



Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

Facultad de Artes y Educación Física.

Departamento de Kinesiología.

ESTRATEGIAS VISUALES Y ESTRATEGIAS CINEMÁTICAS DE
TRONCO UTILIZADAS POR SUJETOS NOVATOS Y SUJETOS
EXPERTOS EN UNA TAREA DE LANZAMIENTO LIBRE DE
BÁSQUETBOL

Tesis para optar al Grado de Licenciado en Kinesiología

Autor: Manuel Emilio Reyes Martínez

Profesor Guía: Juan José Mariman Rivero

SANTIAGO DE CHILE, mayo de 2015



Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

Facultad de Artes y Educación Física.

Departamento de Kinesiología.

ESTRATEGIAS VISUALES Y ESTRATEGIAS CINEMÁTICAS DE TRONCO UTILIZADAS POR SUJETOS NOVATOS Y SUJETOS EXPERTOS EN UNA TAREA DE LANZAMIENTO LIBRE DE BÁSQUETBOL

Tesis para optar al Grado de Licenciado en Kinesiología

Autor: Manuel Emilio Reyes Martínez

Profesor Guía: Juan José Mariman Rivero

SANTIAGO DE CHILE, mayo de 2015

Autorizado para:

Sibumce Digital

Anexo 1: AUTORIZACIÓN PARA REPRODUCCION SIBUMCE

Se solicita esta autorización a los autores de la investigación con el fin de alojar y publicar el trabajo en el Repositorio Digital SIBUMCE, a fin de dar libre acceso electrónico a las tesis, memorias y seminarios generados en la UMCE y así contribuir a su difusión, preservación digital y mayor visibilidad en la comunidad académica y público interesado.



UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA
EDUCACION SISTEMA DE BIBLIOTECAS -
DIRECCION DE INVESTIGACION



IDENTIFICACION DE TESIS/INVESTIGACION

Título de la tesis,
memoria o seminario : Estrategias visuales y estrategias cinemáticas de tronco utilizadas por sujetos novatos y sujetos expertos en una tarea de lanzamiento libre de básquetbol

Fecha : Mayo de 2015

Facultad : Facultad de Artes y Educación Física

Departamento : Departamento de Kinesiología

Carrera : Kinesiología

Título y/o grado : Licenciado en Kinesiología

Profesor guía/patrocinante : Juan José Mariman Rivero

AUTORIZACIÓN

Autorizo a través de este documento, la reproducción total o parcial de este trabajo de investigación para fines académicos, su alojamiento y publicación en el repositorio institucional SIBUMCE del Sistema de Bibliotecas UMCE.

Manuel Emilio Reyes Martínez

Nombre/Firma

Nombre/Firma

Nombre/Firma

Nombre/Firma

Nombre/Firma

Nombre/Firma

Santiago de Chile, 31__de julio____2015

Imprima más de una autorización en caso de que los autores excedan la cantidad de firmas para este documento

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a todo el equipo que participó en esta investigación, a los profesores Juan José Mariman y Joel Alvarez por guiarnos en este proceso con dedicación y paciencia, por entregarnos las herramientas y la motivación necesarias. A los compañeros Alejandro y Christian, a quienes conocí en este proyecto, gracias por el esfuerzo y tiempo invertido en tan inmensa tarea...

A los amigos, conocidos e individualidades varias que con una u otra intención preguntaron: “¿y cómo va la tesis?”

A la familia, gracias por darme ánimo cuando las convicciones flaqueaban, por permitirme encontrar la forma de mantenerme consecuente con mis principios, Felipe, Techy, Keko...para ustedes esta pequeña gran lucha...

Manuel Emilio Reyes Martínez

Tabla de contenidos

Capítulo 1. Presentación del problema

1. Introducción

1.1. Planteamiento del problema	7
1.2. Relevancia	7
1.3. Problema	8
1.4. Hipótesis	10

Capítulo 2. Marco teórico

2. Marco teórico

2.1. Introducción	11
2.2. Sistema visual	12
2.2.1. Control de la mirada y Centros de la visión	13
2.2.2. Movimientos oculares	15
2.3. Mecanismos de estabilización	17
2.4. Aprendizaje motor y perceptual	19
2.4.1. Etapas del aprendizaje motor	20
2.4.2. Etapas del aprendizaje perceptual	23
2.5. Aplicación a basquetbolistas	26

Capítulo 3. Aspectos metodológicos

3. Metodología de la investigación

3.1. Objetivos del estudio	31
3.1.1. Objetivo general	31
3.1.2. Objetivos específicos	31
3.2. Diseño del estudio	31
3.3. Participantes	32
3.3.1. Población	32
3.3.2. Muestra	32
3.4. Criterios de inclusión y exclusión	32
3.4.1. Criterios de inclusión	32
3.4.2. Criterios de exclusión	33
3.5. Variables	33
3.6. Bioinstrumentos	34
3.6.1. Videofotogrametría bidimensional	34
3.6.2. Videooculografía	35
3.7. Actividades para la recolección de datos	35
3.7.1. Lugar de evaluación	35
3.7.2. Protocolo de estudios	36
3.7.3. Prueba	38
3.8. Procesamiento y análisis	38
3.8.1. Etapas de lanzamiento y sincronización de cámaras	39
3.8.2. Datos cinemáticos	40
3.8.3. Datos visuales	42

3.8.4. Correlación entre variación de tronco y duración de ojos quietos	43
Capítulo 4. Resultados	
4. Resultados	
4.1. Asignación por grupos	44
4.2. Desempeño	45
4.3. Duración de las etapas de lanzamiento	46
4.4. Frecuencia de fijaciones	47
4.5. Duración del periodo de ojos quietos	49
4.6. Comparación de la inclinación de tronco	50
4.7. Correlación entre inclinación de tronco y duración del periodo de ojos quietos	52
Capítulo 5. Discusión	
5. Discusión	56
5.1. Desempeño	57
5.2. Duración de las etapas de lanzamiento	58
5.3. Conducta visual	59
5.4. Estabilidad de tronco	61
Capítulo 6. Conclusión	
6. Conclusión	63
Referencias bibliográficas	65

RESUMEN

En la presente investigación hemos abordado el concepto de coordinación perceptuo-motora con el fin de comparar las estrategias usadas por sujetos con distinto nivel de experiencia en la práctica de básquetbol, usando como prueba el lanzamiento libre.

Hemos analizado la conducta motora de tronco y los movimientos oculares y su duración, dividiendo la muestra en dos grupos asignados de acuerdo nivel de habilidad. Este análisis consideró la posición de tronco con respecto a la vertical y su variación al ejecutar la tarea, así como también la frecuencia de fijaciones visuales y la duración de la fijación de mayor importancia definida como periodo de ojos quietos.

Los resultados no nos han permitido comprobar totalmente nuestra hipótesis, ya que encontramos diferencias significativas en cuanto a la conducta motora de tronco, sin embargo los resultados en conducta visual no fueron significativos. De esta forma, no hemos podido identificar una correlación entre ambas variables, las que han sido descritas como de gran importancia en la realización de tareas de coordinación perceptuo-motora, como por ejemplo la manipulación de objetos o la navegación espacial.

Proyectando el alcance de este estudio, podemos dar pie a la confección de planes de entrenamiento que incluyan, por ejemplo, referencias de verticalidad o feedback aumentado, para favorecer el proceso de aprendizaje. Por otra parte, en el área de la rehabilitación kinésica, es posible incluir en planes de reeducación motora de pacientes con alteraciones en el control de tronco y/o extremidades elementos facilitadores en la readquisición de habilidades que permitan el desarrollo de actividades de la vida diaria básicas e instrumentales de forma adecuada a las necesidades del paciente.

PALABRAS CLAVE: estrategia perceptuo-motora, nivel de experticia, control de tronco, estrategia visual

ABSTRACT

In this research we have addressed the concept of perceptuo-motor coordination in order to compare the strategies used by subjects with different experience level in the practice of basketball, using as test the free throw.

We have analyzed the trunk motor behavior and eye movements and its duration, dividing the sample into two groups allocated according to skill level. This analysis considered the trunk position with respect to the vertical and its variation when executing the task, as well as visual fixations frequency and duration of greater importance fixation defined as quiet eyes.

The results have not enabled us to fully prove our hypothesis, as we found significant differences in motor behavior trunk, however the results were not significant in visual behavior. Thus, we could not identify a correlation between the two variables, which have been described as of great importance in execution of perceptuo-motor coordination tasks, such as manipulating objects or space navigation.

Projecting this study, we can give rise to the preparation of training plans that include, for example, verticality references or increased feedback to improve the learning process.

Moreover, in physical therapy, rehabilitation plans for patients with alterations in trunk control and/or extremities, can include facilitators of the recovery of skills that enable development of basic and instrumental daily life activities appropriate to the needs of the patient.

KEYWORDS: perceptuo-motor strategy, experience level, trunk control, visual strategy

Capítulo 1. Introducción

1.1. Planteamiento del problema

Se ha demostrado que para realizar una determinada tarea se requiere control sobre las condiciones involucradas en ella. De esta manera podemos afirmar que el sujeto necesita no solo mantener el control del movimiento que concierne a la tarea a realizar, sino que también necesita obtener información del ambiente que sea pertinente a dicha tarea, y además integrar la información propioceptiva obtenida durante el desarrollo de la actividad. La importancia de estos factores adquiere especial relevancia en el ámbito deportivo, de esta forma es posible realizar un proceso de aprendizaje basado en las capacidades perceptuales del individuo y su posterior uso para el control motor de una tarea orientada hacia un objetivo. De esta forma podemos encontrar diferencias en las estrategias perceptuo-motoras usadas por sujetos con distintos niveles de experiencia en un deporte en particular. A su vez, esta diferencia en el nivel de experiencia en la práctica deportiva sugiere un proceso de optimización de los recursos por parte del individuo, es decir, una mejora en la capacidad para obtener información relevante del medio en que se desarrolla la tarea, para su posterior uso en el control del acto motor a realizar.

1.2. Relevancia

Conocer las diferentes estrategias utilizadas por sujetos novatos y expertos, permitirá identificar qué variables dentro de la estrategia perceptuo-motora usada pueden influir en el rendimiento en una tarea en particular. Al identificar la estrategia usada por sujetos con un mayor nivel de experiencia podemos desarrollar protocolos de entrenamiento utilizando elementos tomados de estas estrategias con el fin de incrementar las habilidades perceptuales y motoras de sujetos novatos, utilizando estrategias de aprendizaje tales como “feedback aumentado” o instrucciones condicionantes. Además, enfatizando en el control postural y su relación con la conducta visual, podemos utilizar la información obtenida como referencia para el entrenamiento o rehabilitación de sujetos con déficit en el control postural de tronco, cabeza y extremidad superior.

Por otra parte, el entrenamiento del control postural es de gran relevancia en el tratamiento de pacientes, ya que la capacidad de lograr una base estable y una adecuada alineación de los segmentos corporales otorga la posibilidad de realizar movimientos libres de la cabeza o las extremidades en instancias tan importantes como la manipulación de objetos o la adquisición de información ambiental durante la navegación en el espacio.

1.3. Problema

Las estrategias visuales que utilizamos para atender de forma selectiva a objetos o regiones de interés en el ambiente nos permiten recabar información relevante para dirigir nuestros movimientos corporales, como por ejemplo los movimientos de alcance o lanzamiento, y mantener el control postural óptimo en una tarea determinada. En este sentido, estas estrategias visuales son específicas para cada tarea, lo que significa que para lograr dicha tarea se selecciona un patrón de sacadas o fijaciones oculares dirigidas al objetivo, asociado además a la selección de estrategias posturales y de movimientos. Estas estrategias visuales y la selección de estrategias de movimiento no sólo se llevan a cabo de acuerdo a la tarea, sino que también se diferencian dependiendo de la habilidad de los individuos. En este contexto, se señala que individuos expertos en comparación con novatos, al ejecutar lanzamientos de precisión, utilizan estrategias visuales con mayor duración de fijaciones y menor cantidad de sacadas. Así mismo, se ha descrito que individuos expertos utilizan estrategias cinemáticas asociadas a una mayor verticalidad del tronco en la ejecución de un lanzamiento (Alexander, 2006, Okubo, 2006, Tran & Silverberg, 2008).

Sin embargo, no se cuenta con evidencia suficiente que vincule ambas estrategias, visuales y motoras, de manera específica en tareas de alta complejidad en un mismo individuo. A pesar de que ha sido descrita la importancia de los mecanismos de estabilización postural, principalmente en el ámbito clínico, y su consecuencia en la capacidad motora de los individuos, todavía es necesario establecer la relación que existe entre estas estrategias y el rendimiento de los individuos en tareas complejas. Esta relación tiene un papel clave en el contexto deportivo en donde el rendimiento es de gran importancia.

A partir de esto, sería importante determinar:

-Qué diferencias existen en las estrategias visuales y las estrategias cinemáticas de tronco utilizadas por sujetos expertos y novatos en una tarea de lanzamiento libre de básquetbol?

1.4. Hipótesis

Las diferencias en la estrategia visual y en la estrategia cinemática usadas por novatos se expresarán en este caso en menor tiempo de duración y frecuencia de fijaciones visuales; a la vez, una mayor variabilidad en la posición de tronco.

Capítulo 2. Marco teórico

2.1. Introducción

Para cualquier actividad que el ser humano desarrolle necesita la integración de la información respecto tanto a su medio interno (interocepción) como al medio externo (exterocepción). Esta integración es fundamental para “definir” el grado de control con que se realiza la acción, como se afirma en el modelo de Newell (Newell, 1986) donde la tarea presenta condiciones dependientes tanto del sujeto como del ambiente.

Esta interacción del sujeto con el ambiente ha dado pie a la formulación de múltiples teorías del control motor, en las que se definen los procesos de adquisición, control y modificación del movimiento. De esta forma el sujeto entra en un proceso de aprendizaje que le permite coordinar y optimizar las relaciones existentes entre sus sistemas motor, perceptual y cognitivo, de manera tal que al ponerse en marcha una acción motora el sujeto despliega una conducta basada en la capacidad individual para ejecutar las estrategias seleccionadas, con el fin de lograr el mejor rendimiento posible.

