



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
SECRETARÍA DE SALUD  
INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN  
Luis Guillermo Ibarra Ibarra**

**ESPECIALIDAD EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN**

**CAMBIOS EN EL ANÁLISIS DE MARCHA EN PACIENTES CON  
PARÁLISIS CEREBRAL POSTERIOR A TERAPIA CON KINECT  
COMPARADA CON TERAPIA CONVENCIONAL**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL DIPLOMA DE:  
MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN**

**PRESENTA:**

**DR. RAFAEL ZEPEDA MORA**

**PROFESOR TITULAR:**

**DR. LUIS GUILLERMO IBARRA**

**ASESORES DE TESIS:**

**DRA. MARÍA ELENA ARELLANO SALDAÑA.**

**M. en C. IVETT QUIÑONES URIÓSTEGUI**

**M. en C. GERARDO RODRÍGUEZ REYES.**



**MÉXICO, D.F.**

**FEBRERO 2016**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

**DRA. MATILDE L. ENRIQUEZ SANDOVAL**

DIRECTORA DE EDUCACIÓN EN SALUD

---

**DRA. XOCHIQUETZAL HERNÁNDEZ LÓPEZ**

SUBDIRECTORA DE EDUCACIÓN MÉDICA

---

**DR. ALBERTO UGALDE REYES RETANA.**

JEFE DE SERVICIO DE EDUCACIÓN MÉDICA

---

**DR. LUIS GUILLERMO IBARRA**

PROFESOR TITULAR

---

**DRA. MARÍA ELENA ARELLANO SALDAÑA**

ASESOR CLINICO

---

**ING. IVETT QUIÑONES URIÓSTEGUI**

ASESOR METODOLÓGICO

---

**ING. GERARDO RODRÍGUEZ REYES**

ASESOR METODOLÓGICO

## **AGRADECIMIENTOS.**

- A mis padres
  - María Gloria Mora Hernández
  - Rafael Zepeda González
- A mis asesores de tesis
  - M. en C. Dra. María Elena Arellano Saldaña
  - M. en C. Gerardo Rodríguez Reyes
  - M. en C. Ivett Quiñones Urióstegui
- A mis compañeros que fueron un gran apoyo durante estos 4 años
  - Liliana Patricia Rodríguez Vega
  - Mauricio Pinal Covarrubio
  - Andrés Olascoaga Herrera
- Al equipo de Análisis de Movimiento 7° Piso Torre de Investigación.
- A los pacientes que participaron en el estudio.
- Al Dr. Luis Guillermo Ibarra Ibarra: Profesor Titular

## INDICE

• PORTADA	1
• DIRECTORIO	2
• AGRADECIMIENTOS	4
• INDICE	5
• RESUMEN	6
• ANTECEDENTES	9
• JUSTIFICACIÓN	16
• PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
• HIPÓTESIS	20
• OBJETIVOS	20
• MATERIAL Y MÉTODOS	21
• VARIABLES DEL ESTUDIO	27
• ASPECTOS ÉTICOS	30
• ANÁLISIS ESTADÍSTICO	31
• DISCUSION	34
• RESULTADOS	32
• DISCUSIÓN	34
• CONCLUSIÓN	40
• ANEXOS	41
• REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

## **RESUMEN**

La parálisis cerebral (PC) es la causa más frecuente de discapacidad motora en la edad pediátrica. Esta afección persistirá en la edad adulta. Actualmente se están utilizando terapias basadas en sistemas de realidad virtual, entre ellas está la interacción basada en movimiento la cual utiliza la consola de videojuegos Kinect® (Microsoft, USA). Existe literatura acerca de los beneficios en cuanto a función motora de la interacción basada en movimiento (Kinect®) en pacientes pediátricos con parálisis cerebral tipo hemiparesia espástica. Las consolas de videojuegos son un método de recreación actual muy utilizado por la población pediátrica, motivo por el cual es importante valorar su utilización para fines terapéuticos.

**OBJETIVO:** Demostrar la utilidad de la terapia con el uso de la interacción basada en movimiento (Kinect®) en comparación con la terapia rehabilitadora conservadora en pacientes con PC tipo Hemiparesia espástica. Los parámetros que se evaluarán son las variables espaciotemporales de la marcha.

**MATERIAL Y MÉTODOS:** Se realizó un estudio experimental, prospectivo, comparativo, aleatorizado, ciego, controlado en el que se incluyó a pacientes con PC tipo hemiparesia espástica entre 4 a 16 años de edad del servicio de rehabilitación pediátrica. Se crearon dos grupos: Experimental y control. El grupo experimental recibió terapia de interacción basada en movimiento, el grupo control recibió terapia física convencional, ambos por un periodo de 4 semanas, la primera semana estuvieron hospitalizados recibiendo 2 sesiones por día por 5 días, las siguientes tres semanas recibieron una sesión diaria por 5 días. Se

evaluó de manera inicial y final la función motora mediante los parámetros espaciotemporales de la marcha con el tapete instrumentado Gaitrite® (CIR Systems, Inc. USA) para análisis de marcha. Con estos datos se buscaron cambios en los parámetros para conocer las diferencias entre utilizar terapia de interacción basada en movimiento o terapia física convencional.

**RESULTADOS:** Se analizaron 20 pacientes con PC, 11 experimentales y 9 controles. Se obtuvieron datos paramétricos (prueba de Kolmogorov-Smirnov) para ambos grupos. Los grupos no presentaron diferencias significativas entre sí en las variables socio demográficas y basales del análisis de marcha. Se analizaron los datos con la prueba t de student para muestras pareadas para encontrar diferencias entre la medición preintervención y postintervención a las 4 semanas de concluido el tratamiento. Se encontraron diferencias significativas en el grupo experimental en velocidad ( $p=.03$ ), cadencia ( $p=.02$ ) y tiempo de paso ( $p=.01$ ), el grupo control presentó diferencias significativas en diferencial de largo de paso ( $p=.01$ ) y perfil de ambulación funcional (FAP) ( $p=.02$ ). Las diferencias entre grupos se evaluaron mediante la prueba ANOVA de un factor, se encontró diferencia significativa en diferencial de largo de paso siendo menor en el grupo control ( $p=.02$ ).

**CONCLUSIONES:** Se observaron mejorías en parámetros espaciotemporales de ambos grupos, el experimental presentó mejorías en velocidad y cadencia, el grupo control en el diferencial de largo de paso y FAP, otros parámetros



espaciotemporales presentaron tendencia a la mejoría en ambos grupos sin ser significativas. Es necesario incrementar la muestra.

## ANTECEDENTES

La Parálisis Cerebral se define como el trastorno del desarrollo del tono postural y del movimiento, de carácter persistente (aunque no invariable), que condiciona una limitación en la actividad, secundario a una agresión no progresiva, a un cerebro inmaduro. Es un grupo muy heterogéneo de individuos por lo que su clasificación ha sido abordada desde distintos puntos de vista, entre ellos su etiología, el tipo de trastorno motor predominante, la extensión de la afectación, la gravedad de la afectación, los trastornos asociados, y los hallazgos en estudios de neuroimagen. (1)

Al clasificar la Parálisis cerebral de acuerdo al tipo de trastorno motor predominante podemos encontrar: (2,3)

1. Tetraparesia o cuadriparesia espástica: se presenta por lo regular en recién nacidos de término con bajo peso para su edad gestacional. Incidencia 5-8%.
2. Diparesia espástica: Representa el 10 al 33%. Su etiología más frecuente es la leucomalacia periventricular.
3. Hemiparesia espástica: representa entre el 23 a 40% de todos los casos de PC, por lo tanto debido a su elevada prevalencia e incidencia serán nuestra población a estudiar.
4. Discinética: su frecuencia es entre el 5-10%. Se presenta por asfixia/isquemia grave e hiperbilirrubinemia.

