



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN SIGLO XXI
“UNIDAD CERTIFICADA POR EL CONSEJO DE SALUBRIDAD GENERAL”

**INFLUENCIA DEL USO DE UN PROGRAMA DE REHABILITACIÓN CON
REALIDAD VIRTUAL SOBRE LA RECUPERACIÓN MOTORA DE LA
EXTREMIDAD SUPERIOR PARÉTICA EN PACIENTES CON EVENTO
VASCULAR CEREBRAL**

TESIS DE POSGRADO QUE PRESENTA LA
DRA. BEATRIZ ELENA ROJAS SÁNCHEZ

PARA OBTENER DIPLOMA DE ESPECIALISTA EN MEDICINA DE
REHABILITACIÓN.

ASESORES:

DRA. MARÍA DEL CARMEN ROJAS SOSA
DRA. GARCÍA PÉREZ ANGÉLICA ELIZABETH
DRA. RAMÍREZ ALVARADO VERÓNICA DE JESÚS



MÉXICO, D.F. 2012



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.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
DELEGACIÓN SUR DEL DISTRITO FEDERAL
UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN SIGLO XXI
COORDINACION CLINICA DE EDUCACIÓN E
INVESTIGACIÓN EN SALUD
"UNIDAD CERTIFICADA POR EL CONSEJO DE SALUBRIDAD GENERAL"

INFLUENCIA DEL USO DE UN PROGRAMA DE REHABILITACIÓN CON REALIDAD VIRTUAL SOBRE LA RECUPERACIÓN MOTORA DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR PARÉTICA EN PACIENTES CON EVENTO VASCULAR CEREBRAL

Trabajo de investigación que con motivo de tesis para obtener la especialidad en Medicina de Rehabilitación

Presenta: DRA. BEATRIZ ELENA ROJAS SÁNCHEZ

Asesoras:

DRA. MARÍA DEL CARMEN ROJAS SOSA
Audiología y Otoneurología, Maestría en Ciencias Médicas
Unidad de Medicina Física y Rehabilitación SXXI

DRA. ANGÉLICA ELIZABETH GARCÍA PÉREZ
Especialista en Medicina de Rehabilitación
Unidad de Medicina Física y Rehabilitación SXXI

DRA. VERÓNICA RAMÍREZ ALVARADO
Especialista en Medicina de Rehabilitación
Unidad de Medicina Física y Rehabilitación SXXI

HOJA DE AUTORIZACIÓN

Dr. Mario Izaguirre Hernández
Médico Especialista en Comunicación Humana
Director de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI

Dr. Jaime Alfredo Castellanos Romero
Médico Especialista en Medicina de Rehabilitación
Subdirector Médico de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI

Dr. María del Carmen Mora Rojas
Médico Especialista en Medicina de Rehabilitación
Encargada de la Coordinación Clínica de Educación e Investigación en Salud de
la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI

HOJA DE AUTORIZACIÓN DE ASESORES

M. en C. María del Carmen Rojas Sosa
Médico Especialista en Audología y Otoneurología. Maestra en Ciencias Médicas
Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI

Dra. Angélica Elizabeth García Pérez
Médico Especialista en Medicina de Rehabilitación
Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI

Dra. Verónica de Jesús Ramírez Alvarado
Médico Especialista en Medicina de Rehabilitación
Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI

DEDICATORIA

A ti compañero incansable, por que a tu lado todos los senderos están llenos de luz. Gracias por darme tu mano y tu risa. Te amo Daniel

A la mujer más fuerte que conozco, por enseñarme a sembrar ilusiones y por estar siempre a mi lado, sabes que nunca hubiera podido terminar sin tu apoyo.

Gracias Male

Al hombre de principios, por que hiciste de mí una mujer leal a mi corazón y mente. Gracias por tu cariño y comprensión Papá

A mi hermano, por que eres un impulso imprescindible en mi vida, gracias por tener siempre una palabra de aliento y un momento para compartir conmigo.

A ese pequeño ser que vendrá a culminar mi felicidad.

AGRADECIMIENTOS

Es imposible mencionar a todas las personas que colaboraron de manera directa o indirecta con la elaboración de ésta tesis y por lo tanto con mi formación como Médica especialista. Pero a las personas que no podré dejar de agradecer nunca son:

A las Dras. Gladys Pech, Verónica Ramírez y Georgina Hernández, por que siempre fueron un modelo de inspiración en mi actuar diario como Médica y ser humano.

A la Dra. María del Carmen Mora, por el apoyo brindado desde el primer año de mi formación como especialista, hasta el último día (oficial).

A la Dra. María del Carmen Rojas Sosa, por ser el ángel que guió mis pasos en este trabajo, su tiempo y dedicación es invaluable.

A mis mejores compañeras y amigas de especialidad, Leo, Moni, Giovis y Anita; por que ustedes le pusieron el sabor a éste manjar. No tengo palabras para agradecerles todo lo compartido.

A mi familia y amigos, por estar siempre en los momentos difíciles. Gracias Areli, Pacho, Eri, Sandy.

ÍNDICE

	Página
Resumen	8
Introducción	9
Antecedentes	10
Evento Vascular Cerebral	10
Mecanismo de Recuperación Neurológica	16
Tratamiento Rehabilitatorio	18
Justificación	24
Pregunta de investigación	25
Hipótesis de trabajo	26
Objetivo	27
Variables	28
Criterios de selección	31
Tipo y diseño del estudio	32
Aspectos Estadísticos	33
Análisis Estadístico	34
Material y Métodos	35
Descripción general del Estudio	35
Aspectos Éticos	38
Resultados	39
Discusión	47
Conclusiones	49
Referencias Bibliográficas	50
Anexos	53

RESUMEN

“INFLUENCIA DEL USO DE UN PROGRAMA DE REHABILITACIÓN CON REALIDAD VIRTUAL SOBRE LA RECUPERACIÓN MOTORA DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR PARÉTICA EN PACIENTES CON EVENTO VASCULAR CEREBRAL”

ROJAS-SÁNCHEZ BE, GARCÍA-PÉREZ AE, RAMÍREZ-ALVARADO VJ, ROJAS-SOSA MC. CONSULTA EXTERNA DE REHABILITACIÓN Y COMUNICACIÓN HUMANA, UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN SXXI. IMSS, DELEGACIÓN SUR, D.F.

INTRODUCCIÓN. El evento vascular cerebral (EVC) se considera la principal causa de discapacidad motora en adultos y en México, condiciona más del 10% de alguna discapacidad motriz y sólo 5-20% recuperan parcialmente la funcionalidad en el miembro torácico afectado. Se ha demostrado que la biorretroalimentación favorece de manera importante la neuroplasticidad cerebral. Estudios recientes confirman que el movimiento repetido del brazo dirigido voluntariamente a un objetivo específico se traduce en un mayor aprendizaje motor a nivel cortical y en una mayor recuperación motora, para lo cual se sugiere el uso de realidad virtual.

Objetivo. Evaluar la influencia de un programa de rehabilitación basado en realidad virtual sobre la recuperación motora en la extremidad superior parética de pacientes con EVC comparado con un programa de terapia ocupacional convencional.

