



**UNIVERSIDAD
ANDRÉS BELLO**

Universidad Nacional Andrés Bello
Facultad de Humanidades y Educación
Escuela de Educación Física

Influencia de la administración aguda de cafeína en el control inhibitorio y equilibrio estático en personas físicamente activas.

Seminario para optar al Título de Profesor de Educación Física para la Educación General Básica y al Grado Académico de Licenciado en Educación

Nombre alumno(s):

Macarena Estévez García

Paulina Martin Castro

Manuel José Rojas Velasco

María José Soto Hidalgo

Catalina Terra López

Profesor Guía:

M.Sc. Carlos Sepúlveda Guzmán.

Santiago – Chile

Diciembre 2014

Agradecimientos

Debemos comenzar agradeciendo a la Universidad Andrés Bello y a los docentes de la carrera Educación Física por brindarnos todos los conocimientos que pudimos emplear en esta tesis y por el apoyo incondicional durante todo el periodo de aprendizaje.

Agradecemos también el apoyo de nuestros padres por darnos la oportunidad de estudiar una carrera profesional y así poder convertirnos en personas aptas para el mundo laboral. No podemos dejar de lado el apoyo de nuestras familias durante todo este proceso, ya que su apoyo y cariño fueron el factor clave para poder finalizar de forma efectiva esta travesía.

No hubiese sido posible realizar esta investigación sin la ayuda voluntaria de los alumnos que cursan la carrera de educación física en la Universidad de las Américas, que nos permitieron realizarles los test en su establecimiento y con la mejor disposición del mundo.

Finalmente y no menos importante le agradecemos con énfasis al profesor Carlos Sepúlveda por todo lo que nos entregó, su gran conocimiento, enorme disposición, paciencia infinita y su infaltable cariño durante todo este proceso. Cabe destacar dentro de sus características, su humor incondicional que permitió que, hasta en los momentos más difíciles, nos causara una sonrisa.

Dedicatoria

Cada persona que logre hacer uso correcto de esta investigación será parte del grupo al que se dedica este seminario de grado, por lo que nombrar a cada una de ellas se hace muy difícil, lo que sí es posible hacer es nombrar a las personas que hicieron esto posible.

El profesor Carlos Sepúlveda es el primero al que dedicaremos todos nuestros esfuerzos ya que fue quien siempre estuvo a nuestro lado y entregó su tiempo para poder responder nuestras dudas e inquietudes con gran ánimo y simpatía.

A cada miembro de las familias por apoyarnos en todo momento y darnos la oportunidad de tener una educación de calidad finalizando con gran éxito y satisfacción.

"La educación es el arma más poderosa que puedes usar para cambiar el mundo".

Nelson Mandela

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2 Pregunta problema.....	4
1.3 Objetivo general.....	4
1.4 Objetivos específicos.....	4
1.5 Variables	4
1.6 Hipótesis.....	5
1.6 Justificación.....	5
CAPITULO 2: MARCO TEORICO	7
2.1 Cafeína.....	7
2.1.1 Historia de la cafeína.....	7
2.1.2 ¿Cómo funciona la cafeína?.....	9
2.1.3 Metabolismo de la cafeína.....	9
2.1.4 Efectos generales de la cafeína en el cuerpo	11
2.2 Control Inhibitorio.....	16
2.3 Equilibrio Estático.....	19
2.3.1 Sistema nervioso central y equilibrio	20
2.4 Efectos de la cafeína sobre el control inhibitorio y equilibrio estático	22
2.4.1 Cafeína y Control inhibitorio.....	22
2.4.2 Cafeína y Equilibrio estático.....	23
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO	24
3.1 Tipo de Investigación	24
3.2 Diseño de la investigación	24
3.3 Población y muestra.....	25
3.3.1 Población	25
3.3.2 Muestra.....	25
3.3.3 Criterios de inclusión	25
3.3.4 Criterios de exclusión	25
3.4 Materiales.....	26
3.5 Protocolo de administración de cafeína y placebo.....	26

3.6 Protocolo de los test.....	26
3.6.1 Hacer No Hacer / Go No Go.....	27
3.6.2 Balance Error Scoring System (BESS).....	28
3.7 Tratamiento estadístico.....	31
CAPÍTULO 4: RESULTADOS.....	32
4.2 Niveles de glicemia.....	33
4.3 Mediciones de frecuencia cardiaca.....	34
4.4 Go No Go Test.....	36
4.5 Análisis BESS TEST.....	38
CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	42
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	46

INTRODUCCIÓN

Diariamente se consumen altas cantidades de cafeína en todo el mundo, pero es poca la información que los consumidores tienen sobre ésta. Sus fuentes más comunes son el café, el té, el chocolate, refrescos cola, mate y guaraná que están a disposición de todos los consumidores, recomendadas como preservadores de salud y creatividad, pero definidas como corruptas del cuerpo y mente. El mundo de la cafeína constituye un registro psicológico, religioso, social, comercio internacional amor y arte (Weinberg, Bennett, Bonnie & Bealer, 2012).

Típicamente, las dosis bajas de cafeína pueden dar una mayor sensación de alerta y energía. Sin embargo, las dosis más altas pueden producir ansiedad, irritabilidad e incapacidad de relajarse o dormir. A largo plazo, el consumo de mucha cafeína debilita las glándulas suprarrenales, agota varios nutrientes vitales e interfiere con el equilibrio hormonal. Además, se crea un ciclo en el que se necesitan cantidades más altas para lograr el efecto acostumbrado, y dejar de consumir esta popular droga puede causar síntomas como dolores de cabeza e indigestión, no obstante, la evidencia científica indica que una cantidad moderada de té o café no es perjudicial para la salud (Lewin, 2014).

No existe una acumulación, en la sangre, de la cafeína que se consume día a día ya que la mayor parte de ella es metabolizada por el hígado. El consumo de la cafeína contenida en dos tasas promedio de café (de concentración común) puede producir efectos suaves como un aumento en el grado del estado de alerta, aumento de la temperatura corporal y la presión sanguínea, así como en la producción de orina y en la segregación de ácidos gástricos (Savater, 2010)

Al ser un estimulante, la cafeína puede ayudar a las personas a mantenerse despiertas. Tomada antes de ir a la cama puede provocar retardo en la aparición del sueño, un acortamiento del tiempo que se duerme o una disminución de la profundidad del sueño. El consumo de cafeína puede producir en algunas personas temblor en las manos y coordinación defectuosa (OMS, 2010).

En la sociedad moderna el deporte ha sido una actividad que no ha podido asentarse como una práctica recurrente entre las personas en el mundo. Las consecuencias de esta realidad son múltiples y se repiten a lo largo y ancho del planeta. Los jóvenes con altos índices de obesidad, enfermedades como la diabetes aumentando estrepitosamente en la población, problemas cardiacos creciendo entre jóvenes y adultos cada día y un sinfín de otras enfermedades asociadas al sedentarismo. En este contexto, la Organización Mundial de la Salud (OMS) comprendió la importancia que tiene la actividad física para contar con una población sana, por lo que elaboró el manual “Recomendaciones mundiales sobre la actividad física para la salud” para orientar a las personas que realizan actividad física, teniendo como relación la “dosis/respuesta” con respecto a la frecuencia, duración, intensidad, tipo y cantidad total de actividad física y prevención de las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) (Pedrosa 2012).

Todas estas características de la sociedad de hoy han creado un clima desfavorable para la salud de las personas, el sedentarismo, la mala alimentación, la poca educación respecto a los beneficios que arrastra practicar deporte de manera constante y el poco tiempo con el que cuentan los individuos para practicar actividades físicas, ha propiciado que el mundo se vaya enfermando de manera generalizada. Por esta razón, es importante saber de qué manera causa efecto la administración de cafeína sobre el control inhibitorio y equilibrio estático en sujetos físicamente activos, para poder controlar y aportar al control de sus repercusiones, en comparación a sujetos que se abstienen a la ingesta de ésta.

No hay que olvidar que los diferentes trastornos que conlleva el sedentarismo han causado en el mundo daños de los cuales hay que tomar medidas necesarias para revocar esta realidad siendo esta una tarea de todos. Por eso cualquier tipo de estudio, esfuerzo o medida que apunte a mejorar o solucionar alguna de las deficiencias que existen respecto a este tema siempre aportará de manera profunda a la sociedad actual.

La cafeína activa el estado de alerta por medio del sistema nervioso central, pero cantidades excesivas pueden causar insomnio, dolores de cabeza, nerviosismo y mareos. Ésta se desplaza del torrente sanguíneo hacia el cerebro. Los niveles de energía son

elevados considerablemente pero son reducidos cuando la cafeína es eliminada del sistema y ésta se convierte en un problema si comienzan síntomas de abstinencia y dependencia a mantener el estado de energía.

En este sentido la administración de cafeína en la vida común para la mejora del rendimiento motor o cognitivo es frecuente. Pero ¿será posible que la cafeína mejore en todos los aspectos de un sujeto? La teoría indica que algunos elementos motrices pueden beneficiarse, como los relacionados a pruebas de endurance, pero otros no tanto como las de precisión.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2 Pregunta problema

Con los antecedentes antes expuestos se presenta la siguiente pregunta:

¿Cuál es el efecto de la administración aguda de cafeína sobre el control inhibitorio y equilibrio estático en sujetos físicamente activos?

1.3 Objetivo general

Determinar el efecto de la administración aguda de cafeína sobre el control inhibitorio y equilibrio estático en sujetos físicamente activos.

1.4 Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de la administración aguda de cafeína sobre el control inhibitorio evaluado a través del GO NO GO test en sujetos físicamente activos.
2. Determinar el efecto de la administración aguda de la cafeína sobre el equilibrio estático evaluado a través del BESS test en sujetos físicamente activos.

1.5 Variables

- Variable independiente: Cafeína
- Variable dependiente 1: Control Inhibitorio y valores obtenidos del test GO NO GO aplicado a los alumnos cursantes de la carrera de educación física y salud de la Universidad de las Américas.

- Variable dependiente 2: Equilibrio Estático y valores obtenidos del test BESS TEST aplicado a los alumnos cursantes de la carrera de educación física y salud de la Universidad de las Américas.

1.6 Hipótesis

H1

La administración aguda de cafeína en sujetos físicamente activos eleva el control inhibitorio

Ho

La administración aguda de cafeína en sujetos físicamente activos disminuye el control inhibitorio.

H2

La administración aguda de cafeína en sujetos físicamente activos aumenta la expresión del equilibrio estático.

Ho

La administración aguda de cafeína en sujetos físicamente activos reduce el equilibrio estático.

1.6 Justificación

Este estudio nace fundamentalmente para poder comprobar el impacto de la ingesta de cafeína en la función ejecutiva control inhibitorio, y habilidad motora equilibrio estático. Al trabajar con dos grupos homogéneos y separarlos en un grupo experimental, al cual se administrará la cápsula de cafeína y un grupo control que será administrado con

placebo, se obtendrán resultados que ayudarán a establecer la influencia de la cafeína en el control inhibitorio y equilibrio estático, de una forma comparativa.

Es sabido que la cafeína ha creado un impacto mundial tanto en personas que no realizan actividad física como en las físicamente activas, para muchos funciona como un suplemento energético las cuales causa en el organismo diferentes resultados, se sugiere que la ingesta de cafeína podría provocar efectos positivos o negativos en el control inhibitorio a nivel de sistema nervioso central y en el equilibrio estático a nivel de habilidad motriz.

Para esta investigación se centrará en un grupo objetivo físicamente activo, ya que se sugiere que una persona con estas condiciones tendrá un desarrollo superior en las dos variables escogidas, control inhibitorio y equilibrio estático, mostrando así una diferencia mayor entre los grupos a comparar.

