

# Impacto del Programa de Terapia de Realidad Virtual sobre las evaluaciones escolares en pacientes con mielomeningocele y parálisis cerebral infantil

Márquez-Vázquez Rosa Elena,\* Martínez-Castilla Yazmín,\* Rolón-Lacarrière Óscar Gabriel\*\*

\* Lic. Terapia Física Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Estado de México. \*\* Neurólogo Pediatra. Jefe de Enseñanza Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Estado de México.

Revista Mexicana de Neurociencia

Enero-Febrero, 2011; 12(1): 16-26

## ANTECEDENTES

Jaron Lanier fue el primero que acuñó el término de realidad virtual (RV) a finales de la década de los 80s. La ciencia-ficción ha ofrecido visiones que han sido identificadas como precursores para la RV desde 1984. Dentro de las técnicas precursoras a las que hoy conocemos se encuentra el sistema de cabeza-montada, muestra construida por Iván Sutherland a finales del decenio de los años 60s, las aplicaciones aeroespaciales y militares, como la McDonnell Douglas en 1979, y en 1982 Thomas Furness II quien desarrolló la "supercabina" de entornos de RV de la Fuerza Aérea.

En 1985 surge el VIVED (*de sus siglas en inglés: Virtual Environment Display*), desarrollado por la NASA, éste fue un proyecto más económico, dado que es un sistema de ambientes de RV en pequeña escala. Una vez que la RV comenzó a comercializarse, se le fueron dando otros usos. En la actualidad podemos encontrar estos sistemas entre nosotros todo el tiempo, tan simples como los video-juegos, con los que a diario tenemos contacto, hasta procedimientos más sofisticados, como son los aviones de enseñanza virtual.<sup>3</sup>

En el ámbito clínico se comenzó a utilizar en las prácticas de estudiantes de medicina en procedimientos quirúrgicos, con el fin de evitar los daños

## RESUMEN

**Introducción:** La terapia de realidad virtual (TRV) es una terapia innovadora en el área de salud. **Objetivo:** Analizar el impacto de la RV en el desempeño escolar en niños con discapacidad con parálisis cerebral infantil (PCI) y mielomeningocele (MMC). **Pacientes y método:** 31 pacientes finalizaron el estudio: 14 (45.16%) femeninos y 17 (54.83%) masculinos. Con diagnóstico de PCI en 20 pacientes (64.51%) y MMC 11 casos (35.48%). El impacto global de la terapia de RV sobre las evaluaciones escolares se obtuvo al correlacionar la calificación previa a la aplicación del programa de terapia RV (A) y la calificación inmediatamente al finalizar dicho programa (B), y la calificación obtenida dos meses posterior al haberla finalizado (C). El análisis estadístico se realizó mediante la prueba de Kendall. **Resultados:** Se obtuvo: A vs. B media de +0.8 (Min-0.7 Max +1.5),  $p = 0.003$ ; A vs. C media de + 0.2 (Min-1.3 Max +2.4),  $p = 0.003$ . Al analizar el grado escolar: Primaria A vs. B,  $p = 0.001$ ; y A vs. C  $p = 0.0002$ , Secundaria A vs. B,  $p = 0.17$ , A vs. C,  $p = 0.24$ . Con respecto a PCI se obtuvo A vs. B,  $p = 0.07$ ; A vs. C  $p = 0.003$ , y en MMC A vs. B  $p = 0.0004$  y MMC A vs. C  $p = 0.001$ . **Conclusión:** La Terapia de RV beneficia principalmente a los pacientes con MMC y en grado escolar primaria. Hubo mejoría en los pacientes con

## Impact of the Therapy Program of Virtual Reality on the school evaluations in patients with myelomeningocele and cerebral infantile paralysis

### ABSTRACT

**Introduction:** The virtual reality therapy (VRT) is an innovative therapy in the area of Health. **Objective:** Analyze the impact of VR on school performance in disabled children with cerebral palsy (CP) and myelomeningocele (CMM). **Patients and methods:** Patients with diagnosis of PC and MMC, evaluated their school qualifications before and after receiving TRV's program. **Results:** 31 patients completed the study: 14 (45.16%) were female and 17 (54.83%) male. The diagnosis of CP in 20 patients (64.51%) and MMC 11 cases (35.48%). The overall impact of VRT on educational assessments was made by correlating the score before the application of VR therapy program (A) and the grade immediately following such program (B) and grades obtained two months after having completed (C). Statistical analysis was performed by the Kendall test. **Results:** It was obtained A vs. B average +0.8 (Min-0.7 Max +1.5), A vs. B  $p = 0.003$ ; A vs. C + average of 0.2 (Min-1.3 Max +2.4) A vs. C  $p = 0.003$ . To Analyzed the scholar grade: Elementary School A vs. B,  $p = 0.001$  and A vs. C  $p = 0.0002$ , High

PCI dos meses después de haber finalizado la terapia de RV.

**Palabras clave:** Terapia de Realidad Virtual, rehabilitación, parálisis cerebral infantil, mielomeningocele.

*School A vs. B p = 0.17, A vs. C p = 0.24; regarding PCI was A vs. B p = 0.07 and A vs. C p 0.003, and with regard to MMC was A vs. B Kendall p- = 0.0004 y MMC A vs. C p = 0.001. **Conclusions:** The VRT mainly benefits children with disabilities type MMC and those children who are in primary education. There was improvement in the patients with PCI two months after having finished the VR therapy.*

**Key words:** Virtual reality therapy, rehabilitation, infantile cerebral palsy. Myelomeningocele.

en pacientes y complicaciones causadas por practicas de inicio.<sup>4</sup> Se entiende la RV como la interfaz hombre-computadora altamente interactivo que facilita el control de escenas en tercera dimensión por un conmutador ya que sus componentes tienen el detalle suficiente para provocar una respuesta visual similar a la de situaciones y escenas reales.<sup>5-7</sup>

La RV es el empleo de simulaciones interactivas, creadas con el *hardware* de un ordenador y el *software*, para presentar al usuario oportunidades de relacionarse con el ambiente e interactuar con él. Existen cuatro formas de ambientes virtuales:

- a) La cabeza montada.
- b) Sistema aumentado.
- c) Estanque o pecera.
- d) Proyección superpuesta.

En la actualidad la RV ha sido utilizada en una gran variedad de áreas: en la educación, la informática, la ingeniería, el entretenimiento, la formación médica y quirúrgica, así como en la rehabilitación.<sup>8-10</sup>

### Realidad virtual como entretenimiento

El principal interés de la RV es el de proporcionar entretenimiento, con los juegos de video. Se han utilizado diversas modalidades en los juegos virtuales, cascos, guantes en juegos de combate, sillas con soportes neumáticos simulando montañas rusas, carreras de autos, etc. También se han mostrado, teatros virtuales para breves experiencias de inmersión en ambientes abstractos o reales. Lo que ha llevado al ahorro en tiempo, logística y economía en estos ámbitos.<sup>11,12</sup>

### Realidad virtual en educación

Se han observado distintas posibilidades educativas de la RV. Esto bajo la afirmación de que un cono-

cimiento se retiene mucho más cuando se experimenta directamente, que cuando simplemente se ve o escucha. Un ejemplo muy interesante en este sentido, es la simulación del Laboratorio de Fluidos que posee la carrera de Ingeniería Mecánica, incluyendo la operación de sus distintos instrumentos hábilmente representados y programados.<sup>11</sup>