Material y métodos. Diseño: Ensayo clínico controlado, aleatorizado. Lugar: Rehabilitación, UMFR SXXI. Sujetos: adultos con paresia espástica en miembro torácico secundaria a EVC con evolución mayor a 3 meses o con Índice Motor total en Miembro torácico ≥ 48 . Procedimientos: 1. Evaluación clínica y aleatorización a grupo 1 (terapia con realidad virtual Wii Sport), o grupo 2 (terapia ocupacional convencional); 2. Valoración de función motora: escalas de Jebsen Taylor, Calidad de pinza fina, Índice Motor y Fugl Meyer, antes, durante y después de la terapia; 3. Aplicación de terapia según el grupo, 8 semanas.

Resultados: G1: 13 pacientes, 10 masculinos (77%) y 3 femeninos (23%); con una media de edad de 63.54 ± 13.83 años. G2: 10 pacientes, 4 masculinos (40%) y 6 femeninos (60%), con edad promedio de $70.6 (\pm 8.56)$. Función motora de extremidad torácica: mejoría en todas las puntuaciones de la escalas intragrupo, en ambos grupos ($p < 0.05$, Friedman), con mejores calificaciones en puntos promedio al final del tratamiento en el G1 (posthoc Wilcoxon). Sin diferencia estadísticamente significativa entre las diferentes valoraciones y las diferentes escalas entre los 2 grupos ($p < 0.05$; Kruskal-Wallis), pero también mejores calificaciones en puntuaciones promedio en valoraciones intermedia y final, excepto en el test de Jebsen Taylor.

Conclusiones: el programa con realidad virtual permite ver una mejoría en la funcionalidad motora de la extremidad torácica semejante a la encontrada en pacientes manejados con un programa de terapia ocupacional convencional. Subjetivamente con mayor apego y motivación al tratamiento.

Palabras clave: Tratamiento rehabilitatorio con realidad virtual, terapia ocupacional, funcionalidad motora, evento vascular cerebral.

INTRODUCCIÓN

El evento vascular cerebral (EVC) representa la tercera causa de mortalidad y de discapacidad neurológica en adultos; aproximadamente 5 de cada diez sobreviven, y de estos el 40 a 70% presentará una secuela motora, limitando de forma parcial o total las actividades de su vida diaria.

El pronóstico funcional de la mano es pobre cuando existe una parálisis total del miembro torácico o una falta de pinza efectiva 4 semanas después del evento. A pesar de esto, 11 % de los pacientes con debilidad severa en el miembro torácico logra una buena recuperación en la mano. Los programas de rehabilitación se dirigen a recuperar en el mayor grado posible la funcionalidad de los segmentos afectados.

Estudios recientes confirman que el movimiento del brazo dirigido hacia un objetivo específico se traduce en un mayor aprendizaje motor a nivel cortical, y por tanto en una mayor recuperación motora, en comparación con las técnicas de facilitación/inhibición empleadas comúnmente.

Un reto de la rehabilitación neuromotora es diseñar métodos eficaces para proporcionar la terapia repetitiva y específica para el miembro torácico parético: estos procesos deben ser multimodales para facilitar la recuperación de la función e involucrar las funciones cognitivas, además de ser atractivos (para mantener la atención del paciente) y de fácil comprensión.

La biorretroalimentación apoyada en sistemas computacionales (Realidad virtual) permite cumplir con estas características, logrando la total inmersión del paciente en un entorno virtual de gráficos computarizados donde recibe información sensorial multimodal de tipo sonora, visual y táctil.

Las investigaciones recientes sobre la recuperación motora de extremidades superiores paréticas mediante el uso de realidad virtual y biorretroalimentación han demostrado una mejoría alentadora. Nuestro trabajo se basa en el empleo del software de realidad virtual Wii Sport y tiene como objetivo principal facilitar el movimiento de la extremidad de forma dirigida –lo que potencia el beneficio obtenido por la biorretroalimentación—, midiendo los cambios logrados con ésta en comparación con los que se producen tras la aplicación de terapia ocupacional convencional.

ANTECEDENTES

EVENTO VASCULAR CEREBRAL

Definición

El evento vascular cerebral se refiere al conjunto de trastornos clínicos de manifestación súbita (generalmente), debidos al aporte hemático insuficiente en el cerebro. De modo que, con el término EVC, se contemplan tanto la isquemia como la hemorragia cerebrales, desórdenes que producen un déficit neurológico central de instauración aguda o sub-aguda. ⁽¹⁾

Aspectos epidemiológicos

La enfermedad cerebrovascular es la segunda causa de mortalidad en el mundo y la principal causa de discapacidad neurológica. En 2006 la OMS estimó que el 10% de la mortalidad mundial en el año fue debida a EVC o a sus complicaciones. Para el 2010, se asegura que al año 15 millones de personas en el mundo cursaron con EVC y que una tercera parte de éstos vivirá con una discapacidad motora permanente. ⁽²⁾

En Estados Unidos, se calcula que cada minuto ocurre un EVC isquémico agudo y cada 3 ½ minutos alguien muere como consecuencia del mismo. 4% de todos los EVC se presentan en adultos menores de 45 años; en mujeres llegan a presentarse antes de los 30 años debido a factores de riesgo inherentes al género, como embarazo y uso de anticonceptivos orales. Y de manera general existen 60 desórdenes diferentes que pueden causar EVC en adultos jóvenes.

En México, la incidencia es de 22 por cada 10,000 en individuos de 45-54 años de edad e incrementa a 83 por cada 10,000 a edades de 65 a 74 años. El evento vascular cerebral isquémico constituye el 72.9% del total, siendo el resto de tipo hemorrágico; en cuanto a la localización, 84% se presentan en el territorio de la arteria cerebral media –ACM-. En promedio, 40 a 70% de los sobrevivientes presentan una secuela motora, predominando la alteración del miembro torácico, de modo que 6 meses posteriores al evento solo 5-20% de ellos recupera la función total en el miembro torácico afectado, teniendo recuperación parcial el 30-66% de los enfermos. ^(3,4,5)

