



Universidad de Valladolid



Facultad  
de Fisioterapia  
de Soria

## **FACULTAD DE FISIOTERAPIA**

Grado en Fisioterapia

### **TRABAJO FIN DE GRADO**

# Beneficios del Taekwondo para la mejora del equilibrio en niños con Trastorno de Desarrollo de la Coordinación

Presentado por Manuel Santos Bermejo

En Soria a 20/7/16

## **INDICE DE ABREVIATURAS**

AAP: asociación americana de pediatría  
AVD: actividades de la vida diaria  
CG: centro de gravedad  
CM: centro de masa  
CO-OP: cognitive orientation to daily occupational performance  
CP: centro de presión  
DSM: diagnostic and statistical manual of mental disorders  
MAB-C: movement assessment battery for children  
NNT: neruomotor task training  
PDC: posturografía dinámica computerizada  
PE: puntuación de equilibrio  
SA: superficie de apoyo  
SNC: sistema nervioso central  
TCM: test de control motor  
TDAH: trastorno de déficit de atención e hiperactividad  
TDC: trastorno de desarrollo de la coordinación  
TEU: test de estabilidad unilateral  
TKD: taekwondo  
TOS: test de organización sensorial

## INDICE

RESUMEN .....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	3
1.1. El control postural y el equilibrio .....	3
1.1.1. Definición de control postural y equilibrio .....	3
1.1.2. Funcionamiento del control postural .....	5
1.1.3. Maduración del control postural .....	7
1.1.4. Herramientas de evaluación .....	8
1.2. Trastorno de desarrollo de la coordinación .....	10
1.2.1. Definición del trastorno de desarrollo de la coordinación .....	10
1.2.2. Etiología .....	11
1.2.3. Prevalencia del TDC .....	13
1.2.4. Subtipos y comorbilidades .....	13
1.2.5. Manifestaciones clínicas .....	15
1.2.6. Herramientas de detección y diagnóstico .....	17
1.2.7. Tratamiento del TDC .....	18
1.2.8. Deportes aplicados al TDC .....	19
1.3. Las artes marciales y el Taekwondo .....	20
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS .....	21
2.1. Justificación .....	21
2.2. Objetivos .....	21
3. METODOLOGÍA DEL TRABAJO .....	22
3.1. Diseño .....	22
3.2. Bases de datos, revistas y buscadores utilizados .....	22
3.3. Limitadores de la búsqueda .....	22
3.4. Criterios de búsqueda .....	23
3.5. Búsqueda .....	23
4. RESULTADOS .....	25
5. DISCUSIÓN .....	28
5.1. El taekwondo en el equilibrio, la organización sensorial y conexiones neuronales .....	28
5.2. El taekwondo como intervención en niños con TDC .....	32
6. CONCLUSIONES .....	35
7. BIBLIOGRAFÍA .....	36
8. ANEXOS .....	41

## **RESUMEN**

El trastorno de desarrollo de la coordinación (TDC) es un problema evolutivo en el que se manifiestan pérdidas del control postural y del equilibrio en una gran mayoría de los casos, y que afecta a un 6% por ciento de niños en edad escolar aproximadamente. Se sabe que, de no ser tratado en la infancia, este tipo de carencias pueden arrastrarse a la vida adulta. La actividad deportiva, y en concreto, las artes marciales como el taekwondo (TKD), pueden servir como tratamiento alternativo para mejorar el equilibrio y la integración sensorial en esta población. La siguiente revisión bibliográfica trata de recopilar todos los estudios que hablen sobre los posibles beneficios del taekwondo como abordaje para tratar los déficits posturales de esta población. Para ello, se ha realizado una búsqueda en las principales bases de datos y buscadores online como Medline y PubMed. El análisis del conjunto de los estudios seleccionados, demuestra que el taekwondo puede ser beneficioso para mejorar el equilibrio y control postural en diferentes poblaciones, y en concreto, en niños que padecen este trastorno evolutivo de la coordinación.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. El control postural y el equilibrio

### 1.1.1. Definición de control postural y equilibrio

El control postural emerge de la interacción de los sistemas neurales y musculo-esqueléticos, a la hora de realizar una tarea. Esta interacción de los sistemas de control postural nace a partir de la interacción de la persona con el entorno para realizar un determinado trabajo, que requiere de unas demandas posturales inherentes. Estas acciones son necesarias para mantener una correcta estabilidad y orientación en el espacio. Así, el control postural es la suma de: la orientación postural, definida como la capacidad de mantener una relación apropiada entre los segmentos corporales y el propio individuo y el espacio que le rodea; y de la estabilidad postural o equilibrio<sup>1</sup>.

Para conocer el significado de la estabilidad postural o equilibrio, es necesario familiarizarse con ciertos términos<sup>1</sup>:

- La superficie de apoyo (SA) o “base of support” (BOS): es la superficie de contacto del cuerpo con la superficie en la que se esté apoyado.
- El centro de masa (CM) o “center of mass” (COM): es el punto resultante de la media de todas las fuerzas de los distintos segmentos corporales.
- El centro de gravedad (CG) o “center of gravity” (COG): es la proyección vertical del CM.

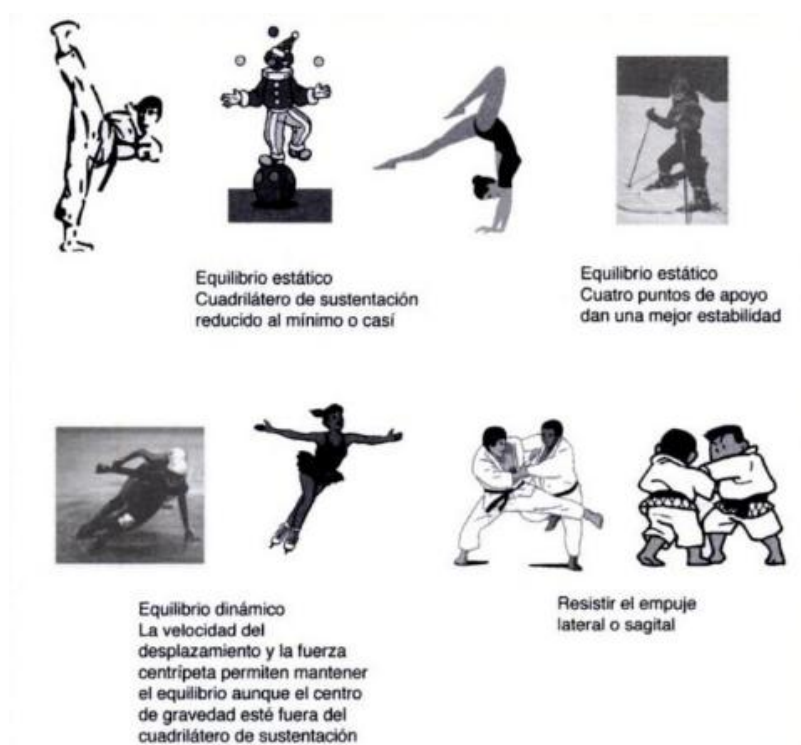
\*CG y CM son términos que con frecuencia se usan como iguales.

- centro de presión (CP) o “center of pressure” (COP): punto sobre el que recae la suma de fuerzas del cuerpo en la base de sustentación.

La estabilidad postural, sinónimo de equilibrio, es la capacidad de controlar el CM en relación a la BS. Control postural y estabilidad postural o equilibrio, son dos términos que se usan en muchas ocasiones como iguales, pero son diferentes. El equilibrio es tan solo una mitad de las dos partes que conforman el control postural<sup>1</sup>.

Existen principalmente dos tipos de equilibrio<sup>2</sup>:

- Equilibrio estático: se da cuando el CG se encuentra dentro de la BS. Por ejemplo, mantenerse en un apoyo unipodal o bipodal sobre distintos tipos de superficies, ya sean estables (suelo) o inestables (una pelota).
- Equilibrio dinámico: aquel en el que existe un desplazamiento del individuo y este ha de cambiar de forma constante los apoyos creando nuevas BS. Por ejemplo, es el tipo de equilibrio requerido por funambulistas cuando andan sobre una cuerda y también el que se da cuando se monta en bici o al patinar.



**Figura 1.** Distintos ejemplos de ejercicios que requieran un equilibrio dinámico o estático. Extraído de Robert Rigal. Educación Motriz y educación psicomotriz en preescolar y primaria. INDE publicaciones. Primera Edición. Barcelona. 2006

Cualquier problema o disfunción en relación al control postural y el equilibrio, repercutirá en la vida diaria de niños y/o adultos con una importante pérdida de la independencia funcional y con un importante aumento de riesgo de caídas<sup>1</sup>.

### 1.1.2. Funcionamiento del control postural

Existen tres sistemas necesarios para mantener un correcto control postural: el sistema sensorial, cuya función es la de recopilar información para mantener el equilibrio, el sistema motor, encargado de generar el movimiento para mantener la postura, y el sistema biomecánico, formado por huesos y articulaciones sobre los que se realiza el movimiento<sup>3</sup>.

Existen tres tipos de sistemas sensoriales que envían “inputs” al sistema nervioso central (SNC) para mantener la postura<sup>1,3</sup>:

- El sistema vestibular: localizado en el oído interno, manda información sobre la orientación de la cabeza y su movimiento en el espacio. El núcleo vestibular en el tronco del encéfalo, es el encargado de interpretar este tipo de información. Esta información puede ser distribuida a otras partes del SNC que la procesen, como el cerebelo, la formación reticular, el tálamo y la corteza. O por el contrario, puede producirse una respuesta eferente directa actuando sobre la musculatura del cuello, tronco y extremidades a través del haz vestibulo-ocular o el haz vestibulo-espinal.
- El sistema visual: es esencial para saber la posición del cuerpo en el espacio. Además nos indica cuándo se mueve la cabeza con respecto a los alrededores y provee información respecto a la verticalidad. Posee conexiones con el cerebelo para el control de la cabeza.
- El sistema somatosensorial: Incluye receptores táctiles, de presión profunda y propioceptores de músculos y articulaciones. Manda información al SNC sobre la posición del cuerpo con respecto a la base de sustentación. La información pasa directamente a las neuronas motoras encargadas de la estabilidad postural a nivel de la médula espinal.