A partir de los postulados teóricos de Newell (Newell, 1986), se propone que el aprendizaje motor tiene su base en la búsqueda de estrategias para llevar a cabo una actividad en particular, de esta forma el individuo interactúa con el ambiente con el fin de lograr el objetivo de la tarea que realiza, lo que mediante la práctica constante de esta actividad permite al sujeto el aprendizaje en la realización de dicha tarea. Este proceso producirá un cambio acumulativo en la conducta que conlleva a la mejora de los procesos de percepción-acción, logrando la optimización de procesos tanto explorativos como de ejecución dentro del espacio perceptivo-motor.

Desde este punto de vista cualquier tipo de control del movimiento necesario para completar la tarea depende de la información existente respecto al propio sujeto y su entorno cercano, la que es entregada por el sistema propioceptivo, vestibular y visual, de acuerdo a campos de referencia que pueden definirse como egocéntrico, geocéntrico y exocéntrico, respectivamente (Paillard, 1991). Estos sistemas permiten introducir en la planificación del

movimiento información como la alineación de los segmentos del cuerpo entre sí, orientación del cuerpo en el espacio y características del ambiente que puedan o no ser relevantes para la tarea.

2.2. Sistema visual

El sistema visual consta de un conjunto de órganos, vías y centros nerviosos que permiten captar, transmitir, procesar e integrar información proveniente del ambiente que nos rodea. El punto de entrada de la información visual es el ojo, en donde la luz que atraviesa la córnea se proyecta sobre la retina, la que a su vez genera señales nerviosas que serán procesadas en los centros superiores de la visión.

En la retina encontramos dos tipos de fotorreceptores que presentan diferentes características en sus cualidades perceptivas. Los conos tienen una menor fotosensibilidad, están especializados en la visión diurna y en color, poseen una gran resolución temporal y están concentrados en la fovea. Por su parte los bastones se especializan en la visión nocturna debido a su gran fotosensibilidad, sin embargo poseen una baja resolución temporal y son de respuesta lenta, están ausentes en la fovea central encontrándose principalmente en la periferia de la retina y participan en la visión en blanco y negro (Kandel, 2001).

En cada región de la retina podemos encontrar células que participan en dos sistemas funcionales de la conducta visual, la vía del “dónde” o magnocelular y la vía del “qué” o parvocelular.

2.2.1. Control de la mirada y Centros de la visión

Para controlar las funciones del sistema visual es necesario no sólo un sustrato neuronal que permita el procesamiento de la información adquirida desde el ambiente, sino que también sistemas neuronales que controlen la captación de dicha información de manera eficiente y eficaz, ya sea para la realización de tareas simples o para la optimización en el desarrollo de tareas complejas, como por ejemplo los movimientos de alcance o en la manipulación de objetos, en donde es necesario manejar información detallada propia del objeto, como su

forma, tamaño y su ubicación en el espacio.

Las áreas 17-19-22 se encuentran en la corteza occipital teniendo un papel principalmente de control voluntario sobre el sistema visual y son responsables de las funciones de alto nivel, como por ejemplo el reconocimiento. El colículo superior envía información proveniente directamente de la retina hacia los cuerpos geniculados laterales teniendo un rol mayormente involuntario. Los canales semicirculares reaccionan a los movimientos de la cabeza en tres dimensiones teniendo una gran influencia en el sistema visual mediante los reflejos vestibulo-oculares (RVO).

El colículo superior está ubicado en el tectum del mesencéfalo y controla los movimientos sacádicos del ojo. Las células ganglionares de la retina se proyectan directamente sobre sus capas superficiales formando un mapa del campo visual contralateral, desde donde se proyectan hacia la corteza occipital mediante el núcleo pulvinar del tálamo.

Otra estructura subcortical partícipe del sistema visual es el núcleo geniculado lateral (NGL), el que recibe el 90% de los axones retinianos y está encargado de transportar la información visual hacia la corteza (Kandel, 2001). Cada NGL contiene una representación retinotópica de la mitad contralateral del campo visual. El NGL contiene seis capas de cuerpos celulares de los cuales, las dos más ventrales se denominan magnocelulares por recibir aferencias desde las células de la retina pertenecientes principalmente al sistema del “dónde”, es decir, las células ganglionares que reciben información desde los bastones. Las cuatro capas más dorsales se denominan parvocelulares por recibir aferencias desde la retina provenientes de las células ganglionares que reciben información desde los conos, formando parte del sistema del “qué” (Kandel, 2001).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente el sistema visual requiere información tanto de la posición del cuerpo, principalmente la cabeza, en el espacio como de la posición de los ojos dentro de sus órbitas. Para controlar la posición del ojo el sistema cuenta con seis músculos responsables de los movimientos oculares. El músculo recto lateral está inervado por el sexto par craneal, el Nervio Abducens, cuyo núcleo se encuentra en la protuberancia, en el suelo del cuarto ventrículo. Los músculos rectos mediales, rectos superiores e inferiores y los oblicuos inferiores están inervados por el tercer par craneal, el Nervio Óculomotor cuyo núcleo se encuentra en el mesencéfalo a nivel del colículo superior. El músculo oblicuo

superior está innervado por el cuarto par craneal, el Nervio Troclear, y su núcleo se localiza en el mesencéfalo a nivel del colículo inferior. Estos músculos se encargan de los movimientos oculares de abducción y adducción, rotaciones verticales ascendentes y descendentes y torsiones. Cada uno de estos movimientos forma parte del conjunto de sistemas de control que permiten orientar el ojo hacia un estímulo de interés, es decir, posicionar la fovea sobre un objetivo dentro del campo visual, recibiendo comandos de velocidad y posición desde la formación reticular en el tronco encefálico los cuales responden a órdenes centrales de cambios de posición provenientes de centros superiores (Kandel, 2001).

2.2.2. Movimientos oculares

Los movimientos oculares guardan estrecha relación con lo expuesto anteriormente como los mecanismos neuronales del “qué” y “dónde”. De esta forma la conducta visual estaría regulada principalmente por mecanismos atencionales que guiarían los movimientos oculares hacia puntos claves del ambiente en donde se concentraría la mayor cantidad de información relevante para el desarrollo de la tarea. De acuerdo a lo planteado por Duchowsky (Duchowsky, 2007) la conducta visual seguiría un ciclo dado por el modelo “bottom-up” compuesto por los siguientes pasos:

- Dado un estímulo, como una imagen, la escena completa primero es vista mayormente en paralelo mediante la visión periférica y principalmente en baja resolución. En esta etapa, las características de interés surgirían en el campo visual, de cierta forma atrayendo o direccionando la atención hacia su ubicación para una inspección más detallada.
- La atención es desacoplada de la posición foveal y los ojos son rápidamente reposicionados sobre la primera región que atrajo la atención.
- Una vez que los ojos completaron su movimiento, la fovea se posiciona sobre la región de interés, y la atención enfocada para percibir las características bajo inspección, ahora a alta resolución.

De acuerdo a este modelo podemos encontrar áreas en el cerebro que se encarguen de redirigir la atención hacia estímulos relevantes (mediante mecanismo bottom-up) y otras que

por su parte controlen los movimientos oculares con el fin de redirigir la fovea hacia el punto de interés (mediante mecanismo top-down).

Sacada:

Las sacadas corresponden a movimientos rápidos del ojo que reposicionan la fovea en un nuevo punto de interés dentro del campo visual, las que pueden realizarse de manera voluntaria como refleja. El rango de duración de las sacadas está entre los 10-100 ms. Este tiempo se considera lo suficientemente corto como para hacer que el sistema sea incapaz de registrar información, es decir, cegar al sujeto (Shebilske & Fisher, 1983). El control de los movimientos sacádicos ha sido descrito como estereotipado, en el cual un patrón determinado es ejecutado según necesidad, y como balístico, en el que se realiza el movimiento después de una preprogramación.

Fijación:

Las fijaciones son movimientos oculares que mantienen la fovea estable sobre un punto de interés dentro del campo visual. La fijación se conforma a su vez de movimientos en miniatura como las microsacadas, el tremor y el drift. De esta forma se acepta como fijación la presencia de estos pequeños movimientos en un área no mayor a 5° visuales sostenidos durante un periodo de tiempo de 150-600ms.

Seguimiento lento:

Estos movimientos están involucrados en el seguimiento de un objetivo que se desplaza dentro del campo visual. Considerando esta característica el seguimiento lento requiere un control online para mantener la fovea sobre el objetivo. De esta forma es posible interpretar este movimiento desde el punto de vista de un sistema preprogramado capaz de ajustarse utilizando la retroalimentación como fuente de corrección entre la posición deseada del ojo y la posición real.

2.3. Mecanismos de estabilización postural

Los movimientos descritos anteriormente tienen por función mantener o reposicionar la visión en el sitio de interés ya sea mientras el cuerpo o la cabeza se encuentren estáticos, o bien, estén en movimiento (Land, 2009, Kandel, 2000). Para esta última situación el sistema cuenta con mecanismos estabilizadores como el reflejo vestíbulo-ocular (RVO) y el reflejo optocinético (ROC), los cuales trabajan en conjunto con los sistemas de control postural propios de la cabeza, cuello y tronco.

El RVO se desencadena al realizarse rotaciones de la cabeza. Los canales semicirculares del oído interno envían información a los núcleos vestibular y óculomotor, los que a su vez envían señales eferentes hacia los músculos extra-oculares generando un movimiento en la dirección contraria al movimiento de la cabeza. Según Kandel, este reflejo tiene una latencia de alrededor de 15 milisegundos (Kandel, 2000).

El ROC por otra parte, al iniciarse por estímulos visuales entrega este tipo de información al sistema vestibular, complementando el rol estabilizador al responder de mejor manera a las rotaciones sostenidas y movimientos lentos de la cabeza (Land, 2009, Kandel, 2009), anulando el RVO, y generando movimientos oculares en la misma dirección que la rotación de la cabeza.

Como se mencionó anteriormente, en conjunto con los sistemas de estabilización que reposicionan la fóvea sobre el punto o estímulo de interés, existen mecanismos que estabilizan la postura global del cuerpo. La finalidad de dicho control postural es mantener la orientación de las diferentes partes del cuerpo, ya sea en la alineación entre ellas como en su relación con el ambiente, mientras el cuerpo o sus segmentos se mantienen estáticos o en movimiento. Así mismo, las dos características principales de la postura, la orientación y la estabilización, guardan relación con diferentes marcos de referencia que pueden asociarse a las propiedades de diferentes sistemas sensoriales como el vestibular, visual y propioceptivo (Shumway, 1995).

La gran cantidad de mecanorreceptores presentes en la columna cervical y sus conexiones con las áreas visuales y vestibulares del sistema nervioso central (SNC), reflejan la importancia de estas conexiones tanto en el control postural como de la mirada. De esta forma la cabeza se orienta en el espacio realizando movimientos conjugados con los movimientos

oculares, favoreciendo así la captación de información desde el ambiente en que se encuentra el sujeto.

A su vez, el equilibrio postural se manifiesta tanto por mecanismos de control reactivos, los que se activan ante perturbaciones que desestabilicen el cuerpo generando reacciones que mantengan o restauren la alineación necesaria para la realización de una tarea específica. Complementariamente han sido descritos mecanismos predictivos de los desequilibrios posturales asociados a la ejecución motora, especialmente durante la realización de tareas complejas (Droulez et al. 1985). Se ha demostrado que la estabilización de la cabeza mejora la sensibilidad a estímulos visuales y vestibulares (Keshner et al. 1992). Por otra parte, durante la inclinación de la cabeza en el plano frontal no se logra una buena compensación por parte del sistema visual, esto debido a que el ROV tiene un rendimiento muy bajo ante la torsión (Collewijn et al. 1985).

Ha sido descrito que ante diversas condiciones propioceptivas de la musculatura cervical en sujetos sanos, como durante la aplicación de vibración, contracciones isométricas o la inducción de fatiga en dicha musculatura, se produce alteraciones en la posición tanto de la cabeza como del ojo, llevando incluso a perturbaciones en el balanceo del cuerpo y la velocidad de la marcha y la carrera (Lennerstrand et al. 1996; Bove et al. 2002; Courtine et al. 2003).

De esta forma la estabilidad de la cabeza tiene influencia tanto en los procesos sensoriales como durante la locomoción u otras tareas que requieran mantener la estabilidad dinámica del cuerpo. En variados estudios se ha descrito que una correcta alineación y control de tronco permite ofrecer una base estable para la movilidad del segmento cabeza-cuello, favoreciendo así procesos sensoriales, y también la postura necesaria para el movimiento coordinado de las extremidades.

2.4. Aprendizaje motor y perceptual

Para el desarrollo de cualquier actividad es necesario el aprendizaje de la tarea a realizar, lo cual involucra mecanismos que van desde la captación de información hasta la ejecución del acto motor. Este trabajo conjunto de los sistemas sensoriales y motores demanda mecanismos

de control de alta complejidad, debido a la gran cantidad de información presente no solo en el ambiente en el que el sujeto desarrolla alguna actividad en particular, sino también en la información proveniente de su propio cuerpo.

De esta forma el sistema sensorio-motor debe desarrollar la habilidad de recabar información del ambiente relevante para el desarrollo de la tarea y sensor el estado del sistema músculo-esquelético con el fin de generar un patrón de movimiento eficaz. Considerando esta habilidad como un proceso factible de ser optimizado, el aprendizaje tiene un rol crítico en el desarrollo y perfeccionamiento de patrones o estrategias de movimiento que no solo cumplan el objetivo, sino que también lo hagan de manera eficiente.

Este proceso optimizable involucra que el sujeto transita por diferentes etapas de aprendizaje que van desde una etapa novicia hasta que ha alcanzado en su habilidad un nivel denominado como experto. Durante el transcurso de este aprendizaje el sujeto es capaz de lograr un mejor control sobre características como los grados de libertad presentes en el sistema motor, coordinación neuromuscular, desarrollo de sinergias motoras más eficientes, estabilidad, persistencia y la adaptabilidad.