Fisiopatología

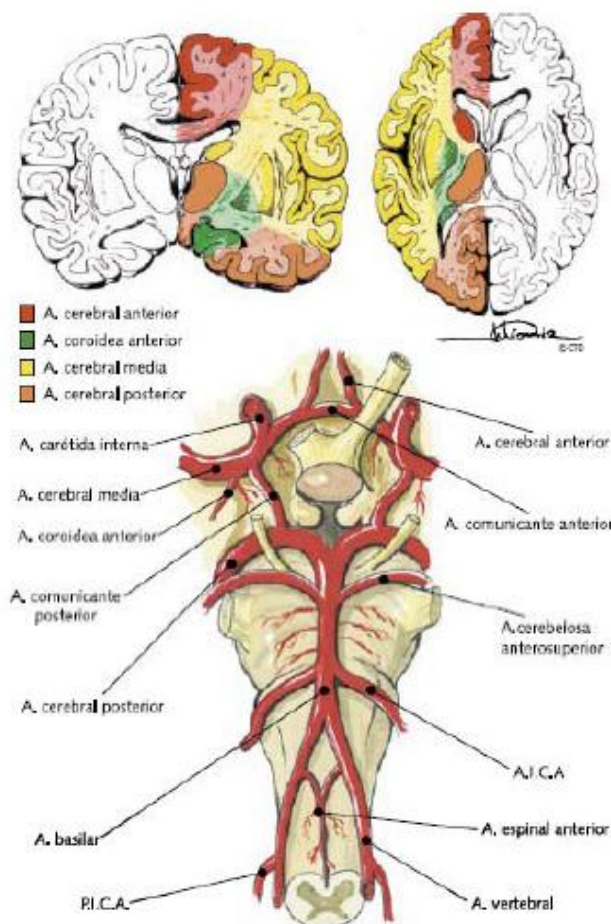
El cerebro asegura su perfusión, por medio de mecanismos compensatorios, de forma sólo hasta cierto punto independiente de las variaciones en la presión arterial, pues cuando la presión arterial sistólica cae por debajo de 70mmHg (o

por abajo del 70% de las cifras basales en individuos hipertensos) se inicia una vasodilatación cerebral para mantener dicha perfusión. Es de esperarse entonces, que situaciones como la hiperventilación y cifras elevadas de presión intracraneal disminuyan la perfusión cerebral, mientras que la hipoventilación (por incremento en la presión parcial de CO₂, por ejemplo) la incrementa.

Por otro lado, a pesar de que el cerebro representa el 2% del peso corporal total, consume el 17% del gasto cardiaco y 20% del oxígeno no utilizado por el cuerpo (3.3 ml/100 gr de tejido cerebral/min). El flujo sanguíneo cerebral (FSC) normal es de 50 ml/ 100 gr de tejido cerebral/min, lo cual quiere decir que un cerebro promedio tiene un FSC cercano a 750 ml/min. Cuando el FSC disminuye de 20-25 ml/100 gr/min, comienzan a aparecer los signos y síntomas de isquemia; sin embargo, las neuronas localizadas en el área isquémica y que permanecen despolarizadas son aún viables. Por ello, a dicha área se le conoce como “zona de penumbra”.

Entretanto, el proceso de glicólisis anaeróbica destinado a producir ATP en estas condiciones deviene insuficiente, generándose lactato excesivamente, con la consiguiente acidosis y la entrada masiva de sodio y agua a la célula. Simultáneamente, la concentración intracelular de calcio aumenta con rapidez y ocurre liberación de glutamato al espacio extracelular. Una vez que el FSC

disminuye hasta 10 ml/100 gr/min, este proceso es irreversible, resultando en la muerte neuronal. ^(6,9)



Inmediatamente después de la oclusión de una arteria cerebral se forma un área donde las células están irreversiblemente afectadas (núcleo necrótico), rodeada por una segunda zona donde a pesar de existir disminución severa del FSC, el tejido cerebral es todavía potencialmente recuperable (penumbra isquémica). Sin embargo, si el FSC no se restablece rápidamente el núcleo necrótico crece, comprometiendo de manera definitiva el área de penumbra.

Para comprender la localización

y extensión de la lesión se debe conocer la anatomía y los territorios arteriales que irrigan al cerebro, así como sus múltiples anastomosis (Círculo o polígono de Willis).

De acuerdo a la distribución topográfica, la circulación cerebral se divide en anterior (sistema carotídeo) y posterior (sistema vertebro-basilar). La circulación anterior recibe 40% del gasto cardiaco e irriga a los hemisferios cerebrales, mientras que la circulación posterior recibe sólo el 20% del gasto cardiaco y suministra flujo sanguíneo al tronco cerebral, el cerebelo y las porciones adyacentes a los hemisferios. ⁽⁶⁾

Factores de riesgo.

Los principales factores de riesgo no modificables para presentar infarto cerebral son la edad avanzada, el género masculino y la historia familiar de EVC. Estos factores de riesgo identifican a los individuos con mayor riesgo de presentar el episodio y, por lo tanto, a aquellos en quienes se deben implantar medidas de prevención más rigurosas.

Los factores de riesgo modificables más importantes son: hipertensión arterial, diabetes mellitus, tabaquismo, etilismo, cardiopatías (tales como valvulopatías, infarto agudo al miocardio, insuficiencia cardíaca congestiva y fibrilación auricular), además de hipercolesterolemia, sedentarismo y obesidad.

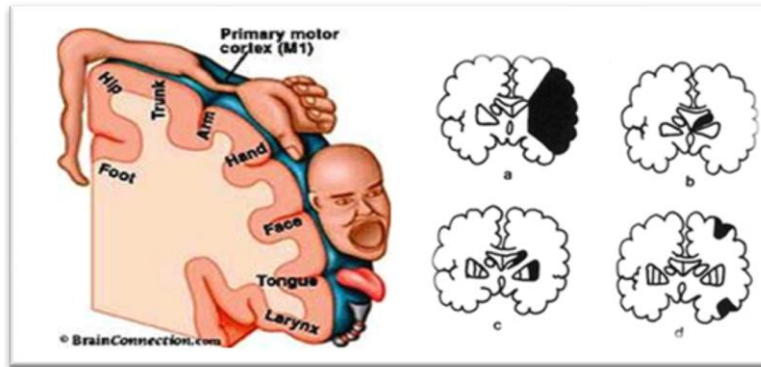
Se estima que la hipertensión arterial es un factor contribuyente en el 42% de las muertes por EVC. Por lo tanto, se considera a la mencionada como el factor predisponente más importante de todos; de manera semejante, la incidencia se incrementa 2 a 4 veces con la presencia de diabetes mellitus, siendo entonces mayores la mortalidad y la gravedad del cuadro. ⁽⁴⁾

La prevención consiste en el control adecuado de los factores de riesgo modificables ya mencionados, así como en efectuar cambios en el estilo de vida de las personas propensas a sufrir un evento vascular cerebral (balancear la dieta, evitar el sedentarismo, eliminar el sobrepeso, etc). Estas medidas deberían ser reforzadas y difundidas con mayor amplitud para disminuir la incidencia de dicha enfermedad.

Manifestaciones clínicas

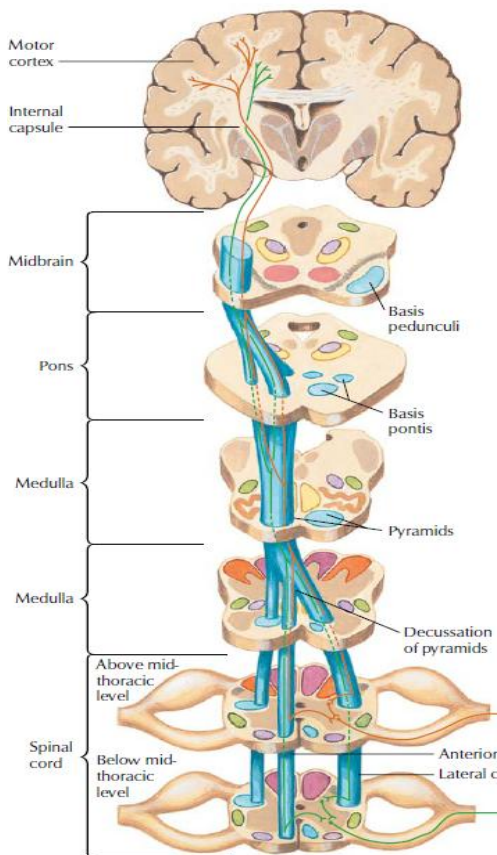
Debido a que el sistema nervioso central cuenta con una distribución somatotópica, la isquemia en territorio de la ACM afectará el hemicuerpo contralateral para la actividad motora y el ipsilateral para la sensitiva. De acuerdo al homúnculo de Penfield, la parte más afectada en la función motora por los eventos cerebrovasculares será el miembro torácico.

