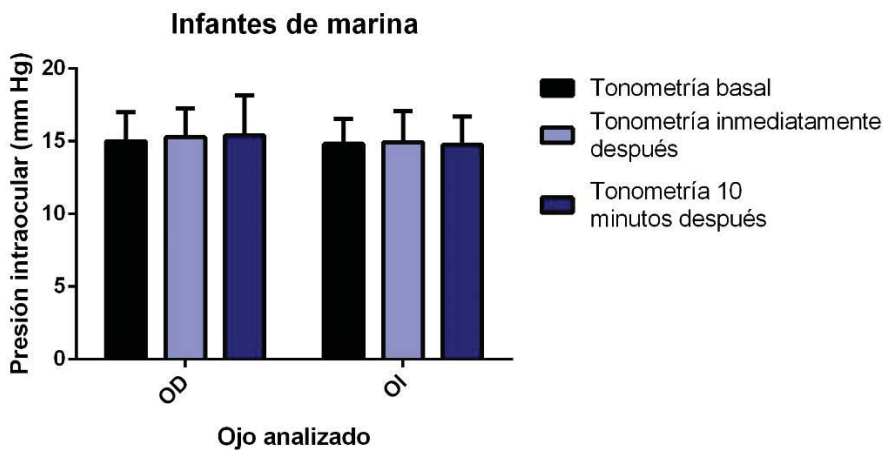
Pese a lo anterior, el nivel de significancia estadístico entre las tonometrías correspondió a un valor de OD  $p=0,2828$ , mientras que en el OI el valor  $p=0,5497$ .

Tabla 3: Promedio y Desviación Estándar de los valores de PIO de los Grumetes Infantes de Marina.

	Basal		Inmediatamente Después		10 Minutos Después	
	OD	OI	OD	OI	OD	OI
Media de los Datos	15,0	14,8	15,3	14,9	15,4	14,8
Desviación Media	2	1,7	2	2,1	2,8	1,9

Nota: Media de los Datos o Promedio: mmHg.

Gráfico 3: “Comparativo de las medias de tonometría por ojo en Grumetes Infantes de Marina”



Del gráfico 3 y tabla 3 se obtiene que las tonometrías basales de ambos ojos tienen un promedio de 15.0 y SD de 2 en OD y 14.8 y SD de 1.7 en OI (tabla 3), mientras que las tonometrías tomadas inmediatamente después del ejercicio tienen un promedio de 15.3 y SD de 2 en OD y 14.9 y SD 2.1 en OI (tabla 3), y las tomadas a los 10 minutos posteriores



al ejercicio tienen un promedio de 15.4 y SD de 2.8 en OD y 14.8 y SD 1.9 en OI (tabla 3).

Pese a lo anterior, el nivel de significancia estadístico entre las tonometrías correspondió a un valor de OD  $p=0,8626$ , mientras que en el OI el valor  $p=0,9638$ .

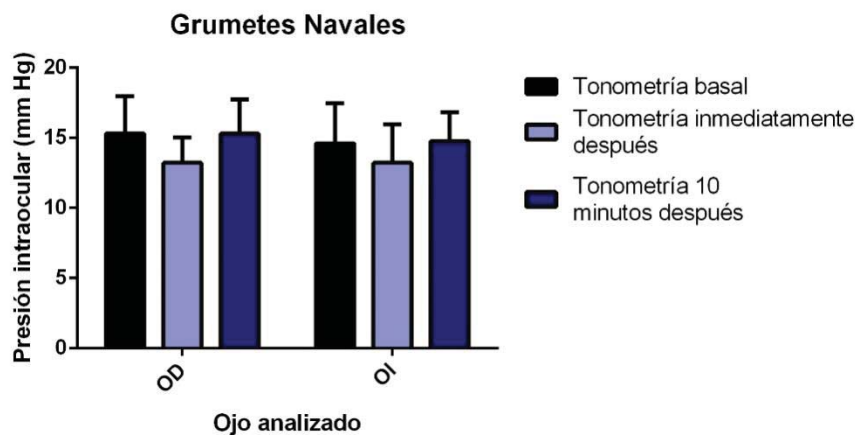
Tabla 4: *Promedio y Desviación Estándar de los valores de PIO en los Grumetes Navales.*

□

	Basal		Inmediatamente Después		10 Minutos Después	
	OD	OI	OD	OI	OD	OI
Media de los Datos	15,3	14,6	13,2	13,2	15,3	14,8
Desviación Media	2,65	2,84	1,78	2,74	2,42	2,05

Nota: Media de los Datos o Promedio: mmHg.