Tras enviar la información, el SNC tiene que procesarla. Existen dos hipótesis de lo que ocurre con estas sensibilidades en el SNC: una primera defiende que es la interacción entre los tres tipos de sensibilidad mencionados anteriormente lo que genera la información esencial para controlar el equilibrio, y se denomina teoría de la organización sensorial o “intermodal theory of sensory organization

hypothesis”. Por otro lado, está la teoría del peso sensorial o “sensory weighting hypothesis”, en la que el SNC da importancia a una sensibilidad u otra dependiendo de cuál de las tres se perciba mejor o sea más útil para mantener el equilibrio<sup>1,3</sup>.

Las estructuras neurológicas del SNC que se encargan de procesar esta información y que contribuyen a mantener el equilibrio son la médula espinal, el tronco del encéfalo, el cerebelo, los ganglios basales y la corteza. Las funciones de cada uno quedan resumidas en la siguiente tabla<sup>1</sup>.

**Tabla 1.** Estructuras del SNC que contribuyen a mantener un adecuado control postural. Fuente: Elaboración propia.

<b>Médula espinal</b>	<b>Tronco del encéfalo</b>	<b>Ganglios basales y cerebelo</b>	<b>Corteza</b>
Se encarga de la organización de reflejos y los patrones extensores y flexores de los movimientos de la extremidad inferior en acciones como la marcha o al dar una patada.	Contiene importantes núcleos que participan en el control del movimiento, incluido el núcleo vestibular, el núcleo rojo y la sustancia reticular.  Recibe información somatosensorial de la piel y músculos de la cabeza, así como información de los sistemas vestibular y visual.	Los ganglios basales participan en la planificación del acto motor y en los cambios de movimiento bruscos.  El cerebelo ajusta nuestras respuestas motrices en función del error percibido al movernos. Modula la fuerza y el rango de nuestros movimientos, y participa en los procesos del aprendizaje.	Interactúa con las áreas de procesamiento en el lóbulo parietal y con los ganglios basales y el cerebelo para identificar hacia dónde va el movimiento, planificarlo y finalmente, ejecutarlo.

Tras ser procesada la información, para que el movimiento de desarrolle son necesarios: el sistema motor, compuesto por nervios eferentes, placa motora, músculos y tendones; y el sistema biomecánico<sup>1</sup>.



### 1.1.3. Maduración del control postural

El desarrollo del control postural juega un importante papel en la adquisición de nuevas habilidades como la locomoción o la marcha. La maduración del control postural ha sido profundamente estudiada desde principios del SXX. Ya desde un principio, Gesell habla del desarrollo del control postural a través de la aparición de subsecuentes hitos motores con una progresión cefalocaudal<sup>1</sup>.

Para explicar esta evolución, surgieron dos principales teorías o modelos<sup>1</sup>:

- Modelo de los reflejos del desarrollo postural: es la teoría más clásica, que explica el desarrollo del control postural a través de la aparición e integración de distintos reflejos desde el nacimiento hasta la edad adulta. La existencia o no existencia de determinados reflejos, refleja la madurez del SNC. En general, a medida que se va desarrollando, este va inhibiendo reflejos en pos de un movimiento más voluntario.
- Modelo de sistemas del desarrollo postural: por el contrario, este modelo más moderno sugiere que el control postural aparece gracias a la interacción entre los distintos sistemas neurales y musculo-esqueléticos, así como de la interacción del individuo con el entorno. Esta teoría no niega la existencia de reflejos, pero los considera solo una de las muchas influencias que contribuyen al desarrollo de la postura y el movimiento.

Para poder interpretar de manera adecuada ciertos resultados en los estudios de la discusión, es necesario hablar más concretamente, de la maduración de los sistemas sensoriales. Aunque hay discrepancias entre distintos estudios y autores, se sabe que aproximadamente, el sistema somatosensorial alcanza su madurez a los 3-4 años de edad. La función visual, no se termina de desarrollar hasta los 14-15 años. Y la vestibular incluso tarda más, ya que a esas edades, no ha alcanzado su madurez. Por otro lado, la capacidad de integración de estas sensibilidades, al contrario que los primeros estudios de Shumway-Cook (que decían que esta maduraba a los 7-10 años de edad), madura de forma más lenta y no alcanza el nivel de los adultos hasta los 14-15 años en la adolescencia<sup>4</sup>.

#### **1.1.4. Herramientas de evaluación**

Existen diversos tipos de test y pruebas para valorar el control postural. Por eso, a continuación sólo se describen algunas de las pruebas que se han usado en los últimos artículos de la discusión.

##### **1.1.4.1. Posturografía dinámica computerizada (PDC) o “Computerized dynamic posturography” (CDP)**

Consiste en un método de medición objetivo del control postural, en el que se evalúa el balanceo midiendo los cambios en el CG. Se realiza subiendo al paciente en una plataforma oscilante en diferentes condiciones bajo unos determinados protocolos. Tiene la ventaja de que es capaz de aislar y cuantificar la contribución de cada uno de los sistemas sensoriales que participan en el equilibrio. Además, la fiabilidad de estos instrumentos está garantizada<sup>5</sup>.

##### **1.1.4.2. Test de organización sensorial (TOS) o “sensory organization test” (SOT)**

Es un protocolo utilizado a la hora de medir la habilidad del paciente para filtrar información sensorial inapropiada. De esta manera se pueden descubrir déficits en los distintos sistemas sensoriales visual, somatosensorial y vestibular<sup>5</sup>.

Se coloca al paciente en la plataforma del PDC y se le evalúa en 6 situaciones diferentes resumidas en la siguiente tabla<sup>5</sup>.

**Tabla 2.** Situaciones del Test de Organización Sensorial. Fuente: elaboración propia.

<b>Condición 1</b>	Ojos abiertos + superficie estable + correcta referencia visual	Se aprecia si el balanceo aumenta con ojos cerrados y la confianza que tiene el paciente en su sensibilidad somatosensorial
<b>Condición 2</b>	Ojos cerrados + superficie estable	
<b>Condición 3</b>	Ojos abiertos + superficie estable+ incorrecta referencia visual	Los estímulos visuales son inapropiados
<b>Condición 4</b>	Ojos abiertos + superficie móvil + correcta referencia visual	Los estímulos somatosensoriales son inapropiados
<b>Condición 5</b>	Ojos cerrados + superficie móvil	Se determina el correcto uso que el paciente pueda hacer de su S. vestibular ya que las otras dos sensibilidades son inapropiadas.
<b>Condición 6</b>	Ojos abiertos + superficie móvil + incorrecta referencia visual	Indica si el paciente confía en su S. visual incluso cuando la información que procesa es inapropiada.

La PDC captura la trayectoria que sigue el CP, y a partir de eso, saca una puntuación de equilibrio (PE) o “equilibrium score” (ES). Esta puntuación se extrae al comparar el balanceo anteroposterior del sujeto con el balanceo máximo que puede tener un individuo sin cambiar la BS, que son 12,5°. A partir de las distintas PE, se calculan unos ratios de las distintas sensibilidades para saber la contribución de cada una a la hora de mantener el equilibrio<sup>5</sup>.

#### **1.1.4.3. Test de control motor (TCM) o “motor control test” (MCT)**

Sirve para evaluar el equilibrio dinámico. El paciente se coloca sobre la plataforma móvil y ésta se mueve horizontalmente de forma repentina,

causando desequilibrios hacia adelante o hacia detrás y hacia los lados. El software de la máquina registra el tiempo de latencia desde que la plataforma se mueve hasta que el individuo se reequilibra. Ese tiempo de latencia es el que indica la capacidad de equilibrio dinámico del paciente<sup>5</sup>.

#### **1.1.4.4. Test de estabilidad unilateral (TEU) o “one leg/unilateral stance test” (UST)**

Este test se ha descrito como un método para cuantificar la capacidad de mantener el equilibrio estático. Consiste en mantenerse sobre la plataforma del CDP sobre una pierna (la dominante o la no dominante en función del estudio), para que esta capture la velocidad de balanceo del CP. Se realizan 3 intentos con 10 segundos de descanso entre cada uno. Aunque puede variar de un estudio a otro, la postura adecuada de partida es con los brazos colgando a ambos lados del cuerpo, mirando al frente a un punto fijo y con la cadera de la pierna elevada a 45° de flexión<sup>6</sup>.