2.4.1. Etapas del aprendizaje motor

Durante este proceso el sujeto se encuentra con la necesidad no solo de aprender una nueva tarea sino también de lograr un control óptimo sobre su ejecución. Como se mencionó anteriormente es necesario controlar un gran número de grados de libertad pertenecientes al sistema dentro de la ejecución de una acción, los que involucran tanto a estructuras osteomusculares como a sus acciones sobre una o más articulaciones (Newell, 1985) .

Los sujetos que se encuentran en la etapa novicia de aprendizaje muestran la necesidad de controlar de manera consciente el desarrollo de una tarea en particular, lo que se denomina también etapa cognitiva de aprendizaje (Fitts y Posner, 1967), es decir, el sujeto presta atención a las características de la tarea tanto internas como externas del sujeto para generar un movimiento orientado a lograr el objetivo de la tarea en desarrollo (Schmidt, 2008).

Una de las soluciones usadas por sujetos en esta etapa es reducir o eliminar los grados de libertad aportados por una articulación de la extremidad, es decir, bloquear el movimiento de

una articulación produciendo que dos o más segmentos actúen como una unidad, consiguiendo disminuir la complejidad en el control necesario para lograr la tarea. Otra característica de los sujetos en esta etapa es la falta de dominio de las capacidades físicas, por ejemplo, en el caso del lanzamiento en el básquetbol los sujetos realizan una mayor exigencia de las extremidades superiores para lograr el impulso del balón, en parte por la falta de experiencia necesaria para lograr un movimiento coordinado de extremidades inferiores y superiores que permita la realización del lanzamiento con un costo energético menor (Newell, 1985). Siguiendo esta línea los sujetos ensayan variadas estrategias que llevan a completar la tarea, descartando aquellas con menor eficiencia a medida que van adquiriendo experiencia mediante la práctica, lo cual ratifica lo planteado por Schmidt, respecto a que “el aprendizaje motor es un conjunto de procesos asociados a la práctica o la experiencia que llevan a cambios relativamente permanentes en la capacidad de realizar movimientos habilidosos” (Schmidt, 2008).

En la segunda etapa de este proceso el sujeto alcanza un nivel avanzado de control sobre la ejecución de la tarea, Fitts y Posner denominan esta etapa como “Asociativa” (Fitts y Posner, 1967) dado que una vez que el sujeto ha desarrollado un patrón de movimiento que puede realizar repetidamente con cierta estabilidad en su ejecución, es capaz de adquirir el control sobre los grados de libertad antes restringidos. De esta forma el sujeto experimenta con nuevos movimientos de mayor complejidad, lo que le permite generar patrones que coordinan de mejor manera el aporte que cada articulación o segmento del cuerpo entrega, dando así paso a un control sensorio-motor más eficiente (Newell 1985, Vereijken 1992, Davids et al 2008).

En la etapa experta el sujeto perfecciona su habilidad, logrando el control necesario para realizar la tarea en desarrollo utilizando patrones de movimiento que incluyan un gran número de grados de libertad coordinados de forma especialmente compleja, denominada por Fitts y Posner como “Autónoma”, ya que alcanzada esta etapa el sujeto es capaz no solo de realizar la tarea con un alto grado de eficiencia, sino que también es capaz de orientar su atención a estímulos que no forman parte de la tarea en cuestión.

Una vez que el sujeto ha alcanzado esta etapa es capaz de realizar la tarea optimizando los recursos energéticos disponibles, ejecutando patrones motores con mayor coordinación y adaptabilidad frente a distintas condiciones ambientales. Esto es de fundamental importancia dentro de un contexto deportivo ya que la capacidad del sujeto de captar información del

medio y utilizarla en conjunto con la información proveniente del sistema motor, son la base de las estrategias sensorio-motoras adquiridas durante el proceso de aprendizaje.

2.4.2. Etapas del aprendizaje perceptual

Como se mencionó anteriormente, durante el transcurso del aprendizaje el sujeto no sólo adquiere un mayor control sobre la ejecución de la tarea en el aspecto motor, también requiere un mayor dominio en lo que refiere a sus capacidad de extraer información del ambiente relevante para el desarrollo de ésta, es decir, necesita una mejoría en sus estrategias sensorio-motoras.

La adquisición y optimización de estas estrategias influye de manera considerable en el desempeño del sujeto, siendo relevantes para la optimización de éste una respuesta apropiada a las condicionantes, ya sean propias del sujeto, de la tarea o del ambiente, junto con una adecuada extracción, integración y utilización de la información presente. Para esto es necesario el desarrollo de mecanismos atencionales por parte del sujeto orientados a discriminar los estímulos que sean relevantes para la tarea, dando paso de esta forma a un proceso de selección de estrategias y toma de decisiones que permitan al sujeto la ejecución de la tarea de forma económica y coordinada. Ante esto podemos hablar de dos tipos de control ampliamente discutidos en el contexto deportivo, el control predictivo y el control reactivo (Wolpert et al. 2011), cada uno de los cuales ha sido asociado a diferentes estrategias sensorio-motoras usadas por sujetos con un nivel distinto de experticia, que en el contexto particular del básquetbol, se relaciona además con diferentes estilos de lanzamiento (Vickers 1996, Vickers 2007, Williams 1999).

En este aspecto se destaca el rol crítico del aprendizaje sensorio-motor en el contexto deportivo, ya que para lograr un máximo desempeño en términos competitivos en deportes de alta exigencia el sujeto debe ser capaz de adaptar tanto la ejecución de diferentes patrones motores como la capacidad de extraer información del medio y las condicionantes existentes en el campo de juego del deporte en cuestión, requiriendo para esto una alta coordinación del sistema sensorio-motor (Davids et al. 2008, Wolpert et al. 2011).

Al igual que en el aprendizaje motor, el sujeto pasa por diferentes etapas de aprendizaje

perceptual hasta alcanzar el nivel experto, en donde será capaz de utilizar estrategias perceptuales optimizadas, las que en conjunto con la alta adaptabilidad lograda por el sistema motor darán paso a la ejecución de la tarea de la forma más eficiente posible. De esta forma el aprendizaje sensorio-motor juega un rol de gran importancia en el desarrollo de una tarea deportiva, permitiendo al sujeto explotar una mayor cantidad de grados de libertad involucrados en la realización de la tarea (Land y Mcleod 2000, Hayhoe 2007, Hayhoe et al. 2011).

Se ha visto que los sujetos en etapas iniciales enfocan su atención sobre estímulos que pueden no contener información relevante para la tarea, dejando de lado la búsqueda en otras fuentes (Savelsbergh and van der Kamp 2000), pero que con la práctica constante logran enfocar su atención específicamente sobre estímulos que informen acerca de variables relevantes (Fajen et al 2008). Otra característica que se logra identificar en los sujetos es que al igual que en el aprendizaje motor en las etapas iniciales buscan disminuir los grados de libertad en la información que perciben, reduciendo de esta forma la complejidad de la información que deben manipular para realizar la tarea.

Así, los sujetos en etapas iniciales seleccionan un gesto a realizar entre las posibilidades, limitadas por la reducción de grados de libertad asociadas a la poca experiencia, siendo esta decisión la mejor respuesta posible estimada por el sistema para lograr eficazmente la tarea (Williams y Ericsson, 2005).

Una vez que el sujeto es capaz de liberar una búsqueda de información más amplia gracias a la posibilidad de explorar grados de libertad que antes estuvieran restringidos, le es posible utilizar con mayor coordinación las estrategias sensorio-motoras aprendidas previamente. Dado que es capaz de explorar nuevos grados de libertad, es posible generar estrategias con una mayor optimización de los recursos disponibles, manejando una mayor cantidad de información específica y relevante para la tarea (Savelsbergh and van der Kamp 2000, Williams y Hodges 2004).

En esta etapa el sujeto es capaz de analizar la información disponible y dirigir su atención hacia aquellos estímulos que se vean involucrados en la realización de la tarea. Por ejemplo, para planificar una secuencia de movimientos en un espacio amplio el sujeto debe analizar el ambiente y estimar cual sería la mejor manera de realizar la tarea que se le solicita (Hayhoe

2002, Land 2004), identificando elementos del ambiente que sean necesarios o inútiles para lograr sus fines y generando planes de navegación temporo-espacial en el área disponible. De esta forma el sujeto perfecciona la capacidad para orientar su sistema perceptual enfocando su atención de manera optimizada sobre el qué, dónde y cuándo recabar la información relevante dentro de los estímulos presentes en un ambiente complejo, como por ejemplo en el campo de juego de un deporte de alta exigencia (Hayhoe 2007).

Otro aspecto importante dentro del aprendizaje perceptual es la capacidad del sujeto para estimar las consecuencias sensoriales de los gestos realizados (Hayhoe et al. 2011), ya que para su optimización el sistema sensorio-motor debe incluir información tanto propioceptiva como exteroceptiva, siendo ambas de gran relevancia para que el sistema sea capaz de evaluar la efectividad y eficiencia del gesto motor con que se lleva a cabo la tarea (Wolpert et al, 2011).

Esta forma de control incluye la información propioceptiva relevante para el aprendizaje, asumiendo que mediante la práctica el sujeto es capaz de lograr mejorías motoras incluso ante la supresión de otras fuentes de información como por ejemplo la visual (Kawashina et al, 1998). Sin embargo, cuando la tarea requiere no sólo un desempeño motor de gran coordinación, sino que también una mayor precisión en la interacción con el ambiente el estímulo adquiere un rol crítico para la realización de la tarea, siendo la principal fuente de información relevante en lo que a las características temporo-espaciales se refiere (Smith et al 2001).

En la etapa final de aprendizaje el sujeto ha adquirido la habilidad de explorar con amplia libertad diferentes fuentes de información seleccionando aquellas que entregan características relevantes para la tarea. Como se mencionó anteriormente, esto sumado al gran control logrado en la ejecución de un gesto motor, le da al sujeto una mayor capacidad de desarrollar patrones motores complejos con una mejor coordinación y una alta adaptabilidad a diferentes condiciones (Savelsbergh and van der Kamp 2000, Williams y Hodges 2004).

2.5. Aplicación en basquetbolistas

Basquetbolistas con mayor experiencia realizan un menor recorrido angular de tronco, asociado además a una mayor alineación con respecto a la vertical, manteniendo una postura más estable, lo que permite mayor libertad de movimiento a las extremidades (Okubo, 2006, Rojas, 2000, Silverberg, 2008). En el contexto deportivo, en este caso en el lanzamiento libre de básquetbol, este mejor control postural favorece la realización de la tarea en cuestión, ya que esta mayor verticalidad de tronco se asocia a un mejor rendimiento por parte de los sujetos, Alexander describe que una salida del balón a mayor altura tiene más probabilidades de acertar el lanzamiento (Alexander, 2007). Este comportamiento puede asociarse a la experiencia de los sujetos, ya que los mecanismos posturales anticipatorios usados para lograr esta estabilidad requieren la coordinación de grupos musculares que se encargan de mantener la postura requerida sin afectar directamente el movimiento voluntario de las extremidades. Así mismo, dicha estabilidad permite una optimización de los mecanismos perceptuales. De esta forma el sujeto es capaz mediante la práctica y la experiencia, de aprender y almacenar las estrategias optimizadas para el posterior uso automático. Otros autores señalan que en el lanzamiento durante el juego una mejor postura reduce la probabilidad de bloqueo o intercepción por parte de un rival, e incluso permite al sujeto reaccionar mejor ante perturbaciones en el patrón motor que se está desarrollando, restaurando en cierta medida el equilibrio perdido, en este caso debe considerarse el retraso inherente de la conducción de información por el sistema nervioso, lo cual hace del control online una estrategia que permite la adaptación del gesto motor basado en la información que el sujeto percibe durante la realización del mismo (Oliveira, 2007, Oudejans, 2002).

Por otra parte para evidenciar diferencias en las estrategias visuales desarrolladas durante el lanzamiento, diversos autores realizaron estudios poniendo a los sujetos con distinto nivel de experiencia o distinto estilo de lanzamiento bajo diferentes condiciones. En función de fragmentar el lanzamiento, Vickers lo dividió en cuatro etapas de acuerdo al análisis cinemático del movimiento completo, definiéndolas como etapa de preparación, etapa de pre-lanzamiento, etapa de lanzamiento y etapa de seguimiento. Además de esto Vickers definió una fijación en particular como el periodo de “Ojos quietos” (OQ), el que corresponde a la última fijación con una duración mínima de 100 ms dentro de 3° de ángulo visual en el campo de trabajo visuomotor, la cual se inicia antes de la etapa de lanzamiento y termina cuando la

mirada se desvía del objetivo o lugar de fijación por más de 3° de ángulo visual por un mínimo de 100 ms (Vickers, 1996).

Se ha demostrado que existen diferencias entre la duración de este periodo de “Ojos quietos” en sujetos con distinto nivel de experiencia. Vickers demostró que el periodo de ojos quietos tiene mayor duración en sujetos expertos que en sujetos novatos (duración de 972 ms y 357 ms, respectivamente). Esta diferencia puede asociarse a la habilidad de los sujetos para realizar estrategias perceptivo-motoras de mayor o menor eficiencia según su experticia.

En múltiples estudios se han descrito diferencias en la conducta visual de sujetos con distinto nivel de experiencia, por ejemplo, Williams indica que sujetos expertos tienen una menor frecuencia de fijaciones, pero de mayor duración que sujetos menos experimentados (Williams et al. 2008). A su vez, estas características de la conducta ocular, como la duración del periodo de ojos quietos, han sido asociadas por diferentes autores a una mayor estabilidad corporal (Oudejans 2005, Oliveira 2007, Oliveira 2008, Vickers 2009). Así mismo, ha sido descrito que una mayor estabilidad de tronco disminuye los movimientos oculares, y como menciono anteriormente, provee una base estable no solo para el movimiento de las extremidades sino también para las estrategias perceptuales que desarrolla el sujeto.