Gráfico 4: “Comparativo de las medias de tonometría por ojo en Grumetes Navales”



Del gráfico 4 y tabla 4 se observa que las tonometrías basales de ambos ojos se mantuvieron en los mismos valores, con un valor medio de 15.3 y SD de 2.65 en OD y

valor medio de 14.6 con SD de 2.84 en OI (tabla 4), mientras que también lo hicieron las tonometrías tomadas inmediatamente después del ejercicio, cuyo valor medio fue de 13.2 y SD de 1.78 en OD. El valor medio fue de 13.2 y SD de 1.78 en OI (tabla 4), y las tomadas a los 10 minutos posteriores al ejercicio, tuvieron valor medio de 15.3 y SD de 2.42 en OD y 14.8 con SD de 2.05 en OI (tabla 4).

Pese a lo anterior, el nivel de significancia estadístico entre las tonometrías correspondió a un valor de OD  $p=0,1189$ , mientras que en el OI el valor  $p=0,1189$ .

## **8. DISCUSIÓN**

## 8. DISCUSIÓN

El presente estudio se realizó con la finalidad de determinar la variación de los valores de la presión intraocular producidos por la realización de un ejercicio anaeróbico particular, la carrera de 100 metros planos, a modo de contar con un nuevo estudio sobre la PIO y los deportes en el ejercicio de este tipo, ya que se cuenta con menor referencia de investigación respecto de la variación de la PIO con el ejercicio anaeróbico.

Nuestros resultados generales representados en el gráfico 2 describen que las tonometrías basales de ambos ojos se mantuvieron en los mismos valores, mientras que también lo hicieron las tonometrías tomadas inmediatamente después del ejercicio, y las tomadas a los 10 minutos posteriores al ejercicio, por lo que estos cambios no denotan diferencias estadísticamente significativas en la variación de la PIO, con desviaciones estándar (DS) promedio de 2,27.

Para el tercer gráfico de Grumetes Infantes de Marina, los resultados en el OD de la tonometría realizada inmediatamente después tuvo una ligera alza de 0.3 mmHg respecto a la tonometría basal, al igual que la tonometría tomada posterior a los 10 minutos finalizada la carrera de 0.4 mmHg. Al comparar la tonometría de OD obtenida inmediatamente después con la tonometría obtenida de OD posterior a los 10 minutos, se observa una leve alza de 0.1 mmHg de esta última en relación a la primera, mientras que los valores del OI la tonometría realizada inmediatamente después tuvo una ligera alza de 0.1 mmHg respecto a la tonometría basal, pero no así al comparar con la tonometría tomada posterior a los 10 minutos finalizada la carrera, donde esta última tiene el mismo

valor. Finalmente, al comparar la tonometría de OI obtenida inmediatamente después con la tonometría obtenida de OI posterior a los 10 minutos, se observa una leve disminución de esta última en relación a la primera de 0.1 mmHg, pero estas diferencias en general no fueron estadísticamente significativas, arrojando un DS promedio 2,08.

Para el cuarto gráfico de los Grumetes Navales, se observó que en OD la tonometría realizada inmediatamente después tuvo una disminución respecto a la tonometría basal de 2.1 mmHg, no así la tonometría tomada posterior a los 10 minutos finalizada la carrera que se mantuvo similar a la basal. Luego al comparar la tonometría de OD obtenida inmediatamente después con la tonometría obtenida de OD posterior a los 10 minutos, se observa un alza de 2.1 mmHg en relación a la primera. En OI la tonometría realizada inmediatamente después tuvo una disminución de 1.4 mmHg respecto a la tonometría basal, pero al comparar con la tonometría tomada posterior a los 10 minutos finalizada la carrera, esta última tiende a regresar al valor basal con una diferencia de sólo 0.2 mmHg. Por último al comparar la tonometría de OI obtenida inmediatamente después con la tonometría obtenida de OI posterior a los 10 minutos, se observa un alza de esta última en relación a la primera, con una diferencia de 1.6 mmHg. Estos datos no arrojaron diferencias estadísticamente significativas, y sus DS promedio fueron de 2,41. Los valores de DS por gráfico se muestran en detalle en las tablas 2, 3 y 4 en los resultados.