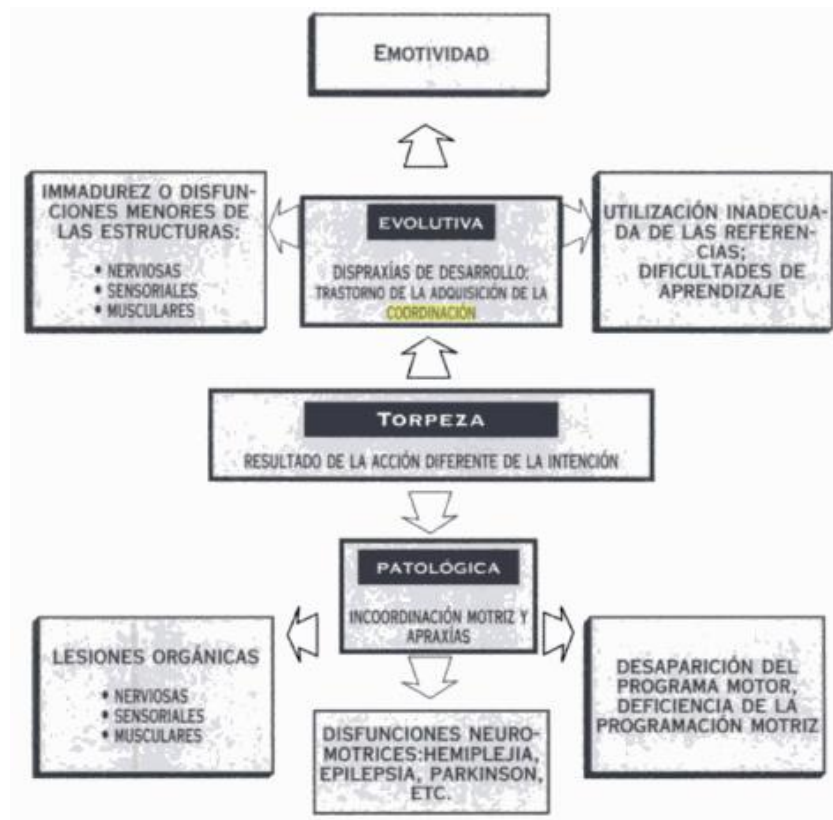
### **1.2. Trastorno de desarrollo de la coordinación**

#### **1.2.1. Definición del trastorno de desarrollo de la coordinación**

Este trastorno ha sido nombrado de distintas maneras a lo largo del siglo XX: síndrome del niño torpe, dispraxia del desarrollo, trastorno de adquisición de la coordinación, disfunción de integración sensorial, trastorno específico del desarrollo de la función motora etc<sup>7</sup>. Actualmente, el término más aceptado de forma internacional es el que dio la OMS en el año 1992: Trastorno de Desarrollo de Coordinación, TDC (Developmental Coordination Disorder, DCD). Este término también es el que utilizan manuales diagnósticos de la Asociación Americana de Pediatría (AAP), como el Manual Diagnóstico y estadístico de trastornos mentales o “Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, (DSM-IV)”<sup>8,9</sup>.

La torpeza y trastornos asociados a la coordinación, pueden venir derivados de problemas evolutivos o problemas patológicos. En este contexto, encontraríamos el trastorno de desarrollo de la coordinación en el grupo de afecciones evolutivas, tal y como se expone en la Figura 2. Por tanto, se podría

definir como un trastorno de la coordinación evolutivo, que no puede ser atribuido a una enfermedad neurológica, como la parálisis cerebral, o a ningún tipo de retraso mental, ni puede estar relacionado con deficiencias visuales o de audición.<sup>2,7,9.</sup>



**Figura 2.** Esquema sobre las causas de la torpeza. Extraído de Robert Rigal. Educación Motriz y educación psicomotriz en preescolar y primaria. INDE publicaciones. Primera Edición. Barcelona. 2006

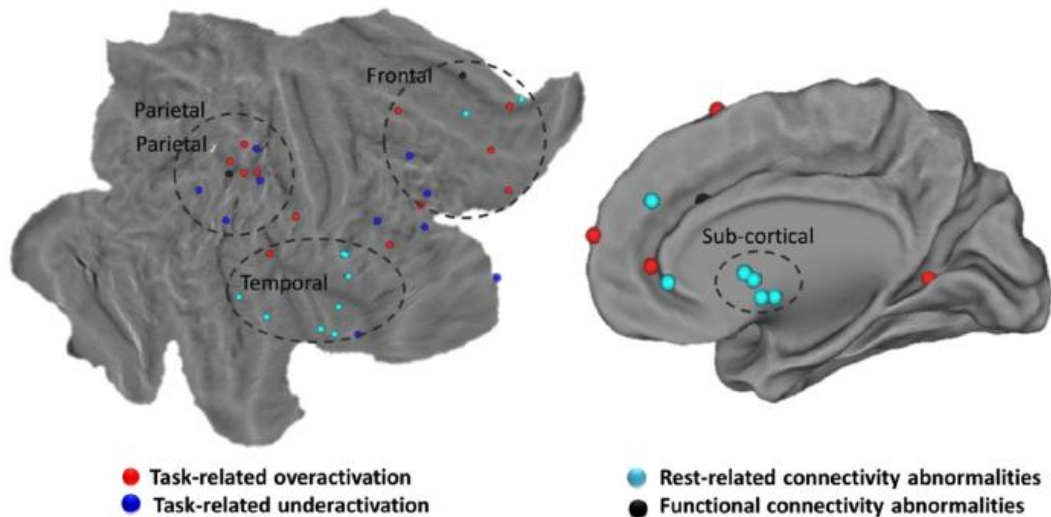
### 1.2.2. Etiología

Hay una gran cantidad de opiniones con respecto a la causalidad de este trastorno. Algunos autores ni siquiera lo consideran un trastorno en sí, solo una variación del desarrollo dentro de la normalidad. Otros lo tratan como un retraso madurativo que desaparece con el tiempo a medida que el niño crece, aunque más recientemente se ha demostrado que, lejos de resolverse con el tiempo, en la mayoría de los casos tiene consecuencias en la vida adulta<sup>8</sup>. Actualmente se cree que la etiología del TDC es multifactorial, sospechando de factores de riesgo tanto genéticos como de los relacionados con el entorno<sup>7</sup>.

- Factores ambientales:
  - Influencia socioeconómica: existen estudios que ligan la pobreza económica con este tipo de afecciones motrices. Un 21% de los casos examinados con la Movement Assessment Battery for Children (MAB-C), dieron positivo en el diagnóstico de aptitudes motrices pobres.
  - Influencia cultural: se encontraron diferencias entre poblaciones como la de Canadá con una prevalencia del 8% y la de Grecia con una prevalencia del 19% en niños en edad escolar. La diferencia en el número de casos puede deberse al relativamente inactivo estilo de vida de los griegos.
  - Factores perinatales y otros: factores como el nacimiento prematuro, el bajo peso al nacer, o la hipoxia perinatal, han sido relacionados con la aparición de TDC.
- Factores genéticos: actualmente no se han realizado estudios que se enfoquen únicamente en encontrar una etiología genética en el TDC.

Una posible explicación podría ser la existencia de un exceso de “ruido” en el SNC, que pueda causar un sesgo de la información del movimiento mientras este se produce, haciendo imposible para el sistema motor, predecir su propia dinámica (control predictivo del movimiento). Esta alteración de la información o “ruido”, puede ser causada por factores ambientales, neurales o neuromusculares<sup>10</sup>. Este “ruido” también podría ser el responsable de impedir el aprendizaje de nuevas tareas en niños con TDC<sup>7</sup>.

Estudios con técnicas de neuroimagen, también han servido para apoyar recientes hipótesis que hablan de la existencia de una deficiente actividad de señales entre las estructuras del cerebelo, la corteza parietal, la corteza frontal y los ganglios basales<sup>7,11</sup>. Algunas de ellas se muestran en la siguiente figura<sup>7</sup>.



**Figura 3.** Técnicas de neuroimagen permiten mostrar como hay una sobreactivación, inactivación o simplemente un funcionamiento anómalo de diferentes partes del SNC en niños con TDC. Extraído de Gomez A, Sirigu A. Developmental coordination disorder: core sensori-motor deficits, neurobiology and etiology. Neuropsychologia. 2015.

Por último, aún no se han realizado estudios para demostrar si la causa de estos problemas puede ser un déficit de algún determinado neurotransmisor<sup>7</sup>.

### 1.2.3. Prevalencia del TDC

Las cifras oscilan entre un 1 y un 15% dependiendo de estudios, aunque en la mayoría se mencionan las mismas que las de la AAP, que van de 5-6% de la población infantil<sup>7,8</sup>.

Con respecto al sexo, la AAP establece una mayor prevalencia en hombres, de 2:1, y la asociación británica “dyspraxia foundation” de 4:1, con respecto al sexo femenino<sup>8</sup>.

### 1.2.4. Subtipos y comorbilidades

La población afectada por el TDC es de lo más heterogénea. Tanto es así que se han descrito distintos subtipos del TDC y se le ha asociado con otros trastornos como el trastorno de déficit de atención e hiperactividad (TDAH). Saber más sobre las distintas clasificaciones del TDC, ayudará a resolver dudas sobre su etiología y prognosis<sup>7,8,12,13</sup>.

#### **1.2.4.1. Subtipos**

Para tratar de diferenciar los subtipos del TDC, los estudios que mejor han demostrado su utilidad, son los análisis de cluster. En ellos, se trata de diferenciar las características únicas que puedan tener los sujetos de distintos grupos, aunque todos ellos posean la misma patología<sup>11</sup>. Dependiendo de los estudios y los parámetros que se miden para hacer grupos en cada uno, encontramos distintos subtipos. Estos estudios, miden parámetros como la percepción visual, destreza manual, motricidad fina o gruesa, el equilibrio, la velocidad, etc. El número de subtipos encontrados varía de un estudio a otro y en muchos son diferentes<sup>12</sup>.

#### **1.2.4.2. Comorbilidades**

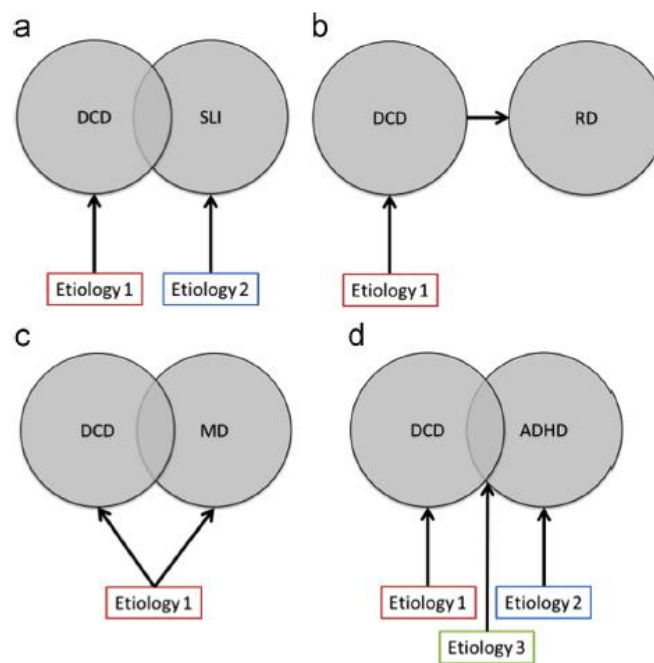
En cuanto a las comorbilidades, muchos estudios hablan de problemas asociados al TDC en el área del lenguaje, dislexia, trastorno específico del aprendizaje, síndrome de hipermovilidad articular, trastornos de lectura y el TDAH<sup>7,8,9,12</sup>.