CAPITULO 2: MARCO TEORICO

2.1 Cafeína

Ron Maughan (citado por Burke, Desbrow, & Spriet, 2013) tiene tres leyes de suplementos en la dieta y el rendimiento aeróbico en deportes.

- 1) Si el suplemento funciona, probablemente es ilegal (en uso de deportes)
- 2) Si es legal, probablemente no funciona.
- 3) Existen excepciones

Este seminario de grado trata de una de estas.

2.1.1 Historia de la cafeína

Hace 200 años, un químico analítico de Alemania, Friedlieb Ferdinand Runge, aisló una sustancia química de los porotos de café. El inconfundible aroma y sabor eran una atracción obvia, pero parecía que algo más estaba involucrado. Parecía adictivo y eufórico. Este nuevo componente fue traducido desde el alemán y francés, en sus términos significando “algo de café” convirtiéndose en cafeína en término Inglés. El descubrimiento de la cafeína dio sentido a muchas observaciones de comportamientos humanos que datan la edad de piedra (Burke et al., 2013).

En todos los países, culturas y épocas, hay historias constantes de personas que consumen partes de plantas para proporcionar un impulso de energía. Leyendas involucran animales o las personas que consumen accidentalmente una planta y posteriormente experimentan la vigilia, euforia, y la vitalidad. Con este descubrimiento, el consumo de la planta se convertiría en un ritual en la comunidad. Las hojas de té, granos de cacao, nueces de cola, yerba mate y guaraná, son ejemplos de este modelo. Ahora se sabe que el denominador común de estas más de 60 especies de plantas es la presencia de cafeína. La gente comenzó a buscar estimulante natural para incluir en las

actividades culturales y sociales, para mejorar su rendimiento de diversas actividades, y para tratar dolores de cabeza, letargo y dolor (Burke et al., 2013).

Los atletas modernos y entrenadores fueron atraídos por la cafeína debido a su capacidad de despejar la mente de la fatiga y de actuar como un potencial estimulante del músculo, lo que claramente mejoraba el rendimiento físico. Recetas desarrolladas por los distintos instructores, entrenadores y atletas fueron diseñadas para proporcionar una ventaja competitiva sobre sus rivales (Burke et al., 2013).

Se comenzaron a publicar estudios relacionados con la mejora en el rendimiento físico y la ingesta de cafeína. Al comienzo del siglo 20 William Ríos y Harald Webber, colegas en el laboratorio de psicología en Cambridge, Universidad en el Reino Unido, llevaron a cabo una serie de experimentos sobre la influencia de la cafeína sobre la capacidad para llevar a cabo un mejor trabajo muscular (Burke et al., 2013).

Investigadores daneses de la Universidad de Copenhague estudiaron los efectos de una gama de estimulantes (300 mg de cafeína, el alcohol, la cocaína, la estriquina, y nitroglicerina) en rendimiento sobre la bicicleta que dura de 15 segundos a 5 minutos. De todas las drogas probadas, sólo la cafeína mejoró ligeramente el rendimiento en el prueba de ejercicio de larga duración. A finales de 1970, una serie de estudios desde el Laboratorio de Rendimiento Humano, Ball State University bajo la tutela del padre de la nutrición deportiva, David Costill, se investigó los beneficios de la ingesta de cafeína (250-300 mg) en ciclismo de resistencia y rendimiento. A consecuencia, y junto con el boom de correr, se creó un nuevo interés y uso popular de la cafeína en los deportes de resistencia (Burke et al., 2013).

Se llegó a intensificar tres áreas principales dentro de las investigaciones sobre la cafeína y el ejercicio:

- Los efectos interactivos de la cafeína y el ejercicio, sobre el metabolismo del cuerpo.
- El efecto de la cafeína en el ejercicio prolongado y la falta de sueño, en operaciones militares.
- El efecto de la cafeína en el rendimiento deportivo.

2.1.2 ¿Cómo funciona la cafeína?

La cafeína es una sustancia química natural que se encuentra en ciertas plantas. Además se ha convertido en un aditivo que se encuentra en una gama de alimentos y bebidas. La cafeína no tiene ningún valor nutritivo, pero sus cualidades “druglike” explican su uso durante siglos para prevenir o aliviar el dolor y la fatiga general. Es un compuesto que se consume de forma habitual que parece causar dependencia tanto física como psicológica. La retirada de su consumo regular causa dolores de cabeza y otros síntomas, pero éstos son relativamente menores en comparación con muchas otras drogas adictivas tales como el alcohol, la nicotina, morfina, cocaína y opio (Burke et al., 2013).

2.1.3 Metabolismo de la cafeína

Es difícil hablar de las acciones de la cafeína en el cuerpo sin algún tipo de inmersión química y fisiológica. En términos químicos, la cafeína es un alcaloide, lo que significa que es una sustancia orgánica básica, con el nombre químico de 1,3,7-trimetilxantina, de origen vegetal. Es un polvo blanco inodoro que es soluble tanto en agua como los lípidos y tiene un sabor amargo (Burke et al., 2013).

La estructura química de la cafeína es similar a la de la adenosina, un compuesto biológicamente activo dentro del cuerpo. La adenosina puede actuar solo o unido a otros productos químicos. Cuando esta se une al trifosfato forma el ATP, la forma más importante de energía utilizada en el cuerpo. Dentro de su gama de funciones, la adenosina está involucrada en la dilatación de los vasos sanguíneos y de la liberación de hormonas y combustibles a partir de tejidos. También actúa como una molécula de señalización dentro de la célula. La cafeína puede unirse a los receptores de adenosina que se encuentran a lo largo del cuerpo, y en la mayoría de los casos, antagoniza acciones vinculadas a la adenosina, es decir funciona en contra de esta (Burke et al., 2013).

Cuando se consume cafeína, aparece rápidamente en la sangre con valores máximos entre los 45 a 90 minutos. Las concentraciones de la cafeína en sangre están relacionadas

con la dosis que se consume. Se evalúa la dosis de acuerdo al tamaño o masa corporal de la persona que la consume, al igual que con algunas drogas. En el caso de la cafeína, la ingesta de 3 miligramos por kilogramo de peso corporal produce niveles sanguíneos de 15 a 20 micromoles por litro (M), mientras que la ingestión de 6 mg / kg de peso corporal produce niveles de 40 a 50 micromoles por litro, y el consumo de 9 mg / kg de peso corporal produce concentraciones de 60 a 75 mM (Burke et al., 2013).

Los resultados del estudio muestran concentraciones de cafeína en sangre mediante el consumo de ésta en forma de cápsula en una sola dosis. En la vida real, la cafeína se ingiere en una bebida tal como café, té, cola y en general se extiende a lo largo de un período de tiempo. Aunque esto podría causar un retraso en la entrada de la cafeína en la sangre, los niveles de cafeína en ella por lo general todavía están entre 45 y 90 min (Figura 1) (Burke et al., 2013).

Aunque la dosis de cafeína ha sido descrita según el tamaño de la persona, un punto de referencia secundaria es la cantidad absoluta que se puede encontrar en alimentos y bebidas. Suponiendo que el sujeto del estudio pesaba 70 kg, las dosis vista en el estudio equivaldría a aproximadamente 210, 420, y 630 mg de cafeína para el 3, 6 y 9 mg / kg de dosis. Las dos dosis más grandes constituyen una gran cantidad de cafeína en términos de fuentes comunes de la dieta (Burke et al., 2013).

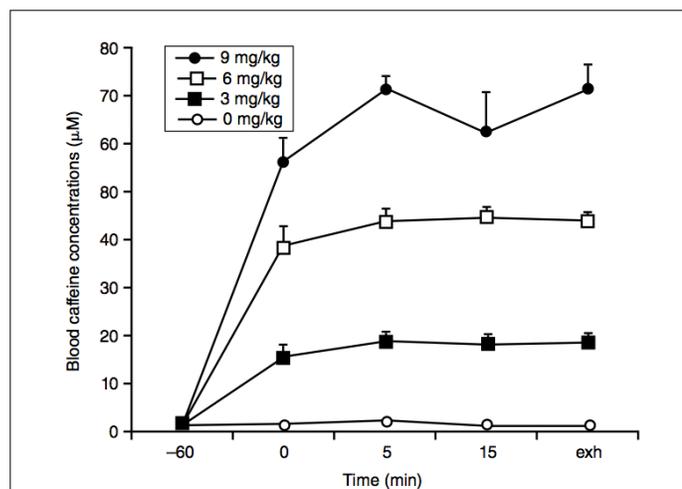


Figura 1. Concentraciones de cafeína en sangre a través del tiempo según mg/kg entregado (Burke et al., 2013).

Una vez que se ingiere cafeína, se metaboliza o degrada en el hígado con lentitud, teniendo una vida media de 3,5 a 5 horas. (Burke et al., 2013). Esto significa que sólo la mitad de la cafeína original queda en la sangre después de 3,5 a 5 horas, y luego de otras 3,5 a 5 horas la otra mitad de la cafeína se ha ido, dejando alrededor de un 25% de la cantidad original, y así sucesivamente. Por lo tanto, todavía puede haber rastros de cafeína en la sangre 24 horas después la ingesta. No toda la cafeína se descompone. El 0,5% a 3% de la dosis ingerida se excreta sin cambios en la orina. Existen pruebas para ver las concentraciones de cafeína que se basan en la orina: una mala manera de medir el consumo de esta (Burke et al., 2013).

El desglose de la cafeína comienza con la eliminación de los grupos metilo por una familia de enzimas hepáticas. Algunos medicamentos o productos químicos que se encuentran naturalmente en los alimentos afectan a la actividad de estas enzimas lo que significa que pueden acelerar el proceso de descomposición de cafeína. Existe una variabilidad genética en la actividad de esta vía hepática, por lo que se vuelve una de las razones por las que diferentes personas experimentan diferentes resultados consumiendo la misma dosis de cafeína o la misma persona puede tener una reacción diferente a una dosis, dependiendo del patrón de distribución de la cafeína, puede recorrer el torrente sanguíneo en altas concentraciones durante un largo tiempo o puede ser limpiado rápidamente (Burke et al., 2013).

2.1.4 Efectos generales de la cafeína en el cuerpo

La liberación rápida de la cafeína en el torrente sanguíneo, seguida de su metabolismo lento, significa que una dosis de cafeína tiene tiempo de sobra para ejercer sus efectos sobre el cuerpo. Es importante destacar que puede cruzar la barrera hematoencefálica la barrera que resiste ante compuestos que se imponen en los vasos sanguíneos de la pared del cerebro que luego se mueven dentro del líquido céfalo raquídeo. Por lo tanto, la cafeína debería ser capaz de interactuar con cada tejido en el cuerpo, ya sea mediante la interacción con receptores en la superficie del tejido o la entrada en la célula en cuestión.

La forma más común que tiene la cafeína para ejercer sus efectos es a través de su capacidad para competir por los receptores de adenosina que encuentran en muchas partes del cuerpo. Cuando una molécula de cafeína se une a un receptor de adenosina, esta no puede ejercer su efecto normal. Esto se conoce como el antagonismo de adenosina. Por lo tanto se contrarrestan las muchas funciones que la adenosina ejerce en muchos tejidos, pero se suman los efectos profundos y variados que tiene la cafeína sobre nuestros cuerpos (Burke et al., 2013).