5. Atáxica: es la forma menos frecuente de PC (5-8%).

Al ser un trastorno del tono postural y del movimiento, la PC se asocia con alteraciones motoras primarias y alteraciones asociadas secundarias que repercuten sobre la marcha. Las primarias comprenden alteraciones en el control motor, en el equilibrio, la fuerza y la presencia de espasticidad. Las alteraciones secundarias incluyen el desarrollo de contracturas y deformidades óseas.<sup>(4)</sup> Cabe mencionar que debido a lo anterior existe además un aumento en el gasto energético lo que contribuye a mayor alteración en los parámetros de la marcha. Los parámetros de la marcha más afectados en los pacientes con PC incluyen:<sup>(5)</sup>

- Reducción de la velocidad y longitud de la zancada
- Aumento en el tiempo en las fases posturales
- Disminución en el choque de talón
- Alteración en los ángulos del antepie

Entre los tratamientos actuales para mejorar la función motora existen algunos que se basan en sistemas de realidad virtual. El término Realidad Virtual (RV) se refiere a una serie de elementos tecnológicos que permiten la interacción del usuario con un medio multisensorial simulado, de tal manera que el usuario se sumerge en un mundo totalmente virtual, sin tener contacto con el mundo real que le rodea. <sup>(6,7)</sup>

Este tipo de tecnología (Wii, Kinect®) ahora es accesible para la población en general y aunque estos videojuegos no han sido desarrollados para fines clínicos,

muchos de ellos pueden utilizarse como intervención para fines de rehabilitación, ya que al no requerir de aditamentos que utilice el sujeto no existe la posibilidad de limitar sus movimientos. Por lo anterior el sujeto percibe comodidad, agregándose el hecho de que el niño es atraído hacia una terapia cómoda y novedosa que realmente es un juego, ayudando al apego terapéutico, punto sumamente importante en el área de Rehabilitación. (6,7)

Existen varios sinónimos utilizados para el término de realidad virtual, como son: interfaces de usuario tangibles, interfaces de usuario naturales, interfaces de cómputo ubicuo, interfaces de cómputo pervasivo, diseño de producto y arte interactivo, interfaces con interacción física, interfaces percibibles, cómputo físico, etc. términos utilizados para hacer referencia a la utilización de medios que de forma completa o parcial, inducen al usuario a cambiar su interacción con el medio, a los cuales, de forma general se les denomina “Realidad Virtual”, sin embargo, el termino adecuado para el caso del Kinect® es “interacción basada en movimiento”.

Los ejercicios que nos permite este tipo de consola proveen una manera de enfocar objetivos específicos para las extremidades afectadas mediante repetición, intensidad y entrenamiento, incluso existe evidencia en cuanto a los beneficios de esta variedad de terapia en pacientes adultos con hemiparesia espástica secundaria a un evento vascular cerebral pues al proveer un medio único de terapia envuelto en un contexto con un propósito específico y un

ambiente motivador, el paciente realiza su terapia con agrado y de manera regular. (8, 9, 10)

Esta herramienta (interacción basada en movimiento) posee un efecto potencial sobre la plasticidad cerebral la cual se define como la capacidad de reorganización y modificación de la función, para adaptarse a una variedad de estímulos externos e internos cualidad inherente de las células cerebrales que permite la reparación de circuitos corticales, su integración con otras áreas para la realización de funciones modificadas, y finalmente tiene importantes implicaciones en el aprendizaje. Dado que la plasticidad es mayor en los primeros años de vida (primeros cuatro años de vida) disminuyendo gradualmente con la edad, el aprendizaje y la recuperación se verán potenciados si se proporcionan experiencias o estímulos tempranos al individuo lo cual se denomina como “período crítico para la plasticidad cerebral”. (26)

Numerosos trabajos que emplean sistemas de Realidad virtual e interacción basada en movimiento para realizar intervenciones en pacientes afectados de PC, se apoyan en las teorías de autoeficacia y aprendizaje motor para justificar su aplicación, y obtienen importantes resultados en cuanto a la motivación, autocontrol, placer y socialización de sus participantes, al permitirles el acceso a experiencias que de otro modo estarían restringidas para ellos por su accesibilidad o peligrosidad. (11,12)

Existen diversos estudios que reportan diferencias estadísticamente significativas en cuanto a cambios benéficos entre el uso de órtesis robóticas y patrón de

marcha en niños con parálisis cerebral, e incluso se ha comprobado la utilidad del uso de Kinect® en cuanto a modificación de la marcha utilizando caminata de 6 minutos solamente <sup>(10,13)</sup>, sin embargo existe en la literatura poca evidencia que muestre la relación en cuanto a la modificación de variables espaciotemporales de la marcha (cadencia, velocidad, zancada, base de sustentación, FAP) y cinemática de la marcha con el uso de Kinect ®, condición necesaria para hacer cuantificables las mejorías.<sup>(14)</sup>

El estudio y análisis de la marcha han demostrado ser una herramienta de gran utilidad en la medicina, debido a su importancia para el diagnóstico y la evaluación de tratamientos de varias patologías, ya sean quirúrgicos o de otro tipo. <sup>(15)</sup>

Si se emplea adecuadamente, el Análisis de Movimiento Humano (AMH) puede tener un impacto significativo para la vida de los pacientes que sufren de alteraciones o limitaciones motoras. Así mismo, el AMH tiene como propósito proporcionar información sobre la mecánica del sistema músculo esquelético de una persona durante la realización de una tarea de movimiento específico. <sup>(16)</sup>

En el análisis de marcha se obtienen y analizan distintos valores espaciotemporales, dentro de los cuales destacan: la duración del ciclo, así como la de cada una de las fases de éste; además de obtener el largo de paso, el largo de zancada, ancho de paso y ángulo de paso, entre otras <sup>(17)</sup>.

Uno de los parámetros a evaluar en el presente proyecto es el Perfil de Ambulación Funcional (FAP), el cual refleja la eficiencia en la marcha como resultado de cambios en parámetros de tiempo y distancia, así como de simetría y

velocidad a cadencia libre. Este índice ha sido aplicado en poblaciones principalmente caucásicas. (27) En la población adulta sana el FAP oscila entre los 95 y 100 puntos, en el caso de la población infantil sana, éste oscila dependiendo de la edad. (18,19)

La base de este parámetro es la relación lineal del largo de paso con la proporción entre el largo de pierna y la estatura, para el tiempo de paso cuando la velocidad es normalizada a la longitud de pierna en adultos sanos (Grieve 1968, Winters 1987). (27)

La meta del FAP es proveer objetividad cuando se realizan comparaciones para identificar la diferencia entre la población sana y la que tiene alguna alteración en la marcha. Las variables de tiempo y distancia utilizadas para formular el FAP ofrecen un recurso importante a los especialistas para identificar un componente patológico-kinesiológico cuantificable de la marcha de un paciente, que difiere de la población sana. (18)

La influencia que presenta la terapia convencional con respecto a la modificación en variables de la marcha ya han sido documentadas tanto en nuestro país como a nivel mundial, uno de los más recientes artículos que realizan esta correlación en una población de 16 pacientes con parálisis cerebral, establece una diferencia significativa en largo de paso, cadencia, velocidad, zancada, en pacientes que reciben terapia convencional entre la que destacan estiramientos, fortalecimiento muscular y reeducación de la marcha, sin embargo en población mexicana no se

ha documentado el uso del Kinect como terapia para modificar variables de la marcha.<sup>(20)</sup>