Si bien antes de la realización de los exámenes esperábamos que en general la PIO disminuyera con el ejercicio, ya que varios autores, entre ellos Vieira y colaboradores (2003) y McMonnies y colaboradores (2016) han llegado a la conclusión de que los ejercicios que implican maniobra de Valsalva como los ejercicios de fuerza, los cuales corresponden a un ejercicio del tipo anaeróbico, tendrían como resultado un aumento de la PIO.

Como la carrera de atletismo no implica Valsalva, esperábamos que los resultados de las mediciones se comportaran según se han descrito en otros ejercicios anaeróbicos que tampoco implican la maniobra, como describe en el estudio de Conte y colaboradores (2014) en donde se ha provocado disminución en la presión de los ojos, pero en nuestro

caso, no se confirma que se pueda determinar que mediante la realización de la actividad los pacientes no hayan desarrollado Valsalva como medio para implicar una alteración del valor final.

Otros factores que podrían explicar la diferencia entre los resultados esperados y los obtenidos, implican que nuestro estudio tuvo una muestra muy pequeña como para conseguir se mostrara una variación significativa de la PIO, y por lo tanto se esperaría que una muestra mayor pudiera arrojar distintos resultados, ya que tal como expuso Xiaoquin y colaboradores (2016), esto es una limitación en las investigaciones. Pese a lo anterior, estos autores encontraron resultados estadísticamente significativos en su estudio, pero siendo evaluado otro tipo de ejercicio, específicamente de corridas a ritmo leve durante un tiempo de 20 minutos que es un tipo de ejercicio aeróbico, por tanto no hay ejercicio en la bibliografía que corresponda a ejercicio anaeróbico similar a la carrera de 100 metros planos, que presente una muestra tan pequeña o similar a la muestra que nosotras usamos como para tenerla de información comparativa respecto a los resultados que pudiera entregar.

Además esta muestra se realizó con pacientes jóvenes y sanos, por lo tanto era esperable, tal como sucedió, que los valores de su PIO estuvieran dentro de la medida promedio y dentro por lo tanto de lo que se considera como rango normal como expresa la American Academy of Ophthalmology (2011-2012). Además se realizó con este tipo de pacientes para asegurar una muestra más limpia, en donde no existiera influencia de factores adicionales al hecho de realizar ejercicio, para entonces obtener las variaciones de la PIO de la manera más certera posible.

Sumado a lo anterior, los estudios al respecto están realizados con distintos tipos de métodos de medición de la PIO. Según Vieira y colaboradores (2003) estos diferentes métodos pueden provocar diferencias en la tonometría, por consiguiente existen tonómetros que en su modo de funcionamiento se conoce entregan valores de PIO más bajos o más altos que otros.

Por ejemplo, algunos de los estudios de influencia del ejercicio en la PIO, se han realizado con tonómetro de Schiotz, tonometría que se ejecuta en posición corporal distinta de la posición con la que se ejecuta la tonometría de aplanación lo que podría explicar las diferencias en los valores arrojados en nuestro estudio con los estudios que realizaron toma de muestras con el primer tonómetro. De la mano de esto, se encuentra el factor de error de precisión en las tomas entre las examinadoras, ya que no se midió previo al estudio la nivelación de ambas, por lo tanto, podría haber diferencias en los resultados generales porque cada grupo fue evaluado por una persona distinta.