- 1) Efectos en la medula suprarrenal: en ella se liberan varias hormonas que pertenecen a las hormonas del estrés o catecolaminas. Es responsable de producir el 80% de epinefrina del cuerpo (también llamado adrenalina) y 20% de la norepinefrina (también llamada noradrenalina). Ellas son responsable de movilizar al cuerpo cuando está en acción en respuesta al estrés. También moviliza los combustibles para proporcionar a los músculos energía. Aumenta la frecuencia cardíaca mediante el aumento de la fuerza de las contracciones, ejerce una constricción en los vasos sanguíneos en zonas que no son esenciales durante ejercicio (por ejemplo, el intestino y el músculo no contraído), y aumenta el estado de alerta. A dosis más bajas (cafeína 1.5-3 mg / kg por peso corporal), en general no hay efectos de epinefrina e incluso en dosis moderadas a altas (5-9 mg / kg por peso corporal), hay pocos efectos en los niveles de norepinefrina. Mientras tanto en el extremo superior de este rango, la cafeína aumenta las concentraciones de epinefrina en reposo y ejercicio en un 50% al 100%, posiblemente porque interfiere en los procesos que normalmente limitan la liberación de epinefrina.
- 2) Efectos en tejido adiposo: La cafeína es uno de los factores que pueden alterar el uso de combustible en algunas personas. De una forma u otra, en algunas personas, la cafeína conduce a un aumento de la degradación de tejido adiposo y una acumulación de ácidos grasos en la sangre. El efecto es aún menos frecuente cuando la dosis de cafeína es menor que 3 mg / kg por peso corporal. Generalmente, cuando tal variación se observa en cualquier sistema fisiológico, hablamos de dividir a la

gente en los respondedores (aquellos que muestran un efecto grande) y no respondedores (aquellos que no tienen resultado).

El aumento de ácidos grasos en la sangre generalmente conduce a una mayor utilización de la grasa como combustible muscular. El primer supuesto beneficio era que la cafeína era un agente para la pérdida de peso, lo que no se ha mantenido. El segundo supuesto beneficio, muy relacionado en la nutrición deportiva, hasta hace poco, era el posicionamiento de la grasa como fuente alternativa de combustible por sobre la utilización de los limitados depósitos de hidratos de carbono, (glucógeno) en los músculos. La cafeína podría aumentar la utilización de grasa durante el ejercicio, permitiendo usar las reservas de glucógeno, que se utilizan a un ritmo más lento y están disponibles al final de las tareas en ejercicios más largos. La cafeína logró demostrar un mejor rendimiento en maratones y otras extensas actividades de ejercicio.

- 3) Efectos en el cerebro: Nuestro sistema nervioso está monitorizando constantemente por los niveles de adenosina mediante diversos receptores y cuando alcanzan un cierto punto, lo normal es que se comience a sentir sueño o ganas de descansar. La adenosina, no es sólo un modulador, sino un sintonizador”. No sólo pasa al cerebro, sino que se reparte por el cuerpo y “coordina diversos tejidos para acompañar al cerebro en ese estado”. La cafeína se acopla a esos receptores de adenosina, gracias a que es estructuralmente muy parecida, pero no los activa, sólo los bloquea. Con esos receptores bloqueados, otros estimulantes naturales del cerebro, como el glutamato, pueden hacer su trabajo de manera más libre y provocan ese efecto temporal de restauración del nivel de alerta.
- 4) Efecto en los músculos: Ayuda a tener una buena comprensión de la bioquímica involucrada en las contracciones musculares para apreciar estos efectos. La vía más probable por el cual la cafeína podría beneficiar directamente a la contracción de los músculos es a través de un aumento de la liberación de calcio (Ca^{2+}) dentro de la célula muscular, que provoca que se contraiga y produzca fuerza. Una causa de la fatiga durante el ejercicio es la reducción gradual de la cantidad de calcio liberado

cada vez que se quiere contraer la musculatura. Si la cafeína aumentara la liberación de calcio, podríamos ser capaces de luchar contra la fatiga por un poco más de tiempo. Un segundo mecanismo que tiene la cafeína implica el potencial de la membrana muscular, que se refiere a las cantidades de sodio (Na^+) y potasio (K^+) en cada lado de la membrana muscular. Al preservar la actividad de la enzima (responsable de bombardear sodio y potasio a través de la membrana para alcanzar el potencial de membrana para contraer el músculo) y el potencial de membrana, la cafeína puede tener un segundo efecto directo en la reducción de la fatiga muscular. Estos efectos son con altas dosis de cafeína.

Algunos experimentos nos muestran que la cafeína puede mejorar la disponibilidad de hidratos de carbono como combustible para el músculo. Esto se debe a que se ve mejorado el proceso de mover o transportar la glucosa a las células musculares o por la activación de la enzima que descompone los depósitos de glucógeno en glucosa. Existen discusiones científicas sobre la capacidad de la cafeína para inhibir una enzima llamada fosfodiesterasa. Ésta es la enzima responsable de la degradación una sustancia química llamada AMP cíclico, que es una importante molécula de señalización en muchas células (Burke et al., 2013).

A modo de conclusión, se puede decir que, a nivel del músculo esquelético, la cafeína aumenta la contractibilidad al favorecer el vaciado de calcio al sarcoplasma desde el retículo. Al movilizar los triglicéridos (lipólisis) y la oxidación de los ácidos grasos libres, se ve aumentada la actividad metabólica basal. La cafeína reduce la fatiga muscular ahorrando glucógeno, al utilizar una mayor cantidad de grasa como combustible.

- 5) Efectos en la absorción de glucosa: Alguna evidencia sugiere que la cafeína puede aumentar la absorción intestinal de la glucosa. Se podría decir que cuando se consume carbohidratos durante el ejercicio, una mayor cantidad se entrega al músculo para proporcionar una fuente de combustible adicional. Los resultados de algunas investigaciones sostienen que se requiere una alta dosis de cafeína para

aumentar la absorción de hidratos de carbono y la oxidación durante el ejercicio prolongado, y estos hallazgos no están presentes cuando existe una moderada o baja dosis de cafeína ingerida.

Esto sugiere una vez más que los efectos de la cafeína en dosis bajas que mejoran el rendimiento no se deben a los efectos metabólicos, sino más bien efectos directos sobre el cerebro.

En conclusión la cafeína puede tener muchos efectos en el cuerpo, pero la más poderosa y extendida parece ocurrir como resultado del bloqueo de las acciones de la adenosina. Dada la evidencia reciente de que pequeñas dosis de cafeína pueden ser muy ergogénica, especialmente al final de un ejercicio prolongado y fatigoso, también parece que muchos sitios en el SNC están positivamente afectados por la cafeína. Los resultados incluyen el mantenimiento de nuestra voluntad de seguir haciendo ejercicio (unidad central), la capacidad sostenida del músculo para contraerse y producir fuerza, y la reducción de la percepción de los mensajes de dolor o fatiga enviado por los músculos de la espalda hacia el cerebro (Burke et al., 2013).

¿Quién iba a pensar que un compuesto que es tan fácilmente disponible podría producir tantos resultados potentes y muchos misterios acerca de cómo lo hace qué es lo que hace?

La cafeína es una parte importante de la vida cotidiana de la mayoría de las personas, y en las últimas décadas se han producido cambios en la cantidad de cafeína que consumimos y las fuentes que somos propensos a obtener. Los atletas son una población especial que puede utilizar la cafeína durante el ejercicio para diferentes propósitos. Hay algunos problemas con la obtención de información confiable en el uso de la cafeína por los atletas, que parece ser un suplemento popular entre los competidores de resistencia.

2.2 Control Inhibitorio

Para poder explicar en qué consiste el control inhibitorio y donde se inserta en el cuerpo, se debe hablar de las funciones ejecutivas ya que son estas las que desarrollan el control inhibitorio y le dan su máximo desarrollo.

Las funciones ejecutivas se han definido como los procesos que asocian ideas, movimientos, acciones simples y los orientan a la resolución de conductas complejas, están implicadas en el control consciente de las conductas y los pensamientos. Algunos componentes integrados en estos procesos son la memoria de trabajo como capacidad para mantener la información en línea, la orientación y adecuación de los recursos atencionales, la inhibición de respuestas inapropiadas en determinadas circunstancias y la monitorización de la conducta en referencia a estados motivacionales y emocionales del organismo (Tirapu-Ustárrroz J y Luna-lario P, 2014). Este término se ha aplicado a un constructo global que involucra a una serie de procesos interrelacionados que participan en la síntesis de estímulos externos, formulación de metas y estrategias, preparación de la acción y verificación de los planes y acciones; dichos procesos dan como resultado una conducta propositiva y dirigida a metas (Lozano G. A & Ostrosky F, 2011).

Las funciones ejecutivas, se encuentran en el córtex pre frontal, constituye aproximadamente el 30% de la corteza cerebral. Desde el punto de vista funcional, en esta área se encuentran las funciones cognitivas que desarrollan actividades fundamentales como la creatividad, conducta social, toma de decisiones y juicio ético y moral (Tirapu-Ustárrroz J y Luna-lario P, 2014).

Un modelo que trata de explicar el rol de la corteza pre frontal es el propuesto por Mesulam que si bien no explica la estructura de la corteza pre frontal, entrega conceptos claros de cuál es su función en el comportamiento. Mesulam también señala que frente a estímulos del medio, la respuesta es automática, no da tiempo para modificar la respuesta en relación a la experiencia que tenga el sujeto por lo que el rol de la corteza pre frontal consistiría en anular la respuesta al posibilitar la creación de otras más flexibles y casuales (Medicine, 2000).

Luria, denominado el padre de la neuropsicología, en 1973, dice que la actividad mental tiene lugar con el trabajo concertado de distintas estructuras cerebrales y que conforman sistemas funcionales complejos, que actúan como un todo. El primer concepto para Luria es entender que los procesos mentales no están “localizados” sino que son conformados por “sistemas”. Luego, definió tres bloques funcionales básicos del cerebro, con el objetivo de lograr desarrollar la relación entre funciones psicológicas y áreas cerebrales, a los cual llamó, primer sistema, aquel que regula el tono, la vigilia, los niveles de conciencia y estados mentales. Segundo sistema, recibe, analiza y almacena la información que proviene del medio interno y externo (regiones posteriores del cerebro) y tercer sistema, posibilita la programación, regulación y verificación de la acción y se ubica en las regiones frontales del cerebro (Mías, 2008).

En uno de sus estudios de las estructuras cerebrales llamado “The Frontal Lobes and the Regulation of Mental Processes” (1966), llega a la conclusión de que lesiones graves en las áreas llamadas anteriormente “lóbulos silentes”, afectan gravemente ciertos procesos psíquicos denominados “funciones ejecutivas”, aunque se preserven sin ningún daño otras funciones como el lenguaje, la memoria, entre otros (García González V, 2010).

El control inhibitorio se encuentra dentro de las funciones ejecutivas, este control, consiste en la capacidad de inhibir o controlar las respuestas automáticas o impulsivas para dar lugar a respuestas mediatizadas por la atención y el razonamiento. La inhibición de las interferencias puede ser a nivel motor, conductual o atencional. Cuando el déficit en la inhibición es conductual se expresa mediante actitudes impulsivas, si es a nivel atencional por la distractibilidad y si es a nivel motor por la hiperactividad. Barkley, propuso un modelo de autorregulación del comportamiento en el cual postula que la capacidad de control inhibitorio es el proceso alrededor del cual se fundamentan las demás funciones ejecutivas. Según este autor, el control inhibitorio es fundamental para el ejercicio de la flexibilidad mental, el control de las interferencias e impulsividad, la memoria de trabajo, la autorregulación del afecto y la capacidad de análisis y síntesis del comportamiento (“NEUROGIMN,” n.d.).

Los procesos ejecutivos se desarrollan a través de la infancia y la adolescencia y juegan un importante rol en el funcionamiento cognitivo tales como la conducta, la regulación emocional, y en la interacción social. El desarrollo cognitivo, es el desarrollo de la inteligencia, de la capacidad para resolver problemas y se inicia en la infancia y termina en la vejez, genéticamente los bebés nacen con un marco cognitivo determinado, el crecimiento del cerebro se va desarrollando y a medida que se van estimulando los sentidos, el cerebro se ilumina y logra funcionar adecuadamente. Se sugiere que existe una relación entre el desarrollo de las funciones ejecutivas y el proceso de maduración de la corteza prefrontal. Un estudio apunta que en niños de 5 años ya se han desarrollado, parcialmente, la memoria de trabajo, la inhibición y la flexibilidad cognitiva que son componentes claves de las funciones ejecutivas. Otros autores, suponen que el desarrollo se ha completado ya a los 12-16 años (García-Molina A et al., 2009).