Merece una especial mención, dada su alta prevalencia, la comorbilidad del TDAH, que aparece en aproximadamente un 50% de los casos. Al ser la prevalencia tan alta, varios autores incluso cuestionan si son trastornos diferentes. Sin embargo, estudios actuales demuestran que no son trastornos iguales y deben ser tratados de distinta manera<sup>14</sup>.

Además, esta población posee un alto riesgo de padecer obesidad desde muy temprana edad. Posiblemente, debido a la falta de actividad física que se realiza, por las implicaciones sociales que conlleva<sup>8</sup>. El riesgo aumenta con la edad y en función de la severidad del TDC. También se sabe que existe mayor riesgo de obesidad en el sexo masculino<sup>15</sup>.

Muchos se preguntan la relación existente entre los diferentes trastornos asociados y el TDC. Existen cuatro tipos de relaciones resumidas en la figura siguiente<sup>7</sup>.





**Figura 4.** Relaciones entre el TDC, sus comorbilidades y su etiología. (a) Ambos trastornos aparecen pero con diferentes etiologías. (b) Existe una relación causal directa en la que un trastorno lleva al otro. (c) Existe una relación causal indirecta en la que una etiología común lleva a ambos trastornos. (d) Existen dos trastornos que se manifiestan con distintas etiologías, y una tercera etiología que lleva a la comorbilidad de ambos. Extraído de Gomez A, Sirigu A. Developmental coordination disorder: core sensori-motor deficits, neurobiology and etiology. Neuropsychologia. 2015

La existencia de comorbilidades y subtipos siempre ha de tenerse en cuenta a la hora de diagnosticar y pautar un tratamiento en esta población<sup>7</sup>.

### 1.2.5. Manifestaciones clínicas

Las manifestaciones se observan siempre en grupos heterogéneos con diferentes subtipos y comorbilidades asociadas. Por tanto, no todos los niños tienen por qué presentarlas todas<sup>13</sup>. Algunas de las manifestaciones encontradas con respecto a la función corporal son<sup>12,13</sup>.

- Anormalidades del control postural y equilibrio.
- Problemas de motricidad fina y gruesa.
- Problemas en el procesamiento de la información e integración sensorial.
- Dificultad para localizar la posición de objetos en el espacio, así como para crear mapas de información visual y

propioceptiva. No reconocen bien dónde están ciertas partes de sus propios cuerpos en el espacio.

- Anormalidades del funcionamiento de vías eferentes.
- En general, las tareas que realizan se alargan en el tiempo por culpa de un movimiento torpe.
- Finalmente, existen movimientos inmaduros, propios de niños con una edad menor. Se puede observar que los hitos del desarrollo motor aparecen más retrasados.

#### **1.2.5.1. Control postural en niños con TDC**

En general, los niños con TDC muestran un pobre control de la postura y el equilibrio hasta en un 73-87% de los casos, dependiendo de la dificultad de la tarea y de la calidad de la información sensorial. Se habla de un exceso de confianza en la información visual que queda patente cuando tienen que mantener el equilibrio o realizar alguna tarea con ojos cerrados<sup>11</sup>. Tal y como se recopila en distintos estudios, los niños con TDC tienen menos desarrollado el sistema visual, el sistema somatosensorial, y en menor medida, el sistema vestibular. Aunque otros estudios registran niveles de maduración similares en los sistemas por separado, deduciendo que la posible falta de equilibrio venga determinada por una falta de la integración de estas sensibilidades<sup>16</sup>. En cualquier caso, las principales manifestaciones de este pobre control postural son un “timing” inapropiado a la hora de activar los músculos, la existencia de co-contracciones innecesarias, falta de automatización del movimiento, y en general, un tiempo de respuesta mucho más lento que el de la media. Aunque las causas siguen siendo desconocidas, todo apunta a una importante disfunción cerebelar, ya que el cerebelo está asociado con la mayoría de funciones para mantener el equilibrio y la coordinación, que aparecen empobrecidas en el TDC<sup>11</sup>.

### **1.2.5.2. Impacto en la vida social y rendimiento escolar del niño.**

Varios estudios han encontrado peores resultados en el funcionamiento social y psicológico de estos niños, a pesar de que, en un principio, se pensaba que el trastorno solo implicaba problemas motores<sup>13,17</sup>.

Los problemas con las AVDs son los primeros que los padres observan. Hablan de dificultades a la hora de vestirse, atarse los cordones, problemas a la hora de comer por la torpeza al usar cubiertos etc<sup>8,18</sup>. Los profesores por otro lado, también advierten de los problemas a la hora de leer, escribir, en el uso de material escolar como tijeras, compases etc. Cabe destacar que todo este tipo de problemas pueden acrecentarse y aparecer un peor rendimiento académico si el TDC viene asociado con TDAH<sup>8,18,19</sup>.

Un último aspecto destacable, son las dificultades por las que pasan durante las horas de educación física en el colegio. Los profesores advierten de las torpezas más evidentes del niño, así como de la falta de motivación a la hora de hacer ejercicio por el alto grado de frustración que supone para ellos<sup>8,20,21</sup>.

Desde finales del siglo XX, gracias a diversos estudios longitudinales, se sabe que el TDC no desaparece simplemente con el paso del tiempo. Por tanto, estas implicaciones en la vida diaria pueden ser arrastradas a la vida adulta, causando severos problemas a la hora de encontrar trabajo. Por ello, la detección temprana del TDC es fundamental para prevenir problemas futuros<sup>20</sup>.

### **1.2.6. Herramientas de detección y diagnóstico.**

Para el diagnóstico se suelen usar test estandarizados que valoran la motricidad, como el “Movement Assessment Battery for Children” (MAB-C) También se pueden pasar cuestionarios y pruebas de screening para padres y profesores, como el “Peabody Developmental Motor Scales” (PDMS), o el “Developmental Coordination Disorder Questionnaire” (DCD-Q), aunque no se encuentran completamente validadas<sup>8,12</sup>.

### 1.2.7. Tratamiento del TDC

En la mayoría de artículos, se habla de dos importantes modelos de intervención: el modelo “botom up” y el “top down”. Aunque otros también tienen en cuenta la fisioterapia y terapia ocupacional convencional como un tercer modelo, e incluso el tratamiento con químicos (ácidos grasos) como un cuarto y último modelo<sup>8,18,22,23</sup>.

- El **modelo “botom up”** es el que se centra en los déficits del procesamiento y la facilitación del desarrollo neuromadurativo, considerados influyentes en la adquisición de habilidades o destrezas. Se transmite información de manera selectiva para que active zonas del SNC en el niño, que generen nuevas y apropiadas estrategias de movimiento. Estos tratamientos estarían basados en teorías jerárquicas de control motor, que explican el remedio de la disfunción a través de la activación de zonas superiores de procesamiento del SNC. Aquí encontraríamos tratamientos de integración sensorial, entrenamiento kinestésico, entrenamiento perceptivo-motor, o combinaciones de estos. Sin embargo, estos abordajes no consiguen promover por completo el aprendizaje y desarrollo de nuevas habilidades porque, según los estudios, carecen de estrategias de resolución de problemas.
- El **modelo “top down”** es aquel en el que se usan técnicas enfocadas a la resolución de problemas funcionales. Se enfocan más al contexto, la tarea y la realización de la misma. Por ejemplo, en el aprendizaje de una determinada destreza, se presta atención a los aspectos específicos de la tarea que más le cuesta realizar al niño. Al contrario que en el modelo “botom up”, este se ve influenciado por la teoría de sistemas que explica el desarrollo motor y postural. Por eso, estas terapias enfatizan lo importante que es el contexto en el que se realiza la tarea, dado que según esta teoría, el desarrollo depende de la interacción de varios sistemas internos y

externos al individuo. Aquí encontraríamos la intervención específica de tareas o “neuromotor task training” (NNT) y el abordaje cognitivo o “cognitive orientation to daily occupational performance” (CO-OP).

- Las terapias físicas y ocupacionales convencionales se centran en el entrenamiento de las más importantes tareas motrices, tanto gruesas como finas, y de las destrezas básicas que hay que dominar para realizar esas tareas.
- Las dietas con suplementos de ácidos grasos para suplir una supuesta falta de este componente en los niños con TDC, también es un posible abordaje a tener en cuenta.

La evidencia aún no apoya la eficacia de un tratamiento sobre otro, en parte, debido a la alta heterogeneidad de esta población<sup>6</sup>. Sin embargo, un reciente meta-análisis, habla de una visible mayor eficacia en los abordajes del modelo “top down”, orientados a la tarea. Por contra, los tratamientos del modelo “bottom up”, muestran un bajo efecto en comparación. Además, también se comprueba que los suplementos químicos con ácidos grasos, tampoco mejoran la actuación motriz<sup>22</sup>.

Más allá de los tipos de tratamiento, sí hay algo claro, y es la necesidad de un equipo multidisciplinar, así como la presencia de padres y profesores que ayuden en los problemas de la vida diaria del niño <sup>8,22,24</sup>.

### **1.2.8. Deportes aplicados al TDC**

Más allá de las intervenciones terapéuticas, existen otro tipo de tratamientos complementarios para niños con TDC. El deporte puede ser uno de ellos, ayudando a la hora de mejorar la precisión del movimiento y el equilibrio. Para los fisioterapeutas, es bastante común recomendar hacer actividades deportivas a niños con problemas de motricidad.