Existe evidencia que destaca marcadas diferencias en cuanto a la marcha en un niño con parálisis cerebral, una de las principales, sin ser la más importante, denota el aumento de la incursión vertical del centro de gravedad, así como el cambio en los tres modificadores de la marcha: rotación pélvica, oblicuidad pélvica, y flexión de rodilla las cuales en cuestiones fisiológicas minimizan el desplazamiento vertical de dicho centro destacando que la marcha en niños con parálisis cerebral utiliza dos o tres veces más energía que la de un niño sano. Se ha demostrado tanto mejoría en el patrón de marcha así como disminución en el gasto energético de este tipo de pacientes posterior a la realización de un programa intensivo de terapia física institucional convencional, en la que los pacientes se ven obligados a faltar a clases frecuentemente por los horarios y la falta de terapeutas, lo que conlleva poca cooperación con la terapia convencional por falta de motivación, por lo que se han buscado alternativas, en este caso el uso de Kinect, para aumentar la motivación, tener más accesibilidad en cuanto a horario de terapia (ya que solamente necesita supervisión por un terapeuta, pasante en terapia, residente), lo cual vuelve más atractivo al paciente acudir a terapia, y de esta manera, cubrir el objetivo principal de la rehabilitación: integrar al individuo a la sociedad en la que vive con la mayor satisfacción. <sup>(10)</sup>



## **JUSTIFICACIÓN**

La PC tiene una incidencia aproximada de 2.5 niños por cada 1000 nacidos vivos. En nuestro país se ha calculado 6 por cada 1000 nacidos vivos. Representa una de las principales causas de discapacidad, en un individuo, que además llegará a ser adulto con importantes restricciones de la participación, por lo que se trata de un grupo que se deberá estudiar para poder brindar intervenciones oportunas que mejoren sus condiciones funcionales para poder lograr su integración en los roles laborales, sociales, familiares y recreativos.

Existe una amplia gama de tratamientos médicos y rehabilitatorios para el manejo de los niños con Parálisis cerebral, sin embargo, existe poca evidencia de la efectividad y repercusión de éstos en el funcionamiento del sistema nervioso, por tanto, nos valemos de estrategias para intentar disminuir estos problemas y aportar evidencia cuantitativa que respalde los beneficios obtenidos con cada una de la modalidades terapéuticas rehabilitatorias, para justificar científicamente la repercusión a nivel motor de cada una de las intervenciones.

Los avances en las neurociencias nos ofrecen cada vez un conocimiento mayor acerca de la maduración cerebral y los principios que rigen su funcionamiento y adaptación a las lesiones cerebrales, avances tecnológicos que permiten ampliar el conocimiento de los mecanismos neuroanatómicos y fisiológicos que dirigen la plasticidad cerebral y la capacidad de recuperación funcional, lo cual dará pauta para diseñar estrategias específicas de actuación temprana cada vez más

adecuadas y adaptarlas a la población infantil con alto riesgo de sufrir secuelas derivadas de patologías neurológicas.

La utilización de herramientas terapéuticas cambia con el avance de los recursos tecnológicos disponibles, entre ellos la RV, y la interacción basada en movimiento, la cual permite, especialmente cuando se trabaja con población infantil, un mayor acercamiento del paciente a la herramienta terapéutica. (10)

En rehabilitación, uno de los principales objetivos a seguir es integrar al individuo a sus actividades de la vida diaria, objetivo logrado con la terapia convencional, sin embargo, el uso de Kinect ® como terapia física resulta de gran interés en ésta área debido al fácil acceso, a la posibilidad de mantener un programa entretenido y divertido en casa, logrando un cambio favorable en la cadencia, base de sustentación, longitud de paso, FAP, factores que le permitirán al niño integrarse a su rol biopsicosocial de una manera eficaz.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Parálisis Cerebral tiene una incidencia importante (2.5-6/1000 nacidos vivos) puesto que es el trastorno neurológico con mayor prevalencia en la población pediátrica, y ocasiona una de las principales causas de discapacidad y restricción en la participación del ámbito biopsicosocial de un individuo.

Existen múltiples intervenciones terapéuticas, dentro de las cuales la que se utiliza en este Instituto es la terapia convencional (fortalecimiento muscular, reeducación de la marcha en barras paralelas frente a espejo o en hidroterapia). Dentro de las más novedosas está el uso de terapias de interacción basada en movimiento y realidad virtual, las cuales están siendo utilizadas con el fin de optimizar la rehabilitación en cuanto al área motora, ya que al crear ambientes virtuales multidimensionales permiten que el paciente interactúe con distintos escenarios que simulan situaciones de vida real, lo cual afianza el apego terapéutico al eliminar ausentismo escolar ya que se podrá adaptar la terapia con Kinect® a un horario más accesible (que no intervenga con sus actividades escolares, necesidad de ausentismo laboral por parte de los padres al ser responsables del menor) .

Luego de revisar la bibliografía y las publicaciones periódicas en revistas indexadas, nos damos cuenta que no se han realizado estudios que relacionen la efectividad de la terapia de interacción basada en movimiento en la modificación de las variables espaciotemporales de la marcha, en pacientes con PC tipo hemiparesia espástica, por ello, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Existe alguna mejoría en cuanto a clínica y/o análisis espacio temporal de la marcha en niños con parálisis cerebral tipo hemiparesia espástica después de la terapia de interacción basada en movimiento (Kinect ®) comparada con terapia convencional en pacientes de la división de rehabilitación pediátrica del Instituto Nacional de Rehabilitación?

## **HIPÓTESIS.**

Hipótesis de trabajo:

La terapia de interacción basada en movimiento (Kinect®) mejora cuantitativamente (análisis de marcha) los parámetros espaciotemporales de la marcha y su simetría en niños con parálisis cerebral tipo hemiparesia espástica comparada con la terapia convencional. Considerando como positiva para nuestro estudio una  $p < 0.05$ .

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar y analizar las diferencias clínicas (función motora), espaciotemporales de la marcha (cadencia, velocidad, Diferencial de longitud de paso, base de sustentación, FAP), cinemática de articulaciones, independencia funcional de pacientes con parálisis cerebral infantil de tipo hemiparesia espástica luego de la intervención de terapia de interacción basada en movimiento (Kinect®) comparada con aquellos expuestos a terapia convencional.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Demostrar mejoría en cuanto a las variables espaciotemporales (cadencia, velocidad, Diferencial de longitud de paso, base de sustentación, FAP) de la marcha de cada paciente, posterior a la terapia de interacción basada en movimiento (Kinect®).

## **MATERIAL Y METODOS.**

- Diseño del estudio

Estudio experimental, prospectivo, comparativo, aleatorizado, ciego, controlado.

- Descripción del universo de trabajo

Pacientes del servicio de rehabilitación pediátrica con el diagnóstico de parálisis cerebral tipo hemiparesia espástica entre 4 a 16 años de edad que firmen la carta de procedimiento informado aprobado por el comité de ética del Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra. (Ver anexo 1)

- Criterios de inclusión

Pacientes con las siguientes características:

Diagnóstico de parálisis cerebral tipo hemiparesia espástica.

Edad entre 4 y 16 años.

Palisano I o II.

Tono en la escala de Ashworth modificada no mayor de 2.

Coficiente intelectual igual o mayor a 70, cooperadores para la realización de análisis de marcha.

Que no tengan aplicación de toxina botulínica en los últimos 6 meses o cirugía previa en miembros pélvicos.

Que no requieran manejo farmacológico para control de espasticidad.

Firma de la hoja de consentimiento informado por padres o tutores.

- Criterios de exclusión

Uso de algún auxiliar para la marcha (andadera, muletas canadienses, bastón).

- Criterios de eliminación.

No deseen continuar con el estudio.

Abandono o que no acudan a valoraciones subsecuentes (En caso de no poder asistir a alguna terapia tanto física como de Kinect, se repondrá a la brevedad , considerando como cumplimiento el 80% de la asistencia, de no ser así no se contemplará este paciente para los resultados y no será restituido dentro del estudio.

Presencia de alguna complicación clínica que no permita continuar con el estudio.