Es por esto que la importancia de desarrollar en niños a temprana edad estímulos que ayuden a mejorar y a desarrollar más rápido las funciones ejecutivas, a largo plazo no sufrirían de problemas en el lóbulo prefrontal, existen un sin fin de maneras que pueden ayudar al desarrollo del cerebro y una de ellas es el deporte o la actividad física.

Se cree que el ejercicio produce un efecto agudo, lo que aumentaría el flujo sanguíneo cerebral, logrando mayor espacio de oxígeno y nutrientes lo que llevaría a un aporte energético en las neuronas (Filho et al., 2014). Es por esto que la actividad física regular, aumenta la producción de células en el hipocampo, región del cerebro involucrada en el aprendizaje y la memoria, lo que conlleva a producir un efecto positivo en ciertas funciones cognitivas, por lo que el ejercicio físico ayudaría a que nuestro cerebro funcione mejor en todos los ámbitos de la vida cotidiana, actuando con agilidad e inteligencia.

Acorde a lo anterior se sugiere que la práctica de algún deporte o actividad física es muy importante a nivel cerebral, mientras se realice a temprana edad, menor riesgo de sufrir alguna enfermedad, libera del estrés, de la ansiedad, se lograría solucionar problemas

más rápido debido a que el cuerpo se encuentra más activo y por último lograr captar información de manera más rápida.

Para finalizar, en las funciones ejecutivas si se altera, se daña o existe pérdida de funcionalidad en las áreas prefrontales del cerebro, se sugiere que existiría un derrumbe en las funciones cognitivas, en la organización funcional básica y en la conducta, dejando así al ser humano inestable.

Es por esto que si se logra articular una buena actividad física durante la vida con un adecuado desarrollo cognitivo en el área prefrontal del cerebro desde pequeños, a largo plazo nuestro cuerpo lograría funcionar de manera 100% estable.

2.3 Equilibrio Estático

Durante la vida las personas se ven enfrentadas a problemas o situaciones que deben resolver, por lo que se podría decir que gran parte de la naturaleza humana se enfoca en resolver problemas de distintos tamaños y complejidad. Cada uno de estos problemas requiere de una solución conforme a la situación, así vamos rebasando obstáculos, aprendiendo y experimentando con cada uno de ellos, lo que los prepara para diferentes situaciones en el futuro.

Muchas de estas situaciones se resuelven a través de la habilidad motriz, la cual se entenderá como la competencia de un sujeto que frente a un estímulo, genera respuestas motoras para lograr su objetivo.

Las habilidades motrices se dividen en tres grandes grupos, las habilidades locomotoras, no locomotoras (estabilidad corporal) y manipulativas.

Esta investigación se centrará en la estabilidad corporal, específicamente en uno de los componentes esenciales de éste, el equilibrio estático. Pero comenzaremos realizando una breve definición de estabilidad corporal. La estabilidad es la capacidad de detectar un cambio en nuestras partes del cuerpo alterando el equilibrio, así como la capacidad de ajustar con rapidez y precisión estos cambios con los movimientos de compensación. La

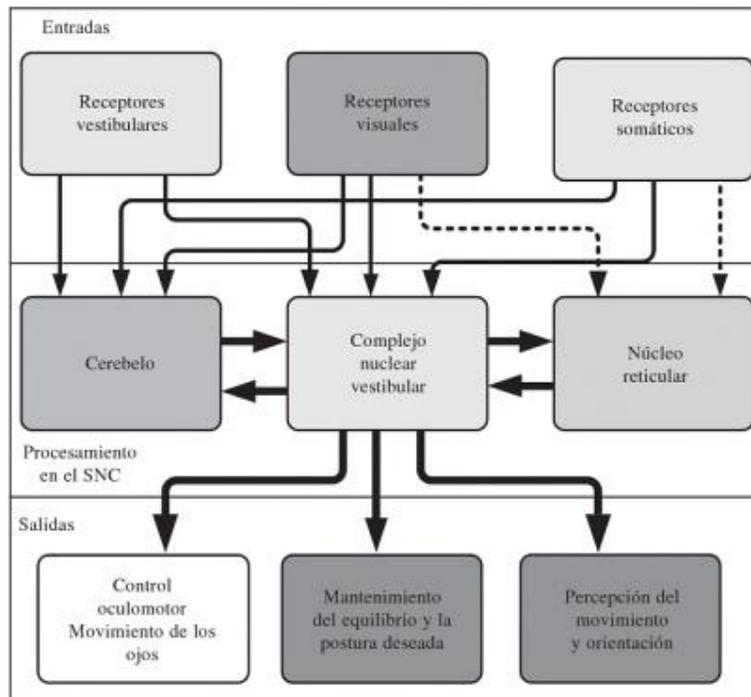
estabilización de las habilidades de motrices pone énfasis en ganar o mantener el equilibrio, ya sea en situaciones de movimientos estáticos o dinámicos (Gallahue & Cleland-Donnelly, 2007).

Como se mencionó con anterioridad, la siguiente investigación tendrá como una de sus variables al equilibrio estático, el cual se entiende como la capacidad de mantener durante un periodo de tiempo una postura inmóvil, la cual mantiene al centro de gravedad en la misma línea que la base de sustentación (Gallahue & Cleland-Donnelly, 2007).

2.3.1 Sistema nervioso central y equilibrio

Teniendo clara la definición de equilibrio estático, se explicará el funcionamiento neurológico que ocurre para que el cuerpo pueda mantener una postura durante cierta cantidad de tiempo. Es aquí donde entra el sistema vestibular, el cual se entenderá como el sistema encargado del equilibrio y control espacial del cuerpo. Este está formado por el utrículo, sáculo, canales semicirculares y el nervio vestibular, gran parte de las fibras de este último llegan a los núcleos vestibulares, mientras algunos van directamente al cerebelo. De los núcleos vestibulares nacen haces nerviosos que se van a distintos destinos. Algunos vuelven al cerebelo, mientras otros dan origen a los haces vestibulospinales lateral y medial, lo cuales se conectan directamente con la medula espinal donde pueden controlar las contracciones de los músculos antigravitatorios. Otras fibras conectan el sistema reticular trabajando junto a los vestibulospinales con el control de los músculos antigravitatorios. Otras fibras llegan a los núcleos oculomotor, controlando la vista y manteniéndola en un punto. Finalmente otras fibras llegan a la corteza cerebral informando sobre el estado de equilibrio del cuerpo (Figura 2).

Figura 2. El sentido del equilibrio depende de la información acerca de la posición y movimiento de las diferentes partes del cuerpo entre sí, de la posición relativa u orientación del sujeto. Extraído de (Cuenca, 2006).



El cerebelo también tiene un papel importante en el equilibrio, específicamente su lóbulo floclunodular. Éste trabaja de la mano con los núcleos vestibulares, ya que además de trabajar sobre señales motoras va realizando, junto a la información que recibe de los núcleos vestibulares, las correcciones pertinentes para mantener el equilibrio. El lóbulo floclunodular recibe la información enviada por los canales semicirculares, que le

informan al SNC la posición en la que se encuentra la cabeza. Esta información es utilizada por el lóbulo flocculonodular (cerebelo) para preparar anticipadamente las oportunas correcciones posturales destinadas a mantener el equilibrio.

Otros mecanismo que participa en la mantención del equilibrio son los propioceptores del cuello, en especial los articulares, los cuales informan al SNC la posición de la cabeza con respecto al cuerpo, sin embargo aunque la cabeza este inclinada por ejemplo las señales emitidas por los propioceptores compensan las señales emitidas por el aparato vestibular lo que hace que el individuo no perciba la sensación de un equilibrio alterado (“Propiocepcion,” n.d.).

Los propioceptores que se encuentran en otras zonas del cuerpo también aportan en la mantención del equilibrio, por ejemplo, los estímulos que se generan a nivel de base de sustentación, informan al SNC sobre el modo en que el peso se encuentra distribuido y puede indicar eventuales diferencias de carga entre las extremidades y de sus partes anteriores y posteriores de cada una de ellas (“Actividad Física y Funciones Cerebrales. | Milton Pinedo / Medicina y Ciencias del Deporte,” n.d.).

2.4 Efectos de la cafeína sobre el control inhibitorio y equilibrio estático

2.4.1 Cafeína y Control inhibitorio

La cafeína tiene un gran efecto en el cerebro, ya que ésta atraviesa fácilmente por la barrera hematoencefálica transportando sus componentes a él. El lóbulo pre frontal tiene grandes incidencias en el control inhibitorio, controlando funciones cognitivas complejas.

Una de las funciones principales de la corteza pre frontal, siguiendo el modelo de Fuster (Fuster 1990), es su papel crítico en organización temporal de las acciones que están dirigidas hacia una meta, ya sea biológica o cognitiva (movimientos somáticos, oculares, conducta emocional, rendimiento intelectual, habla o razonamiento).

La principal función de la corteza pre frontal es la organización de comportamientos complejos para alcanzar un objetivo dirigido, es decir participa en iniciación y ejecución de acciones deliberadas. Para ello, utiliza las llamadas funciones ejecutivas, especialmente toma de decisiones, atención, planificación y memoria operativa.

Se sabe que la cafeína bloquea los receptores de adenosina, por lo que se crea una intervención en el rol de ésta, alterando funciones de las vías receptoras involucradas en el control inhibitorio.

2.4.2 Cafeína y Equilibrio estático

La cafeína ejerce un efecto en la medula suprarrenal, liberando y aumentando concentraciones de adrenalina. La adrenalina se vincula a la actividad simpática, por lo que si hay actividad de ésta provocadas por la ingesta de cafeína, puede haber pérdidas del control motor. Además el equilibrio estático está regulado por el SNC, el cual es el principal afectado por la ingesta de cafeína (Burke et al., 2013).

Los estímulos que son generados a nivel de base de sustentación, informan al SNC sobre la manera en que se encuentra distribuido el peso e indica diferencias de carga entre la parte anterior y posterior de las extremidades. Por ende, si el SNC se encuentra afectado por la ingesta de cafeína, se observarán cambios o un cierto grado de alteración en lo mencionado anteriormente (Burke et al., 2013).

La dosis entre 100 y 600 mg de cafeína permiten pensar con mayor rapidez y claridad, mejorando la coordinación corporal. Como aspectos negativos, cabría resaltar que la cafeína puede ocasionar agitación y una pérdida del control motor fino (Higdon & Frei, 2006).

Una vez explicadas las variables esenciales para esta investigación, se procederá a explicar los procedimientos metodológicos y estadísticos utilizados.

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Investigación

La actual investigación es de carácter cuantitativa de tipo descriptiva, debido a que ambos test realizados arrojarán datos que serán observados por los evaluadores en un momento dado (Sampieri, Collado, & Lucio, 2006). Este tipo de investigación permitirá representar ambas variables involucradas en este estudio, ellas son, dentro de las habilidades motrices equilibrio estático y en funciones ejecutivas el control inhibitorio.

3.2 Diseño de la investigación

La investigación que se realizará tendrá un diseño experimental de tipo experimental puro con diseño de grupo control y post prueba, ya que se intervendrá entregando una cápsula de cafeína a un grupo control y experimental para que ingieran, demostrando algún cambio en las variables a medir. La manera de conocer el efecto de la cafeína es a través de dos test en un momento único, que arrojarán resultados para conocer cómo se encuentra la muestra. La investigación será de carácter transversal ya que se recolectarán los datos en una sola instancia, obteniendo los resultados para ambos test con la misma muestra. La investigación tendrá el objetivo de conocer si la ingesta de cafeína produce algún efecto sobre la función ejecutiva de control inhibitorio y equilibrio estático.