Diversos artículos sugieren que el tenis de mesa, el entrenamiento de salto con trampolín, y el ejercicio físico acuático pueden servir para mejorar el equilibrio y la coordinación en niños con TDC<sup>25,26,27</sup>.

Más allá de los problemas motrices que caracterizan al TDC, el deporte también puede aplicarse para tratar problemas consecuentes de la inactividad, como la obesidad y trastornos asociados como el TDAH<sup>28</sup>.

Por último, las artes marciales como el taekwondo, pueden ser una modalidad deportiva a tener en cuenta para mejorar el equilibrio en esta población.

### **1.3. Las artes marciales y el Taekwondo**

El taekwondo (TKD), es un arte marcial tradicional coreana, cuyo significado se traduce en “el camino del puño y el pie”. Su origen data del 50 A.C, cuando en Corea, los guerreros de la Dinastía de Silla, los Hwarang, comenzaron a practicar un arte de autodefensa denominado Taekkyon. Recientemente, el TKD es el arte marcial más practicada del mundo, con alrededor de 80 millones de practicantes entre sus dos grandes federaciones (International Taekwondo Federation, ITF y World Taekwondo Federation, WTF). A partir del año 2000 en los JJOO de Sídney, su modalidad de combate (Kyorugui) debutó como deporte olímpico oficial<sup>29</sup>.

En una era en la que se extiende el sedentarismo e incrementa el riesgo de obesidad, es importante promover la práctica de ejercicio físico. Las artes marciales son una buena alternativa al “ejercicio físico tradicional” e igualmente válida<sup>30</sup>. En concreto, el TKD mejora las capacidades aeróbicas, reduce la grasa corporal y aumenta la flexibilidad de sus practicantes entre otros beneficios<sup>28</sup>.

## **2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS**

### **2.1. Justificación**

El TDC es un problema que afecta a una gran cantidad de niños en edad escolar en todo el mundo, aproximadamente de un 4 - 6%. En el 73-87% de los casos, se manifiesta con problemas de control postural, que dificultan la realización de las actividades de la vida diaria. Además, sin la intervención o tratamiento adecuado, estas carencias pueden ser trasladadas a la adolescencia, e incluso, a la vida adulta.

Uno de los principales problemas que afronta esta población es la falta de equilibrio. El TKD es una disciplina marcial y deporte olímpico, que puede ser útil para mejorar este tipo de capacidades en esta población.

Ser practicante desde muy temprana edad, e instructor de este arte marcial, es lo que me ha motivado para la elección del tema.

### **2.2. Objetivos**

Se plantearon dos objetivos generales para el trabajo:

- Explicar qué es el TKD y los posibles beneficios que puede tener en la mejora del equilibrio, organización sensorial y conexiones neuronales en distintas poblaciones, desde niños a adultos jóvenes.
- Analizar aquellos estudios que hablen del TKD como posible abordaje para mejorar el equilibrio en niños con TDC.

### **3. METODOLOGÍA DEL TRABAJO**

#### **3.1. Diseño**

Se ha realizado una revisión bibliográfica narrativa de los principales artículos que hablen sobre la mejora del equilibrio en niños con TDC gracias al TKD, o de aquellos de los que se pueda inferir una posible mejora del equilibrio en esta población mediante la práctica de este arte marcial.

#### **3.2. Bases de datos, revistas y buscadores utilizados**

Las respectivas búsquedas se han realizado en las bases de datos electrónicas: Medline (buscador PubMed), Cochrane Library Plus, Science Direct, SCOPUS y Physiotherapy Evidence Database (PEDro).

También se ha usado el buscador de Google Académico o Google Scholar.

Para realizar la búsqueda, se usaron las siguientes palabras clave (términos Mesh) con diferentes combinaciones usando operadores booleanos (AND y OR). Algunos de los términos fueron: *Developmental Coordination Disorder* (Trastorno de Desarrollo de la Coordinación), *Developmental Dyspraxia* (Dispraxia del desarrollo), *Taekwondo*, *Korean Martial Arts* (Artes Marciales Coreanas), *Balance* (equilibrio) y *Postural Control* (control postural).

#### **3.3. Limitadores de la búsqueda**

Para acotar la búsqueda y que fuese lo más específica posible, se usaron una serie de criterios de inclusión en cuanto a tipo de estudio, tratamiento y población:

- Población: Niños, adolescentes y adultos jóvenes.
- Tratamiento: Taekwondo.

Así mismo, se usaron también unos criterios de exclusión:

- Artículos que no abordasen la idea principal del tema.
- Otros deportes o artes marciales que no fuesen el Taekwondo.
- Idiomas que no fuesen español, inglés, portugués e italiano.
- Artículos anteriores a los últimos 5 años (2011-2016)



### 3.4. Criterios de búsqueda

Todos los trabajos fueron analizados de manera individual, a través de una lectura crítica para seleccionarlos y para realizar una discusión apropiada.

Los estudios de los que se habla en este apartado del trabajo, son solo los usados para la discusión principal. Para el apartado de la introducción también se usaron otros artículos que se encontraron en las mismas bases de datos y revistas mencionadas anteriormente, o fueron extraídos de libros consultados en Google Books y en la Biblioteca de la Uva del Campus Duques de Soria.

### 3.5. Búsqueda

**Tabla 2.** Búsqueda de artículos usando la primera estrategia de búsqueda. Fuente: elaboración propia

BASE DE DATOS, REVISTAS Y BUSCADOR ONLINE	TÉRMINOS Y OPERADORES BOOLEANOS	FILTROS	ARTÍCULOS ENCONTRADOS	ARTÍCULOS VÁLIDOS SELECCIONADOS
PubMed, SCOPUS, Cochrane Library Plus, PEDro, Science Direct	<i>Developmental Coordination Disorder AND Taekwondo</i>	Full Text 5 years	PubMed: 2 SCOPUS: 2 Cochrane Library Plus: 2 PEDro: 2 Science Direct: 11	PubMed: 2 SCOPUS: 2 (repetidos) Cochrane Library Plus: 2 (repetidos) PEDro: 2 (repetidos) Science Direct: 3 (de los cuales 2 repetidos)

**Número total de artículos encontrados con la búsqueda tras eliminar los repetidos: 3**

**Tabla 3.** Búsqueda de artículos usando la segunda estrategia de búsqueda. Fuente: elaboración propia.

BASE DE DATOS, REVISTAS Y BUSCADOR ONLINE	TÉRMINOS Y OPERADORES BOOLEANOS	FILTROS	NºARTÍCULOS ENCONTRADOS	NºARTÍCULOS VÁLIDOS ESCOGIDOS
PubMed, SCOPUS, Cochrane Library Plus, PEDro, Science Direct	<i>(Taekwondo)</i> <i>AND (balance OR postural control)</i>	Free full Text, Last 5 years	PubMed: 6 SCOPUS: 18 Cochrane Library Plus: 4 PEDro: 1 Science Direct: 70	PubMed: 6 (3 repetidos) SCOPUS: 5 (4 repetidos) Cochrane Library Plus: 3 (3 repetidos) PEDro: 1 (1 repetido) Science Direct: 3 (3 repetidos)

**Total de artículos encontrados, eliminando los repetidos: 4**

**A estos artículos se añaden otros 2 encontrados mediante búsqueda manual.**

**NÚMERO TOTAL DE ARTÍCULOS USADOS EN LA DISCUSIÓN: 9**

## 4. RESULTADOS

**Tabla 4.** Artículos encontrados mediante las distintas búsquedas en las bases de datos.

Fuente: elaboración propia.

BASE DE DATOS	ARTÍCULOS
<b>MedLine, Science Direct, Cochrane Plus, SCOPUS y PEDRO.</b>	<p><b>MedLine :</b> Fong SS, Chung JW, Chow LP, Ma AW, Tsang WW. Differential effect of Taekwondo training on knee muscle strength and reactive and static balance control in children with developmental coordination disorder: a randomized controlled trial. Res Dev Disabil. 2013 May;34(5)</p>
	<p><b>MedLine :</b> Fong SS, Tsang WW, Ng GY. Taekwondo training improves sensory organization and balance control in children with developmental coordination disorder: a randomized controlled trial. Res Dev Disabil. 2012 Jan-Feb;33(1):85-95</p>
	<p><b>MedLine :</b> Jlid MC, Maffulli N, Souissi N, Chelly MS, Paillard T. Pre-pubertal males practising Taekwondo exhibit favourable postural and neuromuscular performance. BMC Sports Sci Med Rehabil. 2016 Jun 4;8:16</p>
	<p><b>MedLine :</b> Leong HT, Fu SN, Ng GY, Tsang WW. Low-level Taekwondo practitioners have better somatosensory organisation in standing balance than sedentary people. Eur J Appl Physiol. 2011 Aug;111(8):1787-93.</p>
	<p><b>MedLine :</b> Fong SS, Fu SN, Ng GY. Taekwondo training speeds up the development of balance and sensory functions in young adolescents. J Sci Med Sport. 2012 Jan;15(1):64-8.</p>

**Tabla 4.** (Continuación)

	<p><b>SCOPUS:</b> Fong, S., Cheung, C., Ip, J., Chiu, J., Lam, K., &amp; Tsang, W. (2012). Sport-specific balance ability in Taekwondo practitioners. <i>Journal Of Human Sport And Exercise</i>, 7(2), 520-526.</p>
	<p><b>MedLine :</b> Fong SM, Ng GY. Sensory integration and standing balance in adolescent taekwondo practitioners. <i>Pediatr Exerc Sci</i>. 2012 Feb;24(1):142-51.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>Búsqueda Manual</b></p>	<p>Rabello Lucas Maciel, Macedo Christiane de Souza Guerino, Gil André Wilson, Oliveira Marcio Rogério de, Coelho Vinícius Arantes, Silva Gustavo Balthazzar et al . Comparison of postural balance between professional tae kwon do athletes and young adults. <i>Fisioter. Pesqui</i>. 2014 June; 21( 2 ): 139-143.</p>
	<p>Kim YJ, Cha EJ, Kim SM, Kang KD, Han DH. The Effects of Taekwondo Training on Brain Connectivity and Body Intelligence. <i>Psychiatry Investig</i>. 2015 Jul;12(3):335-40.</p>