- a: infarto de la totalidad del territorio de la cerebral media,
- b: infarto de territorio terminal (cabeza del núcleo caudado),
- c: infarto de territorio limítrofe profundo (cuerpo estriado),
- d: infarto de territorios limítrofes superficiales.



La recuperación después del evento agudo es paulatina y variable; el 88% de los pacientes con EVC agudo cursan con hemiparesia. Twitchell describió con detalle el patrón de recuperación motora después de un EVC: al inicio el miembro torácico es más limitado que el miembro pélvico, y la recuperación motora en el torácico es menor que en el pélvico.

La severidad en la debilidad del miembro torácico al inicio del padecimiento y el momento en que se empieza a hacer algún movimiento de la mano, son dos factores predictivos importantes en la recuperación motora.



El pronóstico funcional de la mano es pobre cuando existe una parálisis total del miembro torácico o una falta de pinza efectiva 4 semanas después del evento; a pesar de esto, 11 % de los pacientes con debilidad severa en el miembro torácico logra una buena recuperación en la mano. Pacientes que sufrieron un EVC severo tendrán su mejor grado de recuperación después de 15 semanas; sin embargo, en algunos pacientes el retorno de la actividad volitiva se adquiere después de un largo periodo, 6 a 12 meses.

Muchos estudios sugieren que la localización del evento cerebrovascular influye en la recuperación motora espontánea. Los infartos subcorticales en el tallo cerebral, brazo posterior de la cápsula interna y en la corona radiada se asocian con una pobre recuperación motora espontánea, ya sea de manera aguda o crónica.

Por otro lado, se ha encontrado que una discapacidad motora prolongada después de un EVC, asociada a una extensa degeneración Walleriana de la vía corticoespinal (a consecuencia del EVC), contribuye con el mayor deterioro de la vía corticoespinal del hemisferio afectado.^(7,8)

Estudios de estimulación magnética transcraneal (EMT) y magnetoencefalografía sugieren la importancia en la conectividad del tracto corticoespinal para la recuperación motora después de un EVC. Los pacientes con menor recuperación han mostrado una irrupción en la vía cortico-muscular y en los potenciales evocados corticales después de la EMT. La espectroscopia por resonancia magnética demuestra una señal disminuida de N-acetil-aspartato (lo cual se presume refleja daño axonal), en el brazo posterior de la cápsula interna; lo que está fuertemente asociado con el déficit motor presentado después de un EVC isquémico.⁽⁷⁾

En conjunto, estos estudios son una fuerte evidencia de la importancia que reviste la integridad de la vía corticoespinal para la recuperación motora. A pesar de estos hallazgos, la influencia de la localización del infarto sobre los resultados de la rehabilitación motora aún no está bien determinada.

La corteza motora primaria (Área 4 de Brodman), correspondiente al giro precentral en la superficie lateral de la corteza, se extiende medialmente a la fisura longitudinal, la cual separa a los hemisferios en derecho e izquierdo. Una tercera parte de las fibras que constituyen el tracto corticoespinal (piramidal) nace del cuerpo celular de neuronas ubicadas en esta área; el resto se origina en neuronas localizadas en las áreas premotora, motora suplementaria y somestésica (parietal). Los axones del área 4 llegan a los núcleos de nervios craneales en el tallo cerebral, así como a los ganglios basales, la formación reticular y el núcleo rojo. Un esquema del cuerpo se representa en la corteza motora primaria estableciendo un patrón de homúnculo, de modo que la extensión de cada parte del cuerpo en la corteza se relaciona con el control motor de la misma.

Los dedos de las manos, los labios y la lengua están representados por regiones largas en la corteza, mientras que los dedos del pie se representan en regiones relativamente pequeñas. La porción media de la corteza motora primaria controla la parte inferior del cuerpo, y la porción lateral lo hace sobre la parte superior del cuerpo. Así mismo, el control ejercido por dicha región cortical, a través del tracto corticoespinal, es mayor sobre la musculatura de la mano. Nótese que en contraste con las piernas, cuya función es la locomoción, la cara, la cabeza y las manos se usan para transmitir señales que expresan emoción.

Una lesión en la corteza motora primaria puede resultar en parálisis de la musculatura contralateral. Los músculos afectados al inicio se presentan flácidos;

tras varios días de evolución, los reflejos se exageran y los músculos muestran espasticidad. Los movimientos gruesos inician su aparición después de varias semanas o meses, pero los movimientos finos se pierden permanentemente en muchas ocasiones (Brodal, 1981).

La corteza premotora (Área 6 de Brodman) recibe la mayor parte de las señales desde la corteza parietal superior. La mayoría de los axones que salen de la corteza premotora terminan en la corteza motora primaria, aunque un pequeño grupo de ellos desciende por la corteza premotora, a través de la cápsula interna, hasta llegar a la formación reticular, la cual da ascenso al tracto rubroespinal.

El tracto rubroespinal es parte del sistema motor descendente más importante, el cual colabora principalmente con el soporte de la postura y la locomoción a través del control de las musculaturas axial y proximal.

Las áreas premotoras se activan cuando un programa motor nuevo se inicia o cuando se aprende un programa motor modificado, y sus neuronas presentan una actividad incrementada anticipadamente ante los movimientos de las extremidades. Tales áreas se encuentran envueltas en la generación de la secuencia motora de memoria que requiere la precisión en los movimientos (Halsband *et al.*, 1993). Además, el área premotora se encuentra relacionada con la actividad visomotora, por lo que en caso de existir una lesión en dicha área se produce un déficit en los movimientos guiados visualmente. ^(9,10)

La visión pasiva de rostros permite la activación del área ventral premotora derecha, mientras que la imitativa produce una activación bilateral, lo que sugiere que el hemisferio derecho podría jugar un rol clave en la producción de los movimientos faciales empáticos (Dimberg and Petterson, 2000; Leslie *et al.*, 2004). Individuos que muestran un nivel alto en los test de empatía también demuestran el *efecto camaleón* (Sonnby-Borgström, 2002), esto es, la tendencia a imitar las expresiones faciales de los individuos con los cuales se encuentran hablando e inclusive el humor de su interlocutor. ⁽¹⁰⁾

Estudios clínicos sugieren que la influencia descendente de la corteza premotora se da predominantemente sobre la musculatura axial y sobre la musculatura proximal de las extremidades. Lesiones unilaterales en dicha área resultan en debilidad de músculos contralaterales de hombro y pelvis. La fuerza remanente del antebrazo no se afecta significativamente; sin embargo, los movimientos de pinza se ven mermados cuando son dependientes del soporte por el hombro.