La implicancia de estas estrategias perceptivo-motoras han sido investigadas con sistemas de oclusión visual en jugadores de básquetbol, en donde se obtuvieron rendimientos similares en las condiciones en que los sujetos disponían de la información visual durante la etapa final del lanzamiento y durante el lanzamiento completo en sujetos con estilo de lanzamiento alto (Oudejans, 2002, Oliveira, 2007). Oliveira por su parte expone que los sujetos declararon preferir extraer la información visual lo más tardíamente posible (Oliveira, 2006).

Esta preferencia de los sujetos por la extracción de información en la etapa final del lanzamiento se corresponde con el rendimiento obtenido bajo las condiciones de oclusión visual investigadas por Oudejans. Estos resultados ponen en evidencia que no sólo la planificación del movimiento a realizar se ve reflejada en el rendimiento de los sujetos, si no también que existe un rol importante de la visión para realizar un control en línea del movimiento que se está ejecutando.

De esta forma la información visual juega un papel crítico para la retroalimentación. De

acuerdo a lo planteado por Newell esta información perceptiva tiene la función de informar al sujeto acerca del estado de ejecución durante el movimiento, lo que es denominado como retroalimentación concurrente o conocimiento de la ejecución, o bien una vez terminado el movimiento informar acerca del resultado obtenido lo que se denomina conocimiento del resultado (Newell, 1986). Esto se ve ratificado mediante estudios realizados con sistemas de oclusión visual en donde los sujetos demostraron mayor efectividad cuando estuvo disponible la información visual en la etapa final del lanzamiento y sincronizada con la ejecución del mismo, lo que estaría asociado a un control en línea del movimiento. Por otra parte, al aplicarse un retraso en la información visual disponible los sujetos disminuían su rendimiento, sin embargo, sus lanzamientos mantuvieron una zona de aterrizaje cercana al aro, lo que indica que los sujetos realizaron una programación del lanzamiento basándose en la información visual presente en las etapas iniciales del lanzamiento (Oliveira, 2007).

Aun así, dentro de esta línea de investigación es necesario profundizar en la relación existente entre la estabilidad postural, particularmente de los segmentos tronco, cabeza y cuello, y la conducta visual. A pesar de que se ha descrito por diferentes autores la relación entre estabilidad de tronco y movimientos oculares, la conducta visual y el rendimiento en tareas complejas, y la variabilidad en la cinemática de tronco y el rendimiento en tareas como el lanzamiento libre de básquetbol, no se ha determinado si existe una correlación entre estos tres aspectos evaluados en el mismo sujeto. Por otra parte, el caracterizar estas variables y determinar su correlación permitirá identificar las diferentes estrategias de acuerdo al nivel de experticia de los sujetos en determinadas tareas, esto además de ser relevante en el ámbito deportivo entrega información de gran utilidad en el campo clínico, por ejemplo, en el tratamiento de pacientes con inestabilidad de tronco, dificultad en la manipulación de objetos o alteraciones en la planificación espacio-temporal.

Capítulo 3. Metodología de la investigación

3.1. Objetivos del estudio

3.1.1. Objetivo general

Comparar las estrategias visuales y estrategias cinemáticas de tronco usadas por sujetos novatos y expertos durante una tarea de lanzamientos libres de básquetbol.

3.1.2. Objetivos específicos

Evaluar el rendimiento de los sujetos expertos y novatos como tasa de aciertos por intentos en una tarea de lanzamiento libre de básquetbol

Caracterizar la estrategia visual en frecuencia y duración de fijaciones en sujetos novatos y expertos

Evaluar la estrategia cinemática de tronco durante el lanzamiento libre de básquetbol en sujetos novatos y expertos

Comparar la estrategia visual y motora de sujetos novatos y expertos durante la etapa de lanzamiento en el lanzamiento libre de básquetbol

Correlacionar la estrategia cinemática con conducta visual de sujetos novatos y expertos

3.2. Diseño del estudio

Este estudio es de tipo descriptivo cuasi-experimental y de corte transversal.

3.3. Participantes

3.3.1. Población

La población de estudio fueron estudiantes universitarios pertenecientes a cualquier carrera de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE).

3.3.2. Muestra

Se seleccionó de manera no probabilística una muestra de 16 sujetos, de los cuales se incluyeron en el análisis solamente 8, debido al no cumplimiento de nuestros criterios de calidad en todos los registros. Los 8 sujetos incluidos fueron divididos en dos grupos de 4 sujetos de acuerdo a los criterios de inclusión para cada grupo.

3.4. Criterios de inclusión y exclusión

3.4.1. Criterios de Inclusión

- Género masculino de edad entre 18 y 30 años.
- Estilo de lanzamiento alto, el que se describe como un ascenso del balón desde la posición inicial (momento en que el jugador recibe el balón) hasta posicionarse sobre la cabeza, con una posterior extensión de codo que proyecta el balón hacia el aro, terminando con el despegue del balón de los dedos (Oliveira et al. 2006). El estilo de lanzamiento se identificó cualitativamente durante el pre-test, en donde los sujetos realizaron los lanzamientos con su estilo de preferencia.
- Grupo novatos (n=4): No realizar práctica regular de básquetbol (< 1 hora/semana). No haber practicado antes el deporte de forma regular (> 6 horas/semana por 3 meses), sin restringirse a los 3 meses previos a la medición. Obtener un porcentaje de efectividad menor al 55% en el pre-test (Cleary 2001).
- Grupo expertos (n=4): Ser jugador actual de la selección de básquetbol de la UMCE. Obtener un porcentaje de efectividad superior o igual al 55% en el pre-test (Cleary 2001).

3.4.2. Criterios de Exclusión

- Antecedentes de patologías musculoesqueléticas que restrinjan la movilidad de los segmentos de tronco, cabeza-cuello y extremidades superiores de manera significativa según la evaluación de kinesiólogo.
- Patologías visuales no corregidas.
- Patologías neurológicas incompatibles con la práctica deportiva.

-No aceptación de la carta de consentimiento informado.

3.5. Variables

Variables	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de Medida	Definición Operacional
Nivel de Habilidad	Cualitativa	Ordinal	Experto y Novato	Categorización de habilidad según criterios de inclusión y test de desempeño
Desempeño motor	Cuantitativa	Continua	Porcentaje (%)	Cuantificación de aciertos respecto a cantidad de intentos.
Duración de las etapas del lanzamiento	Cuantitativa	Continua	Segundos (s)	Cuantificación de la duración de la etapa de preparación, etapa de pre-lanzamiento, etapa de lanzamiento y etapa de seguimiento.
Tiempos de fijación	Cuantitativa	Continua	Segundos (s)	Cuantificación de la duración del periodo de ojos quietos
Estrategia cinemática de tronco	Cuantitativa	Continua	Porcentaje (%)	Cuantificación del coeficiente de variación de la posición de tronco
Correlación entre cinemática de tronco y duración de periodo de ojos quietos	Cuantitativa	Continua	Unidad	Cuantificación del coeficiente de correlación de Spearman

3.6. Bioinstrumentos

3.6.1. Videofotogrametría bidimensional

El registro cinemático se realizó con una cámara de alta velocidad, con una tasa de muestreo de 240 Hz, la que se encuentra dentro de los valores sugeridos (200-500 Hz) para este tipo de análisis (Barlett, 2002). Se utilizaron marcadores pasivos ubicados en los siguientes puntos:

cresta iliaca, acromion, epicóndilo lateral del húmero, epífisis distal del cúbito y carpo de acuerdo al protocolo de marcaje de Helen Hayes, de estos puntos se consideraron los marcadores de cresta iliaca y acromion para la medición del movimiento de tronco.

3.6.2. Videooculografía

El registro de movimientos oculares se realizó con sistema de videooculografía portátil desarrollado por el Laboratorio de Neurosistemas de la Universidad de Chile. Este sistema se compone de un marco de anteojos que no interfiere con el movimiento de la cabeza y el tronco, con una cámara de registro situada sobre el ojo derecho que capta el ambiente desde la perspectiva del sujeto en estudio, además posee una cámara que registra los movimientos oculares, la que presenta una tasa de muestreo de 30 Hz, la cual ha demostrado ser suficiente para registrar movimientos sacádicos y fijaciones visuales (Oliveira, 2007, Oudejans, 2005, Vickers, 1996). Junto a la cámara de registro ocular se encuentra ubicado un LED infrarrojo que genera el reflejo corneal, lo que permite posteriormente determinar la posición de la pupila. Ambas cámaras se conectan mediante un sistema cableado a un suministro de energía por batería y a cámaras de video que almacenan el registro de imágenes.

3.7. Actividades para la recolección de datos

3.7.1. Lugar de evaluación

Los sujetos de estudio fueron evaluados en el gimnasio número 1 de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE). La cancha de básquetbol de este recinto cumple con las dimensiones oficiales de acuerdo a la Federación Internacional de Básquetbol. Los aros se encuentran a una altura de 3.05 metros y tienen un diámetro de 45 cm, la línea de tiro está a 4,6 metros del tablero y 5,8 metros de la línea de fondo, Las dimensiones del tablero son 1,78 metros de ancho y 1,05 metros de alto. Se preparó el lugar para que la iluminación del recinto permitiera un registro cinemático y ocular de buena calidad.

3.7.2. Protocolo de estudio

Si el sujeto ha aceptado lo presentado en la carta de consentimiento informado y firmado el documento, se procede a la medición de talla y masa.

Para la selección de sujetos se realizó un pre-test (Vine et al. 2008) que consistió en un bloque de diez lanzamientos desde la posición de prueba sin la instalación del equipo. En este pre-test se determinó cualitativamente si los sujetos usaban el estilo alto de lanzamiento (Oliveira et al. 2006), y su nivel de efectividad para la división en los grupos novatos y expertos de acuerdo al porcentaje de efectividad menor o mayor del 55% respectivamente (Cleary, 2001).

Con los sujetos que cumplían con el estilo de lanzamiento requerido se realizó un calentamiento previo que consistió en cinco minutos de trote dentro del gimnasio.

Luego del calentamiento se posicionaron los marcadores pasivos para el registro cinemático en cresta iliaca, acromion, epicóndilo lateral, epífisis distal del cúbito y carpo de acuerdo al protocolo de marcaje Helen Hayes, y se instaló el equipo de videooculografía fijándolo a la cabeza del sujeto de manera cómoda y sin que interfiriera en sus movimientos de cabeza y tronco ni de las extremidades superiores. Este procedimiento tuvo una duración aproximada de 2 a 3 minutos, con el fin de no perder los efectos logrados con el calentamiento previo.

Posterior a la instalación se le permitió al sujeto realizar una serie de 10 lanzamientos para permitir la familiarización con el equipo y una práctica con el sistema de calibración para el registro ocular. Finalizado este paso se realizó el registro de la prueba.

El procedimiento para realizar la calibración del sistema de registro ocular consistió en la ubicación de una grilla en el tablero frente al sujeto con 13 puntos distribuidos en cinco columnas sobre el área del tablero como se muestra en la figura 1, éstos puntos se encendían aleatoriamente generando una luz que indicaba al sujeto el punto sobre el cual debía mantener fija la mirada. El sujeto ubicado en la posición de lanzamiento debía mantener la mirada fija sobre el punto de la grilla mientras éste se mantuviera encendido, al apagarse, un nuevo punto se encendía y el sujeto debía mantener la mirada fija ahora sobre el nuevo punto. Este proceso se repitió hasta haber realizado una fijación sobre cada uno de los 13 puntos de la grilla.

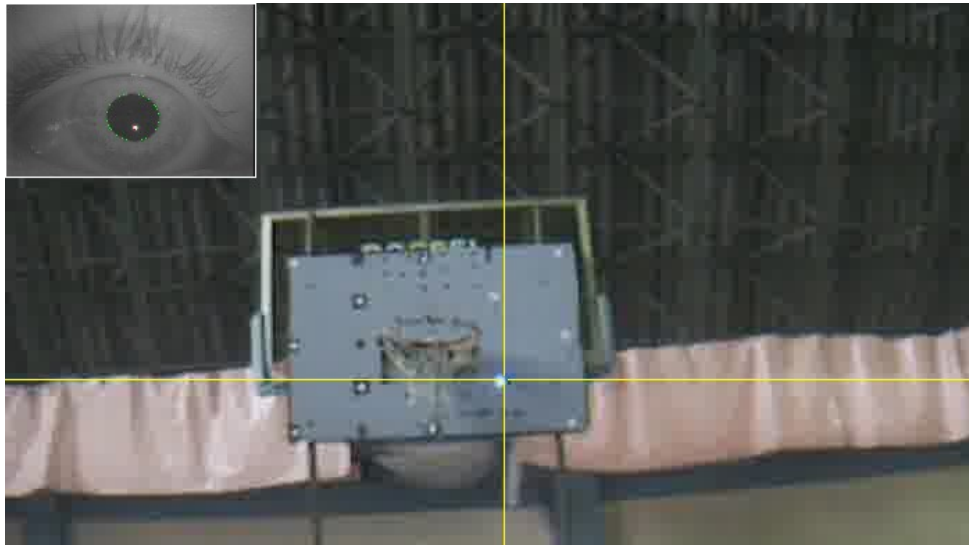


Figura 1. La imagen muestra la distribución de los puntos de la grilla de calibración usada en el registro de la conducta visual. El punto encendido indica al sujeto que debe mantener fija la mirada sobre él. La intersección de las líneas amarillas indica el punto donde el sujeto estaba mirando, este dato se obtuvo en el análisis posterior de los registros.

3.7.3. Prueba

La prueba desarrollada por los sujetos consistió en 7 series de 10 lanzamientos libres de básquetbol, con 2 minutos de descanso entre cada serie, realizados en una cancha de dimensiones oficiales.

Al comienzo de cada serie se emitió un flash fotográfico de para la posterior sincronización de las tres cámaras de registro y se realizó una calibración del sistema de registro ocular. Al finalizar cada serie se realizó una nueva calibración.