**Tabla 5.** Descripción del tipo de estudio y resultados de los artículos. Fuente: elaboración propia

AUTOR/ES	POBLACIÓN	TIPO DE ESTUDIO/INTERVENCIÓN	RESULTADOS/ CONCLUSIONES
Fong SS et al. <sup>31</sup>	Adol. (16,21 años) n (TKD)= 19 n (control)= 19	Estudio transversal. Comparación de la velocidad de giro y balanceo durante el giro, así como la amplitud de zancada máxima con forward lunge test y step/quick turn test	Mejor velocidad de giro y menos balanceo, así como menos distancia de zancada en practicantes.
Maciel RL et al. <sup>32</sup>	Jov. Adult. (23-24 años) n (TKD profesional)= 9 n (control)= 10	Estudio transversal. Comparación del grado de balanceo del CP. Se usó test unilateral stance con force platform BIOMECH400	Menor velocidad de balanceo antero-posterior en practicantes.
Fong SS et al. <sup>33</sup>	Adol. y adultos n (TKD adol.)=21 n (control adol.)= 21 n (adult)= 24	Estudio transversal. Comparación de la velocidad de balanceo del CG con el TEU y la organización sensorial con el TOS usando PDC	Mejora de la función vestibular en practicantes.
Fong SM et al. <sup>34</sup>	Adol. (11-14 años) n (TKD veteranos)= 11 n (TKD novatos)= 10 n (control)= 10	Estudio transversal. Comparación de la velocidad de balanceo del CG con el TEU y la organización sensorial con el TOS usando PDC	La sensibilidad vestibular contribuye más al equilibrio en practicantes de TKD cuanto más veteranos son.
Leong HT et al. <sup>35</sup>	Adult. jóvenes (18-30 años) n (TKD principantes)= 11 n (control)= 11	Estudio transversal. Comparación de la organización sensorial con el TOS y el equilibrio dinámico a través del tiempo de estabilización en el Drop Test	Correcciones posturales más rápidas y mejor equilibrio con ojos cerrados en practicantes.
Jlid MC et al. <sup>36</sup>	Niños pre-pub. (11,88 años) n (TKD)= 12 n (control)= 17	Estudio transversal. Comparación del control postural dinámico con el star exclusion balance test, el salto vertical y la velocidad en un sprint de 30 m	Mejora de la estimulación sensorial, de la potencia en MMII y de las funciones posturales y neuromusculares.
Kim YJ et al. <sup>37</sup>	Niños (11-12 años) n (TKD)= 15 n (control)= 13	Estudio transversal. Comparación de la amplitud de fluctuaciones de baja frecuencia, y la conectividad funcional, para captar la actividad neural y estado neurofisiológico del SNC.	Mejor conectividad neural y activación deL estructuras del SNC

**Tabla 5.** (continuación)

Fong SS et al. <sup>38</sup>	Niños (7,6 años) n (TKD-TDC)= 21 n (TDC-control)=23 N (normales)= 18	Estudio longitudinal. Tras programa entrenamiento TKD, se compara la organización sensorial con el TOS y el equilibrio unipodal con el TEU, usando PDC	Mejora del equilibrio y la organización sensorial en grupo TKD
Fong SS et al. <sup>6</sup>	Niños (7,6 años) n (TKD-TDC)= 21 n (TDC-control)=23 N (normales)= 18	Estudio longitudinal. Tras programa entrenamiento TKD, se compara el equilibrio estático sobre una pierna con el TEU, el equilibrio reactivo dinámico con el TCM y la fuerza de la musculatura de rodilla usando dinamometría.	Mejora del equilibrio monopodal estático y de la fuerza de músculos de rodilla en grupo TKD.

## 5. DISCUSIÓN

Esta discusión queda dividida en dos partes. Una primera parte en la que se examinan los distintos artículos que hablen de los beneficios del TKD para la mejora del equilibrio, la organización sensorial y las conexiones neuronales en niños, adolescentes e incluso adultos jóvenes. En la segunda parte, se analizan y comparan los artículos que hablan del TKD como tratamiento en los niños con TDC.

### 5.1. El taekwondo en el equilibrio, la organización sensorial y conexiones neuronales

El TKD es un arte marcial con un alto nivel de dinamismo, cuyas bases se asientan en las técnicas de patada. Las más características son las patadas giratorias, patadas altas a la cabeza, frontales o laterales, y las patadas en salto. En todas ellas, el practicante debe mantener el equilibrio en un apoyo monopodal, y en ocasiones, al mismo tiempo que realiza un importante movimiento rotacional del cuerpo a alta velocidad. Para la correcta ejecución de las diferentes patadas y tener éxito en las competiciones, es necesario desarrollar un gran equilibrio. El excepcional equilibrio en los practicantes de

este arte marcial queda evidenciado en diversos estudios transversales que se presentan a continuación.

En el estudio de Fong SS. et al.<sup>31</sup>, se compara la estabilidad postural durante los giros de las patadas (equilibrio dinámico), entre un grupo de 19 practicantes de TKD adolescentes con un grupo control de igual número y edad. Los resultados demostraron una mejora de la velocidad del giro, así como de un descenso del balanceo durante el mismo en el grupo de practicantes. Otros estudios similares pero en poblaciones diferentes, también destacan los beneficios del TKD para mejorar el equilibrio. El estudio de Lucas MR et al.<sup>32</sup>, compara el equilibrio entre un grupo de 9 atletas profesionales y un grupo control de 10 adultos jóvenes. En este se midió el balanceo de los participantes en una plataforma móvil. Los resultados mostraron que el centro de presión y la velocidad del balanceo eran mucho menor en los desplazamientos antero-laterales en el grupo de los atletas<sup>32</sup>. Sin embargo, en ninguno de estos estudios se consigue explicar los mecanismos neuronales y fisiológicos que subyacen a estos beneficios.

En otro experimento transversal con un grupo de 42 adolescentes (21 practicantes de TKD y 21 en un grupo control), y 24 adultos no practicantes, Fong SS et al.<sup>33</sup>, sí tratan de ahondar en los mecanismos que subyacen a las mejoras del equilibrio gracias al TKD. Se sabe que los sistemas sensoriales que contribuyen al mantenimiento del control postural (visual, somatosensorial y vestibular), tienen un proceso madurativo cuya duración sigue siendo dudosa<sup>4</sup>. Pero, según la teoría de sistemas, también se sabe que el desarrollo del control postural depende de la interacción del individuo con el entorno, la realización de actividades y la adquisición de nuevas experiencias, que es lo que ocurre al practicar actividades deportivas<sup>1</sup>. El estudio compara los sistemas sensoriales que contribuyen al mantenimiento del control postural entre los distintos grupos y la velocidad de balanceo del centro de gravedad con posturografía computerizada, para saber si la mejora del equilibrio es por el entrenamiento o por la simple maduración de estos sistemas. Los resultados muestran que el grado de balanceo era mayor en ambos grupos adolescentes en comparación con los adultos, pero a su vez, el grupo practicante se

balanceaba menos que el grupo control. Comparando los ratios de los sistemas sensoriales encontramos que los adultos tenían mejor ratio visual que el de los otros dos grupos de adolescentes, que no había diferencia entre los ratios somatosensoriales de los tres grupos y, por último, que el ratio vestibular de los practicantes de TKD y de los adultos eran iguales, al tiempo que superiores al del grupo control. Por tanto, se puede deducir que el TKD puede propiciar una rápida maduración del sistema vestibular que haga mejorar el equilibrio de los que lo practican<sup>33</sup>. En un estudio ligeramente posterior, realizado por Fong & Gabriel<sup>34</sup>, se compara a dos grupos de adolescentes practicantes de TKD de distinto nivel (un grupo de ellos habiendo sido practicantes durante más de 5 años y otro durante menos de 4), con otro grupo de no practicantes. Sus resultados son similares a los del estudio anterior, ya que se puede observar una mejoría en el equilibrio en los grupos de taekwondistas. Otra conclusión al comparar practicantes más veteranos (de más de 5 años) con otros que llevan menos tiempo (menos de 4 años), es que, paralelamente al desarrollo de la función vestibular, la función visual va perdiendo importancia a la hora de mantener el equilibrio. Posiblemente porque se destina para predecir más las acciones del oponente y las oportunidades de ataque en los combates a medida que pasa el tiempo. Por tanto, los practicantes principiantes en TKD confiarían más en la sensibilidad vestibular y visual, y con el tiempo confiarían solo en la primera. En otro estudio similar de Leong HT et al<sup>35</sup>, se realiza un experimento que compara 11 individuos practicantes de TKD de bajo nivel (con 1-3 años de experiencia) y otros 11 sujetos control, sedentarios. Se midió el tiempo de estabilización tras dejar caer al participante sobre una plataforma con el "drop test", y la organización sensorial de los participantes. Los resultados reflejaron un menor tiempo de estabilización en el grupo de taekwondistas y un mejor equilibrio con ojos cerrados porque confían más en los sistemas somatosensorial y vestibular para mantener la postura. Todos estos estudios concluyen que, para mantener el equilibrio, el practicante de TKD recibe constantemente estímulos de estos sistemas sensoriales, en especial propioceptivos y vestibulares, de forma repetida. De esta forma, se refinan las sensibilidades y las desarrolla mucho más.