El área motora suplementaria se encuentra en la parte medial del lóbulo frontal, a lo largo de la fisura longitudinal (Área 6 de Brodman). Los estudios de resonancia magnética funcional la dividen en 2 regiones, la anterior (pre-motora suplementaria) y la posterior (motora suplementaria). Las fibras eferentes de

estas regiones incluyen fibras transcorticales que se dirigen hacia las áreas premotora y motora primaria, así como a los ganglios basales, núcleo rojo y directamente con la médula espinal. Los estudios de resonancia magnética funcional demuestran que el área motora suplementaria se activa antes que el área motora primaria (por ejemplo, cuando un paciente imagina cierta actividad conocida), y que es activada durante subrutinas motoras complejas, lo cual sugiere que el área motora suplementaria ensambla la secuencia en las acciones motoras dentro del planeamiento motor. De tal modo, la activación de dicha zona es mayor cuando se realizan movimientos secuenciales que cuando estos son fijos. (Un ejemplo tácito es la exactitud y velocidad constante en los movimientos complejos repetitivos de la mano, como lo es la prono-supinación alternada: cuando existe algún daño en esta zona, por ejemplo por infarto en el territorio de la arteria cerebral anterior, se manifiesta hesitancia o dubitación en dicho movimiento). El área motora suplementaria también se encuentra envuelta en procesos mnémicos, siendo la responsable de la adquisición y el recuerdo de programas motores (por ejemplo: cómo un novato aprende a tomar y balancear un palo de golf). Estudios que evalúan el flujo sanguíneo ponen de manifiesto que la estimulación de dicha zona puede jugar un papel importante en la adquisición y ejecución de nuevas habilidades o destrezas ⁽¹¹⁾.

Mecanismo de la recuperación neurológica

Plasticidad cerebral

El aprendizaje y la plasticidad cerebral se constituyen en los componentes más importantes cuando el cerebro sufre una lesión súbita, como lo es una lesión isquémica: los circuitos cerebrales deben reorganizarse y se tienen que establecer ciertos mecanismos compensatorios. Por lo tanto, resulta altamente deseable optimizar dicha plasticidad cerebral en la medida de lo posible, pues el proceso isquémico no solo provoca la muerte celular en algunas regiones del encéfalo, sino que también distorsiona los alrededores de la lesión e incluso el hemisferio contralateral causando una diasquiasis transhemisférica. Varios estudios han demostrado que una lesión cerebral focal altera las propiedades de todo el encéfalo en más de un aspecto: la inhibición GABAérgica decrece, aumenta la actividad neuronal y la unión a receptores NMDA. Las consecuencias funcionales de tales cambios aún no son bien comprendidas: la potenciación a largo plazo (LTP), un parámetro celular de aprendizaje, se incrementó en el tejido cerebral circundante a la lesión. En concordancia con esto, se observó una ventana temprana para la rehabilitación del infarto; sin embargo, ha surgido cierta controversia referente al momento de inicio del tratamiento rehabilitatorio, pues también se ha observado que una actividad forzada tempranamente puede causar un aumento de la lesión cerebral original.

Tampoco han sido comprendidos completamente los mecanismos subyacentes a los cambios inducidos por el infarto en la plasticidad de la corteza estructuralmente intacta. Un candidato probable lo constituyen las reacciones inflamatorias, las cuales podrían modificar la plasticidad cerebral que sobreviene al proceso isquémico, pues es bien sabido que el infarto provoca el inicio de una reacción inflamatoria cerebral. Antagonizar tal inflamación, por lo tanto, quizá conlleve a reducir el tamaño de la lesión, aunque esto no ha sido probado en pacientes todavía. Aún más, no se tienen disponibles los suficientes datos sobre el mecanismo por el que la terapia antiinflamatoria modificaría la plasticidad cerebral ⁽¹²⁾.

En la fase temprana después del evento vascular, existe una mejoría inicial en la función del proceso patológico debida a disminución de la zona de penumbra-isquemia, así como reducción del daño metabólico, edema, hemorragia y compresión. El tiempo de este cuadro de relativa recuperación neuronal es corto y significativo para el pronóstico en las primeras semanas después del evento.

La recuperación subsiguiente ocurre debido a diferentes mecanismos que permiten una reorganización funcional y estructural dentro del cerebro; estos representan la neuroplasticidad, que se entiende como la habilidad del sistema nervioso central para cambiar y adaptarse en respuesta a demandas ambientales, experiencias, conductas, lesiones o enfermedades; también puede resultar de un cambio dentro de la función de un sustrato neural particular en el SNC, a través de alteraciones en la fuerza sináptica (unión sináptica), excitabilidad neural, neurogénesis o muerte celular.

De modo que, después del EVC, existe una restitución parcial de las vías dañadas y una expansión de la representación cortical (mapas cerebrales), lo que implica reclutamiento de neuronas que no se encontraban usualmente envueltas en cierta actividad. La rehabilitación se considera un aspecto importante para fomentar la neuroplasticidad, pues colabora con la reorganización de redes neurales, mismas que son siempre dependientes de uso.

En ocasiones, el grado de reorganización cerebral ocurre de manera paralela a la recuperación espontánea, asociada al uso (en la vida diaria) de la mano más afectada. A este respecto, numerosos estudios en animales y en humanos han demostrado que el uso de la extremidad afectada beneficia de manera sustancial la recuperación motora, y las técnicas que no promueven dicho uso inhiben la recuperación.

Tratamiento

Rehabilitación

Los programas de rehabilitación se dirigen a recuperar en el mayor grado posible la funcionalidad de los segmentos del hemicuerpo afectado.

La terapéutica tradicional consiste en posicionar al paciente, realizar movilizaciones con el fin de incrementar/preservar los arcos de movilidad, así como iniciar su fortalecimiento (dentro de lo posible); además hace énfasis en la necesidad de una reeducación motora, mediante repetición de movimientos específicos, dando importancia a la sensación de control del movimiento y la necesidad de desarrollar posturas y movimientos (Kirsteins, Black-Schaffer, & Harvey, 1999).

La facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP) (Knott & Voss, 1968), utiliza patrones espirales y diagonales con el objetivo de facilitar movimientos que pudieran dar mayor grado de funcionalidad que el logrado con la técnica tradicional. La teoría de los patrones espirales y diagonales de movimiento nace de la observación de que el cuerpo utiliza músculos sinergistas relacionados (p.ej., extensores vs. flexores) cuando realiza una actividad física máxima. Se utiliza resistencia en dichos patrones de movimiento para facilitar la irradiación del impulso hacia otras partes del cuerpo, asociadas con el movimiento primario. Por último, los patrones de movimiento en masa promueven el axioma de Beavor, quien afirma que el cerebro no *sabe* nada a cerca de la acción muscular individual, sólo *sabe* de movimiento.