Por último, algunos de los alumnos el día de la examinación realizaron otro tipo de actividad física previa a la toma de datos, específicamente natación (deporte del tipo aeróbico), lo que podría haber provocado falsos valores de PIO basal, ya que se ha visto que los ejercicios aeróbicos tienden a disminuir los valores de esta, viéndose también que los cambios suceden en general en este tipo de ejercicio aeróbico hasta por un tiempo máximo de 48 horas como lo muestra Wylegala y colaboradores (2016), salvo que, en este mismo ejercicio de la natación los alumnos hubieran utilizado gafas, lo que provoca alzas de las presiones post ejercicio. Se puede decir también en este último punto, que la condición física del deportista es clave en la fluctuación de la PIO, tal como lo indica Xiaoquin y colaboradores (2016), quienes señalan que la aptitud física es un factor significativo que influye en los cambios de la PIO. También lo son la frecuencia e intensidad con que lo practican, siendo estos pacientes, personas deportistas todos ellos, con un nivel de acondicionamiento bueno o muy bueno. Las diferencias radicarían en el tipo de ejercicio que realizan según su formación en la Academia, ya que los Grumetes Infantes de Marina practicaban deportes a diario con intensidad de moderada a alta, mientras que los Grumetes Navales practicaban deporte entre 2 a 3 veces a la semana en intensidad leve a moderada. Se ha expuesto por ejemplo por Vera y colaboradores (2017), que la participación progresiva en la actividad física puede ser deseable para evitar picos de PIO durante el ejercicio físico altamente exigente, así como exponen que el tipo de ejercicio y su intensidad afectan la variabilidad de la PIO según el ejercicio del que se trate.

## **9. CONCLUSIONES**



## 9. CONCLUSIONES

Luego de analizar los resultados obtenidos concordamos con la mayoría de los autores investigados, quienes no aseguran el riesgo o beneficio que implica la práctica deportiva en los valores de la PIO, ya que nuestros resultados generales no evidencian variación entre la tonometría previa a la carrera y las evaluadas posteriores a ella.

No obstante los resultados obtenidos en el grupo de Grumetes Navales, quienes tienen una práctica deportiva regular, el valor de la PIO inmediatamente después del ejercicio disminuye respecto al valor basal, pero esta variación no es relevante ya que regresa a su valor en estado de reposo una vez que han transcurrido 10 minutos.

Por lo dicho anteriormente, es que determinamos pequeños cambios de la PIO en los deportistas, tanto cuando los comparamos de manera general entre sí, como también cuando comparamos la PIO basal con las anteriores (inmediatamente después y posterior a los 10 minutos), pero aun así concluimos que estos cambios no son considerables para decir que la carrera de 100 metros planos, genera variación sobre el valor de la PIO, y por lo tanto se recomienda como terapia complementaria al tratamiento farmacológico a los pacientes con glaucoma.

En futuras investigaciones que consideren la aptitud física de sus participantes, podría considerarse cambiar la muestra por un grupo de personas que sólo realicen una actividad física regularmente con una frecuencia que no supere la práctica del deporte de

2 a 3 veces a la semana. En este caso los resultados podrían presentar una variación estadísticamente significativa, pero es probable gracias a esta e investigaciones anteriores, que los resultados de la tonometría posterior a un periodo de tiempo regresen a su valor basal.

## **10. ANEXOS**

## 10. Anexos

### I. Encuesta

<b>ENCUESTA PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN TECNOLOGÍA MÉDICA.</b> "Evaluación de los cambios de valores de presión intraocular posterior a la realización del ejercicio anaeróbico en la carrera de 100 metros planos" <b>Folio 00</b>		
Por favor complete la siguiente encuesta: <p style="text-align: right;">Llene o marque con una X según corresponda</p>		
<b>FECHA:</b>		
<b>EDAD:</b>		
<b>SEXO:</b>	<input type="checkbox"/> Femenino	<input type="checkbox"/> Masculino
<b>Antecedentes Oftalmológicos:</b> Última visita al oftalmólogo: _____ <input type="checkbox"/> Glaucoma <input type="checkbox"/> Cirugía(indique cuál y por qué ) _____ <input type="checkbox"/> Antecedente de Glaucoma (Papá, Mamá, Hermanos) <input type="checkbox"/> Otros, Indique Cual: _____		
<b>Antecedentes Sistémicos:</b> <input type="checkbox"/> Hipertensión Arterial <input type="checkbox"/> Diabetes <input type="checkbox"/> Insuficiencia Cardíaca <input type="checkbox"/> Otros (Indique Cual) : _____		
Toma Algún medicamento (¿Cúal?/ ¿Dosis?): _____		
Realiza Alguna Actividad Física: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		
Si la respuesta es sí: ¿Qué deporte practica? _____ ¿Con qué frecuencia e intensidad? _____		