RG1	X	O1
RG2	-	O2

Figura 3. Diseño de la investigación. R=randomización; G= Grupos; X= variable independiente, cafeína; - = variable independiente, placebo; O1= observación1; O2= observación2.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Unidad de análisis: Alumnos de la Universidad de las Américas de la carrera de Educación física y salud

Población: Alumnos de la Universidad de las Américas cursando la carrera de Educación física y salud, edad entre 19 y 23 años.

3.3.2 Muestra

Se eligen los alumnos al azar, sin discriminación alguna. Los alumnos evaluados tuvieron que firmar un consentimiento informado el cual detallaba las características de las evaluaciones y el uso de los resultados obtenidos.

El tamaño de la muestra fue de 41 personas en total; Grupo control (21) y grupo experimental (20).

3.3.3 Criterios de inclusión

Alumnos que estén cursando la carrera de educación física y salud en la Universidad de las Américas, que puedan realizar los dos test requeridos y acepten la medida de su glicemia, frecuencia cardiaca, peso y talla.

3.3.4 Criterios de exclusión

Alumnos que no hayan llegado en ayunas y alumnos que no puedan ser sometidos a los test o a las mediciones por alguna condición física.

3.4 Materiales

TEST	MATERIALES
GO NO GO	Notebook (power point), planilla de errores y aciertos, lápiz
BESS TEST	Lápiz, hoja de puntuación BESS, almohadilla, cronómetro

3.5 Protocolo de administración de cafeína y placebo

Se dividió la población de 41 sujetos en dos grupos. El grupo experimental clasificado con el color rojo, contaba con 20 sujetos, mientras el grupo control clasificado con el color azul, consistía de 21 sujetos.

Al momento de entrar a la sala por primera vez se les midió la glicemia y frecuencia cardíaca pre test junto con la medida de talla y peso. Luego se les pidió que tomaran asiento y según el grupo asignado se les administró una sustancia. Al grupo rojo se les administró una cápsula de cafeína de 6 mg x kg de peso corporal y al grupo azul se les administró una cápsula de talco con cantidad similar de al de las cápsulas de cafeína. Después de una hora se comenzó con la evaluación de los test.

3.6 Protocolo de los test

Se asistió al establecimiento durante tres días con una semana de anticipación, con el objetivo de que los sujetos ejecutaran las pruebas Go No Go y Bess Test, para así el día en que se administre la cafeína, los resultados puedan reflejar sólo el efecto de ésta y no sea vea afectado por un factor externo como el desconocimiento del test.

Los horarios para comenzar con los test será de 9:00 am a 11:00 pm. Las personas evaluadas deberán presentarse en ayunas (8 hrs sin consumir alimentos o líquidos, excluyendo el agua), siendo excluidos de la investigación en caso del incumplimiento de esto.

Serán introducidos a la sala en grupos de ocho cada quince minutos, siendo cuatro de grupo control y cuatro de grupo experimental. Se medirá la frecuencia cardíaca en reposo, glicemia, peso y talla de cada sujeto. Se esperará cuarenta y cinco minutos para que vuelvan a la sala y comenzar con los test. Antes de cada test se medirá la glicemia y frecuencia cardíaca en reposo.

Los test Go No Go y Bess Test serán realizados en una sala en silencio por cinco examinadores, en el Go No Go Test uno de ellos dará las instrucciones mientras el otro contabiliza los errores y aciertos. En el Bess Test uno observa los errores, otro los anota y hay una tercera persona que por seguridad en caso que el sujeto se caiga.

3.6.1 Hacer No Hacer / Go No Go

Este test ayuda a medir el control inhibitorio de los sujetos, fomentándolo a través de tres distintas actividades. Es utilizado tanto en niños como en adulto y se ha empleado más que nada para personas con Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH) o Trastorno Generalizado del Desarrollo (TGD)

DESARROLLO

ACTIVIDAD 1

Cuando aparezca la palabra SI, dirás NO.

Cuando aparezca la palabra NO, dirás SI.

El resto de las palabras las leerás correctamente.

Haremos un ensayo.

ACTIVIDAD 2

Cuando aparezca este color, rojo dirás azul.

Cuando aparezca este color, azul dirás rojo.

El resto los nombraras correctamente.

Haremos un ensayo.

ACTIVIDAD 3

Cuando aparezca este dibujo, “mano aplaudiendo” darás un pisotón.

Cuando aparezca este otro, “zapato” darás una palmada.

En el resto, no harás nada.

Haremos un ensayo.

Se contabiliza la cantidad de errores en cada actividad, finalizando con una cantidad de errores total, lo que entregará un puntaje final.

3.6.2 Balance Error Scoring System (BESS)

El bess test proporciona un método portable, económico y objetivo para evaluar la postura en equilibrio estático. Gracias a lo económico y poco sofisticado de este test puede utilizarse para evaluar el efecto de lesiones leves en la cabeza sobre el equilibrio estático.

El bess test puede ser realizado en muchos escenarios y dura aproximadamente 10 minutos en realizarlo.

Puntuación Bess Test:

Cada uno de estos 20 segundos por posición se les da un puntaje según la cantidad de errores o desviaciones sobre la correcta posición. El examinador comenzará a contar los errores cuando el sujeto adopte la correcta posición.

Errores: Un error es considerado cuando alguna de estas posibilidades ocurre

- Mover las manos de las crestas ilíacas
- Abrir los ojos
- Tropiezo o caerse
- Abducción o flexión de la cadera más allá de los 30°

- Levantamiento del antepié o talón de la superficie de evaluación
- No poder mantener la posición correcta por más de 5 segundos
- **El máximo de errores para cada posición es de 10**

Normal Scores for Each Possible Testing Surface

	Firm Surface	Foam Surface	
Double Leg Stance	.009 ± .12	.33 ± .90	
Single Leg Stance	2.45 ± 2.33	5.06 ± 2.80	
Tandem Stance	.91 ± 1.36	3.26 ± 2.62	
Surface Total	3.37 ± 3.10	8.65 ± 5.13	
BESS Total Score			12.03 ± 7.34

Maximum Number of Errors Possible for Each Testing Surface

	Firm Surface	Foam Surface
Double Leg Stance	10	10
Single Leg Stance	10	10
Tandem Stance	10	10
Surface Total	30	30

- Si un sujeto comete múltiples errores simultáneamente solamente se cuenta como uno.
- Los sujetos que no puedan mantener la correcta posición por al menos 5 segundos, se les asignará la mayor puntuación: 10

Protocolo Bess Test

Instrucciones al sujetos: Ahora evaluaremos tu equilibrio.

Por favor quítese los zapatos, arremánguese los pantalones sobre el tobillo (si es necesario), y remuévase cualquier venda o taping del tobillo (si es necesario).

Este Test constará de 6 test que durarán 20 segundos cada uno con tres diferentes posturas cada uno, en dos superficies distintas. Iré describiendo las posturas a lo largo del test.

POSTURA DE DOBLE APOYO PLANTAR

Instrucciones al sujeto: La primera posición es de pié con ambos pies juntos así (el administrador muestra la postura de doble apoyo plantar).

Usted se encontrará con las manos en las caderas con sus ojos cerrados. Deberá intentar de mantener esta posición durante 20 segundos. Yo estaré contando las veces en que se mueva de ésta posición. Por ejemplo: si saca las manos de la cadera, si abre los ojos, si

hay desequilibrio, si levanta el ante pié o tobillo. Si usted se cae o mueve de la postura, simplemente abra sus ojos y vuelva a reacomodarse en la posición correcta lo más rápido posible, y vuelva a cerrar los ojos.

Instrucciones al ayudante: Tú eres el encargado de asistir a la persona si se cae durante el test y ayudarlos a volver a la posición.

Instrucciones al sujeto: ponga sus pies juntos, las manos en las caderas y cuando cierre sus ojos el tiempo comenzará.

POSTURA UNIPLANTAR

Instrucciones al sujeto: Si fueras a patear un balón ¿Cuál pié usarías? (Este sería el pie dominante).

Ahora parece en su pie no dominante.

(Antes de continuar, la pierna dominante debe ser sostenida en aproximadamente 30 grados de la flexión de cadera y 45 grados de flexión de rodilla).

De nuevo, debe mantener la postura de equilibrio durante 20 segundos con los ojos cerrados. Yo estaré contando el número de veces que se mueva de esta posición.

Ponga las manos en la cadera y cuando usted cierre los ojos el tiempo comenzará.

(Comienza el tiempo cuando el sujeto cierra los ojos).

Instrucciones al ayudante: Tú eres el encargado de asistir a la persona si se cae durante el test y ayudarlos a volver a la posición.

POSTURA TANDEM

Instrucciones al sujeto: Ahora párese con su pie no dominante atrás del dominante formando una línea. Su peso debe estar distribuido sobre ambos pies.

De nuevo, debe mantener la postura de equilibrio durante 20 segundos con los ojos cerrados. Yo estaré contando el número de veces que se mueva de esta posición.

Ponga las manos en la cadera y cuando usted cierre los ojos el tiempo comenzará.

(Comienza el tiempo cuando el sujeto cierra los ojos).

Instrucciones al ayudante: Tú eres el encargado de asistir a la persona si se cae durante el test y ayudarlos a volver a la posición.

**** Repite cada postura con sus instrucciones en la almohadilla**

3.7 Tratamiento estadístico

Los datos de la muestra fueron procesados para determinar su distribución. Se utilizó el test de Shapiro-Wilk y se determinó que los datos presentaban distribución normal, de esta forma se utilizó estadística paramétrica. T de Student fue utilizada para realizar la comparación de las medias de las muestras en los distintos test aplicados. El nivel de significancia fue de $p < 0,05$. El software utilizado para tabular y analizar los datos fue GrphPad Prism 5.0 (GraphPad Prism Inc. for Mac).

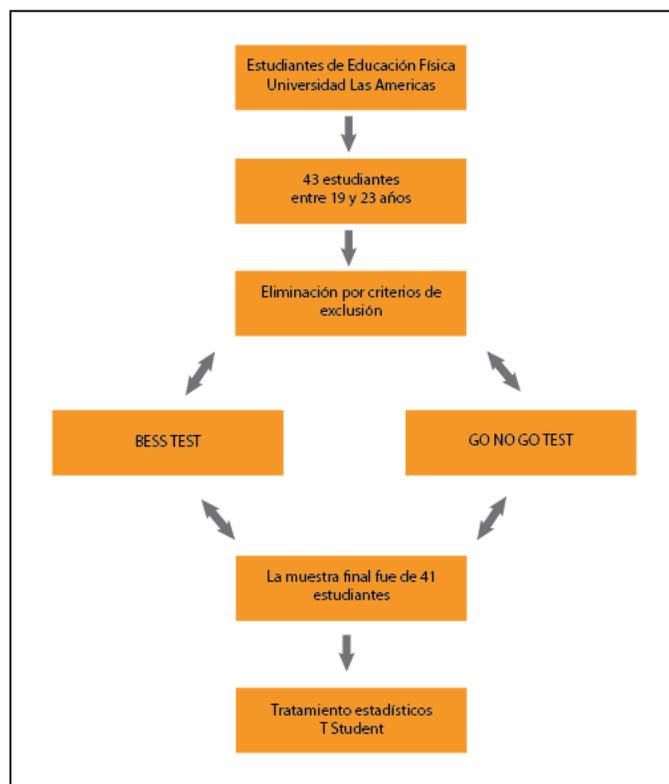


Figura 4. Esquema del procedimiento metodológico utilizado en la selección de la población, de la muestra y el tratamiento estadístico.