Pero, como también se comentó en apartados anteriores, para el correcto funcionamiento del control postural, no solo es necesario un correcto funcionamiento de las vías aferentes y un correcto procesamiento de la información, sino también un sistema neuromuscular en buenas condiciones<sup>1</sup>. En un estudio de Mohamed et al<sup>36</sup>, se evalúa el control de la postura y la actuación neuromuscular de 17 adolescentes sanos (11-12 años) y 12 practicantes de taekwondo de la misma edad. Se usaron test para medir el equilibrio, el salto vertical y el test de velocidad al correr un sprint entre los dos grupos. Los resultados señalan que los practicantes de TKD obtuvieron mejor puntuación en todas las pruebas. De todo esto, se deduce una mejora de las señales eferentes, de las funciones neuromusculares necesarias para mantener la postura (especialmente en la pierna no dominante, pues es la que sirve para mantener el equilibrio mientras la otra patea), y del desarrollo de la potencia muscular en el miembro inferior, en aquellos que practican TKD.

Se sabe que, para el mantenimiento del control postural es esencial tener una buena percepción corporal a partir de la cual, generar una representación corporal en el SNC. Kim et al<sup>37</sup>, comparan en su estudio, un pequeño grupo de niños experimental (n=15) y otro control (n=15), midiendo la amplitud de las fluctuaciones de baja frecuencia y la conectividad funcional a partir de la cantidad de oxígeno en sangre en distintas partes del cerebro. Como se observa en los resultados, existe una mejor activación del vermis del cerebelo y sus conexiones neuronales con la corteza frontal derecha (asociada con la percepción espacial y corporal) y el lóbulo parietal izquierdo en el grupo de taekwondistas.

Aunque algunos de los estudios comparan poblaciones infantiles, otros lo hacen con adolescentes y adultos jóvenes. Sin embargo, pese a la heterogeneidad de las edades, los resultados sugieren que el TKD mejora el equilibrio de aquellos que lo practican. Por ello, en muchos de los estudios anteriormente analizados, los autores concluyen que el TKD puede suponer una herramienta eficaz para tratar poblaciones con problemas de coordinación o equilibrio, como es el caso de los niños con TDC<sup>31,33-36</sup>.

Finalmente, los estudios presentados en este apartado, poseen una serie de limitaciones. Una primera es que la N total de participantes no es excesivamente alta en la mayoría de los estudios. Además, algunos no hablan de poblaciones infantiles o adolescentes, y por tanto, los sistemas sensoriales y la capacidad de integración sensorial ya habrían madurado del todo, siendo difícil atribuir el mejor equilibrio a la práctica de este deporte. Por último, todos los estudios son de tipo transversal, lo que significa que no se ha podido establecer una correcta relación causal entre la mejora del equilibrio gracias al programa de entrenamiento de TKD. Son necesarios por tanto, más estudios de tipo longitudinal.

## **5.2. El taekwondo como intervención en niños con TDC**

Ambos estudios de Fong y sus colaboradores, señalan al TKD como una alternativa viable para el tratamiento de este trastorno. La premisa en ambos casos es la misma: que un programa de entrenamiento con TKD a lo largo de tres meses, puede mejorar el equilibrio en esta población. Sin embargo, la forma en la que el TKD puede mejorar estas capacidades, está presentada de manera diferente entre los artículos. El primer estudio de Fong SS et al.<sup>38</sup>, hipotetiza una posible mejora del equilibrio a través de una mejoría de la integración sensorial de los “inputs” vestibulares, que son los que más usan los taekwondistas para mantener el equilibrio. El estudio posterior de Fong SS et al<sup>6</sup>, basa su hipótesis en una mejora del control postural a través de una ganancia de fuerza en la musculatura extensora de la rodilla.

Los dos estudios tienen una estructura similar. Son dos ensayos clínicos aleatorizados en los que existió cegamiento únicamente de las personas encargadas de medir los resultados. Los participantes con TDC fueron extraídos de centros de medición local (ambulatorios) y hospitales en Hong Kong. En ambos casos, existieron unos criterios de inclusión similares<sup>6,38</sup>:

- Un diagnóstico formal de TDC, de acuerdo al DSM-IV
- Edad de los participantes de entre 6-12 años
- Estudio en un paradigma educacional
- Participantes sin problemas intelectuales

Así mismo, se incluyeron una serie de criterios de exclusión:

- Un diagnóstico formal de los problemas emocionales, neurológicos y del movimiento asociados.
- Que existiesen patologías musculoesqueléticas o cardio-respiratorias congénitas que influyesen en el equilibrio.
- Que recibiesen participantes con tratamiento de fisioterapia o terapia ocupacional.
- Participantes con un excesivo mal comportamiento.
- Participantes que no pudieran seguir instrucciones correctamente.

También en ambos casos, existieron 3 grupos diferentes para el estudio: el grupo de niños con TDC que realizaría los entrenamientos, su grupo control-TDC, y un tercer grupo de niños normales, necesario para poder comprender si los déficits de aquellos con TDC podrían ser recuperados de manera espontánea por un simple proceso de maduración<sup>6,38</sup>.

El plan de entrenamiento de ambos estudios fue un protocolo adaptado del manual de Park et al, resumido en la tabla 6 (ANEXO I)<sup>38</sup>.

Para evaluar el equilibrio en los sujetos, se usó la PDC y los test TOS, TCM y TEU<sup>6,38</sup>.

En el primero de los estudios de Fong SS et al.<sup>38</sup>, se evalúa la organización sensorial y el control postural tras seguir el protocolo de entrenamiento durante tres meses. Los resultados del TOS reflejaron que los tres grupos confiaban por igual en el sistema somatosensorial a la hora de mantener el equilibrio. Esto puede ser atribuido a que el sistema somatosensorial madura a la edad de 3-4 años, o porque la intervención fue demasiado corta como para que el programa de TKD hiciera efecto. En cuanto al sistema visual, tampoco hay variaciones significativas entre los tres grupos aunque sí mejoró algo en los niños que siguieron el entrenamiento. Si el cambio fue debido al programa de TKD o a la simple maduración fisiológica sigue siendo una incógnita, ya que la función visual no madura por completo hasta los 15 años de edad. Sin embargo, el grupo TDC-control no mejoró su visual ratio ni un poco, lo cual quiere decir que el entrenamiento pudo tener algo que ver. Como se comentó

anteriormente, los practicantes de TKD de bajo nivel tienden a confiar más en la vista a la hora de mantener el equilibrio antes que en los sistemas vestibular y somatosensorial<sup>34</sup>. Esto puede explicar que en esta población, en la que todos son practicantes de bajo nivel, el ratio visual fuese algo mejor que el grupo TDC-control. Finalmente, el ratio vestibular sí que muestra una mejora significativa, lo cual está en concordancia con los resultados de los artículos de la primera parte de la discusión. El ratio vestibular iguala prácticamente al del grupo de niños normales. Analizando la tabla de entrenamiento, se pueden encontrar patadas que contienen movimientos como saltos y giros, que podrían estimular la función vestibular de la misma manera que lo hacen los tratamientos de integración sensorial convencionales. La patada circular, lateral y las patadas giratorias del TKD, implican una rotación del cuerpo en posiciones inestables que, supuestamente, estimularía el sistema vestibular. La mejora del equilibrio también queda patente tras examinar los resultados del TEU, que demuestran que el grupo TKD superó en estabilidad postural sobre una pierna al grupo TDC-control, aunque siguiese siendo inferior al del grupo normal<sup>38</sup>.

En el siguiente estudio de Fong SS et al.<sup>6</sup>, por una parte se demuestra la mejora de la fuerza de los músculos de la rodilla en movimientos a una determinada velocidad (180°/s). Los resultados medidos con el TCM no aparecen en otras velocidades ya que no se entrenó tanto las técnicas de pierna a esas otras velocidades. El estudio también demuestra que un plan de entrenamiento de TKD durante tan solo tres meses es suficiente para mejorar la fuerza de los músculos de la rodilla en niños con TDC. Sin embargo, se observa que el grupo DCD-control mejoró al mismo tiempo la fuerza de la musculatura de la rodilla, aunque en menor medida. Esto sugiere, que los niños del grupo TKD también se vieron influenciados por este efecto de maduración de la musculatura, pero fue enmascarado por el efecto que provocó en ellos el entrenamiento. Para terminar, según los resultados del TCM, el tiempo de reacción entre los grupos TDC y el grupo control de niños normales eran similares y por lo tanto, el TKD no mejora el equilibrio dinámico a través de la mejora de la fuerza de estos músculos, según estos datos. A pesar de ello, sí se observa que el control estático sobre una pierna mejora. Las posibles

explicaciones pueden ser que el TKD mejorase: la función vestibular, los mecanismos de integración sensorial, las estrategias de control de la postura; o que su estabilidad postural sobre una pierna estuviese asociada a la mejora de la fuerza en la musculatura extensora de rodilla<sup>6</sup>.