3.8. Procesamiento y análisis

Antes de realizar el procesamiento de las imágenes y videos se verificó que los registros cumplieran los siguientes criterios:

-debido a que no todos los registros presentaron efectivamente los 30 Hz requeridos, se incluyeron solamente aquellos que presentaron intervalos constantes entre frames

- presencia del reflejo corneal a lo largo de todos los lanzamientos
- brillo de imagen adecuado para el análisis de movimientos oculares
- calibración de cámaras oculares bien ejecutada
- cámara de registro ambiental en posición constante durante todos los lanzamientos.

Del total de series de lanzamientos registradas, se seleccionaron 3 series de cada sujeto, se analizaron 30 lanzamientos correspondientes a las mismas series de registro ocular y de registro cinemático.

Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov con la modificación de Lilliefors para determinar la distribución de los datos de ambos grupos. Posteriormente, para la comparación entre grupos, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney en caso de presentar una distribución no paramétrica, y la prueba de T-student en caso de encontrarse una distribución paramétrica de los datos.

Se consideraron diferencias estadísticamente significativas aquellas con $p\text{value} < 0,05$.

El análisis se realizó en el software Matlab versión R2012a (© 1994-2012 The MathWorks, Inc.).

3.8.1. Etapas de lanzamiento y sincronización de cámaras

Para el análisis por etapas de cada lanzamiento se realizó una adaptación a las etapas descritas por Vickers (Vickers, 1999) para lanzamientos con estilo bajo y se aplicó a los sujetos de estudio, los que como criterio de inclusión debían usar un estilo alto.

Se dividió el lanzamiento en cuatro etapas:

- Etapa de preparación: desde que el sujeto recibe el balón hasta que realiza el primer movimiento visible de ascenso del balón.
- Etapa de pre-lanzamiento: empieza en el frame posterior al término de la etapa de preparación y finaliza al detenerse el movimiento de ascenso del balón por sobre la cabeza del sujeto.
- Etapa de lanzamiento: empieza en el frame posterior al término de la etapa de pre-lanzamiento y termina cuando el balón se despegas de los dedos del sujeto.
- Etapa de seguimiento: empieza en el frame posterior al término de la etapa de lanzamiento y termina cuando el balón golpea al tablero o el aro.

El inicio y término de estas etapas se determinaron mediante los registros de videofotogrametría, exceptuando el final de la etapa de seguimiento, el que se determinó mediante los registros de videooculografía, por encontrarse el tablero fuera del área de registro de la cámara de cinemática, la que se ubicó a 3 metros del sujeto, obteniendo un registro de su vista lateral derecha.

Debido a que los registros de cinemática y conducta ocular presentan distintas tasas de muestro (240 Hz y 30 Hz, respectivamente), se realizó una conversión de los frames del registro cinemático a tiempo (en segundos), y luego este tiempo fue nuevamente convertido a frames del registro ocular. Utilizando el flash que se disparó durante la toma de datos, se determinó el tiempo cero de sincronización, se estableció como criterio para el análisis usar el primer frame que contuviera completamente la luz del flash disparado, de esta forma se determinaron las etapas de lanzamiento para cada registro.

3.8.2. Datos cinemáticos

Para el análisis de los registros cinemáticos se descompusieron los videos en imágenes cuadro a cuadro y se le otorgó una coordenada a cada marcador considerando los ejes X e Y utilizando el software ImageJ. Se aplicó a los datos obtenidos un filtro Butterworth de segundo orden con una frecuencia de corte de 5Hz (Warren, 1990) y se realizó una interpolación lineal para normalizar los datos a 50 cuadros (Barlett et al, 2005) con el fin de estandarizar la duración del lanzamiento para todos los sujetos.

Para determinar la verticalidad alcanzada por los sujetos durante la etapa de lanzamiento, se usó trigonometría para calcular el ángulo formado por la línea trazada entre los puntos otorgados por los marcadores ubicados en la cresta iliaca y acromion, y una línea vertical. Para esto, se utilizó una planilla de cálculo en la que se determinó la pendiente de la línea formada por los dos puntos mencionados anteriormente usando la siguiente fórmula:

$$m = \frac{Y2-Y1}{X2-X1}$$

En donde X1 e Y1 corresponden a los valores en los ejes X e Y respectivamente, asignados al

marcador ubicado en el acromion. X2 e Y2 corresponden a los valores en los ejes X e Y respectivamente, asignados al marcador ubicado en la cresta iliaca.

Al valor obtenido en esta operación se le aplicó la función arcotangente (ATAN) para obtener el ángulo formado entre la pendiente y la vertical. Ya que este valor se obtuvo en radianes, se realizó la conversión a grados usando la función GRADOS.

Una vez obtenidos los valores de la posición angular de tronco se determinó la mediana de esta posición para el total de sujetos de cada grupo con el fin de describir sus cambios durante la etapa de lanzamiento. Además se calculó el coeficiente de variación usando el promedio y la desviación estándar de la posición de tronco para cada lanzamiento de los sujetos de ambos grupos con la siguiente fórmula:

$$\text{Coeficiente de variación} = \text{Desviación estándar} / \text{promedio}$$

Al total de datos de los sujetos de cada grupo se le aplicaron las pruebas de normalidad y de contraste mencionadas anteriormente. Además se determinó la mediana del coeficiente de variación de la posición de tronco con su rango intercuartil para los grupos novatos y expertos.

3.8.3. Datos visuales

Los registros de las cámaras de videooculografía se descompusieron en imágenes cuadro a cuadro y se analizaron en el software ExpertEye 2.3.

Se determinó la ubicación de la pupila y el reflejo corneal en cada cuadro. Luego se sincronizaron las dos cámaras del equipo usando el flash disparado al comienzo del registro.

Posteriormente se realizó la calibración del sistema indicando para cada cuadro la posición de la pupila correspondiente a una fijación sobre el punto que se encontraba encendido en la grilla de calibración expuesta frente al sujeto.

Finalmente se determinaron la etapas del lanzamiento utilizando los datos obtenidos en el registro cinemático, los cuales al ser sincronizados con los registros visuales permiten regularizar los tiempos de ambos registros.

Los datos obtenidos se exportaron en una planilla de cálculo en formato .txt para ser analizadas en el software Matlab.

Para realizar este procesamiento se convirtió la posición de la pupila en grados visuales de acuerdo a la fórmula planteada por Duschowsky (Duschowsky, 2007):

$$\Theta = 2 * \tan^{-1}(r/2D)$$

Donde Θ es grados visuales, r es la distancia recorrida entre 2 frames y D es la distancia del sujeto y el plano del aro.

Para determinar las estrategias de sacadas y fijaciones mediante el perfil de velocidad instantánea se usaron los siguientes criterios descritos por Duschowsky (Duschowsky, 2007):

-Velocidades menores a 30°/s se consideran fijaciones.

-Velocidades mayores a 30°/s se consideran sacadas.

Una vez obtenidos estos datos se determinaron las sacadas y fijaciones realizadas en cada serie de diez lanzamientos indicando la etapa de inicio y término.

Los datos obtenidos en este análisis se ordenaron en sus grupos correspondientes y se realizó el análisis estadístico.

3.8.4. Correlación entre variación de tronco y duración de ojos quietos

Con los valores obtenidos para la duración del periodo de ojos quietos y el coeficiente de variación de la posición angular de tronco se calculó el coeficiente de correlación de Spearman usando el software GraphPad Prism 6.0.

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum D^2}{N(N^2 - 1)}$$

En la fórmula D representa la diferencia entre rangos de las variables de cada muestra y N corresponde al número de elementos en la muestra.

Capítulo 4. Resultados

4.1. Asignación por grupos

Se llevaron a cabo mediciones en 16 sujetos previa aceptación de la carta de consentimiento informado, de éstos se excluyeron los registros de 8 participantes por no cumplir con los criterios mínimos de calidad en los registros expuestos en los aspectos metodológicos de este estudio.

La muestra final utilizada fue de 8 sujetos, los que se dividieron en dos grupos de acuerdo al nivel de experiencia y rendimiento en el pre-test realizado. De esta forma los grupos se conformaron por cuatro sujetos en el grupo expertos y cuatro sujetos en el grupo novatos.

A los datos obtenidos para cada variable se les aplicó la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov con la modificación de Lilliefors. Posteriormente se realizó la comparación por grupos usando las pruebas correspondientes para cada variable según su distribución.

Los resultados obtenidos en el pre-test muestran en los expertos un porcentaje de efectividad de 80% (D.E. = 8.165) y en los sujetos novatos un porcentaje de efectividad de 20% (D.E. = 11.55), de esta forma se corrobora la asignación de los sujetos en sus respectivos grupos. Para comprobar la diferencia entre grupos se realizó una prueba de contraste T-student para muestras independientes después de la prueba de normalidad donde se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.0143$).

Los datos de cada sujeto se presentan en la Tabla 1.

4.2. Desempeño

Al compararse el desempeño de ambos grupos se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.0159$) entre el grupo expertos (media = 62.75%, D.E. = 14.1%) versus el desempeño del grupo novatos (media = 40.75%, D.E. = 14.91%).

Tabla 1

Datos de los participantes

	Edad (años)	Peso (Kg)	Talla (Mts)	Años de experiencia	Hrs/semana de práctica	Pre-test	Prueba
Novatos							
1	24	66	1.74	0	0	0.1	0.2
2	23	82	1.88	0	0	0.3	0.4
3	20	64	1.75	0	0	0.1	0.5
4	24	77	1.76	0	0	0.3	0.53
Expertos							
1	22	73	1.78	10	4	0.8	0.47
2	23	84	1.86	9	6	0.7	0.57
3	23	72.5	1.77	10	10	0.8	0.67
4	23	70	1.74	10	10	0.9	0.80

Información de los participantes asignados a cada grupo. La columna pre-test indica el porcentaje de cierto antes de la prueba usado para la asignación a cada grupo. La columna prueba indica el porcentaje de acierto en la realización de la prueba.

Se realizó una prueba T-student para datos pareados con el fin de comparar el desempeño de los sujetos en el pre-test y su rendimiento durante la prueba. Los resultados obtenidos no muestran diferencias estadísticamente significativas para ninguno de los dos grupos ($p = 0.0571$).

4.3. Duración de las etapas de lanzamiento

Para la duración de las etapas de lanzamiento se obtuvo una distribución no paramétrica de los datos agrupados de todos los sujetos de cada grupo, posteriormente se contrastaron los datos de los grupos novatos y expertos con la prueba de Mann Withney U.

En la etapa de preparación los sujetos del grupo expertos presentaron una duración media de 550 ms (D.E. = 483 ms) y los sujetos novatos una duración media de 279 ms (D.E. = 130 ms), los datos de ambos grupos presentan una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.0004$).

En la etapa de pre-lanzamiento los sujetos del grupo expertos tuvieron una duración media de 735 ms (D.E. = 110 ms), siendo menor que la de los sujetos del grupo novatos que presentaron una duración media de 938 ms (D.E. = 288 ms), esta diferencia presenta un p value < 0.0001 por lo tanto es estadísticamente significativa.

En la etapa de lanzamiento los sujetos del grupo expertos presentan una duración media de 201 ms (D.E. = 32 ms) y los sujetos del grupo novatos una duración media de 282 ms (D.E. = 37 ms), en esta etapa no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

En la etapa de seguimiento los sujetos del grupo expertos presentaron una duración media de 1087 ms (D.E. = 154 ms) y los sujetos del grupo novatos presentaron una duración media de 965 ms (D.E. = 155 ms), siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.0008$).

Al comparar la duración total del lanzamiento se encuentran diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.003$), presentando los sujetos del grupo expertos una duración media de 2453 ms (D.E. = 484 ms) y los sujetos del grupo novatos una duración media de 2589 ms (D.E. = 367 ms). Estos resultados son graficados en la figura 1.

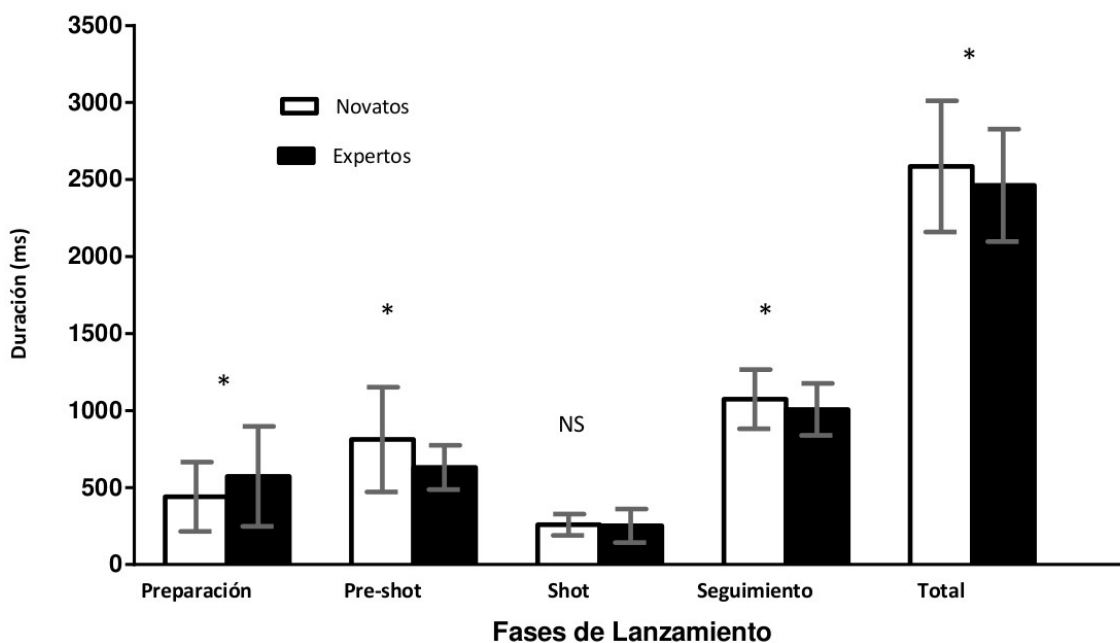


Figura 1. Duración de las etapas de lanzamiento. En este gráfico se compara la duración de las etapas de lanzamiento para ambos grupos usando la media y su desviación estándar. Solo en la etapa de lanzamiento no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

4.4. Frecuencia de fijaciones

Se calculó la frecuencia de fijaciones para cada lanzamiento como el cociente entre el número de fijaciones realizadas durante el lanzamiento y el tiempo total del mismo.