### Realidad virtual en medicina

El desarrollo de tecnologías en imagenología como la resonancia magnética, la tomografía axial computarizada y el ultrasonido, han hecho una adquisición sumamente detallada de la anatomía y de los modelos humanos tridimensionales, son hoy en día un componente esencial en la práctica clínica, aumentando la habilidad de observar y utilizar estos objetos virtuales. Las aplicaciones médicas incluyen, la precisión de la anatomía, realizar con exactitud un diagnóstico y planificar el tratamiento, la educación y la formación de los estudiantes de medicina.<sup>13,14</sup>

A principios de los 90's se diseñó y comenzó a emplear el Programa de RV de Cirugía Asistida, fue desarrollada específicamente para su uso en endoscopia, cirugía craneofacial, ortopédica, torácica, urológica, otorrinolaringológica, oftalmológica y neurológica. En esencia el objetivo es la planificación pre-quirúrgica y la práctica, de acuerdo con lo que sucede en la mesa de quirófano, para que el procedimiento sea más eficaz, menos invasivo, menos riesgoso y a menor costo.<sup>15,16</sup>

### Realidad virtual en rehabilitación

La Terapia de Realidad Virtual (TRV) es una interfaz que crea un mundo alterno en las salas de terapia, dentro del cual los pacientes pueden tener logros con base en ejercicios programados que les permiten tener movilidad y realizar la terapia en un

entorno seguro, mientras, al mismo tiempo, se distrae el dolor que se pudiera causar.<sup>17</sup>

La RV ha comenzado a usarse como herramienta en el tratamiento y evaluación de rehabilitación, sus aplicaciones han sido dirigidas a una gran variedad de poblaciones clínicas incluyendo a aquellos con déficit cognitivo y metacognitivo. Otras aplicaciones están siendo dirigidas a la rehabilitación de déficit motor para ayudar a proporcionar oportunidades recreacionales para la gente con una discapacidad severa. La RV también es prometedora para el entrenamiento de las actividades de la vida diaria como: cocinar, uso de maquinaria, cruzar calles, ambientes de hospital, universidad y encontrar caminos en el ambiente. El uso racional de la RV en la rehabilitación se basa en un gran número de atributos únicos de esta tecnología. Estos atributos incluyen la oportunidad para el estudio empírico y activo por parte del paciente que le anima y motiva a participar, la habilidad del terapeuta para medir objetivamente el avance en los cambios del desarrollo en un ambiente seguro y adecuado a la actividad, mientras mantiene un estricto control sobre los estímulos. La RV también ofrece al terapeuta la habilidad para individualizar las necesidades del tratamiento mientras provee estándares y protocolos de tratamiento. Los ambientes virtuales dan la oportunidad de crear un aprendizaje repetitivo y ofrecen la capacidad de aumentar gradualmente la complejidad de las tareas mientras decrece el apoyo del terapeuta, además los ambientes virtuales permiten al terapeuta enfocar el apoyo máximo cuando es necesario, sin menospreciar el mérito de la complejidad de su labor. La selección adecuada del ambiente de RV es muy importante, ya que sus características van a influir enormemente en el modo en el que el paciente responde a la terapia de RV.<sup>18-23</sup>

### Aplicaciones clínicas de la terapia de realidad virtual

Las aplicaciones clínicas de la RV han sido usadas en pacientes con quemaduras, en donde se requiere de un proceso complejo y prolongado de rehabilitación, de terapias, tanto física como ocupacional. La aplicación de distractores es medular en la mayoría de los problemas psicológicos, esto se basa en asumir que la experiencia del dolor tiene un gran componente psicológico. Conforme a la teoría de "gate control", las mismas señales recibidas por el sistema nervioso pueden ser interpretadas como más o menos dolorosas dependiendo de "en que está pen-

sando el paciente en ese momento" y, principalmente, "en qué tiene puesta su atención", es por esto que se dice que el dolor requiere atención, y la RV se perfila como un efectivo distractor del foco de atención del paciente lejos del proceso doloroso.<sup>24-26</sup>

Los pacientes que padecen *cáncer* en la infancia son sometidos a procedimientos médicos invasivos y muy dolorosos, lo que ocasiona trastornos de ansiedad y estrés en este grupo de pacientes. Se han tratado de desarrollar y llevar a cabo varias técnicas para distracción y afrontamiento de este dolor; como los son el uso de imágenes, las técnicas de respiración, técnicas de relajación, apoyo social, apoyo psicológico, etc. Se ha comprobado que es realmente efectiva la utilización de la RV inmersiva como distracción para reducir la angustia y la ansiedad respecto a los procedimientos invasivos, sobre todo en niños pequeños, por la facilidad de creer en un mundo imaginario.<sup>27-29</sup>

La terapia de RV se aplica en la acinesia de la marcha de los pacientes con *Parkinson*, ya que se caracteriza por la reducción progresiva de la zancada, seguida de la imposibilidad de poder avanzar. Usando la técnica de RV aumentada, que es un mundo físico que da la impresión de que caminan dentro de él, logrando mejorar así su movilidad. La acinesia exige una representación sumamente realista.<sup>30</sup>

Se ha demostrado que las personas con una *lesión cerebral*, posterior a un traumatismo craneoencefálico, presentan una importante disminución de la capacidad cognitiva, por ejemplo, en la capacidad de procesar la información, identificar y llevar a cabo una secuencia lógica, completar un conjunto de tareas y actividades de la vida diaria y puede llegar a presentar trastornos de la conducta. Diversos autores han descrito que las secuelas que deja éste, requieren de un arduo proceso de rehabilitación, dado que afecta las tres esferas contempladas por la OMS (impedimento, discapacidad y restricción), si nos referimos al impedimento, estaríamos hablando de los cambios en la estructura funcional del *encéfalo*.<sup>31-33</sup> La discapacidad nos encaminaría directamente al uso de la RV para la recuperación en su máximo nivel del proceso de aprendizaje. Y en cuanto a la limitación en la participación, estaríamos hablando del uso de RV para la readaptación en su nueva vida, recuperación de la autoconfianza y reentrenamiento.<sup>31-41</sup>

Los niños con *espina bífida* pueden llevar vidas relativamente activas. El pronóstico depende del número y la gravedad de las anomalías y complicaciones asociadas. La mayoría de los niños con este

trastorno tiene inteligencia normal y puede caminar, generalmente con dispositivos de asistencia. Si se desarrollan problemas de aprendizaje, es útil la intervención educativa precoz.<sup>42</sup>

Las lesiones del sistema nervioso central o periférico generalmente resultan en una creciente incapacidad de llevar a cabo algunas actividades de la vida diaria (AVD), como resultado del déficit motor o cognitivo. Una parte esencial del proceso de rehabilitación de estos déficit es mejorar la habilidad funcional del paciente, y su calidad de vida a través de lograr proporcionarle una mayor independencia posible. Una de las mayores decisiones que tiene que tomar el terapeuta físico en la rehabilitación neurológica es identificar cuáles serán las herramientas de intervención más efectivas en cuanto a la motivación y la transferencia de las actividades que se realizan en la terapia a su entorno. Aún así, debemos tener presente todo el tiempo que un punto medular en cualquier proceso de rehabilitación es el apego al tratamiento, y es aquí donde encontramos una de las mayores ventajas que nos ofrece la RV como herramienta de terapia.<sup>43-46</sup>