Otro tratamiento, comúnmente usado en Rehabilitación, lo conforman las técnicas de neurodesarrollo (Bobath, 1978), las cuales tienen como objetivos principales, normalizar el tono muscular, inhibir patrones de movimiento primitivos, facilitar reacciones automáticas voluntarias y, posteriormente, patrones de movimiento normales. Se considera una de las técnicas con mayor número de adherentes en el mundo.

La terapia de movimiento (Brunnstrom, 1970), utiliza patrones sinergistas primitivos en entrenamiento con el fin de mejorar el control motor por facilitación central. Basándose en la premisa de que un daño en el SNC se traduce en una regresión hacia patrones de movimiento filogenéticamente más arcaicos (sinergias y reflejos primitivos), esto se considera un proceso de recuperación favorable previo a la re-adopción de patrones de movimiento normales. Para lograrlo se busca incrementar las sinergias específicas a través del uso de estímulos cutáneo/propioceptivos, empleando el descubrimiento de Twitchell: la facilitación central, la cual se opone con no pocos argumentos a lo descrito en el tratamiento de Bobath, que inhibe patrones anormales de movimiento.

El enfoque sensoriomotor o enfoque de Rood (Noll, Bender, & Nelson, 1996) consiste en la modificación del tono muscular y la actividad motora voluntaria por medio de estimulación sensoriomotora cutánea. Dicho procedimiento de facilitación/inhibición se implementa a través del uso de estímulos que, como su nombre lo indica, son de naturaleza sensoriomotriz, y que incluyen estiramientos rápidos, aplicación de hielo, brocheo rápido, golpeteo lento, golpeteo en tendón, vibración y compresión articular, para promover contracciones de los músculos proximales.

Otro tratamiento común lo constituyen los programas de reeducación motora (Carr *et al.*, 1985) basados en la teoría del reentrenamiento motor cognitivo, así como en la influencia de las investigaciones hechas por Bobath. El objetivo es la reeducación del paciente logrando más funcionalidad y resolución de problemas durante la realización de actividades, además de hacer énfasis en la ejecución de movimientos específicos para mejorar destrezas. En otras palabras, entrenamiento funcional para tareas específicas, como permanecer de pie y caminar.

Por último, dentro las terapias de comportamiento (Noll, Bender, & Nelson, 1996) , las más utilizadas son la biorretroalimentación quinesésica o posicional, la cual consiste en ejercicios de uso forzado (terapia de restricción y uso), y la biorretroalimentación electromiográfica, que logra que el paciente reconozca la actividad muscular o la falta de la misma usando una representación externa (p.ej., códigos visuales o auditivos), como una forma para ayudar a modificar el control volitivo. En ellas se emplean electrodos colocados sobre músculos agonistas/antagonistas para provocar efectos de facilitación/inhibición, según el principio de que la información sensorial llega al cerebro a través de las vías y los sistemas no afectados (visual, auditivo, propioceptivo).⁽⁹⁾

Terapéuticas actuales y de vanguardia

En contraste con las técnicas de terapia convencionales, la terapia de restricción-inducción del movimiento es una intervención motora estandarizada e intensiva que ha demostrado producir un incremento sustancial en el uso y la habilidad motora de la extremidad afectada.⁽¹³⁾

El principal mecanismo asociado a la terapia de inducción de movimiento y a la recuperación motora es la estimulación en la neuroplasticidad, pues se ha demostrado que produce cambios funcionales en el metabolismo cerebral, en el flujo sanguíneo y en la excitabilidad eléctrica. Recientemente se documentó la remodelación estructural de la corteza sensoriomotora –predominando en áreas

motoras anteriores y en el hipocampo— ocurrida tras 2 semanas de terapia de inducción del movimiento.^(11,13)

Basándose en este principio (inducción del movimiento), la principal teoría usada en las terapéuticas actuales es la biorretroalimentación por medio de dispositivos externos.

Neuro-rehabilitación y plasticidad cerebral

Los avances recientes sugieren que el uso de tecnologías con realidad virtual tiene un gran potencial para desarrollar nuevas estrategias en el entrenamiento y la neuro-rehabilitación⁽¹⁴⁾, lo cual se encuentra fundamentado por el principio de biorretroalimentación.

La dificultad para usar la extremidad afectada incrementa la actividad y la demanda de uso de la extremidad sana. Esta compensación automática entorpece la recuperación funcional, se aprende a “no usar” el miembro parético. El Dr. Edward Taub describe que el uso forzado de la extremidad dañada aumenta el área de activación cerebral en la corteza lesionada y la funcionalidad de la extremidad. Estudios recientes confirman que el movimiento del brazo aunado a un objetivo específico se traduce en un mayor aprendizaje motor a nivel cortical y por tanto una mayor recuperación motora en comparación con las técnicas de facilitación/inhibición empleadas comúnmente.⁽¹⁵⁾

Las neuronas en el cerebro humano adulto incrementan su tasa de disparo cuando un sujeto observa determinados movimientos realizados por otras personas. La activación de éste sistema neurona-espejo involucra a múltiples áreas de los lóbulos frontal, parietal y temporal, logrando inducir una reorganización cortical y posiblemente contribuyendo a la recuperación funcional.

Los sistemas con realidad virtual se consideran tecnología potencialmente útil que permite al usuario interactuar en 3 dimensiones con el escenario creado por la computadora (mundo virtual), lo cual se enlaza con el sistema de neurona-espejo. La industria de videojuegos ha desarrollado una gran variedad de sistemas con realidad virtual para su uso en el hogar, haciendo de esta tecnología un recurso muy accesible. En particular, este tipo de dispositivos permite la observación interactiva de los movimientos del avatar capturados en la pantalla, lo que contribuye a la inducción de la neuroplasticidad.

Nintendo® utiliza un control *wireless* (mando remoto) que interactúa con el jugador detectando sus movimientos a través de un sistema de detección del movimiento y tecnología avatar (una representación fenotípica del usuario). Los controles utilizan sensores de aceleración y desaceleración que cambian

dirección y velocidad, dando la capacidad al usuario de interactuar con movimientos predeterminados del brazo, antebrazo, muñeca y mano. Un sensor de luz infrarroja *2-point*, montado sobre la pantalla, permite captar y reproducir los movimientos realizados por el usuario del control. El hecho de que se juegue en tiempo real, al mismo tiempo que el paciente realiza el movimiento, permite una biorretroalimentación con reforzamiento positivo, facilitando el entrenamiento y mejorando sus habilidades⁽¹⁶⁾.

Biorretroalimentación y realidad virtual

La realidad virtual se define como aquel acercamiento entre el usuario y una computadora que involucra un ambiente simulado en tiempo real, escenario o actividad que permite al usuario una vía de interacción por múltiples canales sensoriales⁽¹⁷⁾. La tecnología de realidad virtual y sus aplicaciones se han expandido rápidamente en muchas disciplinas, ya que el ambiente virtual que se utiliza puede ser enriquecido con información sensitiva compleja y multimodal para el usuario, creando así una sensación sustancial de realidad⁽¹⁸⁾.