Para los grupos novatos y expertos se obtuvo una distribución no paramétrica para el total de datos de los sujetos de cada grupo. Posterior a la prueba de normalidad se aplicó la prueba de Mann Withney U para variables no paramétricas, con un nivel de significancia fijado en $p < 0.05$.

De acuerdo a los resultados obtenidos el grupo expertos muestra una frecuencia de fijaciones (número de movimientos oculares por segundo) con una mediana de 1.589 (RIC = 0.90) lo que es mayor que la frecuencia mostrada por el grupo Novatos, el que tiene una mediana de 1.446 (RIC = 0.59). La diferencia entre ambos grupos es estadísticamente significativa ($p = 0.0396$). Estos resultados se grafican en la figura 2.

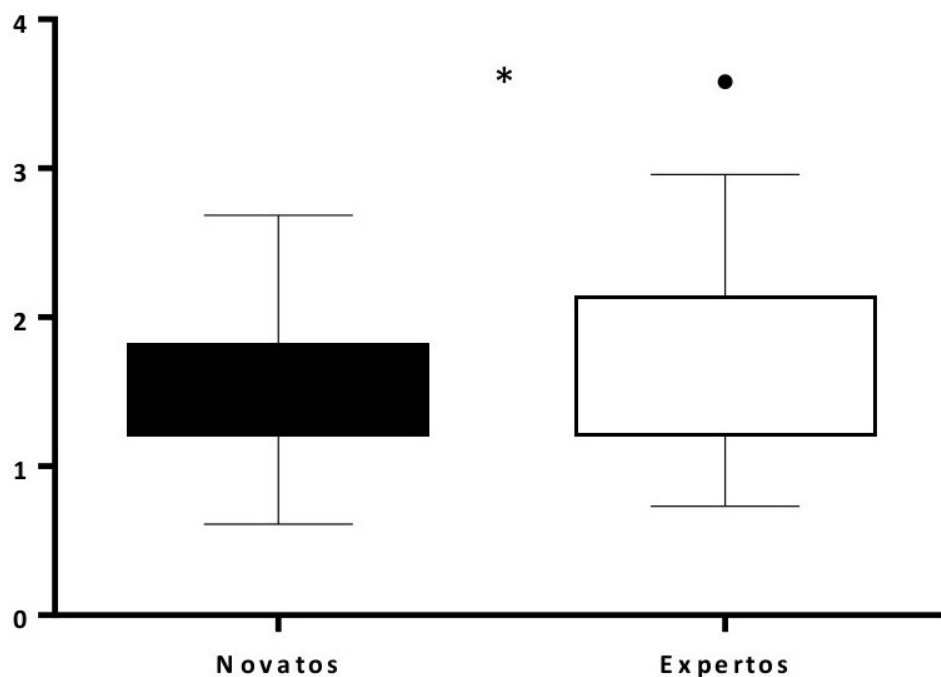


Figura 2. Frecuencia de fijaciones. El gráfico muestra en el eje Y la frecuencia de fijaciones usando la mediana y su rango intercuartil (RIC) para cada grupo encontrándose diferencias estadísticamente significativas. Se muestra además la presencia de un outlayer en el grupo expertos.

4.5. Duración del periodo ojos quietos

Para ambos grupos se obtuvo una distribución no paramétrica para el total de datos de los sujetos de cada grupo. Al este resultado se le aplicó la prueba de Mann Withney U para variables no paramétricas con un nivel de significancia fijado en $p < 0.05$.

La diferencia en la duración del periodo de ojos quietos entre ambos grupos muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.264$). La duración del periodo de ojos quietos en el grupo Expertos muestra una mediana de 1.13 s (RIC = 0.49) y para el grupo Novatos la mediana es de 1.23 s (RIC = 0.66). Estos resultados se exponen en la figura 3.

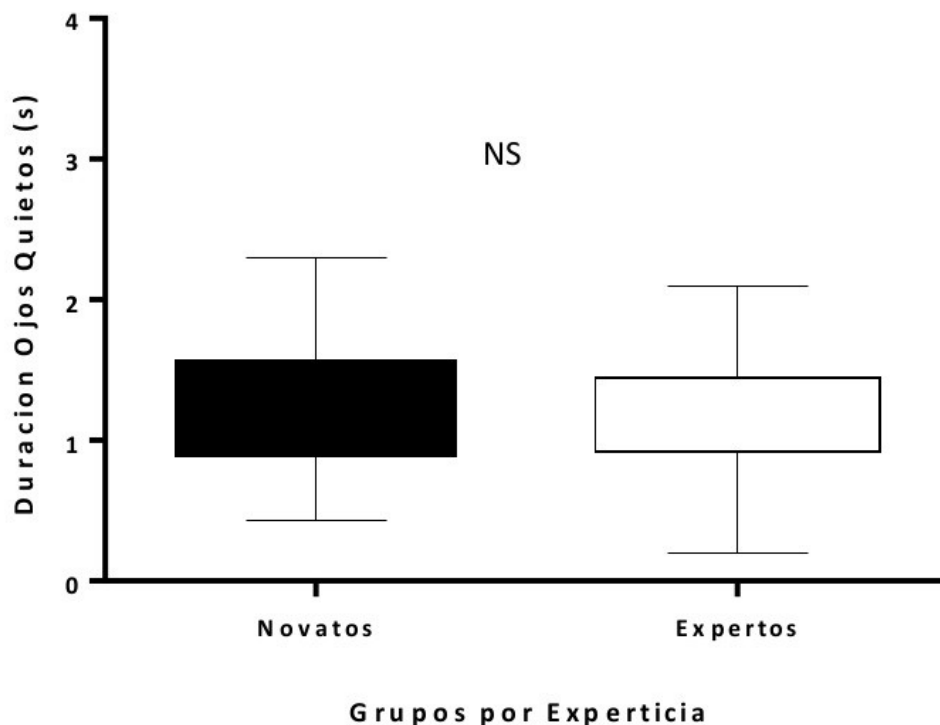


Figura 3. Duración del periodo de ojos quietos. El gráfico muestra la duración del periodo de ojos quietos usando la mediana y el RIC para cada grupo. En este periodo no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

4.6. Comparación de la inclinación de tronco

Para la comparación en la inclinación de tronco se obtuvo la mediana de la posición de tronco para el total de los datos de los sujetos de cada grupo. Para este conjunto de datos se obtuvo una distribución no paramétrica en ambos grupos. Posteriormente se aplicó la prueba de Mann Withney U para variables con un nivel de significancia fijado en $p < 0.05$.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ($p < 0.0001$). En la figura 4 se muestran de manera descriptiva los datos correspondientes a la mediana de la posición de tronco para el total de sujetos en cada grupo en los 50 cuadros resultantes de la estandarización de la etapa de lanzamiento.

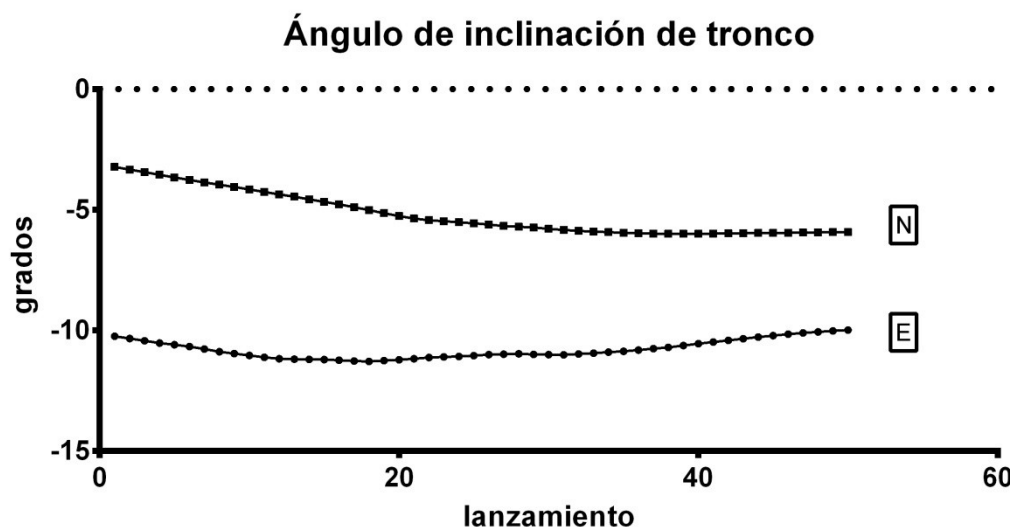


Figura 4. En el gráfico se muestra la variación de la posición de tronco de los sujetos. El eje Y contiene los valores en grados con respecto a la vertical. El eje X contiene la etapa de lanzamiento estandarizada en 50 partes.

N= datos grupo novatos. E= datos grupo expertos.

Además de la posición, se obtuvo el coeficiente de variación del ángulo de tronco para cada grupo durante la etapa de lanzamiento. Para este análisis se obtuvo en primer lugar el coeficiente de variación de la posición de tronco para cada lanzamiento de todos los sujetos de cada grupo, posteriormente se obtuvo en ambos grupos la mediana de los coeficientes de variación resultantes y su rango intercuartil para el total de los sujetos de cada grupo. El grupo expertos presentó un coeficiente de variación de 4.805 con un RIC = 4.905. En el grupo novatos se obtuvo un coeficiente de variación de 14.23 con un RIC = 18.06. Estos datos se grafican en la figura 5

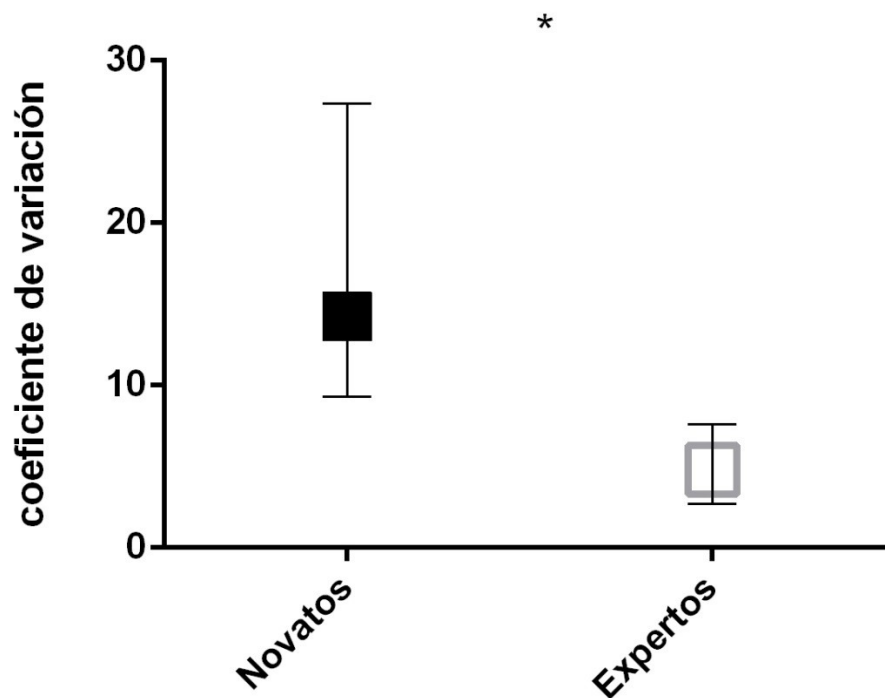


Figura 5. En el gráfico se presenta la mediana del coeficiente de variación con su RIC correspondiente para cada grupo. Se muestra además que se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos con un $p < 0.0001$. * = diferencia estadísticamente significativa.

4.7. Correlación entre inclinación de tronco y duración del periodo de ojos quietos

Para realizar la correlación entre los datos visuales y el coeficiente de variación del ángulo de verticalidad de tronco se tomaron los valores del periodo de ojos quietos y el coeficiente de variación correspondiente de cada lanzamiento para cada uno de los sujetos de ambos grupos. Además se obtuvo la mediana de estos datos en ambos grupos. Para realizar una asociación entre estos conjuntos de datos se calculó el coeficiente de correlación de Spearman con un nivel de significancia fijado en $p < 0.05$.

Los datos obtenidos para cada sujeto se presentan en la Tabla 3. De acuerdo a los resultados no hay correlación entre la duración del periodo de ojos quietos y el coeficiente de variación

del ángulo de inclinación de tronco ya que no se encontraron valores estadísticamente significativos. Los sujetos de ambos grupos presentaron un coeficiente de relación de Spearman con un $p > 0.05$.

Tabla 3

Coeficiente de correlación de Spearman

Novatos		Expertos	
	r		r
1	0.2595	1	0.08318
2	0.02641	2	0.3435
3	0.1931	3	0.1643
4	0.1576	4	0.1963

En la presente tabla se exponen los valores obtenidos de la correlación entre la duración del periodo de ojos quietos y el coeficiente de variación de la posición de tronco para cada sujeto.

En las figuras 6 y 7 se grafican los resultados del coeficiente de correlación de Spearman entre los datos de duración del periodo de ojos quietos y el coeficiente de variación de la posición de tronco de forma separada para cada sujeto.

Al realizar la correlación de forma grupal se obtuvo para el grupo expertos un coeficiente de Spearman con un valor $r = -0.03949$ con un $p = 0.6711$. Para el grupo novatos se obtuvo un $r = 0.2863$ con un $p = 0.0025$. Estos resultados se grafican en las figuras 8 y 9.