## II. CONSENTIMIENTO INFORMADO

Usted ha sido invitado a participar en el estudio:

***“Evaluación de los cambios de valores de presión intraocular posterior a la realización del ejercicio anaeróbico en la carrera de 100 metros planos, aplicado a los alumnos de la Academia Politécnica Naval de Grumetes Infantes de Marina de la Armada de Chile”***

Antes de que usted decida tomar parte en este trabajo de ***investigación***, es importante que lea detenidamente este documento. El investigador discutirá con usted el contenido de este informe y le explicará todos aquellos puntos en los que tenga dudas. Si después de haber leído y entendido toda la información usted decide participar en este estudio, deberá firmar este consentimiento en el lugar indicado y devolverlo al investigador.

1. Este estudio se realiza en Campus Jaime Charles, perteneciente a la Academia Politécnica Naval, para evaluar la variación de la presión intraocular, posterior a la carrera de 100 metros planos.

### 2. ¿En qué consiste el estudio?

El estudio consiste en realizar 3 mediciones de la presión intraocular (PIO). La primera medición se realizará antes de la actividad física con la finalidad de obtener la PIO basal. Luego se medirá la presión intraocular inmediatamente después de realizada la carrera de 100 metros planos, y la última medición se realizará después de 10 minutos de finalizada la carrera.

### 3. ¿Cuál es el propósito del estudio?

El propósito del estudio es conocer si la carrera de 100 metros planos provoca cambios en la presión intraocular.

**4. ¿Por qué he sido elegido?**

Usted ha sido elegido para participar de este estudio por que cumple con los requisitos de inclusión de esta investigación.

**5. ¿Existen riesgos o efectos secundarios conocidos para estos procedimientos?**

El realizar la tonometría ocular podría provocar un grado leve de queratitis o inflamación de la córnea. Para evitar ello, se debe aplicar el procedimiento de manera correcta, es decir con control de la motricidad fina por parte del examinador. Para la realización del procedimiento se instila una gota de anestesia tópica, la que mantiene su efecto por unos 15 a 20 minutos, tiempo en el que es importante que no toque ni frote su ojo para evitar posibles complicaciones.

**6. ¿Estoy obligado a participar?**

No, usted es libre de decidir si quiere participar o no. Si usted se compromete a participar se le pedirá que firme un formulario de consentimiento. Usted tiene el derecho de retirarse del estudio en cualquier momento. Esto no afectará su desempeño laboral en la Institución.

**7. ¿Cuáles son las ventajas de participar en este estudio?**

Al participar del estudio, usted estará colaborando con la obtención de conocimiento científico de utilidad que evidencie los cambios en la presión intraocular gracias al ejercicio físico, por lo tanto, esta información será puesta en conocimiento a la comunidad, a través de la entrega de un Trabajo de Proyecto de Título en la Institución educacional Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

**8. ¿Dónde y quién almacenará la información?**

Como paciente, usted queda resguardado bajo las leyes 20.584 que “Regula los derechos y deberes que tienen las personas en regulación con acciones vinculadas a su atención en salud”, Ley 20.120 “Sobre la investigación científica en el ser humano, su genoma y prohíbe la clonación humana” y, por último, la Ley 19.628 “sobre la protección de la vida privada”. Los resultados serán analizados de acuerdo a las distintas evaluaciones objeto de

estudio. La información será almacenada por el investigador responsable y puesta fuera de alcance de terceros y nadie, salvo los investigadores, tendrá acceso a consultarla. La información científica que se consiga, de ser expuesta, no incluirá información sobre su identidad.