- Tamaño de muestra

En un estudio previo se ha reportado que la longitud del paso en niños con PC típica medida por análisis de marcha fue de  $1.42 \pm 0.08$  cm; suponiendo que con el tratamiento propuesto en nuestro estudio se logre un incremento mayor al 10% en este parámetro; para un nivel de confianza del 95% se requerirán al menos 11 pacientes por grupo. (21,22)

- Equipo

Para hacer cuantificables las variables espaciotemporales de la marcha enunciadas anteriormente, se utilizará el equipo GaitRite® (CIR Systems, Inc. USA) para su análisis, el cual proporciona un registro objetivo y confiable de los movimientos realizados, por lo tanto es posible cuantificar la magnitud de la desviación de la marcha en comparación a lo normal, desempeñando un papel indispensable en el perfeccionamiento del conocimiento patológico de la marcha en pacientes con parálisis cerebral.<sup>(23,24)</sup>

Para realizar este análisis se cuenta con un laboratorio que consta de múltiples cámaras de movimiento de alta velocidad donde el paciente camina sobre plataformas de fuerza ubicadas en el suelo, las cuales calculan los momentos de la articulación y su poder (cinética). Los datos cinemáticos y cinéticos se presentan en forma de ondas sobre todo el ciclo de la marcha, junto con las ondas de una marcha normal para su comparación. <sup>(23)</sup>

- Protocolo de evaluación

La experiencia para realizar estudios de análisis de marcha se tiene en poblaciones adultas y ancianas, por lo tanto los protocolos de evaluación están diseñados para esas poblaciones. Se ha tomado esa experiencia para diseñar el protocolo de evaluación de este estudio. Con base en el protocolo descrito por Nelson <sup>(19)</sup> se registraron la estatura, peso y distancia comprendida entre el trocánter mayor y el piso, sin el uso de calzado, de ambas extremidades inferiores. Se pidió a los niños que caminaran tres veces una distancia de 5 metros a



cadencia libre pasando sobre un tapete instrumentado marca GaitRite® System (CIR Industries, Clifton, NJ), con un metro para la etapa de aceleración y un metro para desaceleración. De los tres recorridos realizados, sólo se consideró para el análisis de los datos el tercer recorrido, ya que el protocolo <sup>(24)</sup> señala que esta es la forma para obtener la marcha real del individuo. Este procedimiento fue realizado dos veces, sin calzado.

Para la evaluación del coeficiente intelectual, un psicólogo clínico adscrito al área de Rehabilitación pediátrica llevará acabo la aplicación e interpretación de la prueba WPPSI de inteligencia para preescolares y la pruebas WISC-R para escolares, así como la valoración clínica para determinar la capacidad de atención y posibilidad de participación en el Kinect®, debido a que debe estar atento para obedecer órdenes sencillas.

Asignación al azar.

A través de una tabla de números aleatorios se realizará la asignación de pacientes a uno u otro grupo de tratamiento, la asignación permanecerá oculta en sobres cerrados indicándose a qué grupo pertenecerá cada paciente justo en el momento que el paciente sea reclutado y cuyos padres o tutores hayan firmado consentimiento informado.

- Grupo A: Se indicará un programa de rehabilitación convencional el cual consistirá en los siguiente: Técnicas de neurofacilitación para disminuir tono de hemicuerpo afectado. Estiramiento de flexores de cadera, aductores, soleo y

gemelos, tensor de la fascia lata. Fortalecimiento por isotónicos sin carga a flexores de cadera, cuádriceps, isquiotibiales, glúteo medio y mayor.

Reeducación de la marcha subir y bajar escaleras, zig-zag, marcha lateral y hacia atrás, salto de altura. Mejorar coordinación y equilibrio en el área de Terapia Física del INR División de Rehabilitación Pediátrica durante 45 minutos, asistido por un Licenciado en Terapia física durante los 5 días de hospitalización, 2 sesiones por día, y sesiones como paciente externo, (1 sesión diaria de lunes a viernes) otorgando al paciente un riesgo bajo de eventos adversos.

- Grupo B: Se indicará programa de terapia de interacción basada en movimiento (Kinect®) basándonos en los siguientes juegos comerciales: Kinect Adventures®: tapagrietas 8 minutos, río abajo 8 minutos, cumbre de reflejos 8 minutos. Kinect Sports®: carrera 7 minutos, vallas 7 minutos, salto de altura 7 minutos, con 5 minutos cronometrados de tiempo perdido en cambios de juegos. Durante todas y cada una de las sesiones, el paciente será asistido por un médico para evitar cualquier eventualidad, otorgando al paciente un riesgo mínimo de eventos adversos.

Los planes terapéuticos se llevarán a cabo durante 1 semana de hospitalización en el INR durante la cual llevarán el mismo programa de terapia física y Kinect® descrito anteriormente con una duración de 90 minutos en total para Kinect® y para terapia física (2 turnos: matutino y vespertino calculando 5 minutos extras de transición de juegos en caso de Kinect®) ; continuarán con la modalidad seleccionada durante 3 semanas más acudiendo a este INR como

paciente externo para hacer uso del Kinect® (propiedad de Rehabilitación Pediátrica) o del servicio de terapia física de este INR. Durante este tiempo el paciente cuenta con nivel socioeconómico 1 como parte de apoyo del Instituto, y en caso necesario de no contar con recursos económicos para el traslado a este Instituto como paciente externo, se les apoyará por parte de Trabajo Social.

Procedimientos de medición:

A ambos grupos se les realizará una prueba de análisis de marcha, valoración clínica y de funcionalidad de manera inicial y al término del estudio. Posteriormente al grupo A se indicará un programa de terapia convencional, al grupo B se le indicará programa de terapia de interacción basada en movimiento.

El estudio estará cegado para el personal que realice las pruebas e interprete y analice los datos obtenidos.

#### - ANÁLISIS DE MARCHA ANTES Y DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN

Tomándose el mismo estudio en dos momentos, pre y post tratamiento con un intervalo de 4 semanas entre los mismos.

Se utilizará el equipo Gaitrite el cual evalúa parámetros espacio temporales de la marcha.

## VARIABLES DEL ESTUDIO

<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Escala de Medición</b>	<b>Unidad/Valores</b>
<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b>				
<b>Edad del paciente</b>	Años que trascurren a partir de la fecha de nacimiento	Edad de acuerdo a los años cumplidos al momento del inicio del estudio	Cuantitativa discreta	Años
<b>Sexo</b>	División del género humano en dos grupos		Cualitativa dicotómica nominal	0= Masculino 1= Femenino
<b>Lateralidad de Hemiparesia espástica</b>	Lateralidad		Cualitativa dicotómica nominal	1= derecha 2= izquierda
<b>Peso</b>	Es una medida de la fuerza gravitatoria que actúa sobre un cuerpo	Kilogramos de peso al momento del estudio	Cuantitativa Continua	Kilogramos

<b>Talla</b>	Altura medida de una persona de los pies a la cabeza	Altura en metros al momento del estudio	Cuantitativa Discreta	Metros
<b>Número de sesiones</b>	Fase o acto temporalmente acotado en que se desarrolla una actividad o un proceso.	Es la cantidad de veces que se recibe terapia física o terapia con Kinect durante el estudio	Cuantitativa Discreta	Unidades
<b>Grupo</b>				1 = Control 2 = Experimental
<b>Variables Dependientes</b>				
<b>Cadencia</b>	Número de pasos en un minuto	Número de pasos en un minuto	Cuantitativa discreta	Número de pasos
<b>Velocidad</b>	Relación entre el espacio recorrido y el tiempo	Valor dado por el GaitRite®	Cuantitativa continua	centímetros/ segundo

	empleado en recorrerlo			
<b>Diferencial de longitud de paso</b>	distancia entre puntos sucesivos de contacto de pies opuestos	Valor dado por el GaitRite®	Cuantitativa continua	Centímetros
<b>Base de sustentación</b>	Distancia entre los dos pies	Valor dado por el GaitRite®	Cuantitativa continua	Centímetros
<b>FAP</b>	Valor numérico resultado de la relación entre tiempo, distancia, simetría y velocidad y que refleja la efectividad de la marcha	Valor dado por el Gait Rite®	Cuantitativa continua	

## **ASPECTOS ÉTICOS**

Es una investigación con riesgo mínimo, se informará a las pacientes con una carta de consentimiento informado sobre el estudio, y antes de la toma de cada una de las pruebas de análisis de marcha se otorgó un consentimiento informado a firma por parte del Instituto Nacional de Rehabilitación previo a la realización del estudio (Ver anexos).