La biorretroalimentación es la técnica que emplea un equipo electrónico para revelar al individuo algunos de los eventos fisiológicos normales o anormales, en forma de señales auditivas o visuales, enseñándole a manipular los eventos involuntarios a través de señales desplegadas. El término de retroalimentación fue acuñado por el matemático Norbert Wiener para designar *un método de control de determinado sistema encaminado a restablecer los resultados de su pasada función*. En 1969, en el marco de la primera reunión de la Sociedad de Investigación en Biorretroalimentación, se propuso un contexto fisiológico para la expresión “biorretroalimentación”, refiriéndose a cualquier técnica que utilice instrumentos para intentar enviar a un individuo señales continuas e inmediatas de cambios en una función corporal que es usualmente inconsciente para él^(18, 19).

La biorretroalimentación tiene como objetivo conseguir que una persona advierta un estado fisiológico propio y lo pueda desarrollar por sí misma o en una situación patológica, para modificarlo. Con el fin de aplicar dicha técnica es necesario que el paciente tenga un mínimo de comprensión y motivación. Los objetivos más comunes de la biorretroalimentación son, hasta el momento, la reeducación de la orden motora y de los trastornos cognitivos, así auxiliar en la lucha contra la espasticidad.

El primer reporte del uso de la biorretroalimentación electromiográfica (BRA-EMG) refiere que fue empleada en pacientes hemipléjicos por EVC en 1960, y diversos estudios realizados posteriormente por Schleenbaker y Mainous III han confirmado su efectividad en el tratamiento de dichos pacientes. Mroczek, *et al* estudiaron 9 pacientes con paresia del miembro superior en una investigación de

tipo transversal, en la cual alrededor de la mitad recibieron cuatro semanas de BRA-EMG más terapia física, y viceversa. La conclusión a la que se llegó fue que los incrementos en la actividad por la biorretroalimentación electromiográfica resultaron mayores en comparación con los de la terapia física ⁽²⁰⁾.

Taub, Uswatte y Pidikiti (1999) puntualizaron que del aprendizaje motor reportado en la literatura se sugiere que una práctica con efecto neutral o negativo a través de tareas continuas y un efecto variable en el aprendizaje con tareas discretas producen resultados favorables en el ámbito terapéutico. Sin embargo, los procedimientos en rehabilitación que comprometan ámbitos sensoriales e interactivos en el proceso de recuperación pueden promover la reorganización cortical en niveles mucho más elevados ⁽²¹⁾.

Hernández *et al*, realizaron un programa de rehabilitación con realidad virtual usando el *software Gesture Therapy*, en el cual se simulaban actividades de la vida diaria, mismo que se comparó con el programa convencional de TO, obteniendo resultados similares en la recuperación motriz general de pacientes con secuelas de EVC; sin embargo, apreciaron una ventaja específica en la recuperación motriz proximal. En dicho estudio se exhorta a continuar explorando los efectos del uso de la tecnología en la rehabilitación del paciente neurológico, considerándola una herramienta complementaria para los programas existentes que favorece el apego al tratamiento por parte del paciente ⁽²²⁾.

Además, la tarea específica en el entrenamiento debe ser repetitiva en pacientes con EVC para favorecer el proceso de neuroplasticidad, tanto en el hemisferio lesionado del cerebro como en el sano. Por otro lado, en la actualidad se considera que no existe un programa específico para la recuperación de la discapacidad motora.

El empleo de robots en la rehabilitación neurológica representa una opción relativamente nueva y prometedora, pues estos dispositivos permiten el control de variables como fuerza, desplazamiento y velocidad del movimiento, durante el entrenamiento de los pacientes. Sin embargo, la terapia asistida por robots aun presenta diversas deficiencias, siendo las principales el entrenamiento limitado a uno o dos ejes de movimiento, la falta de entrenamiento en estos dispositivos para la mano parética y el alto costo de estos sistemas para los países en desarrollo.

Uno de los retos que a la fecha tiene la rehabilitación neuromotora es el diseño de métodos eficaces para proporcionar la terapia repetitiva y específica dirigida al miembro torácico parético: estos procesos deben ser multimodales para facilitar la recuperación de la función, así como involucrar las funciones cognitivas, además de ser atractivos (para mantener la atención del paciente) y de fácil comprensión. La biorretroalimentación apoyada en sistemas computacionales permite cumplir

con estas características, logrando la total inmersión del paciente en un entorno virtual de gráficos computarizados donde recibe información sensorial de tipo sonora, visual y táctil, lo cual deriva en la obtención de un ambiente multimodal.

Saposnik *et al* ⁽¹⁶⁾, realizaron un estudio clínico aleatorizado, en el cual compararon la recuperación motora de la extremidad superior en pacientes con EVC (2 meses después de su instauración), utilizando en el grupo de casos la consola de videojuegos Nintendo-Wii® y en el grupo control actividades de terapia ocupacional. Obtuvieron resultados alentadores: una recuperación de magnitud similar pero lograda en menor tiempo, valorada mediante la Escala de Wolf (con una disminución de hasta 7 segundos en la velocidad de ejecución de movimientos). El mismo equipo realizó luego otro estudio en el cual fue aplicada una terapia de movimiento a través del *software* Wii®, para pacientes con deterioro de la función en el miembro torácico; en él demostraron un avance de 5 puntos en la Escala de Fugl-Meyer para los enfermos así tratados.⁽²³⁾

La inclusión de la tecnología en la rehabilitación no sólo permite tratamientos innovadores, sino que también provoca que el paciente se motive para cumplir los objetivos trazados, favoreciendo de esta forma el apego al tratamiento.

Como se expuso anteriormente, la realidad virtual colabora de manera importante con la neuroplasticidad, sobre todo a nivel de la corteza cerebral. Numerosos estudios mencionan que el beneficio en la recuperación del miembro parético es debido a la mayor activación de mapas corticales, así como a un mejor apego y mayor motivación, por lo que considero relevante realizar más investigación en este ámbito, utilizando un software accesible.

El videojuego Wii Sport® representa una herramienta segura, potencialmente efectiva, de fácil manejo y atractiva, para favorecer la rehabilitación y promover la recuperación después de un EVC.

Considerando que en la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI el EVC constituye el segundo lugar de las patologías discapacitantes y es causante de secuelas motoras, el tratamiento debe enfocarse hacia el logro de un beneficio mayor, al mismo tiempo que se encamine a la vanguardia terapéutica al potenciar la neuroplasticidad cerebral. El uso de un videojuego como el Wii Sport® beneficiaría sustancialmente el desarrollo y potenciación de dicha capacidad pues, entre otras características, el control manual cuenta con un sistema de vibración que se activa cuando en el juego se obtiene un acierto, lo que funcionaría como una retroalimentación positiva para el sistema sensorial. Las tareas a realizar recrean, por ejemplo, un juego de tenis o una partida de boliche, siendo esta realidad virtual un incentivo para el paciente.

Justificación

En la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI, el EVC constituye el segundo lugar en la demanda de consulta y causa de discapacidad neurológica.