**9. ¿Qué pasará con los resultados de este estudio?**

Los resultados obtenidos aportarán en los análisis estadísticos que se deben llevar a cabo para generar conclusiones respecto de la tesis ***“Evaluación de los cambios de valores de presión intraocular posterior a la realización del ejercicio anaeróbico en la carrera de 100 metros planos, aplicado a los alumnos de la Academia Politécnica Naval de Grumetes Infantes de Marina de la Armada de Chile”*** y así, se podrá generar aportes desde el punto de vista oftalmológico para el posible beneficio o daño para pacientes que padecen Glaucoma o que están en riesgo de padecerlo.

**10. Su derecho de retirarse:**

Su participación en este estudio es totalmente voluntaria. Usted es libre de negarse o revocar su decisión de participar en cualquier momento sin tener que dar una razón. Si usted decide no participar o retirarse después de dar su consentimiento, esto no afectará su futuro cuidado médico o de atención en salud. Toda la información relativa a su historial médico será tratada como estrictamente confidencial y utilizada sólo con fines científicos.

**11. ¿A quién puedo contactar para mayor información?**

Si usted tiene alguna pregunta relacionada con este estudio puede solicitar más información a los investigadores responsables del proyecto.

NOMBRE: TECNOLOGO MÉDICO NORMA FUENTES LEON

MAIL: [nfuentes@sanidadnaval.cl](mailto:nfuentes@sanidadnaval.cl)

FONO: 322573137

Investigadores principales, Estudiantes de 5° año de la carrera de Tecnología Médica con mención en Oftalmología y Contactología de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

NOMBRE: MARTINA ESCOBAR PEREIRA.

RUT:15.071.054-5

Mail: meescobar537@gmail.com

FONO:+56966367813

NOMBRE: MARITA SALDIVAR VALENCIA.

RUT: 17.164.131-4

MAIL: marita.saldivar.v@gmail.com

FONO: +56957655776

Queremos aprovechar esta oportunidad para darle las gracias por considerar participar en este estudio. Si considera que no tiene dudas ni preguntas acerca de su participación, puede, si lo desea, firmar el Formulario de Consentimiento Informado anexo al documento.

Recuerde que al firmar este consentimiento, usted establece estar en conocimiento de los pormenores de dicha investigación y acepta los puntos previamente establecidos para participar en este estudio.

Su participación es de carácter **voluntario y no remunerado**.

No es necesario que tome la decisión en este momento, si lo desea puede retirar este documento, analizarlo detalladamente, clarificar sus dudas y responderlo cuando lo estime conveniente. Usted es libre de retirarse en el curso del estudio, dando aviso al investigador para no interferir con los resultados del mismo, sin que esto implique ningún perjuicio para usted o para su relación con su equipo tratante.

En las siguientes líneas punteadas Ud. podrá manifestar por escrito si lo desea, preguntas o dudas sobre la investigación:

.....

.....

.....



## CONSENTIMIENTO INFORMADO

1. Confirmo que he leído y entendido el informativo sobre los estudios antes citados y he tenido la oportunidad de hacer preguntas. SI  NO
2. Confirmo que me han dado tiempo suficiente para decidir si quiero o no participar en el estudio. SI  NO
3. Yo entiendo que mi participación en el estudio es voluntaria y que me puedo retirar de este en cualquier momento y sin ninguna razón. De ser así, mi atención médica en la institución no se verá afectada. SI  NO
4. Estoy de acuerdo en participar en el estudio. SI  NO

**Certifico ser mayor de edad y tener la capacidad legal para consentir.**

**Declaro haber leído detenidamente y comprendido este consentimiento. El investigador me ha explicado el estudio y he entendido claramente en qué consiste y también he entendido la necesidad de mi participación en el. Tuve la posibilidad de aclarar todas mis dudas, tomando mi decisión libremente y sin ningún tipo de presiones.**

**Mi firma en este documento certifica mi deseo de participar en el estudio.**

Nombre.....

RUT:.....

Firma:.....

Fecha:.....

**Testigo**

Nombre.....

RUT:.....

Firma:.....

Fecha:.....

**Coinvestigador**

He discutido el contenido de este consentimiento con el participante. Le he explicado los riesgos y beneficios potenciales del estudio y se han clarificado todas sus inquietudes.

Nombre.....

RUT:.....

Firma:.....

Fecha:.....

**Investigador Responsable**

Nombre

Investigador:.....

RUT:.....

Firma.....