Previo al reclutamiento de los pacientes se llevará a cabo una plática informativa dónde se convocará a aquellos que reúnan los criterios de inclusión para informárseles en qué consiste el estudio, los tipos de tratamiento, también se les mostrará un video informativo, con lenguaje e imágenes adecuadas para los pacientes, en donde se explica el procedimiento a seguir dentro del estudio y la importancia de su participación en el mismo.

Se les explicará a los padres o tutores el hecho de que no existirá represalia de ninguna índole si en algún momento deciden no continuar con el protocolo, seguirán siendo manejados por este INR de manera cordial, respetuosa y responsable.

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se realizará un análisis de tipo descriptivo, utilizando el paquete estadístico SPSS versión 17.0, medidas de tendencia central, y se realizará un análisis de Kolmogorov-Smirnov para demostrar que la población siga una distribución normal.

El test de Kolmogorov-Smirnov demostró que la muestra seguía una distribución normal por lo que se utilizó T de student y chi cuadrada para demostrar que los grupos serán comparables entre sí. Para la evaluación pre intervención y post intervención por grupo se utilizó la prueba T de student para datos pareados. Para la comparación del análisis de marcha entre el grupo control y experimental posterior a terapia convencional y Kinect®, se utilizó la prueba ANOVA.



## **RESULTADOS.**

Se incluyó una muestra de 21 pacientes con parálisis cerebral hemiparesia espástica de los cuales, una paciente resultó eliminada de la muestra ya que presentó un episodio de crisis convulsiva durante la hospitalización, por lo que solo se evaluaron 20 pacientes. 11 pacientes recibieron terapia con Kinect® y 9 pacientes terapia física convencional entre las edades de 4 a 16 años. En la Tabla 1 se presentan las variables sociodemográficas de mayor importancia de la muestra estudiada, donde no se observan diferencias significativas entre grupos, lo que los hace comparables. Los resultados de los parámetros basales espaciotemporales de la marcha, su modificación posterior a la terapia y la comparación entre los diferentes tipos de intervención se muestran en la tabla 2. En el grupo control se encontraron mejorías significativas en diferencial de largo de paso y el índice de FAP post tratamiento, el grupo de intervención con Kinect® presentó mejorías significativas en velocidad, velocidad normalizada, cadencia y cadencia normalizada. La única variable que presentó diferencias entre grupos posterior a la intervención fue el diferencial del largo de paso con una mejor respuesta en el grupo control que el experimental.

	Experimental n=11	Control n=9	P
Edad (años) <sup>b</sup>	8.82 (6.72-10.92)	7.67 (5.74-9.59)	.383
Género (M/F) <sup>a</sup>	8/3	7/2	.795
Lateralidad (D/I) <sup>a</sup>	7/4	5/4	.714
SCFMG (I/II) <sup>a</sup>	8/3	7/2	.795
Peso (Kg) <sup>b</sup>	40.77 (25.83-55.72)	28.6 (23.99-33.20)	.135
Talla (cm) <sup>b</sup>	131.5 (118.55-144.45)	127 (115.51—138.60)	.579

Fuente: Base de datos obtenida del programa SPSS versión 17.0. <sup>a</sup> = Frecuencia (n) de pacientes en cada grupo. <sup>b</sup> = Media (intervalo de confianza 95%). SCFMG = Sistema de clasificación para la función motora gruesa

	Experimental n=11			Control n=9			ANOVA Post intervención
	Base	Post tratamiento	p	Base	Post tratamiento	p	
Velocidad (m/s) <sup>a</sup>	78.96(17.26)	85.67 (14.75)	<b>0.032</b>	88.11 (20.40)	86.64 (20.91)	0.846	0.904
Velocidad normalizada <sup>a</sup>	0.30 (0.06)	0.33 (0.05)	<b>0.025</b>	0.34 (0.09)	0.33 (0.06)	0.775	0.825
Cadencia <sup>a</sup>	107.33 (11.72)	116.31 (19.83)	<b>0.028</b>	120.72 (24.46)	115.61(14.18)	0.423	0.930
Cadencia normalizada <sup>a</sup>	0.30(0.06)	0.33(0.05)	<b>0.012</b>	0.34 (0.09)	0.33 (0.06)	0.753	0.825
Tiempo de paso <sup>a</sup>	0.60 (0.07)	0.56 (0.08 )	<b>0.010</b>	0.57 (0.09)	0.57 (0.08)	1.00	.848
Largo de paso normalizado <sup>a</sup>	0.63 (0.07)	0.65 (0.06)	0.311	0.65 (0.07)	0.67 (0.06)	0.486	.625
Largo de zancada normalizado <sup>a</sup>	1.29 (0.17)	1.32 (0.12)	0.253	1.31 (0.14)	1.33 (0.13)	0.790	.927
Ancho de paso <sup>a</sup>	13.27 (2.86)	11.94 (2.70)	0.252	12.19 (1.37)	13.31 (3.61)	0.360	.357
Apoyo monopodal <sup>a</sup>	35.87 (3.66)	37.04 (3.29)	0.350	37.15 (2.63)	37.45(3.34)	0.706	0.796
Apoyo bipodal <sup>a</sup>	22.77 (3.64)	22.00 (3.79)	0.526	22.27 (3.76)	21.80 (3.03)	0.562	0.899
Oscilación/ balanceo <sup>a</sup>	41.38 (2.20)	41.47 (2.53)	0.863	40.67 (2.34)	41.21 (1.96)	0.355	0.812
Apoyo <sup>a</sup>	58.62 (2.19)	58.54 (2.55)	0.876	59.35 (2.32)	58.77 (1.97)	0.319	0.835
Angulo de paso <sup>a</sup>	1.33 (12.21)	3.52 (10.28)	0.354	-0.05 (22.34)	.03 (13.97)	0.983	0.538
Diferencial de tiempo de paso <sup>a</sup>	0.08 (0.06)	0.05 (0.04)	0.186	0.05 (0.05)	0.06 (0.05)	0.547	0.836
Diferencial de largo de paso <sup>a</sup>	2.36 (2.08)	2.78( 1.43)	0.563	4.60 (3.31)	1.49 (0.67)	<b>0.013</b>	<b>0.024</b>
FAP <sup>a</sup>	90.72 (7.22)	91.54 (6.02)	0.669	85.00(11.20)	94.11 (4.28)	<b>0.029</b>	0.298

Fuente: Base de datos obtenida del programa SPSS versión 17.0. <sup>a</sup> = Media (desviación estándar)

## DISCUSIÓN.

Existe poca evidencia reportada en la literatura que describa la mejoría en la marcha con el uso de Terapia de Interacción Basada en Movimiento (Kinect®) en pacientes con parálisis cerebral. La mayor parte se ha realizado con muestras pequeñas o heterogéneas donde se reportan mejorías en balance funcional, movilidad en comunidad, caminata de 6 minutos, velocidad y cadencia. (3,14,25)

Brien M. 2011(25) utiliza una muestra homogénea de 4 pacientes con escala de función motora gruesa (GMFCS I), sin embargo se desconoce de la misma manera que en el estudio anterior, si los pacientes presentaban alguna alteración cognitiva, visoespacial o si padecían crisis convulsivas. Yao-Jen Chang et al. 2011(3) trabaja con adolescentes con parálisis cerebral, utilizando Terapia de Interacción Basada en Movimiento (Kinect®) como terapia física alternativa utilizando una muestra heterogénea compuesta por dos sujetos, de los cuales, una paciente realizaba bipedestación con máxima asistencia a diferencia del sujeto número 2 el cual se encontraba en silla de ruedas. Por otro lado, se desconoce si contaban con alguna alteración cognitiva, visoespacial e incluso si padecían crisis convulsivas. El tiempo de exposición fue variable en ambos estudios: Brien M. abarca un periodo de 5 días, con duración de 90 minutos diarios en una sola sesión de exposición, Yao-Jen propone 2 sesiones al día, desconociendo tiempo de aplicación total.