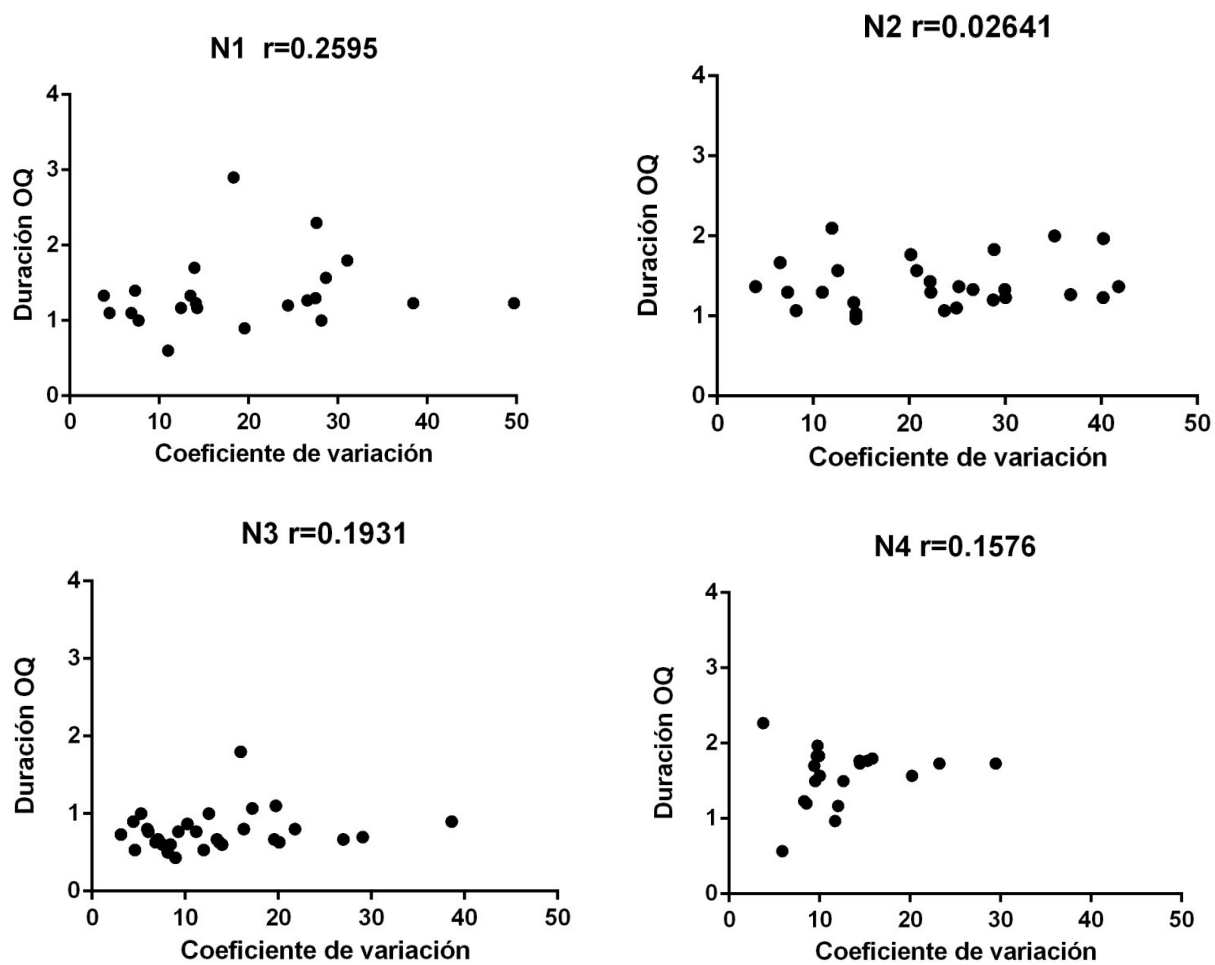


Figura 6. Los gráficos muestran la distribución de los valores de cada lanzamiento y su respectivo coeficiente Spearman. N1-N4: novato 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

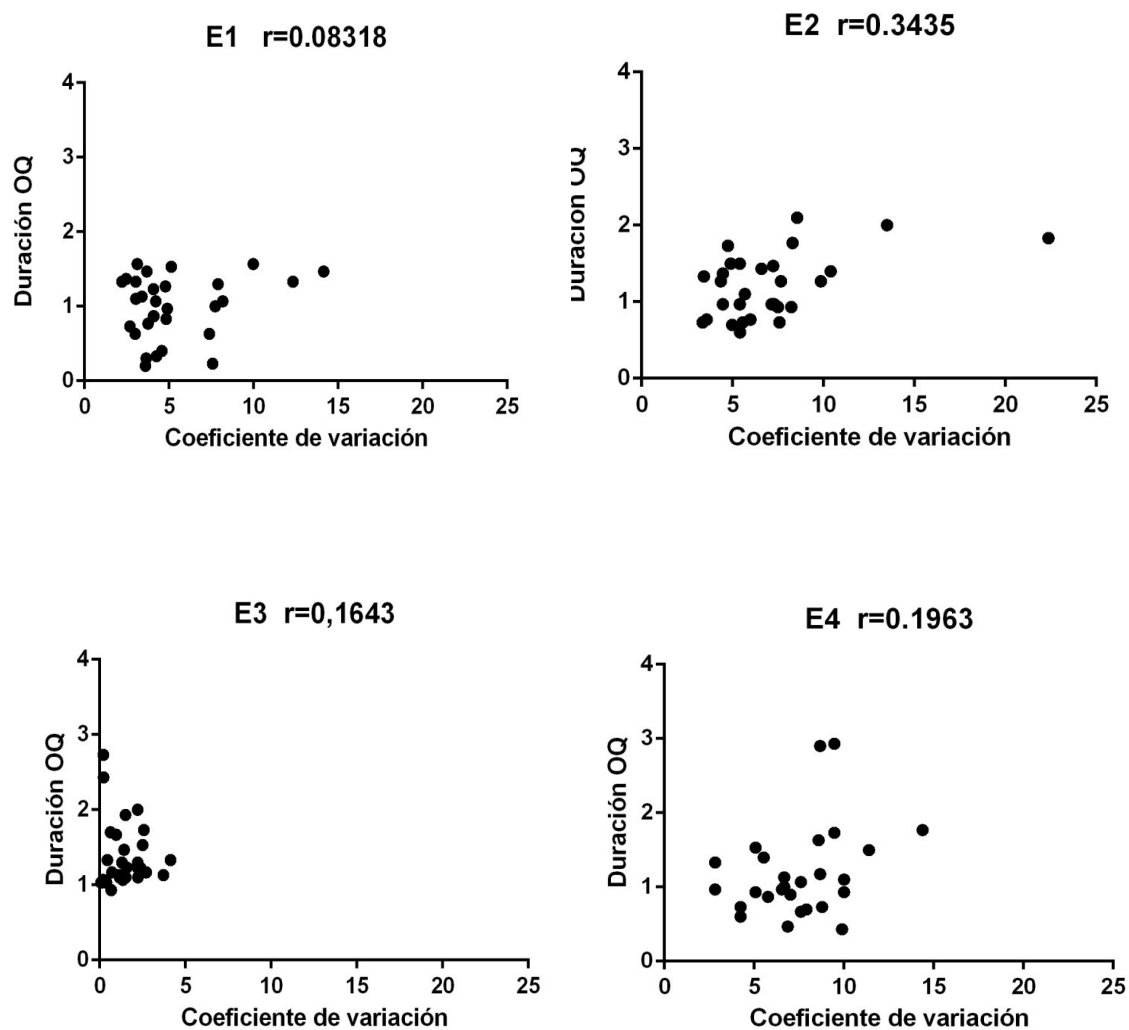


Figura 7. Los gráficos muestran la distribución de los valores de cada lanzamiento y su respectivo coeficiente Spearman. E1-E4: experto 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

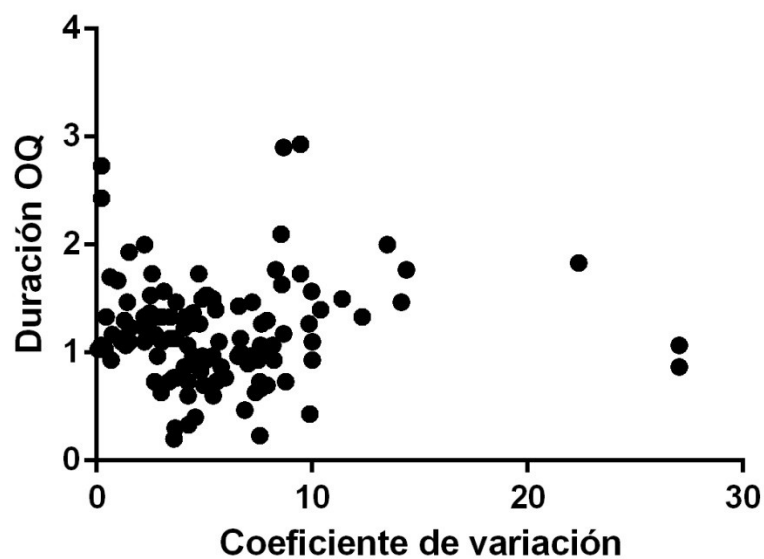


Figura 8. En el gráfico se muestran los valores para el total de lanzamientos del grupo experto. El grupo presentó un $r = -0.03949$ con un $p = 0.6711$.

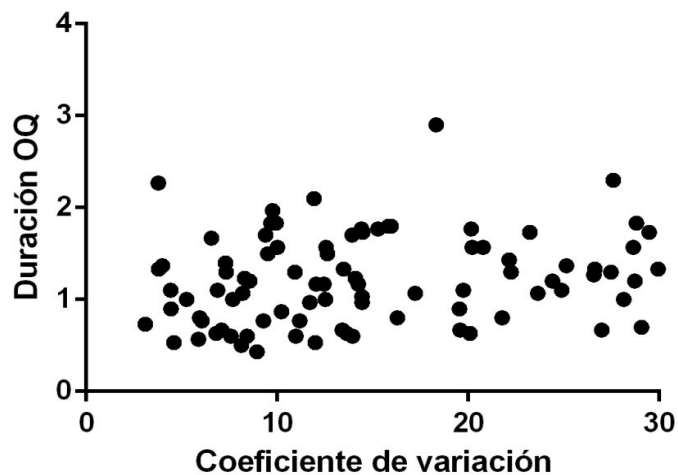


Figura 9. El gráfico muestra los valores para el total de lanzamientos del grupo novatos. El grupo presentó un $r = 0.2863$ con un $p = 0.0025$.

Capítulo 5. Discusión

El estudio del desempeño en tareas complejas ha sido realizado desde diversos puntos de vista, abarcando desde las capacidades perceptuales, la toma de decisiones, hasta la ejecución misma de la tarea y la evaluación de su desempeño motor. En la presente investigación se enfatiza en estos tres aspectos, considerando que la ejecución de una tarea involucra procesos complejos que requieren que el sistema tenga control sobre variables de influencia en la misma, como se ha mencionado antes, éstas pueden ser propias del sujeto, del ambiente o de la tarea.

De esta forma, al evaluar a sujetos con distinto nivel de experiencia en la práctica de un deporte, podemos esperar que presenten un rendimiento diferente de acuerdo al nivel de habilidad alcanzado por ellos. De acuerdo a lo planteado anteriormente, la práctica constante permitirá a los sujetos el desarrollo de una estrategia perceptuo-motora optimizada de acuerdo al objetivo de la tarea. Considerando esta diferencia en la estrategia perceptuo-motora entre los sujetos, nuestra hipótesis plantea que las diferencias en dicha estrategia estarán reflejadas en una menor duración de fijaciones visuales y una mayor variabilidad en la posición de tronco por parte de los sujetos del grupo novatos. Con los resultados obtenidos en esta investigación hemos podido demostrar solo de forma parcial lo expuesto anteriormente, por lo tanto, al no haber obtenido resultados que nos permitan comprobar completamente lo esperado para las variables de interés planteadas, debemos rechazar nuestra hipótesis.

5.1. Desempeño

Al evaluar el desempeño de los sujetos encontramos diferencias significativas entre ambos grupos, es decir, los sujetos presentaron un comportamiento diferente de acuerdo a su nivel de experiencia. Por otra parte, en ambos grupos el rendimiento varió muy poco al realizar la prueba, lo que nos muestra que la ejecución de esta tarea no tuvo mayor impacto en su nivel de habilidad. En el caso del grupo novatos la variación de rendimiento fue un pequeño aumento,

por tanto es posible asociar esta mejoría a una ejecución más consistente entre cada lanzamiento. Podríamos inferir que esta mejora está dando cuenta de un grado de aprendizaje en los sujetos novatos a medida realizaban la tarea, sin embargo, al ser este un estudio de corte transversal no cuenta con un seguimiento de los sujetos que permita determinar si este cambio se mantuvo en el tiempo. Esta interpretación es apoyada por el hecho de que no existen diferencias estadísticamente significativas entre el rendimiento de los sujetos en el pre-test y la prueba.

La variación encontrada en el grupo expertos fue una leve disminución del rendimiento en la tarea con respecto al pre-test. Esta diferencia tampoco demostró ser estadísticamente significativa. En el caso de los sujetos expertos es de esperar que al haber logrado un mayor nivel de habilidad en el lanzamiento libre de básquetbol la realización de la tarea bajo las condiciones de este estudio no tenga gran influencia en su rendimiento. Sin embargo, a pesar que la implementación de los bioinstrumentos fue realizada previendo no entorpecer los movimientos de los sujetos es posible que haya tenido un grado de influencia en la variación del desempeño de los sujetos.

5.2. Duración de las etapas de lanzamiento

En el caso de la duración de las etapas de lanzamiento hemos encontrado diferencias estadísticamente significativas en las etapas de preparación, pre-lanzamiento y seguimiento, no así en el caso de la etapa de lanzamiento. Al hacer un análisis por etapas encontramos que en la etapa de pre-lanzamiento los sujetos novatos demoraron más que los expertos (938 ms y 735 ms respectivamente), de este comportamiento podemos inferir hechos asociados al nivel de experiencia, por ejemplo, que los sujetos novatos requieren un mayor tiempo antes del lanzamiento del balón, siendo la etapa posterior la que en este caso consiste en el momento crítico de la tarea en cuestión, para en primer lugar estabilizar su postura, y también asegurarse de obtener información relevante del ambiente. Sin embargo, esto no se confirma con los datos encontrados con respecto a la posición de tronco, lo cual se discutirá más adelante, así como tampoco es consistente con los hallazgos en conducta visual.