En la figura 4 se describe todo el procedimiento metodológico desde la selección de la población, de la muestra inicial, luego la exclusión de algunos sujetos evaluados por no cumplir con los criterios de inclusión.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

De acuerdo a los objetivos planteados con anterioridad en esta investigación y el estudio detallado de los datos, se presentan los siguientes resultados.

Se mostrarán las tablas primero seguido de los gráficos representados en barras con pestañas, las cuales indican el promedio y error estándar.

4.1 Datos Generales

Tabla 1. Datos generales de los sujetos divididos en grupo control y grupo experimental.

	Grupo Control (n = 21)	Grupo Experimental (n = 20)
Edad (años)	24,29 ± 3,823	22,35 ± 3,514
Estatura (cm)	166,6 ± 9,683	169,4 ± 9,052
Peso Corporal (kg)	68,92 ± 10,35	70,53 ± 10,08
Frecuencia Cardiaca Pre (l x min⁻¹)	75,86 ± 12,20	71 ,15 ± 8,756
Frecuencia Cardiaca Post (l x min⁻¹)	76,81 ± 12,49	77,55 ± 9,676
Glicemia Pre (mg x dL sangre⁻¹)	71,50 ± 13,83	72,94 ± 6,668
Glicemia Post (mg x dL sangre⁻¹)	68,19 ± 10,26	80,06 ± 9,996

En la tabla 1 se puede observar una desviación estándar mayor en el peso corporal, mostrando una muestra de amplio rango, en donde sujetos se alejaban de la media.

Se muestran diferencias comparativas entre el grupo control y el grupo experimental, tanto en la frecuencia cardiaca como en la glicemia, con mayor énfasis en los niveles post test.

4.2 Niveles de glicemia

Tabla 2. Valores de glicemia pre y post test.

	Glicemia Pre (mg x dL sangre ⁻¹)	Glicemia Post (mg x dL sangre ⁻¹)	t student
Grupo Control (n = 21)	71,50 ± 13,83	68,19 ± 10,26	p = 0,4477
Grupo Experimental (n = 20)	72,94 ± 6,668	80,06 ± 9,996	p = 0,0243*

La tabla 2 muestra una diferencia significativa con respecto a los niveles de glucosa en sangre post test en el grupo experimental ($p < 0,05$).

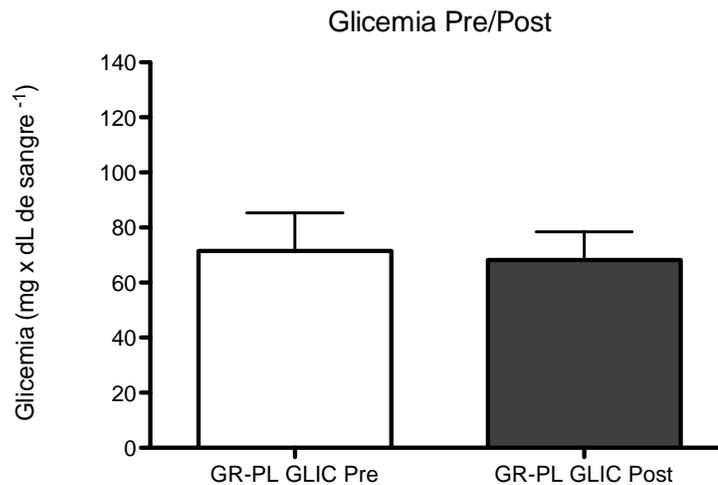


Grafico 1. Glicemia del grupo control pre test con respecto al post test. La estadística muestra que no hay una diferencia significativa con un $p=0,4477$.

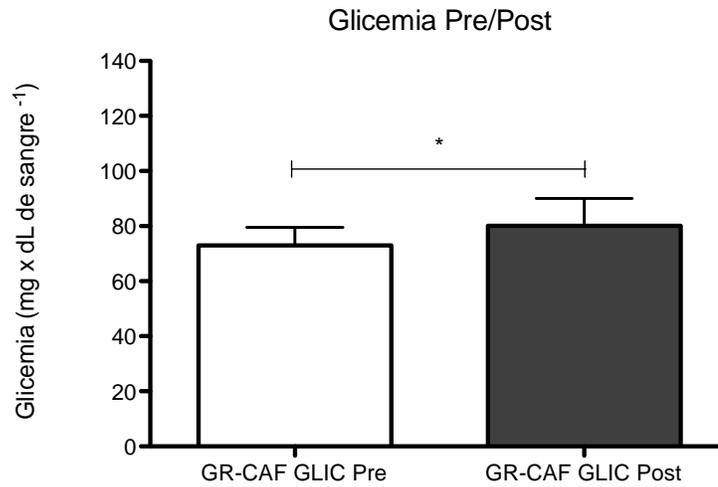


Grafico 2. Glicemia del grupo experimental, al cual se le administró una cápsula de 6mg de cafeína. El gráfico muestra resultados del pre test y post test. La estadística muestra que hay una diferencia significativa con un $p=0,0243$.

4.3 Mediciones de frecuencia cardiaca

Tabla 3. Frecuencia cardiaca pre y post test

	Frecuencia Cardiaca Pre ($l \times \text{min}^{-1}$)	Frecuencia Cardiaca Post ($l \times \text{min}^{-1}$)	t student
Grupo Control (n = 21)	75,86 ± 12,20	76,81 ± 12,49	p = 0,8039
Grupo Experimental (n = 20)	71,15 ± 8,756	77,55 ± 9,676	p = 0,0345*

La tabla 3. Media de la frecuencia cardíaca en el grupo control y experimental en pre test y post test.

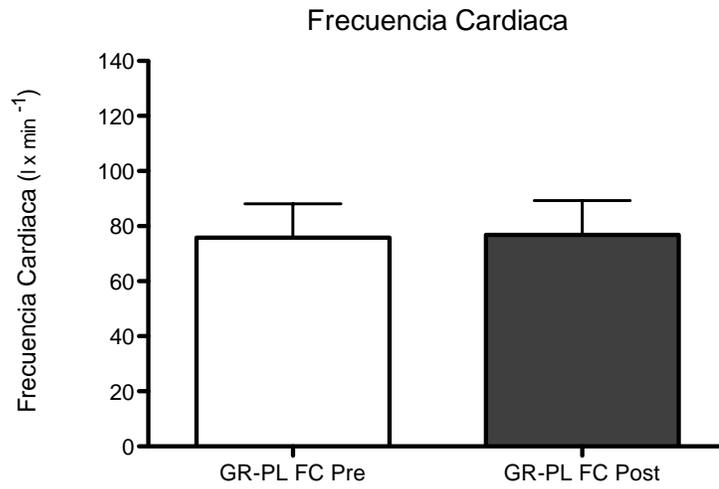


Grafico 3. Frecuencia cardíaca pre y post test en grupo control. La estadística muestra que no hay una diferencia significativa $p=0,8039$.

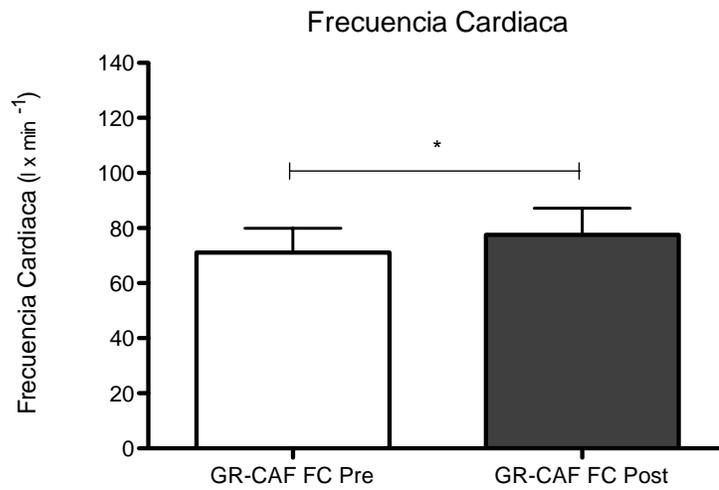


Grafico 4. Frecuencia cardíaca pre y post test del grupo experimental. La estadística muestra que hay diferencia significativa en ellos, $p=0,0345$.

4.4 Go No Go Test

Tabla 4. Comparación de los resultados de cada actividad entre el grupo control y el grupo experimental.

	Grupo Control (n = 21)	Grupo Experimental (n = 20)	t student
GONOGO TEST SI/NO	19,57 ± 0,6761	19,35 ± 0,6708	p = 0,2992
GONOGO TEST COLORES	18,48 ± 1,662	19,40 ± 0,8208	p = 0,0310*
GONOGO TEST ZAPATO/APLAUSO	11,52 ± 1,632	13,15 ± 1,226	p = 0,0009***

La tabla 4 presenta una estadística comparativa entre el grupo control y grupo experimental, mostrando el nivel de significancia en cada una de las actividades. Los resultados se midieron según la cantidad de aciertos efectuados.

Actividad 1

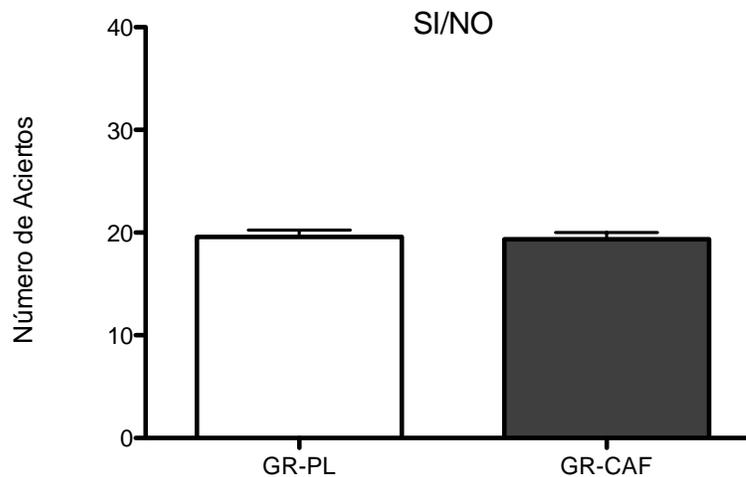


Gráfico 5. Comparación de la actividad 1 del Go no Go test del grupo control y experimental. La estadística muestra que no hay una diferencia significativa entre ellos, p=0,2992.

Actividad 2

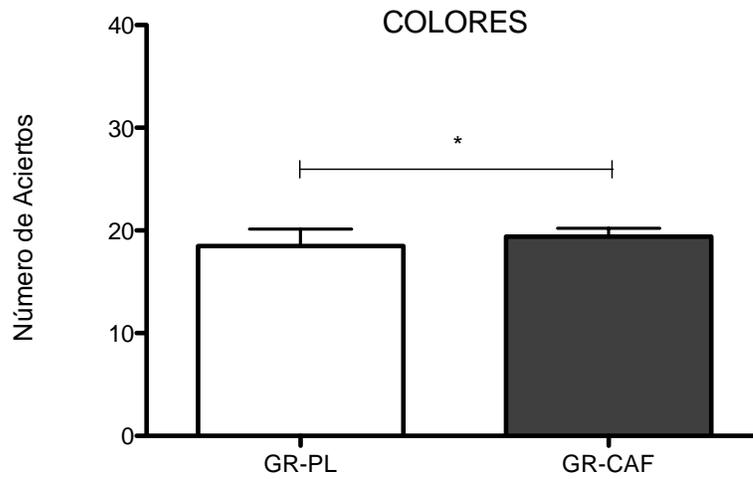


Gráfico 6. Comparación de la actividad 2 del Go no Go test del grupo control y experimental. La estadística muestra una diferencia significativa, $p=0,0310$.