La *parálisis cerebral (PC)* se define como una encefalopatía motora no progresiva, que se caracteriza por el daño a un encéfalo inmaduro y conlleva alteraciones de movimiento y postura. Los trastornos motores de la PC se acompañan a menudo de trastornos sensoriales, cognitivos, de comunicación, perceptivos y/o de conducta o un trastorno de crisis convulsivas. La PC es un trastorno común con una incidencia estimada de 2 por cada 1,000 nacidos vivos en la población general.<sup>47-49</sup>

Recientemente la TRV se incluye en los trabajos de investigación en pacientes con PC, como un método de entrenamiento innovador para el mejoramiento del aspecto motor. Al existir diferentes tipos de PC sería complicado establecer con certeza una finalidad específica del tratamiento de esta entidad; sin embargo, una de las aplicaciones más estudiadas ha sido su utilidad en mejorar el uso de extremidades superiores en niños diagnosticados con PC, dado el impacto que esto proporciona sobre las AVD y por ende en la independencia que puedan lograr estos pacientes.<sup>50,51</sup>

Existen reportes de que uno de los efectos más importantes de la TRV en estos pacientes ha sido aumentar el interés, apego y motivación por la terapia, logro que no es obtenido por las técnicas básicas que han sido utilizadas por años. Con la TRV se logra que el paciente realice el mayor esfuerzo por lograr movimientos para concretar su misión en

un ambiente virtual; sin embargo, para obtener del paciente un máximo esfuerzo es recomendable permitirle escoger entre una gama de "juegos" que el terapeuta previamente selecciona como adecuados para él. Es sumamente importante que se tenga en cuenta que las metas a cumplir durante la sesión sean alcanzables, ya que de lo contrario el paciente puede sentirse frustrado si no logra llevar a cabo, ni siquiera en un modo un tanto deficiente las actividades sugeridas.<sup>52</sup>

Existen efectos secundarios durante y después de la exposición a entornos de RV, incluida las molestias oculares, desorientación, perturbación y náuseas. Muchos de estos efectos adversos pueden ser atribuidos a la demora o imágenes incongruentes en la pantalla de ordenador. Estos problemas pueden ser descartados minimizando o eliminando imperfecciones en el diseño del software. Se vigilaron la aparición de efectos secundarios como náuseas, mareos, ataxia o postura relacionados con los reflejos ópticos.<sup>53</sup>

El presente trabajo de investigación pretende analizar si existe un impacto favorable en el rendimiento académico mediante el escrutinio de las calificaciones escolares de pacientes con Parálisis Cerebral y Mielomeningocele posterior a haber recibido un programa de RV.

## MATERIAL Y PACIENTES

El presente estudio de investigación se realizó en el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Estado de México, en el Área de Terapia Física, en el periodo que comprendió los meses de abril-agosto 2009. Es un estudio descriptivo, ambispectivo, cuasi experimental, ensayo con autocontroles, longitudinal. Únicamente se incluyeron pacientes con diagnósticos de mielomeningocele (MMC) y parálisis cerebral (PC). Posterior a considerar otros criterios de inclusión y exclusión para el presente proyecto de investigación, se consideró el ingreso de pacientes el universo de ésta población.

Se obtuvieron los datos de los pacientes mediante el expediente clínico electrónico (SCRIT), con la asesoría del coordinador de terapia física del turno matutino y vespertino, el médico especialista en rehabilitación y neurólogo pediatra. Posteriormente se contactó vía telefónica al padre o tutor del paciente para entregarle la carta de consentimiento informado, explicando en ella el motivo de la investigación y, en el caso de aceptación, obtener la firma de consentimiento informado.

Se obtuvo de cada paciente: el número de carnet, teléfono, nombre, diagnóstico, género, edad, año escolar, primer promedio de calificación pre-programa de RV, primer promedio bimensual de calificación al finalizar el programa de RV y el segundo promedio bimensual post-programa de RV.

Se anotaron los promedios escolares descritos en la calificación bimensual vigente por la Secretaría de Educación Pública en nuestro país; obteniendo como el *primer promedio* el que se encuentre previo a recibir el programa de RV y los *consecutivos promedios* posterior a haber recibido el programa de RV.

El Programa de Realidad Virtual (RV) consistió en 15 sesiones; con una duración de 30 minutos/sesión, una frecuencia de tres sesiones/semana. Duración total del programa de 1.5 meses.

El análisis estadístico se realizó mediante el programa SigmaStat 3.5. Prueba paramétrica para las variables de naturaleza continua (calificaciones escolares).

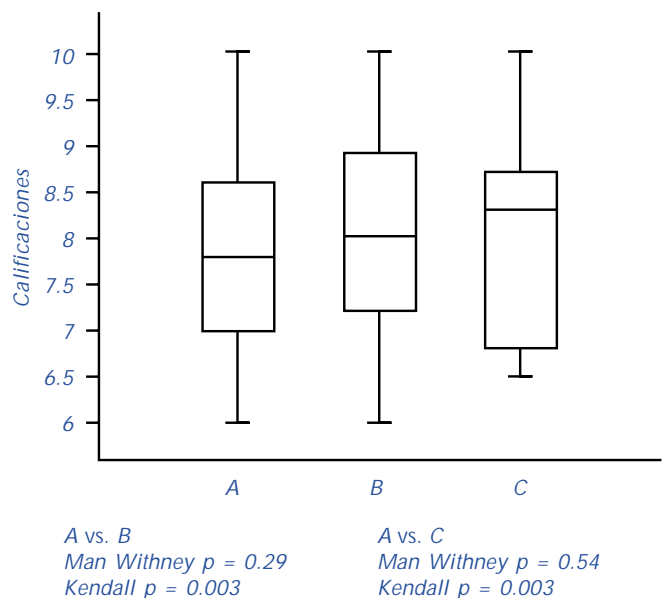
Prueba no paramétrica para las variables nominales (Género y tipo de discapacidad). Para obtener el impacto global de la Terapia de RV sobre las evaluaciones escolares de los pacientes se correlacionaron la calificación previa a la aplicación del Programa de Terapia de RV (A) y la calificación inmediatamente al finalizar dicho programa (B), así como la calificación previa a recibir TRV (A) con la calificación obtenida dos meses posterior al haberla finalizado (C). El análisis estadístico entre las calificaciones se realizó mediante la prueba de Kendall. Se consideró estadísticamente significativo si  $p < 0.05$  (definido como un impacto positivo) o no significativo si  $p > 0.05$  (definido como impacto negativo).

## RESULTADOS

Se revisaron un total de 162 expedientes clínicos en el Servicio de Terapia Física del CRIT EM, de los cuales 116 casos se excluyeron por las siguientes circunstancias: aquellos pacientes que no acudían a una escuela de educación regular (59), los pacientes cuyo diagnóstico no fueron PCI y mielomeningocele (32), falta de consentimiento informado (19), crisis epilépticas sin control (2), pacientes con cardiopatías de difícil control —un caso de tetralogía de Fallot y uno más sin diagnóstico específico— (2), un caso de control con benzodiazepinas y uno más fue eliminado debido a las frecuentes inasistencias a clases. Se incluyeron 46 pacientes, en el transcurso se eliminaron 15 pacientes: 14 debido a haber interrumpido el programa de realidad virtual, uno más no concluyó el ciclo escolar por motivos de salud, no se presentó

ningún fallecimiento. Finalizaron el estudio 31 pacientes: 14 (45.16%) fueron femeninos y 17 (54.83%) masculinos, con una relación de F: M 1:1.2. Asimismo, el diagnóstico de PCI en 20 pacientes (64.51%) y MMC 11 casos (35.48%) (Tabla 1).