Fecha:.....

## **11. REFERENCIAS**

## 10.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amaya, J. Bravo, N. (2013). *Aporte, Comportamiento y Predominancia de los Sistemas Energéticos en Prueba Atlética de Velocidad en 100, 200, y 400 Metros Planos*. (Tesis de Pregrado). Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.
2. American Academy of Ophtalmology, The eye M.D. Association. (2011-2012). *Glaucoma* (sección 10). Barcelona: ElSevier.
3. Antón, A. Canut, M.I. Rios, J. Viudes, J. (2017). *Guía de práctica clínica sobre Glaucoma de Ángulo Abierto*. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya (AQuAS) y el Centro Cochrane Iberoamericano (CCIb); 2017. Guías de Práctica Clínica en el SNS: AQuAS”.
4. Astrand, P. Rodahl, K. Dahl, H. Stremme, S. (2010). *Manual de fisiología del ejercicio*. Editorial Paidotribo. 282-319.
5. Avunduk. A, Yilmaz. B, Şahin. N, Kapicioglu. Z, and Dayanır. V. (1999). *The Comparison of Intraocular Pressure Reductions after Isometric and Isokinetic Exercises in Normal Individuals*. *Ophthalmologica*, 213(5), pp.290-294.
6. Barceló Fernández, M. (2002). *La acidosis láctica en los deportistas*. Escuela Internacional Educación Física y Deportes. PubliCE.

7. Campos, J.Gallach, J.(2004).*Las Técnicas de Atletismo: manual práctico de enseñanza*.Editorial Paidotribo.29-52.
8. Conte. M, and Scarpi. M, (2014). *A comparison of the intraocular pressure response between two different intensities and volumes of resistance training*. Revista Brasileira de Oftalmologia, 73(1)
9. Dickerman. R, Smith. G. Langham-Roof. L, McConathy. W, East. J, and Smith, A. (2016). *Intra-ocular pressure changes during maximal isometric contraction: Does this reflect intra-cranial pressure or retinal venous pressure*. NeurologicalResearch, 21(3), pp.243-246.
10. Domínguez, M. et al. *Glaucoma secundario a presión venosa episcleral elevada en Síndrome de Crest*. Revista Cubana de Oftalmología, [S.l.], v. 30, n. 4, oct. 2017. ISSN 1561-3070. Disponible en: <http://www.revoftalmologia.sld.cu/index.php/oftalmologia/article/view/573>. Fecha de acceso: 15 jul. 2018
11. Ferro.A. (2001).*la carrera de velocidad: Metodología de análisis biomecánico*. Editorial y Librerías Deportivas Esteban Sanz,17-18
12. Foster,P.Buhrmann, R (2002), *The definition and classification of glaucoma in prevalence surveys*, British Journal of Ophthalmology, LXXXVI (2),238-242
13. Gasull, X. (2003). Entender la función de la red trabecular mejorará el tratamiento del glaucoma. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*, 78(7), 347-348. Recuperado en 23 de mayo de 2018, de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S036566912003000700002&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S036566912003000700002&lng=es&tlng=es).
14. Guerrero Vargas, J. (2011). *Farmacoterapéutica ocular del segmento anterior*. Guía para optómetras, médicos generales, y cuerpo profesional del cuidado primario de la salud visual y ocular. El Manual Moderno. Colombia 2ed. 39.
15. Kanski, J. J., Bowling B., (2012). *Oftalmología Clínica (7a. ed.)*. España: Elsevier(212-213).
16. Kaufman,MD, P. MD, A. (2004), Adler Fisiología del Ojo: *Hidrodinámica*

*del Humor Acuoso (10ª. Ed.)*. España: Elsevier (237-271).