Actividad 3

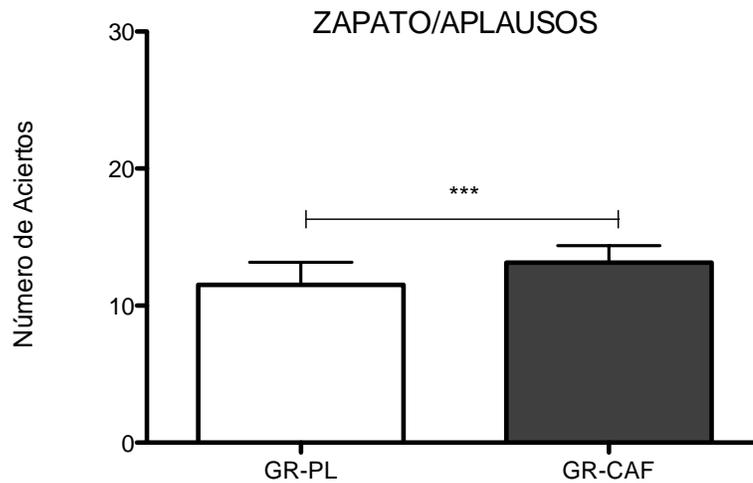


Gráfico 7. Gráfico de comparación de la actividad 3 del Go no Go test del grupo control y experimental. La estadística muestra una diferencia de alta significancia, $p=0,0009$.

4.5 Análisis BESS TEST

Tabla 5. Comparación estadística de los resultados del BESS TEST entre el grupo control y el grupo experimental.

	Grupo Control (n = 21)	Grupo Experimental (n = 20)	t student
Bess Test 1	0,02381 ± 0,1091	0,1250 ± 0,2751	p = 0,1262
Bess Test 2	1,500 ± 1,265	2,700 ± 2,093	p = 0,0312*
Bess Test 3	1,238 ± 1,102	1,500 ± 1,598	p = 0,5431
Bess Test 4	0,1190 ± 0,2182	0,2750 ± 0,4128	p = 0,1359
Bess Test 5	5,571 ± 1,452	6,800 ± 1,617	p = 0,0144*
Bess Test 6	3,667 ± 1,536	5,050 ± 2,367	p = 0,0315*
Bess Test Total	12,12 ± 3,684	16,45 ± 5,508	p = 0,0050**

La tabla 5 muestra los resultados representados por los errores cometidos por los individuos, manifestando una significancia en los niveles del test número 2, 5 y 6, siendo ésta significancia mayor en el resultado total del test.

Postura doble apoyo-Base rígida

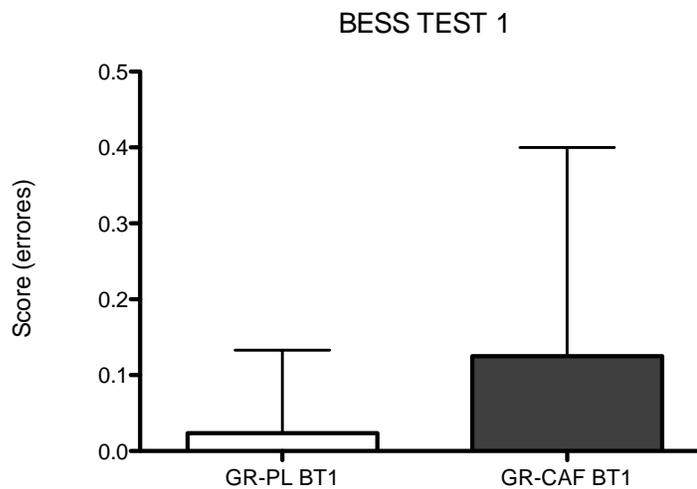


Gráfico 8. Comparación de la actividad 1 del BESS Test del grupo control y experimental. La estadística muestra que no hay diferencia significativa, $p=0,1262$.

Postura uniplantar-Base rígida

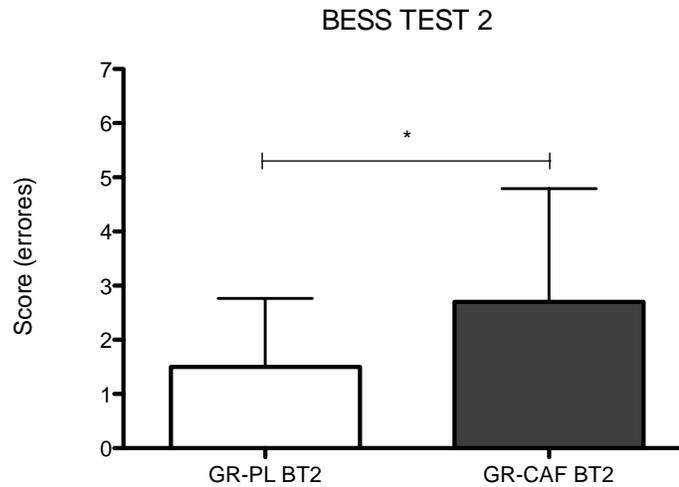


Gráfico 9. Gráfico de comparación de la actividad 2 del BESS Test del grupo control y experimental. La estadística muestra que hay diferencia significativa, $p=0,0312$.

Postura Tándem- Base Rígida

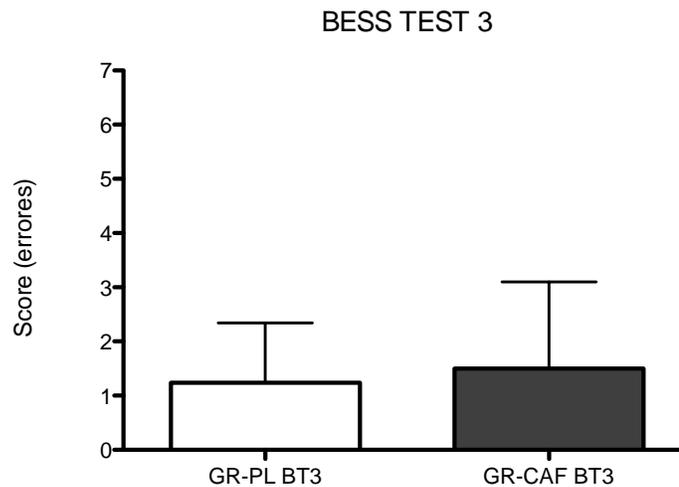


Gráfico 10. Gráfico de comparación de la actividad 3 del BESS

Test representa los resultados del test del grupo control y de administración de cafeína. La estadística muestra que no hay una diferencia significativa, $p=0,5431$.

Postura doble apoyo- Base de almohadilla

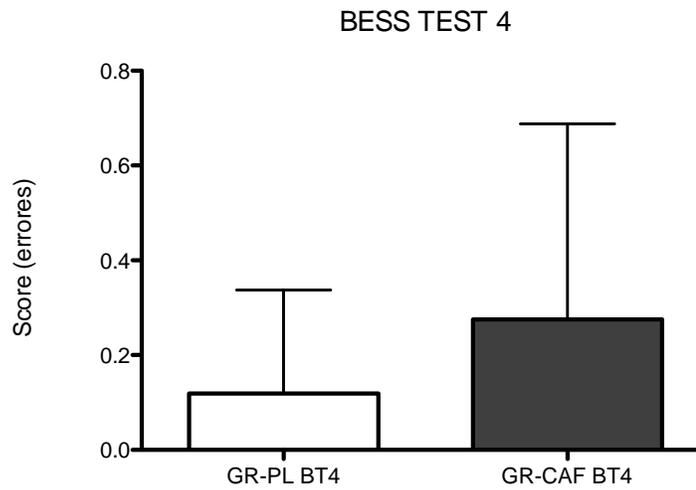


Gráfico 11. Comparación de la actividad 4 del BESS Test del grupo control y experimental. La estadística muestra que no hay diferencia significativa, $p=0,1359$.

Postura uniplantar- Base de almohadilla

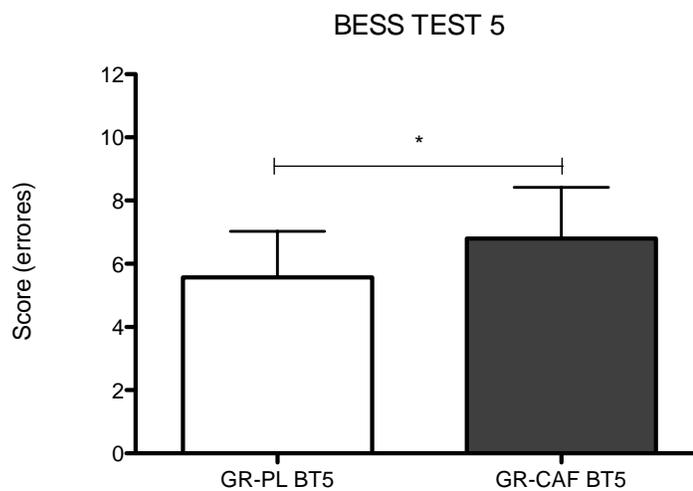


Gráfico 12. Comparación de la actividad 5 del BEESS Test del grupo control y experimental. La estadística muestra una diferencia significativa entre ellos, $p=0,0144$.

Postura Tándem- Base de almohadilla

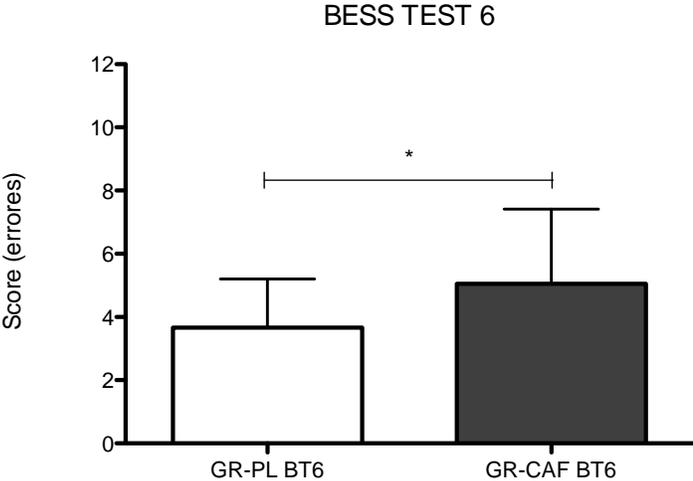


Gráfico 13. Gráfico de comparación del BESS Test de la actividad 6 del grupo control y experimental. La estadística muestra que existe una diferencia significativa, $p=0,0315$.

TOTAL-POSTURA

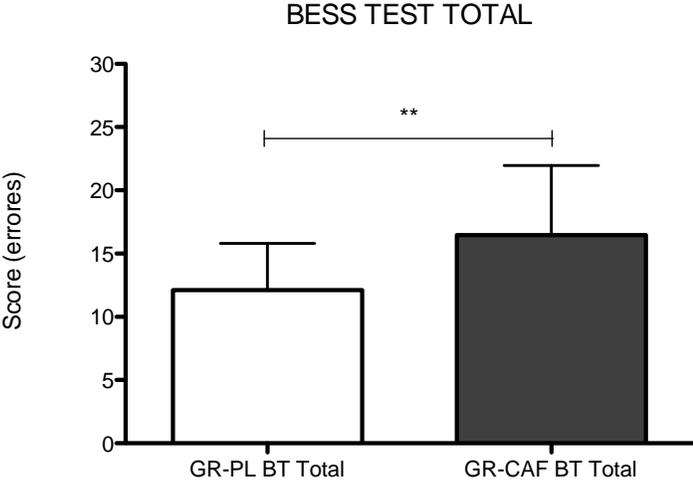


Gráfico 14. Comparación total de las actividades del BESS Teste.
La estadística muestra que existe una diferencia de alta significancia, $p=0,009$.

CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El propósito de la investigación fue determinar el efecto de la administración de cafeína en dos variables; control inhibitorio y equilibrio estático. Se utilizaron dos Test, Go No Go y Bess Test. Los resultados obtenidos en ellos son diversos y serán discutidos a continuación.

5.1 Aumento de la Glicemia y Frecuencia cardíaca en presencia de cafeína.

En esta investigación se evaluó la glicemia y frecuencia cardíaca, los cuales se consideraron factores influyentes para los resultados que se obtendrían en los test.

La tabla 2, muestra estadísticamente que hay una diferencia significativa en el grupo experimental, al cual se le administró cafeína (6 mg x kg de peso corporal). Se sugiere que la cafeína actúa como una sustancia simpático mimética simulando al sistema nervioso simpático, que libera adrenalina imitando sus efectos. La cafeína, al ser simpático mimética, cae dentro de sustancias estimulantes, que en este caso al liberar adrenalina, actúa sobre el receptor beta 2 produciendo un aumento en la glicemia, lo que se muestra claramente en el gráfico 2, aumento de la glicemia del grupo experimental (Adams, Holland, & Urban, 2013).

Como se muestra en el gráfico 4, se ve un cambio en la frecuencia cardíaca del pre test con el post test en el grupo experimental, es decir, se ve un cambio al momento en que a los sujetos se les administró cafeína, demostrado estadísticamente en la tabla 3 afirmando la diferencia significativa. La cafeína, al actuar como esta sustancia aumenta la frecuencia cardíaca produciendo una vasoconstricción y puede que también aumente la presión arterial (Williams, 2002).

5.2 La administración aguda de cafeína en sujetos físicamente activos eleva el control inhibitorio.

El test Go No Go, el cual logra medir el control inhibitorio mediante tres diferentes pruebas, indicó que la administración aguda de cafeína generaba efectos positivos en la motricidad gruesa del sujeto, en la prueba zapato/aplausos (actividad 3).

Los resultados sugieren que los componentes de la cafeína ejercen un efecto en el cerebro, ya que atraviesan fácilmente la barrera hematoencefálica (Gilman, Hardman, & Limbird, 2003). Esta sustancia interfiere acciones en el Sistema Nervioso Central, tales como la intercepción del rol de la adenosina. Las vías receptoras del control inhibitorio se ven afectadas, por lo que se sugiere que existan cambios en el estado del sujeto.

En esta investigación se obtuvo un interesante descubrimiento. Como se muestra en el gráfico 7 la cafeína tuvo un efecto notorio en la motricidad gruesa, ejerciendo un incremento positivo en la reacción de los sujetos del grupo experimental. Se sugiere que la ingesta aguda de cafeína provocó un estado activo y de alerta, lo que generó que en esta última prueba, los sujetos tuvieran mayor capacidad de reacción frente al estímulo, aumentando así la inhibición del entorno. Se pudo focalizar la atención, mejorando el control inhibitorio y por ende la respuesta mejora. Se puede decir entonces que la ingesta de cafeína afectó el sistema simpático, implicando un mayor estado de alerta del sujeto.

La motricidad gruesa incluye movimientos de grandes grupos musculares por lo que la cafeína podría haber tenido efectos notorios en la tercera parte del test, ya que ésta incluía la habilidad motora. La vía más probable por el cual la cafeína podría beneficiar directamente a la contracción de los músculos es a través de un aumento de la liberación de calcio (Ca^{2+}) dentro de la célula muscular, que provoca que se contraiga y produzca fuerza, siendo mayor el incremento de liberación de calcio, por ende existiría una mayor producción de puentes cruzados que generan una mayor producción de fuerza.

5.3 La administración aguda de cafeína disminuye el equilibrio estático en sujetos físicamente activos.

El BESS Test, logra medir el equilibrio estático mediante diferentes posturas de los pies. Los sujetos con administración de cafeína lograron mantener el equilibrio en algunas posturas, pero en otras se vieron con dificultades.

El BESS test tiene la característica que en las 6 posturas que realizan los sujetos deben tener los ojos cerrados, es decir, se aísla el campo visual. Por lo tanto, el efecto negativo por mayor cantidad de errores que se ve en el gráfico 14, con respecto al grupo experimental, se podría explicar debido a la anulación de los puntos de referencia. El cuerpo al estar en equilibrio recibe información de la médula para corregir la postura de ésta, a través de oído interno, planta de los pies (propiocepción) y la vista. Unos de los factores del aspecto visual que apoyan el equilibrio es el campo visual, que permite poner puntos de referencia en base a la horizontalidad de los ojos con respecto al plano en el que se encuentra la persona, en el caso de un desbalance por ejemplo de la cabeza, los puntos de referencia cambian y se realizan las correcciones pertinentes (Gowitzke & Milner, 1999).

Por lo tanto, se invalidan las funciones que proporcionan el estímulo a la medula espinal para mantener la postura y estabilidad, cuando se aísla el campo visual, dejando actuar solo al control motor, el cual es afectado por la cafeína (Pomes, 2008).

Otro factor influyente en el efecto negativo de la cafeína sobre el equilibrio estático, puede deberse por la reducción de la base de sustentación en las distintas posturas que el sujeto debía adoptar, tales como, unipodal o tándem (en este caso sólo sobre la almohadilla). La base de sustentación bipodal permite al centro de gravedad moverse dentro de ésta, permitiendo al sujeto mantener su postura o equilibrio, en cambio, al cambiar de postura a unipodal el centro de gravedad se ve afectada al moverse fuera de la base de sustentación que se vio reducida. Por lo tanto a mayor base de sustentación mayor es el equilibrio, y a una reducción de base de sustentación menor es el equilibrio, por ende al tener menor equilibrio con esta reducción de base de sustentación presentada en el test, la cafeína aporta disminuyendo el control motor del sujeto (Villeneuve, 2008).

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

Con los antecedentes expuestos anteriormente, esta investigación generó las siguientes conclusiones.

- La administración aguda de cafeína en sujetos físicamente activos, causa un efecto positivo en el control inhibitorio en presencia de la habilidad motora.
- Mediante el test realizado Go No Go se pudo aceptar la H1, que indica que la administración aguda de cafeína en sujetos físicamente activos eleva el control inhibitorio. Esto se ve reflejado en dos de las actividades del test, las cuales arrojaron una significancia del grupo experimental con respecto al grupo control. Cabe considerar que la actividad con mayor significancia requería la presencia del control motor grueso. Como se observa en los gráficos, en una de las actividades del test no se observó diferencias entre el grupo control y experimental. Se infiere entonces, que la cafeína tuvo efecto en actividades que involucraban control motor.
- La administración aguda de cafeína causa un efecto negativo en los resultados del equilibrio estático según la base de sustentación en la que se encuentra el sujeto. Por lo tanto a mayor base de sustentación, menor es el efecto negativo generado por la cafeína en sujetos físicamente activos.
- Los resultados obtenidos en el BESS Test, presentan un déficit en el equilibrio estático del grupo experimental, rechazando H2 y aceptando la H0, la cual establece que la administración aguda de cafeína en sujetos físicamente activos reduce el equilibrio estático. Se puede especular que al anular el campo visual y reducir la base de sustentación, el equilibrio estático se ve mayormente apoyado por el control motor del sujeto. Esto nos lleva a asumir nuevamente que la cafeína tiene un efecto sobre el control motor. Cabe destacar que las diferentes posturas, donde la base de sustentación fue mayor, no mostraron diferencias significativas entre el grupo control y experimental, por lo que la cafeína no fue un factor influyente.

BIBLIOGRAFÍA

A. García-Molina et al., Maduración de la corteza prefrontal y desarrollo de las funciones ejecutivas durante los primeros cinco años de vida”, Revista de Neurología, 2009. La flexibilidad cognitiva permite adaptar nuevas estrategias para aprender.

Actividad Física y Funciones Cerebrales. | Milton Pinedo / Medicina y Ciencias del Deporte. (n.d.). Retrieved from <http://miltonpinedo.blogspot.com/2010/09/actividad-fisica-y-funciones-cerebrales.html>

Adams, M., Holland, N., & Urban, C. (2013). *Pharmacology for Nurses: A Pathophysiological Approach*. Pearson Education.

Bennet Alan Weinberg & Bonnie K. Bealer (2012) *EL mundo de la Cafeína*. Fondo de cultura económica (Mexico)

Burke, L., Desbrow, B., & Spriet, L. (2013). *Caffeine for Sports Performance*. Human Kinetics.

Cuenca, E. M. (2006). *Fundamentos de fisiología*. Editorial Paraninfo.

Dra. Ruth Pedroza Islas (2012) *Medicina Digital*. Retrieved from: <http://www.medicinadigital.com/index.php/secciones/informacion-general/23386-articulo--isabias-que-beber-cafe-puede-ser-un-aliado-en-el-control-de-peso.pdf>

Fernando Savater (2014) *D-lamente*. Retrieved from: <http://www.d-lamente.org/sustancias/cafeina.htm>

Filho, M., Abujabra, C. A., Alves, C. R. R., Sepúlveda, C. A., Costa, A. dos S., Junior, L., ... Gualano, B. (2014). Influence of physical exercise on cognition: an update on physiological mechanisms. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 20(3), 237–241. doi:10.1590/1517-86922014200301930

Fuster JM. Prefrontal cortex and the bridging of temporal gaps in the perception-action cycle. *Ann N Y Acad Sci* 1990; 608: 318-329; discussion 330-336

Gallahue, D. L., & Cleland-Donnelly, F. (2007). *Developmental Physical Education for All Children*. Human Kinetics.

García González, 2010 El nacimiento de la neuropsicología

Gilman, A. G., Hardman, J. G., & Limbird, L. E. (2003). *Las bases farmacológicas de la terapéutica*. McGraw-Hill Interamericana.

Gowitzke, B. A., & Milner, M. (1999). *EL CUERPO Y SUS MOVIMIENTOS. BASES CIENTÍFICAS*. Editorial Paidotribo.

Higdon, J. V., & Frei, B. (2006). Coffee and health: a review of recent human research. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(2), 101–123. doi:10.1080/10408390500400009

Jo Lewin (2014) *Mundo BBC*. Retrieved from: http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2014/08/140827_cafeina_adiccion_finde_dv.

Lozano G. A & Ostrosky F, 2011 Desarrollo de las funciones ejecutivas y la corteza prefrontal, *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, Abril 2011, Vol.11, N°1, pp. 159-172 ISSN: 0124-1265

Mias, C. (2008). *Principios de neuropsicología clínica con orientación ecológica. Aspectos teóricos y procedimentales*. Editorial Brujas.

Medicine, M.-M. M. P. of N. and P. N. U. S. of. (2000). *Principles of Behavioral and Cognitive Neurology*. Oxford University Press.

NEUROGIMN: CONTROL INHIBITORIO. (n.d.). Retrieved from <http://neurogimn.blogspot.com/2008/10/control-inhibitorio.html>

Pomes MT. Postura y deporte. La importancia de detectar lesiones y encontrar su verdadera causa. *Revista IPP [serie en internet]*. 2008 [citado julio 2010];1[Aprox. 3 p.]. Disponible en: http://www.ub.edu/revistaipp/t_pomes.html

Propiocepcion: introducción teórica. (n.d.). Retrieved October 3, 2014, from <http://www.efisioterapia.net/articulos/propiocepcion-introduccion-teorica>

Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2006). *Metodología de la investigación*. MacGraw-Hill/Interamericana.

Villeneuve P. Tratamiento postural y ortesis podal: ¿mecánica o información? *Revista IPP [serie en internet]*. 2008 [citado julio 2010];2:[Aprox. 10 p.]. Disponible en: <http://www.ub.edu/revistaipp/villeneuve n2.html>

Williams, M. H. (2002). *NUTRICIÓN PARA LA SALUD LA CONDICIÓN FÍSICA Y EL DEPORTE (Bicolor)*. Editorial Paidotribo.