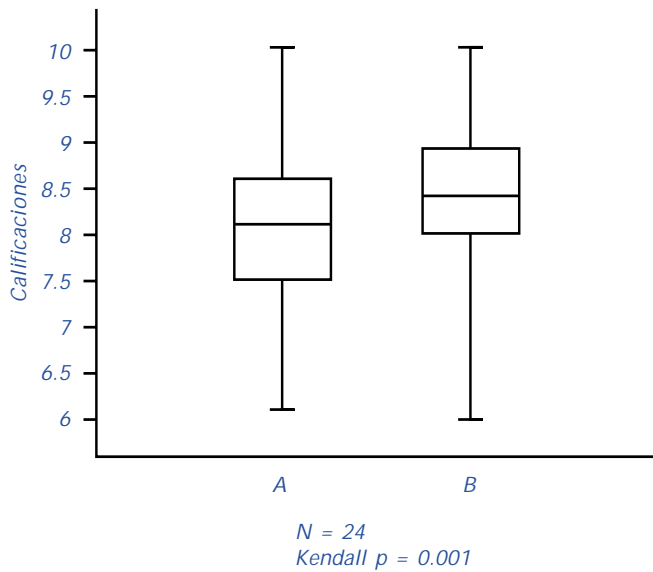
Se obtuvo el siguiente impacto global de la Terapia de RV sobre las evaluaciones escolares de los pacientes al correlacionar las calificación obtenidas durante el programa de Terapia RV: se obtuvo una mejoría en *la media* de + 0.8 en las calificaciones (Min-0.7 Max +1.5), al correlacionar la calificación previa al programa RV e inmediatamente posterior a este programa, mientras que la calificación obtenida dos meses posterior se obtuvo una mejoría en la media de +0.2 (Min-1.3 Max +2.4 en ambas correlaciones; y aunque el análisis estadístico de Man Withney no fue estadísticamente significativo en la correlación A vs. B  $p = 0.29$  A vs. C  $p = 0.54$ , sí existió una significancia en la correlación de regresión logística en la prueba de Kendall para ambas correlaciones A vs. B  $p = 0.003$  y A vs. C  $p = 0.003$  (Figura 1). Al analizar el grado escolar primaria vs. secundaria cuando se correlacionó el avance escolar en las calificaciones antes e inmediatamente después de terminar el programa de RV se obtuvo una significancia estadística para aquellos cuyo grado escolar se refería a la primaria (Kendall  $p = 0.001$ ; Figuras 2 y 3). Resultados similares se observaron cuando se analizaron los avances que exis-



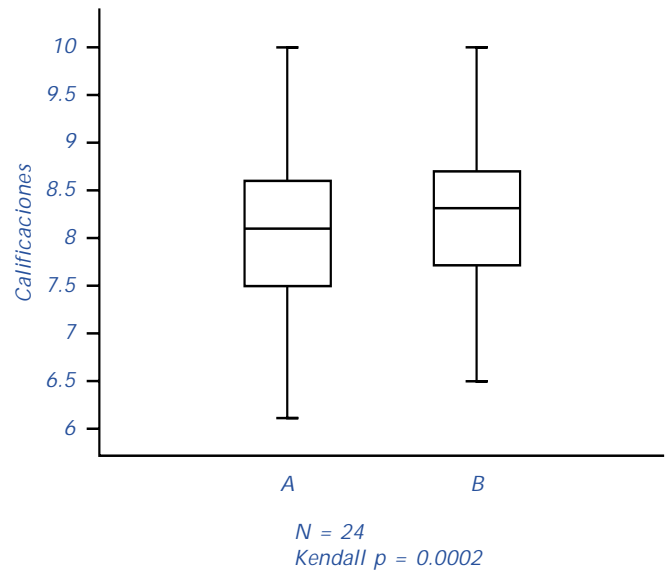
**Figura 1.** Impacto global en las calificaciones escolares **previo** al iniciar el Programa de Realidad Virtual (A) **inmediatamente** al finalizar el programa (B) y, **posterior a dos meses** de haber finalizado el programa de RV (C).

**Tabla 1**  
**Descripción de los resultados antes del programa de RV (realidad virtual) (A), posterior a finalizar el programa (B) y dos meses después de haberlo finalizado (C), en los pacientes con PCI (parálisis cerebral infantil) y MMC (mielomeningocele)**

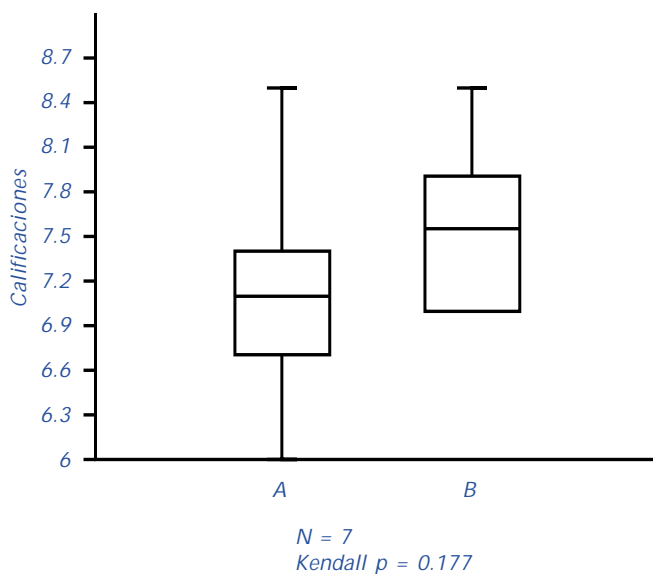
Número de paciente	Sexo	Diagnóstico	Año escolar	Núm. de Sesiones	Primera calificación pre-programa (A)	Primera calificación pos-programa (B)	Segunda calificación pos-programa (C)	Diferencia de calificación A vs. B	Diferencia de calificación A vs. C
2	M	PCI cuadriparesia espástica	6° de primaria	5	7.7	8	8	0.3	0.3
4	M	PCI cuadriparesia Espástica	2° de secundaria	8	9.2	9.6	9.5	0.4	0.3
5	M	PCI doble hemiparesia espástica	1° de primaria	8	8.1	8.5	8.5	0.4	0.4
6	M	MMC	5° de primaria	5	7.2	7.2	8.2	0	1
7	F	MMC	6° de primaria	8	6.7	6	6.7	-0.7	0
8	M	MMC	4° de Primaria	10	8.8	8.9	8.7	0.1	-0.1
9	M	MMC	5° de primaria	5	7.5	8.2	7.3	0.7	-0.2
10	F	MMC	3° de primaria	10	7.8	8	7.8	0.2	0
11	F	MMC	1° de primaria	8	8.3	8.4	8.6	0.1	0.3
12	F	MMC	2° de Primaria	10	7.6	8	8.8	0.4	1.2
13	M	PCI cuadriparesia espástica	1° de secundaria	10	6.7	7	6.7	0.3	0
14	M	PCI mixta	1° de secundaria	8	7.4	7.9	6.5	0.5	-0.9
16	M	PCI paraparesia espástica	2° de secundaria	13	6	7.7	6.5	1.7	0.5
17	M	PCI cuadriparesia espástica	4° de Primaria	10	8.3	8	7.8	-0.3	-0.5
18	F	PCI diparesia espástica	1° de secundaria	13	7	7	8.4	0	1.4
21	M	PCI doble hemiparesia espástica	6° de primaria	10	8.1	8.4	6.8	0.3	-1.3
23	F	PCI diparesia espástica	3° de primaria	13	7.8	9	9	1.2	1.2
24	F	MMC	2° de primaria	8	8.6	9	8.3	0.4	-0.3
25	F	MMC	1° de primaria	5	8.8	8.8	9	0	0.2
26	F	PCI Cuadriparesia espástica	2° de primaria	5	6.6	7	6.6	0.4	0
27	M	PCI Cuadriparesia espástica	2° de secundaria	10	7.2	7.4	8.6	0.2	1.4
28	F	MMC	1° de primaria	10	9.6	10	10	0.4	0.4
29	M	PCI hemiparesia espástica	5° de primaria	8	6.6	7	6.5	0.4	-0.1
30	F	PCI mixta	5° de primaria	10	9.1	9	8.1	-0.1	-1
31	F	MMC	1° de primaria	10	10	10	10	0	0
32	M	PCI paraparesia espástica	5° de primaria	10	7	6.7	7.7	-0.3	0.7
34	M	PCI Hemiparesia espástica	3° de secundaria	8	8.5	8.5	8.5	0	0
35	F	PCI Cuadriparesia espástica	3° de primaria	5	9.7	10	9.5	0.3	-0.2
36	F	PCI Hemiparesia espástica	4° de primaria	10	8.3	8.7	8.6	0.4	0.3
38	M	PCI Cuadriparesia espástica	5° de primaria	3	7.8	8	6.7	0.2	-1.2
39	M	PCI de tipo atelósico	5° de primaria	8	6.1	7	8.5	0.9	2.4