17. Labrada Rodríguez, YuniaHerbania. (2007). *Algunas consideraciones sobre la fisiopatología del glaucoma*. *Revista Cubana de Oftalmología*, 20(2) Recuperado en 05 de febrero de 2018, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S086421762007000200018&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086421762007000200018&lng=es&tlng=es).
18. López Chicharro, J. Fernández Vaquero, A. (2006). *Fisiología del Ejercicio*. Fuentes Energéticas en el Ejercicio. (pp. 183 – 240). 3 ed. Editorial Médica Panamericana: Madrid.
19. McMonnies. C, (2016). *Intraocular pressure and glaucoma: Is physical exercise beneficial or a risk*. *Journal of Optometry*, 9(3), pp.139-147
20. Morales Pérez, S. (2015). *Medida de la presión intraocular y corrección de los valores obtenidos en función del espesor y otras propiedades biomecánicas de la córnea*. Grado en Óptica y Optometría. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
21. Morteza, A. Mojgan, G. Hamid, F (2017), *Changes in intraocular pressure after exercise test*. *Oman Journal of Ophthalmology*, X (01), 17-20
22. Najmanova, E. Pluhacek, F. Botek, M (2016), *Intraocular pressure response to moderate exercise during 30-min recovery*. *Revista IOP*, XCIII (3), 281
23. Okafor, K. Brandt, J. (2015). *Measuring intraocular pressure*. *Curl Opin Ophthalmol*. Department of Ophthalmology & Vision Science, University of California Davis Eye Center, Sacramento, California, USA. 103-109.
24. Pearl, B. Moran, G (2003). *Musculación. Preparación para los deportes, Acondicionamiento general, Bodybuilding*, Editorial Paidotribo. (8a. ed.) 351.
25. Peña Holguín, G. (2013). *Desarrollo de un Sistema de Medición de la Presión Intraocular Neumático – Hidráulico – Electrónico*. Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Especialista en Oftalmología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

26. Piñero, R. Lora, M. Andrés, M. (2005). *Glaucoma. Patogenia, diagnóstico y tratamiento*. Revista: *Ámbito Farmacéutico Oftalmología*. 24 (2), 88-96.
27. Riera J. (1995). *Estrategia, táctica y técnica deportivas*. Revista científica multidisciplinar de referencia en España y Latinoamérica. 39, 50.
28. Rosa Guillamon, A. Saorin Avilés, G. (2014). *Parámetros fisiológicos de la prueba de los 100 metros lisos de atletismo*. Efdeportes.com. Lecturas: Educación Física y Deporte. Revista Digital.18 (189). Buenos Aires. Recuperado de: <http://www.efdeportes.com/efd189/parametros-fisiologicos-de-los-100-metros.htm>
29. Ruiz, J. Madrid, D. et. al. (2013) Tonometría de Rebote para la Medida de la Presión Intraocular y su Relación con el Género y el Error Refractivo en un País en Vías de Desarrollo. Mozambique. *Gaceta Optometría y Óptica Oftálmica*. (480).
30. Rüfer, F. Schiller.F, Klettner.A, Lanzl.I, Roider.J and Weisser.B, (2013), *Comparison of the influence of aerobic and resistance of the upper and lower limbo on intracular pressure*. *Acta Ophtalmologica*, 92 (3),249-252.
31. Sillero, M. (2007). *Efectos del ejercicio en la fisiología ocular*. Dossier: Visión y Deporte. (36 – 42). Madrid.
32. Soares. A, Caldara. A, Storti. L, Teixeira. L, Terzariol. J, and Conte, M. (2015). *Variation of intraocular pressure in resistance exercise performed in two different positions*. *Revista Brasileira de Oftalmologia*, 74(3).
33. Vera, J.García-Ramos,A.Jiménez, R.Cárdenas. D (2017), *The acute effect of strength exercises at different intensities on intraocular pressure*, *Graefes Arch ClinExpOphthalmol*, [En línea], disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28702697>
34. Vieira. G, Penna. E, Marques. M. and Bezerra. R. (2003). *The accute*



*effectsof resistance exercise on intraocular pressure. Arquivos Brasileiros de Oftalmologia, 66(4), pp.431-435.*

35. Wylegala, A (2016). *The effects of physical exercises on ocular physiology: a review.* Revista J Glaucoma,00(00),1-4

36. Xiaoquin, Y.Mu, L.Yinwei, S.Jingmin, G.Yin, Z.Weij, Ch.Hong,Z.(2016)*Influence of exercises on intraocular pressure, Schlemm´s canal and the trabecular meshwork.* Revista IOVS, LVII (11), 4733-4734.