El estudio de Yao-Jen tiene como objetivo incrementar al final del tratamiento, el número de movimientos correctos de cada paciente, encontrando significancia

estadística en sus datos, concluyendo que la Terapia de Interacción Basada en Movimiento (Kinect®) es una ayuda valiosa y efectiva como medio para rehabilitar al paciente.

Brien M y cols., utilizaron realidad virtual en pacientes adolescentes con parálisis cerebral (Escala de función motora gruesa GMFCS I) para evaluar balance y movilidad funcional mediante la escala de balance y movilidad en comunidad, el test de caminata de 6 minutos, y la escala de función motora gruesa (GMFCS), no se menciona la metodología estadística utilizada, sin embargo encuentran, una diferencia estadísticamente significativa en cuanto a los resultados del balance funcional y movilidad posterior al uso de la Terapia de Interacción Basada en Movimiento (Kinect®), manteniéndose estos avances hasta un mes después de la intervención.

Recientemente en 2015 Collange Grecco y cols., <sup>(14)</sup> realizaron un estudio donde incluyeron 20 pacientes con parálisis cerebral diparesia espástica con función motora gruesa (GMFCS) II y III. Los pacientes fueron distribuidos en un grupo que recibió terapia con interacción basada en movimiento (Kinect®) + estimulación anódica transcraneal con corriente directa y el otro grupo solo recibió terapia de interacción basada en movimiento (Kinect®). El grupo que recibió únicamente terapia con interacción basada en movimiento (Kinect®) presentó mejorías en Velocidad y en la Medida de la Función Motora Gruesa Dimensión E, el grupo que combinó las dos intervenciones (Kinect® + estimulación anódica transcraneal con corriente directa) tuvo mejorías en velocidad, cadencia, Medida de la Función

Motora Gruesa Dimensión D y E, y movilidad según el inventario de Pediatría para la evaluación de la Discapacidad (PEDI).(Greco 2015) Las limitaciones de este estudio es que incluyó pacientes con una GMFCS II y III; los cuales presentan una biomecánica de la marcha muy diferente entre ellos, lo que la convierte en una muestra heterogénea, así como el tiempo de intervención el cual fue muy corto (5 sesiones semanales de 20 minutos durante 2 semanas), por lo que pudo no alcanzarse a observar el efecto completo de la intervención.

En el presente estudio piloto, compuesto por una muestra totalmente homogénea, se pretende comprobar el hecho de que la Terapia de Interacción Basada en Movimiento (Kinect®) aporta mejorías cuantificables en la marcha de los pacientes sometidos a la intervención, en comparación con la terapia física convencional. La evidencia al momento puede sugerir, que el uso de Terapia de Interacción Basada en Movimiento (Kinect®) es una alternativa terapéutica eficaz en el manejo de niños y adolescentes con Parálisis Cerebral, ya que, a pesar de encontrar solo diferencias significativas en marcha y velocidad debido a la reducida cantidad de sujetos al momento del estudio, se puede observar una clara tendencia a la mejoría en largo de paso, disminución de la base de sustentación y disminución en el diferencial de tiempo de paso.

El grupo control presentó mejor respuesta en los parámetros espaciotemporales relacionados con la simetría, lo cual pudo deberse a que varias de las intervenciones en terapia física de este grupo fueron exclusivas para el hemicuerpo afectado como las técnicas de neurofacilitación y los ejercicios de

fortalecimiento, mientras que el grupo experimental no tuvo intervenciones específicas hacia el hemicuerpo afectado. De igual forma los cambios en los parámetros espaciales como la longitud del paso y de zancada no fueron tan importantes en el grupo experimental como en el control probablemente debido a que la terapia de interacción basada en movimiento con Kinect® se encarga de reproducir una marcha simulada, donde lo que se simula son los momentos de flexión y extensión de la marcha sin producirse un desplazamiento del lugar inicial, por lo que al no estarse desplazando del mismo punto (cosa que si sucede en los pacientes del grupo control que realizan actividades en gimnasio para reeducar la marcha) no se incide directamente sobre la modificación de estos parámetros. Así, consideramos importante la evaluación cinemática de la marcha para complementar la evaluación de las mejoras en estos pacientes, pues es en donde más incide la terapia de interacción basada en movimiento con Kinect®.

Clínicamente se observó que los pacientes del grupo experimental al final del piloto fueron capaces de realizar apoyo y salto monopodálico con mejor control y equilibrio, esto tal vez debido a que mediante el juego reforzaron esta actividad, reforzando el engrame motor y, por lo tanto, la ejecución del movimiento. El grupo experimental presentó aumento en cuanto a la velocidad y precisión de los movimientos realizados, incluso hubo aumento en la cantidad de movimientos ejecutados, traduciendo nuevamente una mayor coordinación y mejoría en el área visoespacial.

**Limitantes del estudio:**

Es necesario incrementar el tamaño de muestra para lograr potencia estadística adecuada, ya que una limitación del estudio es la cantidad de pacientes obtenidos. Sin embargo pareciera que este tipo de Terapia de Interacción Basada en Movimiento (Kinect®) incrementa la adherencia terapéutica ya que en el transcurso del seguimiento se observó que todos los pacientes provenientes del Estado de México acudieron a sus terapias en un 100%, esto aunado al hecho de que las madres de los pacientes que se encontraban en el grupo experimental mostraron mayor entusiasmo en alentar a los pacientes a corregir sus movimientos e incluso a fomentar la competencia con el oponente, lo que puede mostrarnos la viabilidad de instaurar este tipo de innovación terapéutica.

**Expectativas:**

En las variables analizadas, podemos observar un incremento en la velocidad y cadencia de la marcha en el grupo experimental, esto hace evidente el hecho de que al mejorar propiocepción y equilibrio mediante el uso de la Terapia de Interacción Basada en Movimiento (Kinect®), es factible incrementar la estabilidad de la marcha consiguiendo dicha mejoría. Consideramos importante realizar además un análisis detallado en las variables cinemáticas de la marcha, pues debido al tipo de movimientos que se practican con la Terapia de Interacción Basada en Movimiento (Kinect®) es probable encontrar mejorías en estos parámetros.

Este trabajo, por el momento, no da suficiente material para aseverar la utilidad de Kinect como única medida terapéutica eficaz, sin embargo, con base en los resultados obtenidos podemos afirmar que la terapia de interacción basada en movimiento (Kinect®) puede ser una alternativa potencial para obtener mejorías motoras en el área de rehabilitación, ya que mediante el juego, los pacientes muestran mayor apego al tratamiento, son más constantes en las sesiones, presentan más interés para realizarlas, y fomentan la competitividad entre participantes.

Tras la búsqueda de literatura actual relacionada con el tema que nos compete, se encontró poca evidencia (solo 1 artículo) que evalúe mediante análisis de marcha pacientes con parálisis cerebral sometidos a terapia de interacción basada en movimiento (Kinect®), con lo cual podemos aseverar que al ser una propuesta novedosa el campo es fértil para incursionar en dicha investigación, destacando el hecho de que los resultados obtenidos al momento son preliminares, por lo que se busca aumentar la muestra y continuar el seguimiento para investigar la temporalidad de dicha mejoría.



## **CONCLUSIÓN.**

Existe una gran variedad de terapéuticas para manejo de marcha en pacientes con parálisis cerebral, sin embargo este estudio nos muestra una terapia alternativa de interacción basada en movimiento novedosa, atractiva para los pacientes de este grupo de edad, que fomenta la competitividad y mejora algunos aspectos clínicos (fuerza muscular, coordinación, equilibrio); y , de manera indirecta podemos añadir que favorece el apego al tratamiento, ya que mediante el juego, el paciente se ve envuelto en una estimulación multisensorial que retroalimenta sus movimientos. Este estudio preliminar muestra una tendencia clara a mejoría en algunos aspectos cuantitativos y cualitativos de la marcha, sin embargo se requiere incrementar la muestra para lograr una adecuada potencia estadística y así, lograr mayor evidencia científica e incrementar el grado de recomendación del estudio.