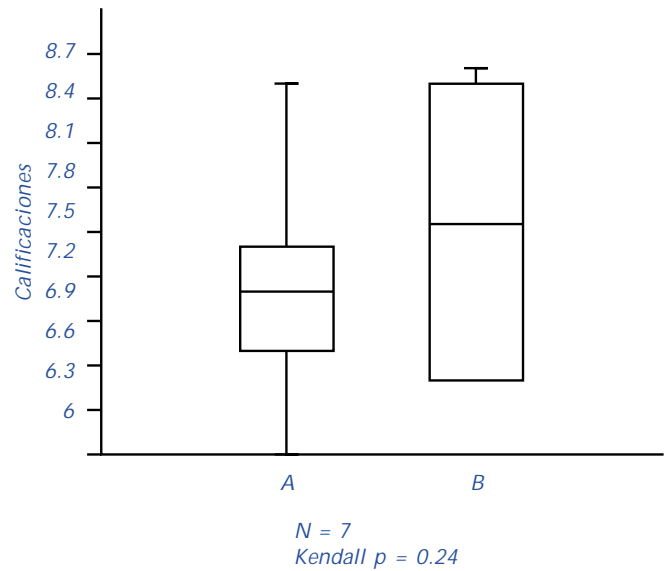
**Figura 2.** Pacientes con grado académico de primaria y el impacto en sus calificaciones escolares antes del Programa de Realidad Virtual (A) e inmediatamente posterior al mismo (B).



**Figura 4.** Pacientes con grado académico de **primaria** y el impacto en sus calificaciones escolares antes del Programa de Realidad Virtual (A) y dos meses posterior (B).



**Figura 3.** Pacientes con grado académico de secundaria y el impacto en sus calificaciones escolares antes del Programa de Realidad Virtual (A) e inmediatamente posterior al mismo (B).

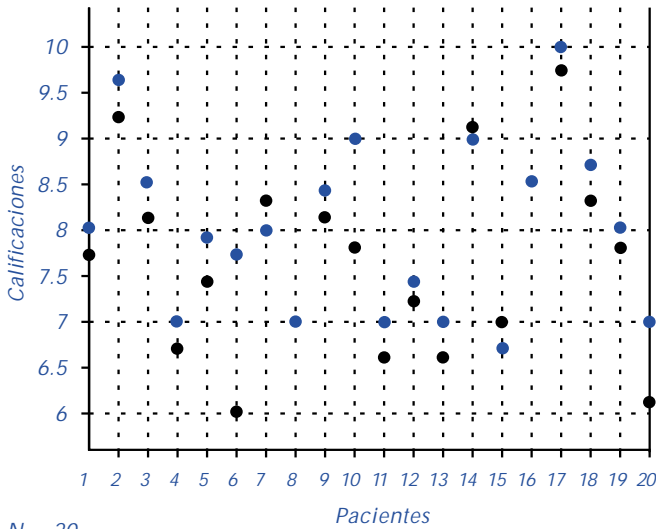


**Figura 5.** Pacientes con grado académico de secundaria y el impacto en sus calificaciones escolares antes del Programa de Realidad Virtual (A) y dos meses posterior (B).

tieron previo de haber recibido el programa y dos meses posteriores de haberlo finalizado ( $p = 0.0002$ ) en pacientes con primaria y en los de secundaria ( $p = 0.24$ ; Figuras 4 y 5).

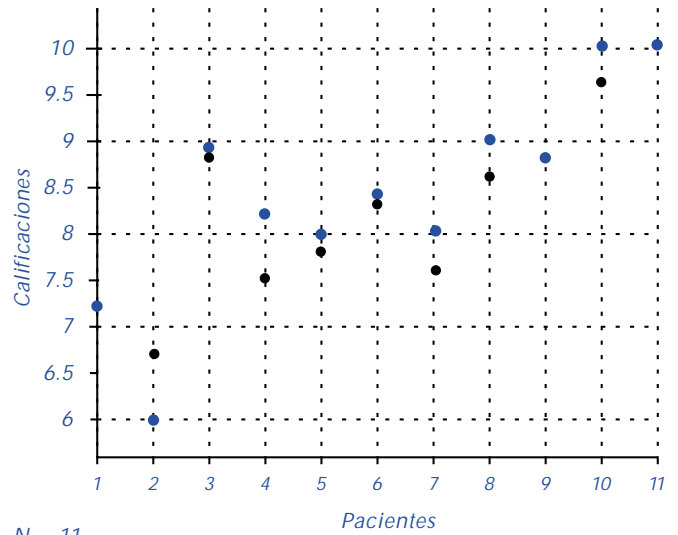
En las variables analizadas en relación con el diagnóstico *PC* se observó que no existió diferencia sig-

nificativa al final del programa de RV en las calificaciones escolares ( $p = 0.07$ ) como se observa en la figura 6, mientras que en el análisis dos meses después existió una diferencia significativa ( $p = 0.003$ ; Figura 7). Por otra parte, en los pacientes con mielomeningocele, se encontró diferencia significa-



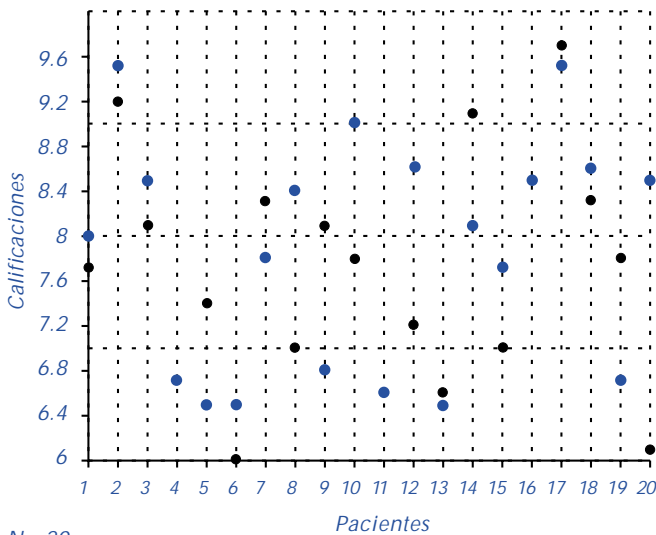
N = 20  
 Mann Withney p = 0.29  
 Kendall p = 0.07

**Figura 6.** Descripción de las calificaciones escolares de pacientes con Parálisis Cerebral Infantil. Antes del Programa Realidad Virtual (puntos negros) e inmediatamente posterior al término del mismo (puntos azules).