## **6. CONCLUSIONES**

- El taekwondo es un arte marcial coreano y deporte olímpico, altamente centrado en las técnicas de patada. Los estudios demuestran que el taekwondo sirve para mejorar el equilibrio, la organización sensorial, y las conexiones neuronales de aquellos que lo practican, tanto niños como adolescentes y adultos jóvenes. Numerosos autores de diferentes estudios argumentan que el taekwondo podría introducirse como tratamiento complementario en poblaciones con problemas de coordinación y equilibrio, como es el caso de los niños con trastorno de desarrollo de la coordinación.
- El taekwondo también mejora el equilibrio en niños con trastorno de desarrollo de la coordinación. Sin embargo, no quedan claros los cambios subyacentes en los sistemas motores y nerviosos que acontecen para que mejore la estabilidad postural. En concreto, es difícil discernir en algunos casos, si las mejoras observadas en los grupos experimentales son gracias al taekwondo o por la simple maduración normal de los sistemas sensoriales responsables del equilibrio.
- Son necesarios más ensayos clínicos en los que se use el taekwondo como principal abordaje para tratar estos déficits de postura y equilibrio en poblaciones con problemas de coordinación para obtener una evidencia más clara y contundente.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Anne Shumway Cook, Marjorie H. Woollacott. Motor Control: Translating Research into Clinical Practice. Third Edition. Lippincott Williams & Wilkins. Phyladelphia, Pennsylvania. 2007
2. Robert Rigal. Educación Motriz y educación psicomotriz en preescolar y primaria. INDE publicaciones. Primera Edición. Barcelona. 2006
3. Tony Everett, Clare Kell. Human Movement: An Introductory Text. Sixth Edition. Churchill Livingstone ELSEVIER. China. 2010
4. Hirabayashi S, Iwasaki Y. Developmental perspective of sensory organization on postural control. Brain Dev. 1995 Mar-Apr;17(2):111-3.
5. Vanicek N, King SA, Gohil R, Chetter IC, Coughlin PA. Computerized dynamic posturography for postural control assessment in patients with intermittent claudication. J Vis Exp. 2013 Dec 11;(82):e51077.
6. Fong SS, Chung JW, Chow LP, Ma AW, Tsang WW. Differential effect of Taekwondo training on knee muscle strength and reactive and static balance control in children with developmental coordination disorder: a randomized controlled trial. Res Dev Disabil. 2013 May;34(5):1446-55
7. Gomez A, Sirigu A. Developmental coordination disorder: core sensorimotor deficits, neurobiology and etiology. Neuropsychologia. 2015 Dec;79(Pt B):272-87
8. Raquel Plata Redondo, Garbiñe Guerra Begoña. El niño con trastorno del desarrollo de la coordinación ¿Un desconocido en nuestra comunidad? Norte de Salud Mental. N°33. 2009. Pag 18-30

9. Rainer Blank, Bouwien Smits-Engelsman, Helene Polatajko, Peter Wilson. European Academy form Childhood Disability (EACD): Recommendations on the definition, diagnosis and intervention of developmental coordination disorder (long version)\*. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2012, 54:54-93.
10. Bouwien CM Smits-Engelsman, Peter H Willson. Noise, variability, and motor performance in developmental coordination disorder. *Developmental Medicin & Child Neurology* 2013, 55 (supl 4): 69-72.
11. Geuze RH. Postural control in children with developmental coordination disorder. *Neural Plast.* 2005;12(2-3):183-96; discussion 263-72
12. Visser J. Developmental coordination disorder: a review of research on subtypes and comorbidities. *Hum Mov Sci.* 2003
13. Shanon A. Cermak, Dawne Larkin. *Developmental coordination disorder. Canada.* Delmar Thomson learning; 2002.
14. Goulardins JB, Rigoli D, Licari M, Piek JP, Hasue RH, Oosterlaan J, Oliveira JA. Attention deficit hyperactivity disorder and developmental coordination disorder: Two separate disorders or do they share a common etiology. *Behav Brain Res.* 2015 Oct 1;292:484-92
15. Hendrix CG, Prins MR, Dekkers H. Developmental coordination disorder and overweight and obesity in children: a systematic review. *Obes Rev.* 2014 May;15(5):408-23.
16. Fong SS, Lee VY, Pang MY. Sensory organization of balance control in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil.* 2011 Nov-Dec;32(6):2376-82.

17. Zwicker JG, Harris SR, Klassen AF. Quality of life domains affected in children with developmental coordination disorder: a systematic review. *Child Care Health Dev.* 2013 Jul;39(4):562-80.
18. Zwicker JG, Missiuna C, Harris SR, Boyd LA. Developmental coordination disorder: a review and update. *Eur J Paediatr Neurol.* 2012 Nov;16(6):573-81.
19. Missiuna C, Gaines R, Soucie H, McLean J. Parental questions about developmental coordination disorder: A synopsis of current evidence. *Paediatr Child Health.* 2006 Oct;11(8):507-12.
20. Poulsen AA, Ziviani JM. Can I play too? Physical activity engagement of children with developmental coordination disorders. *Can J Occup Ther.* 2004 Apr;71(2):100-7
21. Cairney J, Veldhuizen S. Is developmental coordination disorder a fundamental cause of inactivity and poor health-related fitness in children? *Dev Med Child Neurol.* 2013 Nov;55 Suppl 4:55-8.
22. Smits-Engelsman BC, Blank R, van der Kaay AC, Mosterd-van der Meijs R, Vlugt-van den Brand E, Polatajko HJ, Wilson PH. Efficacy of interventions to improve motor performance in children with developmental coordination disorder: a combined systematic review and meta-analysis. *Dev Med Child Neurol.* 2013 Mar;55(3):229-37
23. Mandich AD, Polatajko HJ, Macnab JJ, Miller LT. Treatment of children with Developmental Coordination Disorder: what is the evidence? *Phys Occup Ther Pediatr.* 2001;20(2-3):51-68
24. Sugden DA, Chambers ME. Intervention in children with Developmental Coordination Disorder: the role of parents and teachers. *Br J Educ Psychol.* 2003 Dec;73(Pt 4):545-61.



25. Tsai CL. The effectiveness of exercise intervention on inhibitory control in children with developmental coordination disorder: using a visuospatial attention paradigm as a model. *Res Dev Disabil.* 2009 Nov-Dec;30(6):1268-80.
26. Giagazoglou P, Sidiropoulou M, Mitsiou M, Arabatzi F, Kellis E. Can balance trampoline training promote motor coordination and balance performance in children with developmental coordination disorder? *Res Dev Disabil.* 2015 Jan;36:13-9.
27. Hillier S, McIntyre A, Plummer L. Aquatic physical therapy for children with developmental coordination disorder: a pilot randomized controlled trial. *Phys Occup Ther Pediatr.* 2010 May;30(2)
28. Fong SS, Ng GY. Does Taekwondo training improve physical fitness? *Phys Ther Sport.* 2011 May;12(2):100-6.
29. Park Yeon Hee, Yeon Hwan Park, Gerard Jon. Taekwondo. The Ultimate Reference Guide to the World's Most Popular Martial Art. 3<sup>o</sup>Ed. Skyhorse Publishing. China. 1989.
30. Woodward TW. A review of the effects of martial arts practice on health. *WMJ.* 2009 Feb;108(1):40-3.
31. Fong, S., Cheung, C., Ip, J., Chiu, J., Lam, K., & Tsang, W. (2012). Sport-specific balance ability in Taekwondo practitioners. *Journal Of Human Sport And Exercise*, 7(2), 520-526.
32. Rabello Lucas Maciel, Macedo Christiane de Souza Guerino, Gil André Wilson, Oliveira Marcio Rogério de, Coelho Vinícius Arantes, Silva Gustavo Balthazar et al . Comparison of postural balance between

professional tae kwon do athletes and young adults. *Fisioter. Pesqui.* [Internet]. 2014 June [cited 2016 June 22]; 21( 2 ): 139-143.

33. Fong SS, Fu SN, Ng GY. Taekwondo training speeds up the development of balance and sensory functions in young adolescents. *J Sci Med Sport.* 2012 Jan;15(1):64-8.
34. Fong SM, Ng GY. Sensory integration and standing balance in adolescent taekwondo practitioners. *Pediatr Exerc Sci.* 2012 Feb;24(1):142-51.
35. Leong HT, Fu SN, Ng GY, Tsang WW. Low-level Taekwondo practitioners have better somatosensory organisation in standing balance than sedentary people. *Eur J Appl Physiol.* 2011 Aug;111(8):1787-93.
36. Jlid MC, Maffulli N, Souissi N, Chelly MS, Paillard T. Pre-pubertal males practising Taekwondo exhibit favourable postural and neuromuscular performance. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2016 Jun 4;8:16.
37. Kim YJ, Cha EJ, Kim SM, Kang KD, Han DH. The Effects of Taekwondo Training on Brain Connectivity and Body Intelligence. *Psychiatry Investig.* 2015 Jul;12(3):335-40
38. Fong SS, Tsang WW, Ng GY. Taekwondo training improves sensory organization and balance control in children with developmental coordination disorder: a randomized controlled trial. *Res Dev Disabil.* 2012 Jan-Feb;33(1):85-95.

## 8. ANEXOS

### ANEXO I

**Tabla 6.** Programa del entrenamiento de TKD llevado a cabo en los estudios de Fong en niños con TDC. Fuente: Fong SS, Tsang WW, Ng GY. Taekwondo training improves sensory organization and balance control in children with developmental coordination disorder: a randomized controlled trial. Res Dev Disabil. 2012.

Exercise or technique	Frequency	Intensity	Duration	Type of activity and postural control requirements
Warm up	TKD class: once per week Self practice (documented by logbook): daily (excluding the TKD class days)	Mild sweating	5 min	Jogging Dynamic balance
Stretching		Mild tension of muscles	5–10 min	Static stretch of all large muscle groups
Punching and blocking in horseback riding stance:	TKD class: once per week	20 repetitions for each technique. Performed with alternate upper limbs	10–15 min	Lower limb static and upper limb dynamic muscle contractions
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Body punch</li> <li>• Rising block<sup>a</sup></li> <li>• Outside block</li> <li>• Inside block</li> <li>• Down block<sup>b</sup></li> </ul>	Self practice (documented by logbook): daily (excluding the TKD class days)			Maintain static and dynamic balance in bipedal stance
Break			5 min	
Kicking in fighting stance:		40 repetitions for each technique. Performed with alternate lower limbs	20–30 min	Dynamic coordinated muscle contractions in the upper limbs, lower limbs and trunk Maintain dynamic balance in unilateral stance and during turning/pivoting on one foot Progressed by increasing the speed of movements
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Front kick</li> <li>• Round house kick</li> <li>• Side kick<sup>a</sup></li> <li>• Back kick<sup>b</sup></li> </ul>				
(With or without a kick pad)				
Cool-down and stretching			10 min	Jogging and static stretch of large muscle groups Dynamic balance

<sup>a</sup> Techniques practiced from the 2nd week onward.

<sup>b</sup> Techniques practiced from the 4th week onward.