## ANEXOS.

### ANEXO 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO



INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN

DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

Carta de Consentimiento Informado para participar en el protocolo de investigación:

CAMBIOS EN EL ANALISIS DE MARCHA EN PACIENTES CON PARALISIS  
CEREBRAL POSTERIOR A TERAPIA CON KINECT COMPARADA CON TERAPIA  
CONVENCIONAL.

Cuyo objetivo es:

- El desarrollo de un sistema y una metodología que permita la descripción objetiva y cuantitativa de variables de la marcha antes y después de someterse a terapia física convencional vs Kinect ®. La metodología establecerá la comparación entre terapia física convencional y Kinect ® en base a análisis de marcha, mediciones clínicas y uso de clasificaciones funcionales con respecto al patrón de marcha y funcionalidad de cada paciente.

- Se justifica que se desarrolle este proyecto, ya que la parálisis cerebral constituye la primera causa de discapacidad en el infante, por lo que existe necesidad de innovar métodos para mejorar funcionalidad en estos niños.
- 

Se ha demostrado que el Kinect® (interacción basada en movimiento) es una herramienta útil que posee un efecto potencial sobre la plasticidad cerebral, teniendo importantes implicaciones en el aprendizaje. Dado que la plasticidad es mayor en los primeros años de vida (primeros cuatro años de vida) disminuyendo gradualmente con la edad, el aprendizaje y la recuperación se verán potenciados si se proporcionan experiencias o estímulos tempranos al individuo. Existen evidencias en cuanto a mejoría (con el uso de esta consola) del patrón de marcha, funcionalidad en otros países, sin embargo se desea analizar si estas conclusiones aplican para nuestra población.

---

Por el presente escrito, comunico que se me ha informado que soy candidato para participar en el proyecto arriba mencionado que consiste en desarrollar un sistema y una metodología que permita conocer el cambio en variables espaciotemporales de la marcha, evaluación clínica y funcional antes y después de un periodo de terapia física vs Kinect ® en este Instituto.

Se me ha informado que para participar en el proyecto es necesario 1 semana de hospitalización en el INR durante la cual llevarán un programa de terapia física o Kinect ® con una duración de 90 minutos en total para Kinect y para terapia física (2 turnos: matutino y vespertino; continuarán con la modalidad seleccionada durante 3 semanas más acudiendo a este INR como paciente externo para hacer uso del Kinect® (propiedad de Rehabilitación Pediátrica) o del servicio de terapia física de este INR.

Finalizados los programas se realizará nueva prueba de análisis de marcha en ambos grupos.

Se me ha informado que el programa consiste en traer a mi hijo(a) al Laboratorio de Análisis de Movimiento a la hora en la que se indique el estudio. Después se le colocarán sensores y marcadores de movimiento en sus extremidades inferiores para poder realizar las mediciones requeridas (tiempo máximo de la prueba 30 minutos). Será necesario acudir a una valoración el primer día de hospitalización y al término del estudio, así como al término de cada semana, dando un total de 5 valoraciones.

También manifiesto que tengo pleno conocimiento de los riesgos a que está expuesto mi hijo(a) por el análisis de movimiento: irritabilidad y cansancio, irritación en la piel por los sensores y marcadores colocados, los cuales son poco frecuentes pero existe la posibilidad de que se presenten.

El médico me ha informado que el participar en este proyecto de investigación me ofrece el beneficio de recibir terapia física para mi hijo(a) en caso de ser necesario, y mejorar nuestra calidad de vida.

Mi médico ha contestado de forma satisfactoria a mis preguntas e inquietudes, en relación al programa y los procedimientos de medición, sus beneficios, así como sus posibles complicaciones, y otros asuntos relacionados con esta investigación. Que se me informará sobre la condición de mi hijo(a) durante y al terminar este protocolo de investigación. Que mi participación es ANÓNIMA y CONFIDENCIAL, que todos los datos serán utilizados solo para investigación y que también el material fotográfico y visual que se tomará será utilizado solo para propósitos científicos y de enseñanza, siempre conservando la confidencialidad, por lo que acepto que no habrá remuneración alguna por

el uso y publicación de los mismos. Que cualquier eventualidad relacionada con el protocolo de investigación será atendida por el INR.

Se me ha informado que en cualquier momento puedo abandonar el estudio, sin perder los derechos como paciente del INR, y sin que con ello, se creen prejuicios para continuar mi cuidado y tratamiento. Y se me ha aclarado que debo asistir al menos a un 80% de las sesiones para poder seguir incluido en el proyecto.

Por lo tanto, por mi propio derecho, en pleno uso de mis facultades y por mi libre decisión, de conformidad con lo dispuesto en los artículos 20, 102 y 103 de la Ley General de Salud, acepto ser parte del protocolo de investigación arriba mencionado con números de registro \_\_\_\_\_, otorgando la más amplia autorización que conforme derecho corresponde a efecto de que el personal médico de los Servicios de Rehabilitación Pediátrica, Análisis de Movimiento, del Instituto Nacional de Rehabilitación realicen a mi hijo(a) las evaluaciones pertinentes del protocolo y que fueron descritos anteriormente en esta carta de consentimiento informado.

México D.F. a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_

**Paciente**

**Familiar y/o persona legalmente responsable.**

Nombre:

Nombre:

Expediente número:

Parentesco:

Teléfono:

Teléfono:

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Firma

**Testigos:**

Nombre:

Nombre:

Parentesco:

Parentesco:

Teléfono:

Teléfono:

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Firma

## Responsables del proyecto:

Por Investigación Tecnológica:	Rehabilitación Pediátrica
M. en C. Ivett Quiñones Torre de Investigación, 6°	Dr. María Elena Arellano Ext: 13504
M, en C. A. Isaac Piso.	Médicos Residentes:
M, en C. A. Isaac Pérez Tel. 59 99 1000 x 19705, 19801.	Dr. Rafael Zepeda Mora
Ing. Ana Machetes <a href="mailto:amovimiento@inr.gob.mx">amovimiento@inr.gob.mx</a>	
Ing. Evaristo Vela	
Ing, Marlene Bourdón	

## **ANEXO 2. ESCALA DE VALORACIÓN DE LA FUNCIÓN MOTORA GRUESA (PALISANO)**

### ***Entre cuatro y seis años***

Nivel I: El niño se sube, se baja, y se sienta en una silla sin la necesidad de apoyarse con las manos. Se levanta del piso o de la silla sin la ayuda de objetos que lo sostengan. Camina adentro, afuera, y sube las escaleras. Se hace evidente la habilidad para correr y para brincar.

Nivel II: El niño se sienta en una silla con ambas manos libres para manipular los objetos. Se levanta del piso y se pone de pie, y se sienta en una silla y se pone de pie pero generalmente requiere una superficie estable para empujarse con los brazos. Camina sin necesidad de aparatos de ayuda en espacios interiores o distancias cortas en superficies niveladas al aire libre. Sube escaleras sujetándose del pasamanos pero no puede correr o brincar.

Nivel III: El niño se sienta en una silla común y corriente pero puede necesitar soporte de la pelvis o del tronco para hacer más eficiente el uso de las manos. Se sienta y se para de la silla apoyándose en una superficie estable y se empuja con los brazos. Camina en superficies niveladas valiéndose de un aparato modificado y sube las escaleras con ayuda de un adulto. Con frecuencia, el niño tiene que ser transportado en largas distancias o en terreno desnivelado al aire libre.

Nivel IV: El niño se sienta en una silla pero necesita soporte apropiado para el control del tronco y para el uso eficiente de las manos. Necesita de la ayuda de un



adulto para sentarse o levantarse de una silla, o de una superficie estable ayudándose con sus brazos para subirse o bajarse.