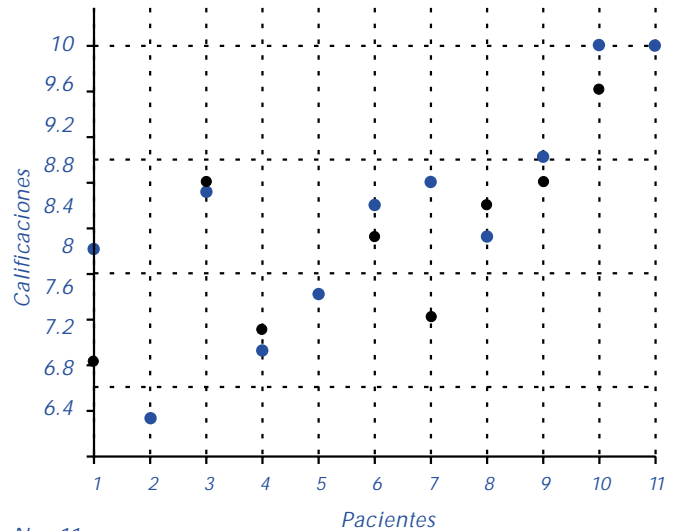
N = 11  
 Mann Withney 0.57  
 Kendall p = 0.0004

**Figura 8.** Descripción de las calificaciones escolares de pacientes con Mielomeningocele. Antes del Programa Realidad Virtual (puntos negros) e inmediatamente posterior al término del mismo (puntos azules).



N = 20  
 Kendall p = 0.003

**Figura 7.** Descripción de las calificaciones escolares de pacientes con Parálisis Cerebral Infantil al haberlo finalizado (puntos azules).



N = 11  
 Kendall p = 0.001

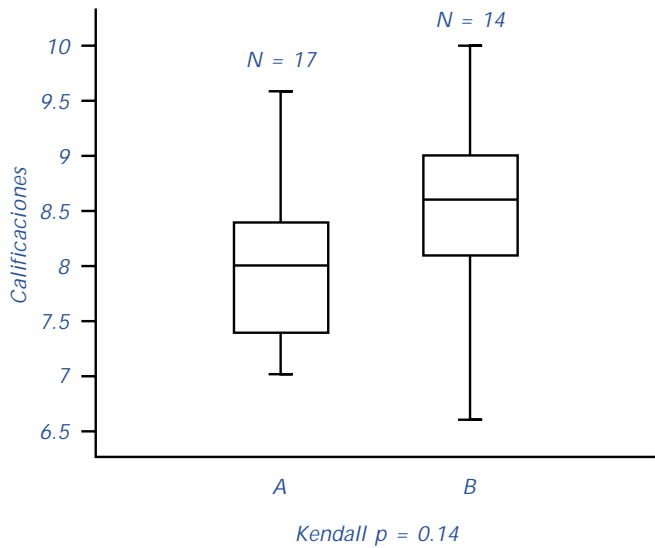
**Figura 9.** Descripción de las calificaciones escolares de pacientes con Mielomeningocele. Antes del Programa Realidad Virtual (puntos negros) y posterior de dos meses de haberlo finalizado (puntos azules).

tiva tanto al finalizar el programa de RV (p = 0.0004) como dos meses después de terminar el programa (p = 0.001) como se muestra en las figuras 8 y 9.

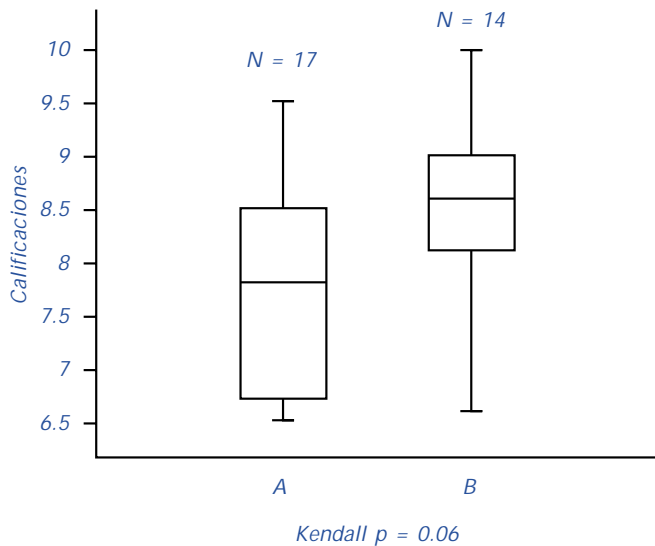
Cuando se analizó el resultado de las calificaciones por género no se observó una diferencia signifi-

cativa en los pacientes femeninos dos meses posteriores de haber finalizado el programa de RV al aplicar la prueba de Man Withney (p = 0.06) (Figuras 10 y 11).





**Figura 10.** Calificación escolar después de terminar el Programa de Realidad Virtual de acuerdo con el género. Masculinos (A) versus Femenino (B).



**Figura 11.** Calificaciones escolares dos meses posterior de haber terminado el Programa de Realidad Virtual. Masculinos (A) versus Femenino (B).

## DISCUSIÓN

En la actualidad existen grandes avances tecnológicos en todos los niveles y es bien conocido que en el área de salud se han dirigido numerosas investigaciones gracias a diferentes proyectos que sustentados en una realidad necesaria logre modificar no solamente la mortalidad, sino con una visión más

amplia, logre obtener un impacto en la calidad de vida en todo ser humano. El Sector Salud dirige diversos programas en varios grupos vulnerables, sin temor a equivocarnos, el niño con discapacidad neuromusculoesquelética conforma uno de los pilares de nuestra atención; estos niños que en muchas de las ocasiones aún no tienen la fortuna de disfrutar de un nivel académico aceptable y no por tener una deficiencia mental, sino por su propia condición física que socialmente (aunque se ha ido modificando con el transcurso de los años con una cultura social más consciente y comprometida) todavía falta un gran camino por recorrer para que estos niños sean incluidos sin discriminación o sin límites en su aprendizaje escolar.

La presente investigación dirige su esfuerzo con respecto al nivel académico que puede llegar a lograr un niño con discapacidad posterior a haberse incluido en un programa de Terapia de Realidad Virtual. Posterior a realizar una exhaustiva revisión creamos que éste es el primer estudio en su tipo a nivel mundial, en donde se pone a prueba la tecnología y su efecto en lo académico, sin menospreciar todos los avances obtenidos en un tratamiento de fisioterapia en donde la mayoría de las ocasiones ésta se dirige principalmente a mejorar, en términos de fuerza, potencia, aumento de equilibrio, etc., las condiciones musculares. Sin embargo, no se había considerado la relación que podría tenerse en el ámbito escolar (seguramente quizás ya logrado, pero no documentado) y, que seguramente el lector concuerda con nosotros, que es innecesario describir la preponderancia que en todo niño o adolescente con discapacidad puede llegar a modificar su ámbito social, cultural y humanístico el obtener una educación lo más completamente posible.