La etapa de lanzamiento fue considerada como la de mayor relevancia para los análisis realizados, por lo que los resultados obtenidos para la posición de tronco corresponden solamente a este periodo, debido a que la frecuencia de fijaciones y duración del periodo de ojos quietos fueron expresadas en función del tiempo medido en segundos, ambas variables incluyen datos obtenidos de más de una etapa. A pesar de ser la etapa de lanzamiento el periodo crítico dentro de la ejecución de la tarea, no encontramos diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos, por otra parte en la literatura no ha sido descrito que una mayor o menor duración de esta etapa en particular sea de relevancia en el rendimiento de sujetos con distinto nivel de experiencia.

5.3. Conducta visual

La idea de que el rendimiento en tareas de alta precisión, particularmente aquellas que involucran la capacidad perceptual y el manejo de la información adquirida para la ejecución de un acto motor tiene una relación de gran importancia ha sido evidenciada por diversos autores (Land 2003, Hayhoe 2009, Vickers 1996). En nuestro estudio nos hemos centrado en dos características de la conducta visual de los sujetos: la frecuencia de fijaciones visuales y la duración del periodo de ojos quietos que se define como la última fijación antes del inicio de la extensión de codo durante el lanzamiento (Vickers, 1996).

Para la frecuencia de fijaciones hemos encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, siendo esta mayor en el grupo expertos. De acuerdo a lo planteado en la literatura era de esperar que los sujetos expertos mantuvieran fijaciones de mayor duración, de esta forma podemos cuestionarnos si una mayor frecuencia involucra que estas fijaciones fuesen más breves, sin embargo, al asociar estos datos con la duración del periodo de ojos quietos, encontramos que éste no demostró diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos, siendo incluso levemente mayor en el grupo novatos (1.23 s) que en el grupo expertos (1.13 s) lo que contradice lo esperado. Una posible explicación para esto podría ser que los sujetos novatos hayan tenido concientemente el cuidado de mantener la mirada fija con la intención de realizar la tarea lo mejor posible, lo que

condicionaría los resultados.

Por otra parte, a pesar que en el grupo expertos se encontró una mayor frecuencia de fijaciones esto no es necesariamente reflejo de inestabilidad en la capacidad perceptual como podría suponerse, si consideramos que una mayor frecuencia involucra un mayor número de fijaciones visuales durante el tiempo total del lanzamiento, podemos inferir que durante la ejecución de la tarea los sujetos mantuvieron la mirada estable sobre un punto de interés por un periodo de tiempo mayor al haber realizado un mayor número de fijaciones. Además debemos tener en cuenta la importancia que se le ha otorgado en particular a las fijaciones como mecanismo de obtención de información relevante del ambiente (Williams y Ericsson 2005), asumiendo esto podemos suponer que los sujetos expertos mantuvieron la mirada fija sobre puntos de interés relevantes para la tarea, sin embargo la posición de las fijaciones en el ambiente no fue un dato incluido en el presente estudio. A pesar de no haber determinado la posición de la fijación durante el periodo de ojos quietos, coincidimos con lo propuesto en la literatura en relación al rol de esta fijación visual en la obtención de información que participa en ambos tipos de modelos de control del movimiento, el control en línea y la preprogramación, ya que los sujetos han demostrado mantener esta fijación de la mirada desde antes del inicio del lanzamiento, lo que da cuenta de su rol en la estabilización postural y la planificación del movimiento, y durante y posteriormente al mismo, lo que sugiere que la información visual aportada durante esta etapa puede ser útil para el control del movimiento durante la tarea.

En cuanto al contexto en que se desarrolla la tarea, podemos preguntarnos si efectivamente estos resultados se mantendrían en un contexto competitivo, ya que el distinto nivel de experiencia de los sujetos tendría un papel fundamental al estar bajo presión. Así mismo, es de esperar que los sujetos recurran a movimientos preprogramados, con una posibilidad aún cuestionable de realizar adaptaciones de forma reactiva al ejecutar la tarea en ambientes dinámicos, esto debido a que el sistema nervioso presenta un retardo de 130 ms (Kistemaker et al. 2006) en la conducción de información lo que pone en duda la capacidad de realizar ajustes al movimiento que se ejecuta en un espacio temporal tan breve como el del lanzamiento de básquetbol.

5.4. Estabilidad de tronco

Así como las fijaciones visuales han sido descritas por su importancia en la obtención de información del ambiente, la estabilidad en la postura de tronco se plantea como un factor de gran relevancia asociado tanto a procesos perceptuales como a la ejecución de actos motores.

En el caso de la posición de tronco ambos grupos presentaron un comportamiento muy diferente. El grupo novato a pesar de haber mostrado una posición más cercana a la vertical tuvo un coeficiente de variación mucho mayor, con una diferencia estadísticamente significativa, que el grupo expertos (14.23 y 4.805 respectivamente). Estos resultados señalan que los sujetos más experimentados son capaces de mantener una postura más estable durante la ejecución de la tarea, lo que ha sido asociado por una parte a una mayor capacidad para obtener información del ambiente, Droulez describe una relación entre la postura de tronco y la conducta visual (Droulez et al. 1985), así mismo se ha descrito la postura de tronco como un factor relevante para realizar tareas con las extremidades, ya que al mantener un tronco estable se da paso a una mejor funcionalidad hacia distal, situación relevante por ejemplo en el caso de tareas de manipulación de objetos, en donde el sujeto debe captar información del ambiente y ejecutar los movimientos necesarios para completar la tarea que se le presente, esta conducta perceptivo-motora (en este ejemplo podemos mencionar la coordinación ojo-mano) adquiere gran importancia en el contexto de la rehabilitación motriz de pacientes con alteraciones en la funcionalidad de las extremidades.

Por otra parte, los resultados obtenidos en el presente estudio no se condicen con lo propuesto en la literatura acerca de la relación entre postura de tronco y conducta visual, ya que era de esperar que hubiera una alta correlación entre los datos obtenidos para ambas variables, sin embargo, no se obtuvieron coeficientes de correlación que así lo indiquen. Una posible causa para esto es que a pesar de que la variación de la posición de tronco fue considerablemente diferente entre grupos la duración del periodo de ojos quietos no lo fue, lo que no permite confirmar una relación directa entre una mayor estabilidad postural y una mayor duración en la fijación visual. A esto debemos agregar el reducido tamaño muestral, lo que nos dificulta obtener datos representativos de la población en general.

Proyectando los alcances de esta investigación, estamos en condiciones de comentar que este tipo de estudios resultan de gran utilidad tanto en el contexto de la rehabilitación motora, como se mencionó anteriormente, así como también en la práctica deportiva, ya que al ser posible identificar las variables de mayor influencia dentro de las estrategias perceptivo-motoras utilizadas por sujetos que han realizado una práctica constante de algún deporte, en este caso básquetbol, es posible construir planes de entrenamiento que optimicen el proceso de aprendizaje en sujetos que se encuentren en etapas novicias en esta u otras disciplinas. De esta forma usando planes que incluyan, por ejemplo, referencias con respecto a la posición de tronco para favorecer la mantención de una postura estable sería posible facilitar la adquisición de estrategias perceptivo-motoras de mayor complejidad de una forma más expedita.

Capítulo 6. Conclusión

La presente investigación ha tenido como objetivo comparar las estrategias perceptuo-motoras empleadas por sujetos con distinto nivel de experiencia en la práctica de básquetbol, de esta forma nos fue posible analizar las estrategias presentadas por cada grupo e identificar en qué se diferencian entre ellos. Al realizar este proceso hemos comprobado la diferencia de habilidad entre los sujetos cuantificando los resultados obtenidos de su rendimiento al realizar la tarea, esto nos sugiere que los resultados que se obtuvieron para las variables de interés manifiestan un comportamiento asociado al nivel de habilidad de los sujetos y no a la implementación de los bioinstrumentos, ni a al ambiente experimental.

La conducta manifestada por los sujetos nos sugiere que existe una diferencia en su capacidad para mantener una postura estable durante la ejecución del lanzamiento. Esta posición de tronco mantenida con menor variabilidad por los sujetos más experimentados sería un punto clave en su desempeño, ya que como hemos planteado, un tronco estable es la base que permite mayores grados de libertad tanto en el movimiento de las extremidades como en la conducta visual, favoreciendo el desarrollo de una estrategia perceptivo-motora que incluya un mayor grado de complejidad en sus variantes. Este alto grado de optimización habrá sido logrado por lo sujetos mediante los procesos de aprendizaje descritos previamente. De esta forma nuestra investigación concuerda con lo planteado en la definición actual del aprendizaje motor y perceptual.

Por otra parte, a pesar de haber obtenido resultados satisfactorios en cuanto a la conducta motora, la duración del periodo de ojos quietos ha entregado valores que no concuerdan con lo esperado. Debido al bajo tamaño de la muestra incluida en esta investigación debemos considerar que esto podría influenciar los resultados obtenidos, haciendo difícil conseguir datos que sean representativos de la población general.

Por último, el control adecuado de la postura ha demostrado ser de gran importancia no solo en el contexto deportivo, pudiendo ser usada por ejemplo en el desarrollo de planes de entrenamiento que faciliten el proceso de aprendizaje o perfeccionamiento de una técnica en particular en deportistas de acuerdo a su nivel de habilidad. También esta información puede

ser utilizada en situaciones de navegación espacial, en donde el sujeto debe tomar constantemente decisiones que involucran mantener el control del desplazamiento corporal basándose en la información adquirida del ambiente. Así mismo, en el campo de la rehabilitación motora los planes de reeducación en pacientes con alteraciones en el control motor ya sea de tronco y extremidades, o solo de extremidades pueden incluir elementos facilitadores en el proceso de readquisición de habilidades que permitan el desarrollo de actividades de la vida diaria básicas e instrumentales, como por ejemplo la manipulación de objetos, basándose en la reeducación del control postural de tronco, lo que entrega una base estable permitiendo mayor funcionalidad de extremidades superiores.

Capítulo 7. Bibliografía

Babcock, J S. Pelz J B. (2004). Building a lightweight eyetracking headgear. *Rochester Institute of Technology*.

De Oliveira, R., Huys, R., Oudejans, R., Van de langerberg, R., Beek, P., (2007). Basketball Jump Shooting is controlled online by vision. *Experimental Psychology*, 54, 180-186.

Droulez J. (1985) Neurosensory processing of moving images. *Biol. Cybernet.* *In press*.

Droulez J., Berthoz A. and Vidal p. p. (1985) Use and limits of visual vestibular interaction in the control of posture. In Vestibular and Visual Control on Posture and Locomotion Equilibrium (Edited by Igarashi and Black), *Karger. Basel* pp. 11-21.

Kendal ER, Schwartz JH, Jessel TM (2001). Principios de neurociencia. Madrid: *Mc Graw-Hill-Interamericana*,

.

Kheradmand, A. Zee, D S. (2011). Cerebellum and ocular motor control. *Frontiers in Neurology*, September 2011, Volume 2, Article 53.

Land M. F and Mcleod P (2000). From eye movements to actions: how batsmen hit the ball. *Nature neuroscience* 12, 1340-45

H. okubo & M. Hubbard. (2006) Dynamics of the basketball shot with application to the free throw. *Journal of Sport Sciences*, december; 24(12): 1303-1314.

Hayhoe, M., McKinney, T., (2011). Predictive eye movements in natural vision. *Exp Brain Res*.

Mann D. and Coombes S (2011). Quiet eye and the Bereitschaftspotential: visuomotor Mechanisms of expert motor performance. *Journal Cognitive Process* 12:223–234

Pailiard J. (1991) Motor and representational framing of space. In: Pailiard J ed. *Brain and space*. Oxford: Oxford University Press, 1991; 163-182

Rojas, F J. Sánchez, A. Cepero, M. Soto V M. Gutiérrez, M. (2000). Diferencias biomecánicas entre jugadores principiantes y de alto rendimiento en el lanzamiento en salto en baloncesto. *Biomecánica*, 8 (1), 2000, pp. 3-14

Shebilske, W.L. & Proffitt, D.R. (1983). Paradoxical retinal motion during head movements: apparent motion without equivalent apparent displacement. *Perception & Psychophysics*, 34,476-481.

Shumway-Cook A, Woollacott (1994) M. Motor control. Theory and practical applications. *Willians and Wilkins*.

Thorstensson A, Nilsson J, Carlson H, Zomlefer MR. Trunk movements in human locomotion. *Acta Physiol Scand*. 1984;121:9-22.

Todorov, E. (2004). Optimality principles in sensorimotor control. *Nature Neuroscience*, Volume 7, Number 9, September 2004.

Tong, C. Flanagan, J. (2003). Task-Specific internal models for kinematic transformations. *Journal of neurophysiology*, Volumen 90, August 2003.

Tran CM, Silverberg LM. (2008). Optimal release conditions for the free throw in men's basketball. *Journal of Sport Sciences*. Sep;26(11):1147-55. doi: 10.1080/02640410802004948.

Vickers, J. (1996a). Visual control when aiming at a far target. *Journal of Experimental*

Psychology 22, 342–354.

Vickers JN (1996b) Control of visual attention during the basketball free throw. *Am J Sports Med* 24(6):S93–S96

Winter DA, Ruder GK, MacKinnon CD. Control of balance of upper body during gait. In: *Winters JM, Woo S, Leds. Multiple Muscle Systems. New York, NY: Springer- Verlag; 1990:535-541.*

Wolpert, D M, & Ghahramani, Z. (2000). Computational principles of movement neuroscience. *Nature neuroscience*, 3 Suppl (november), 1212-7.

Wolpert, D M, Diedrichsen J and Flanagan R. (2011). Principles of sensorimotor learning. *Nature Reviews Neuroscience*. 1-13.