Puede, cuando mucho, caminar distancias cortas con un caminador y con supervisión de un adulto, pero tiene dificultad al dar la vuelta y mantener el equilibrio en superficies irregulares. En la comunidad se le transporta. Puede lograr su movilidad propia usando una silla de ruedas eléctrica.

Nivel V: Los impedimentos físicos limitan el control voluntario de movimiento y la habilidad para mantener la cabeza y el tronco en posturas antigravitatorias. Todas las áreas de la función motora son limitadas. Las limitaciones funcionales para sentarse y pararse no se compensan completamente con el uso de equipo de adaptación ni con ayuda tecnológica adecuada. El niño no tiene medios propios para su movilidad independiente y tiene que ser transportado. Algunos niños logran movilizarse por sí solos usando una silla de ruedas con adaptaciones especiales.

### ***Entre seis y doce años***

Nivel I: El niño camina sin limitaciones en espacios interiores, afuera, y sube escaleras. Muestra destreza en funciones motoras gruesas tales como correr y brincar pero la velocidad, el equilibrio, y la coordinación son reducidas.

Nivel II: El niño camina en espacios interiores y exteriores, y sube las escaleras sosteniéndose del pasamanos pero muestra limitaciones cuando camina en superficies irregulares o inclinadas lo mismo que cuando camina entre mucha

gente o en espacios reducidos. El niño tiene, cuando mucho, solamente habilidad mínima para llevar a cabo funciones motoras gruesas como correr y brincar.

Nivel III: El niño camina en espacios interiores y exteriores en superficies niveladas con ayuda de un aparato para movilizarse. Puede subir escaleras sosteniéndose del pasamanos. Puede hacer rodar la silla de ruedas manualmente dependiendo de la habilidad de movimiento de los brazos. Es transportado en viajes largos o en campo abierto sobre terreno desnivelado.

Nivel IV: El niño puede conservar los niveles de funcionamiento que haya adquirido antes de los 6 años, o depender más de la silla de ruedas cuando se encuentra en el hogar, en la escuela, y en la comunidad. Puede lograr movilidad por sí mismo cuando usa una silla de ruedas eléctrica.

Nivel V: Los impedimentos físicos limitan el control voluntario de movimiento y la habilidad de mantener la cabeza y el tronco en posturas antigravitatorias. Todas las áreas de la función motora son limitadas. Las limitaciones funcionales para sentarse y pararse no se compensan completamente con el uso de equipo adecuado y ayuda tecnológica modificada, el niño no tiene medios propios para su movilidad independiente y tiene que ser transportado. Algunos niños logran movilizarse por sí solos usando una silla de ruedas eléctrica con adaptaciones especiales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, et al. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. Dev Med Child Neurol. 2007;49(suppl 109):8-14.
- 2.- Levac D, Pierrynowsky M, Canestraro M et al. Exploring children's movement characteristics during virtual reality video game play. Human Movement Science 2010; 29 (6):1023-1038.
- 3.- Chang Y, Cheng S, Huang J. A Kinect-based system for physical rehabilitation: A pilot study for young adults with motor disabilities. Research in Developmental disabilities 2011; 32(6): 2566-2570.
- 4.- Mirska A. Use of botulinum toxin in the treatment of ankle plantar flexor spasticity in children with cerebral palsy. Journal of Pediatric Orthopaedics B. 2014; 23:517–522
- 5.- Bonnefot- Mazure. Identification of gait patterns in individuals with cerebral palsy using multiple correspondence analysis. Research in Developmental Disabilities 34 (2013)
- 6.- Castro G, Sola R, Cañadas C. Realidad aumentada aplicada al patrimonio histórico molinar. VAR 2011; 3(2): 1989-9947
- 7.- La Belle K. Evaluation of kinect joint tracking for clinical and in-home stroke rehabilitation tools Thesis. 2011
- 8.- Rusell S, Bennet B, Kerrigan D et al. Determinants of gait as applied to children with cerebral palsy. Gait Posture 2007; 26(2): 295-305.

- 9.- Sveistrup H. Motor Rehabilitation using virtual reality. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2004; 1(10):2-8.
- 10.- Monge P, Molina R, Alguacil D et al. Use of virtual reality systems as proprioception method in cerebral palsy: clinical practice guideline. *Neurology* 2012. Disponible en doi:10.1016/j.nrl.2011.12.004.
- 11.- Castellanos R, Rodríguez R, Castellanos R. Definición y clasificación de la parálisis cerebral: ¿un problema ya resuelto? *Rev Neurol.* 2007; 45:110-117.
- 12.- Harris K, Reid D. The influence of virtual reality play on children's motivation. *Can J Occup Ther.* 2005; 72(1):21-29.
- 13.- Kott K, Leshner K, DeLeo G. Combining a virtual reality system with treadmill training for children with cerebral palsy. *J CyberTher Rehabil.* 2009; 1 (2):35-42.
- 14.- Collange Grecco LA, Carvalho Duarte NA, Emerenciano de Mendonça M, Pasini H, Costa de Carvalho Lima VL, et al. Effect of transcranial direct current stimulation combined with gait and mobility training on functionality in children with cerebral palsy: study protocol for a double-blind randomized controlled clinical trial. *Clinical Rehabilitation* 2015;1-12.
- 15.- J. Pérez-Orive, AE. Pichardo, D. Chávez. "Estudio de patrones cinemáticas de marcha normal pediátrica. Estandarización de marcha normal en población pediátrica mexicana". *Rev. Mex. Ortop. Traum.* vol. 12(5), pp. 372-376, Septiembre-Octubre, 1998.
- 16.- A. Cappozzo, U. Della Croce, A. Leardini, L. Chiari. Human movement analysis using stereophotogrammetry. Part 1: Theoretical Background. *Gait Posture* 2005; 21(2): 186-96.

- 17.- M. Williams. Biomecánica del movimiento humano de Williams y Lissner, trad. Dense Reider. Trillas, México, 1991. 258 p.
- 18.- A. J. Nelson, "Functional ambulation profile," Phys Ther, vol. 54, no. 10, pp. 1059-1065. Oct. 1974.
- 19.- A. J. Nelson, D. Zwick, S. Brody, C. Doran, L. Pulver, G. Roosz, et al., "The validity of the GaitRite and the Functional Ambulation Performance scoring system in the analysis of Parkinson gait," NeuroRehabilitation, vol. 17, no. 3, pp. 255-262. 2002.
- 20.- Van den Broeck, De Cat J, Molenaers G et al. The effect of individually defined physiotherapy in children with cerebral palsy (PC). Eur J Paediatr Neurol 2010;14(6): 519-525
- 21.- Zar, Jerrold H. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey.
- 22.- Al-Sunduqchi, Mahdi S. 1990. Determining the appropriate Sample Size for Interferences Based on the Wilcoxon Statistics. Dept of Statistics, University of Wyoming, Laramie.
- 23.- Narayanan UG. The role of gait analysis in the orthopedic management of ambulatory cerebral palsy. Curr Opin Pediatr. 2007; 19(1): 38-43.
- Machin, D. Campbell, M. Fayers, P and Pinol, A. 1997. Sample Size Tables for Clinical Studies, 2nd Edition. Blackwell Science. Malden. MA
- 24.- Van der Krogt M. Gait deviations in children with cerebral palsy: a modeling approach 2009 Holanda.

- 25.- Brien M, Sveistrup H. An Intensive Virtual Reality Program Improves Functional balance and mobility of adolescents with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 2011; 23(3): 258-266.
- 26.- Snider L, Majnemer A, Darsaklis V. Virtual reality as a therapeutic modality for children with cerebral palsy. *Dev Neurorehab* 2010;13(2):120-8
- 27.- A. Nelson, J. Tucker. Monograph on the Functional Ambulation Performance Score, New York University, New York 1983.