Basándonos en esta primicia el presente estudio se ha enfocado en estudiar la tendencia en las calificaciones escolares de niños y jóvenes mexicanos pacientes de CRIT EM con discapacidad neuromusculoesquelética, que cursan sus estudios en primaria y secundaria regular en relación con su tratamiento con un programa de terapia de RV.

Este estudio de investigación nos permitió observar que efectivamente existe una tendencia positiva en las calificaciones escolares de los pacientes con discapacidad neuromusculo-esquelética posterior a recibir un programa de RV, y aunque los resultados mostraron poca diferencia en los análisis paramétricos (seguramente por las décimas alcanzadas o el número de población estudiada), clínicamente y mediante el análisis de regresión logística de Kendall

nos aporta la tranquilidad que existen avances con esa tendencia de ir adquiriendo una mejoría gradual en las calificaciones.

Es importante hacer notar que hay un mayor impacto en los pacientes que cursaban, al momento del estudio, el nivel primario a diferencia de aquéllos que se encontraban ya en un nivel mayor (secundaria). Lo anterior habría que tomarlo con la seriedad que se requiere, recibir una terapia de RV de manera temprana, ofrece mejores resultados escolares.

Otra connotación relevante es que los pacientes con diagnóstico de PCI necesitan mayor tiempo a diferencia de aquellos con diagnóstico de mielomeningocele, para ver un impacto significativo. El análisis favorece de forma prematura a los niños con mielomeningocele, pero al registrar el avance después de dos meses ambos tienen clínicamente y objetivamente una mejoría en ambos tipos de pacientes.

Se deduce de esto, que no es necesario obtener de forma inmediata mejorías escolares, principalmente en PCI con el tiempo y quizás (y de manera empírica lo referimos) un incremento en el número de sesiones de terapia de RV puede mejorar el desempeño escolar. Por otra parte, de forma interesante se observó que existe una tendencia a favorecer al género femenino vs. masculino aunque se requiere mayor tamaño de muestra para obtener conclusiones confiables.

Cabe mencionar que, además de los resultados estadísticos, se obtuvieron informaciones clínicamente relevantes que no se sometieron a un análisis estadístico por no formar parte de las variables del estudio, por parte de los padres o tutores de los pacientes incluidos en este trabajo de investigación, se obtuvo en la encuesta una importante satisfacción respecto a los resultados que ellos mismos han visto en sus hijos, refiriendo, entre otros, mayores habilidades físicas, mayor confianza en sí mismos, mejorías en la atención y en las destrezas.

Haciendo un análisis del presente estudio, se llegó a la conclusión de que es necesario replicar a mayor escala estos resultados. Además de lo descrito, posteriormente se realizó un ensayo donde se incrementó la población (con similar avance en las calificaciones) y estadísticamente el impacto siempre fue positivo; ello debe de tomarse con la cautela que todo investigador conoce cuando somete una población que añade de forma ficticia (exclusivamente con el fin de observar qué sucede cuando se aumenta el número de sujetos a una prueba), pues bien,

no dejó ninguna duda que siempre existió bajo el análisis estadístico una diferencia significativa. Nuestro estudio obtuvo, por las características del programa (se encuentra en sus inicios esta terapéutica en nuestro Centro) una tendencia positiva predominantemente clínicamente estadística, más que un resultado matemático significativo. Esto es, un niño con calificación de 7.5 y que avanza a una calificación de 8 es importante no solamente para la familia, sino para la autoestima del niño.

## CONCLUSIONES

La Terapia de RV beneficia principalmente a los pacientes con MMC y aquellos niños que se encuentran en escolaridad primaria. Los pacientes con PCI mostraron mejoría en sus calificaciones escolares a dos meses de haber finalizado la TRV.



## RECOMENDACIONES

Los alcances de la Terapia con Realidad Virtual en el área de Salud en niños con discapacidad deben de ser explotados al máximo, nosotros sugerimos ampliar la visión de su potencial para mejorar la calidad de vida en este grupo de pacientes que aún se encuentran vulnerables en su educación; deseamos que sea un motivo que incentivase líneas de investigación a gran escala y de estudios que continúen sustentando su beneficio.

## REFERENCIAS

1. Chesher C. "Colonizing Virtual Reality Construction of the Discourse of Virtual Reality 1984-1992" *Cultronix* 1994, 1(1): 1-27.
2. Munslow A. "History and Myth" *Discourse and Culture, The Creation of America*. London: 1992, p. 68-88.
3. Baram Y. "Virtual Reality Visual Feedback Cues for Gait Improvement in Children with Gait Disorders due to Cerebral Palsy". *European Neurological Society*; 2009.
4. Hoffman HG. "Virtual Reality Therapy". *Scientific American*; 2004, p. 60-5.
5. Arthur KW, Booth KS. "Evaluating 3D task for fish tank virtual worlds". *ACM Transactions on Information Systems* 1993; 11: 239-65.
6. Burt DE. "Virtual Reality in Anesthesia". *British Journal of Anesthesia* 1995; 75: 472-80.
7. Rose FD. "Virtual Reality in Rehabilitation Following Traumatic Brain Injury", *European Conference of Disability, Virtual Reality & Associated Technologies and University of Reading, UK* 1996, p.1-8.
8. Keshner EA. "Virtual Reality and Physical Rehabilitation a New Toy or a New Research and Rehabilitation Tool?" *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation* 2004; 1(8): 1-8.
9. Mohsen, B. "Virtual Reality Applications in Physical Education" 2003; 74.
10. Durlach N. "Virtual Reality Scientific and Technological Challenges" *National Research Council*, p. VII.
11. Parra Márquez JC. "Introducción Práctica a la Realidad Virtual" Ed. Bio-Bio 2001; 2(9): 54-64.

12. Bates J. "Virtual Reality, Art and Entertainment" *The Journal of Teleoperators and Virtual Environments* 1991; 133: 1-8.
13. Szekely G. "Virtual Reality in Medicine". *British Medicine Journal* 1999; 319: 1305-10.
14. Cameron BM. "Virtual-Reality-Assisted Interventional Procedures". *Clinical Orthopedics and Related Research* 2006; 442: 63-73.
15. Robb RA. "Virtual Reality in Medicine: A Personal Perspective". *Journal of Visualizations* 2002; 5(4): 317-26.
16. Gorman PJ, Meier AH. "Simulation and Virtual Reality in Surgical Education Real or Unreal?" *Archives of Surgery* 1999; 134: 1203-8.
17. Hoffman HG, Hollander A. "Physically touching, and tasting virtual objects enhances the realism of virtual experiences." *Virtual Reality: Research, Development and Application*; 1998, p. 59-63.
18. Weiss PL, Katz N. "The Potential of Virtual Reality for Rehabilitation" *Journal of Rehabilitation and Developmental* 2004; 41(5): VII-X.
19. Keshner EA. "Virtual Reality and Physical Rehabilitation a New Toy or a New Research and Rehabilitation Tool?". *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation* 2004; 1(8): 1-8.
20. Rizzo AA, Schulties MT, Kerns K. "Analysis of Assets for Virtual Reality in Neuropsychology". *Technology in Cognitive Rehabilitation* 2004; 14: 207-39.
21. Carozzo M, Lacquaniti F. "Virtual Reality a Tutorial" *Electroencephalographic and Clinical Neurophysiology/ Electromyography and Motor Control* 1998; 109: 1-9.
22. Stanney K, Salvendy G. "Aftereffects and Sense of Presence in Virtual Environments: Formulations of a Research and Development Agenda" *International Journal of Human-Computer Interaction* 1998; 10: 135-87.
23. Hoffman HG, Patterson DR. "Use of Virtual Reality for Adjunctive Treatment of Adult Burn Pain During Physical Therapy: A Controlled Study". *Clinical Journal of Pain* 2000; 21: 25-33.
24. Sharar S, Carrougher G. "Factors Influencing the Efficacy of Virtual Reality Distraction Analgesia During Postburn Physical Therapy: Preliminary Results from 3 Ongoing Studies". *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2007; 88(12): 43-9.
25. Haik J. "The Use of Video Capture Virtual Reality in Burn Rehabilitation: The Possibilities". *Journal of Burn Care and Research* 2006; 27: 195-7.
26. Van Twillert BMS. "Computer Generated Virtual Reality to Control Pain and Anxiety in Pediatric and Adult Burn Patients Turing Wuound Dressing Changes". *Clinical Journal of Pain* 2008; 24(4): 649-701.
27. Ellis J, Spanos N. "Cognitive-behavioral Interventions for Children's Distress During Bone Narrow Aspirations and Lumbar Punctures: A Critical Review". *Journal of Pain and Symptom Management* 1994; 9: 96-108.
28. Gershon J, Zimand E. "Use of Virtual Reality as a Distractor for Painful Procedures in a Patient with Pediatric Cancer: A Case Study". *Cyber Psychology & Behavior* 2003; 6: 657-66.
29. Gershon J, Zimand E. "A Pilot Feasibility Study of Virtual Reality as a Distraction for Children With Cancer" *American Academy of Children and Adolescence Psychiatry* 2004; 43(10): 1243-9.
30. Szekely G, Satava RM. "Virtual Reality in Medicine". *British Medical Journal* 1999; 319: 1305.
31. Rose FD, Johnson DA. "Virtual reality in brain damage rehabilitation". *Medical Science Research* 1994; 22: 82.
32. Zhang L, Abreu BC, B Masel, Scheibel RS, Christiansen CH, Huddleston N, Ottenbacher KJ. "Virtual Reality in Assessment of Selected Cognitive Function After Brain Injury". *American Journal of Medicine & Physical Rehabilitation* 2001; 80: 597-604.
33. Dickman S, Machamer J. "Neuropsychological Recovery in Patients with Moderate to Severe Head Injury: 2 Years Follow-up" *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* 1990; 12: 507-19.
34. Jennette B. "Vegetative Survival: The Medical and Ethical Dilemmas" *Neuropsychology and Rehabilitation* 1993; 3: 99-108.
35. Tinson D.J. "How Stroke Patients Spend Their Day: An Observational Study of the Treatment Regime Offered to Patients with Movements Disorders in Hospital Following Stroke". *International Disability Studies* 1989; 11: 45-9.
36. Neistedt ME. "A Meal Preparation Treatment, Protocol for Adults with Brain Injury". *American Journal of Occupational Therapy* 1994; 48: 431-8.
37. Pugnetti L, Mendozzi L. "Evaluation and Retraining of Adults Cognitive Impairment: Which Role for Virtual Reality Technology?". *Computers in Biology and Medicine* 1995; 25: 213-17.
38. Zhang L, Abreu BC. "A Virtual Reality Environment for Evaluation of Daily Living Skills in Brain Injury Rehabilitation: Reliability and Validity". *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2003; 84: 1118-24.
39. Cristiensen C, Abreu BC. "Creating a Virtual Environment for Brain Injury Rehabilitation and Research: A Preliminary Report". *Journal of Medicine and Virtual Reality* 1996; 1: 6-9.
40. Rose FD, Johnson DA, Attree EA, Leadbetter AG., Andrews TK. "Virtual reality in neurological rehabilitation". *British Journal of Therapy and Rehabilitation* 1996; 3: 223-8.
41. Salter RB. "Trastornos y lesiones del sistema musculoesquelético". 3a. Ed. Editorial Masson. 181-2.
42. American Academy of Pediatrics - Comitee on Genetics. "Ácido fólico para la prevención de los defectos del tubo neural." *Pediatrics* 1999; 48(2): 122-4.
43. Kizony R, Razz L, Katz N, Weiss PL. "Using a Video Projected VR System for Patients With Spinal Cord Injury". *Journal of Rehabilitation Research and Development* 2005; 44(142): 595-608.
44. Katz N, Hartmann-Maier A. "Relationship of Cognitive Performance and Daily Function of Clients Following Right Hemisphere Stroke: Predictive and Ecological Validity of the LOTCA Battery". *Occupational Therapy Journal* 2000; 20: 3-17.
45. Stineman G, Granger CV. "Epidemiology of Stroke-Related Disability and Rehabilitation Outcome". *Physical Medicine and Rehabilitation Clinical of North America* 1991; 2: 457-71.
46. Cunnigaham, Krishack M. "Virtual Reality Promotes Visual and Cognitive Function in Rehabilitation". *Cyber Psychology & Behavior* 1999; 2: 19-23.
47. Steultjens E, Dekker J, Bouter L, Van de Nes J, Lambregts B. "Occupational Therapy for Children With Cerebral Palsy: A Systematic Review". *Clinical Rehabilitation* 2004; 18: 1-14.
48. Valdés J. *Enfoque Integral de la Parálisis Cerebral para su Diagnóstico y Tratamiento*. 1a. Ed. México: Editorial La Prensa Médica Mexicana, S.A. de C.V.: 1998.
49. Coutiño B. "Implicaciones Bioéticas en el Niño Discapacitado". *Temas de Pediatría, Asociación Mexicana de Pediatría*. Editorial Mc Graw Hill Interamericana; 2001, p. 45-6.
50. Reid D, Campbell K. "The Use of Virtual Reality with Children with Cerebral Palsy: A Pilot Randomized Trial". *Therapeutic Recreation Journal* 2006; 40(4): 255-68.
51. Michiel JA. "A Low-Cost Video Game Applied for Training of Upper Extremity Function in Children with Cerebral Palsy: A Pilot Study". *Cyber Psychology & Behavior* 2008; 11(1): 27-32.
52. Chen YP. "Use of Virtual Reality to Improve Upper-Extremity Control in Children with Cerebral Palsy: A Single Subject Design". *Physical Therapy* 2007; 87(11): 1441-57.
53. Regan C. "An investigation into nausea and other side-effects of head-coupled immersive virtual reality". *Virtual Reality*, 1995; 1(1): 17-32.

**Correspondencia:** Dr. Óscar Gabriel Rolón Lacarriére  
 Jefe de Enseñanza e Investigación. Centro de Rehabilitación Infantil  
 Teletón, Estado de México  
 Vía Gustavo Baz 219, Col. San Pedro Barrientos,  
 Tlalneapantla, Estado de México C.P. 54010  
 Tel.: (55) 5321-2223. Ext 2335  
 Fax: (55) 5321-2220  
 Correo Electrónico: rolon@teleton.org.mx