El tratamiento rehabilitatorio tradicional de la hemiparesia puede ser largo y a veces incompleto, predominantemente en la extremidad superior y sobre todo la mano. Estas alteraciones motoras afectan la calidad de vida y consumen recursos en la institución. Los tratamientos habituales han mostrado beneficios relativos ya que se basan en principios de facilitación/inhibición, con lo que se “aprende a **no usar** el miembro afectado.

Los programas con ambiente de realidad virtual han mostrado que facilitan sustancialmente el desarrollo y potenciación de la plasticidad cerebral y la reorganización cortical, con lo que se ha documentado una recuperación de la extremidad superior y de la mano. Existen estudios publicados que sustentan el beneficio en la recuperación del miembro parético promovido por una mayor activación de mapas corticales, mejor apego y más motivación, relacionados con el uso de software accesibles. El videojuego Wii Sport® es una herramienta segura, potencialmente efectiva, de fácil manejo y atractiva, para favorecer la rehabilitación y promover la recuperación después de un EVC.

Por lo que en el presente trabajo se propone evaluar el efecto del dicho programa sobre la recuperación de la función motora y la movilidad de la extremidad superior parética en pacientes con evento vascular cerebral.

Pregunta de investigación

¿Cuál es la influencia de un programa de rehabilitación basado en realidad virtual sobre la evolución en la función motora en la extremidad superior parética de pacientes con secuelas de EVC comparado con un programa de terapia ocupacional convencional?

Hipótesis de trabajo

Un programa de rehabilitación basado en realidad virtual mejora por lo menos 5 puntos en ejecución de la función motora en la extremidad superior parética de pacientes con EVC medida con la escala Fugl Meyer.

Objetivo

Evaluar la influencia de un programa de rehabilitación basado en realidad virtual sobre la recuperación de la función motora en la extremidad superior parética de pacientes con secuelas de EVC comparado con un programa de terapia ocupacional convencional.

VARIABLES

VARIABLES INDEPENDIENTES

Evento vascular cerebral

Definición conceptual. Trastorno clínico neurológico de manifestación casi siempre súbita debido al aporte sanguíneo insuficiente en el cerebro, con síntomas que duran más de 24 hrs.⁽¹⁾

Definición operacional. Pacientes atendidos en la consulta externa de la UMFR SXXI, con el diagnóstico de hemiparesia como secuela de un EVC isquémico o hemorrágico, sea por nota de referencia o por nota de atención en dicha unidad.

Indicadores. Lo establecido en la nota de envío, comprobado por exploración física e interrogatorio.

Escala de medición. Cualitativa, nominal.

Programa de rehabilitación basado en realidad virtual

Definición conceptual: se basa en el uso de tecnología que genere realidad virtual, definiendo esta última como la simulación en tiempo real de un ambiente, escenario o actividad; permitiendo al usuario una vía de interacción multisensorial. Siendo la actividad, escenario o ambiente, utilizados de manera dirigida para favorecer la recuperación física del paciente. Logrando la realización de movimientos que comúnmente se hacen con los tratamientos convencionales.⁽¹⁰⁾

Definición operacional. Se utilizó un Video-juego de realidad virtual (Wii), marca Nintendo, Modelo VL-001, Serie LU58459341. El cual consta de una consola Wii, base de la consola, control remoto, Nunchuk, barra con sensor de movimiento, adaptador de corriente, cable AV Wii, pantalla o monitor y disco de Wii Sports. Se elaboró en el video juego un personaje imaginario a semejanza del paciente (avatar), de modo que se reconozca en la pantalla al hacer el movimiento, captado en el sensor de movimiento. Dando cabida a la estimulación visuo-motora. Se le pidió al paciente se colocara de pie frente a la pantalla. Posteriormente se seleccionó el tipo de actividad (boliche, golf) que desempeñó el paciente, colocado en bipedestación y frente a la pantalla, con el control en la mano, logró la realización del movimiento voluntario repetitivo, dirigido a la actividad previamente seleccionada.

Indicadores. El equipo, el área a desempeñar el programa y el terapeuta fueron siempre los mismos.

El programa estará integrado por Tiro de boliche y tiro de Golf: activación de musculatura axial, para coordinación y equilibrio en bipedestación, de musculatura de hombro-codo y mano; con estimulación de pinza cilíndrica y digital distal para el boliche y con estimulación a la rotación interna/externa del hombro, con leve prono/supinación para el golf.

Escala de medición. Cualitativa, nominal.

Programa de rehabilitación habitual en terapia ocupacional

Definición conceptual. se define como el uso de la ocupación como terapia, entendiéndose por ocupación al conjunto de acciones de la vida diaria de las personas, tomando en cuenta sus aspiraciones, necesidades y su entorno ⁽²⁰⁾

Definición operacional. Se utilizó la serie de actividades que habitualmente se realizan con estos pacientes en el servicio de terapia ocupacional y que tienen la intención de mejorar el tono muscular, los arcos de movilidad, la coordinación motora y el control volitivo. Auxiliados de materiales de uso cotidiano o incluso en casa.

Indicadores. La terapia fue proporcionada siempre en el área de terapia ocupacional y en horarios preasignados. El programa incluye actividades para:
Mejorar arcos de movilidad, tono muscular, control volitivo: uso de conos, pelota, patineta.

Mejorar coordinación motora gruesa: cubos, esferas de unicel, tabla de tuercas, cilindros de madera.

Mejorar coordinación motora fina: canicas de diferentes tamaños, palillos chinos.

Escala de medición. Cualitativa, nominal.

VARIABLES DEPENDIENTES

Función motora de la extremidad torácica

Definición conceptual. Capacidad de una persona para realizar de forma voluntaria movimientos con la extremidad torácica, utilizando el sistema nervioso y musculoesquelético, en respuesta al medio ambiente. ⁽¹⁸⁾

Definición operacional. La función o actividad motora del miembro torácico parético se medirá con diferentes escalas y por segmentos.

El Índice Motor valora la actividad voluntaria en la abducción de hombro y flexión de codo, como movimiento voluntario, siendo el máximo puntaje de 100.

La valoración de Fugl-Meyer se usa para describir la recuperación sensorio-motora en los pacientes que han sufrido un EVC, y para clasificarlos de acuerdo a la severidad de sus secuelas.

El Test de Jebsen-Taylor tiene como propósito evaluar los aspectos generales de la función manual usada comúnmente en las actividades de la vida diaria, usando objetivos estandarizados.

El test de pinza fina, sirve para evaluar la recuperación y calidad de la motricidad fina en la mano por medio de la pinza efectiva.

Indicadores. La evaluación de las escalas mencionadas fue llevada a cabo por la misma persona, sabiendo la calificación respectiva para cada escala, Fugl Meyer: puntuación máxima de 66 puntos; Índice motor de Miembro torácico: 100 puntos. Test de Jebsen Taylor será valuado de acuerdo al tiempo en segundos medido para cada actividad predeterminada. El Test de pinza fina tiene como característica dar determinado valor de acuerdo a la calidad de la pinza. Todas las escalas se encuentran detalladas en los anexos.

Escala de medición. Cualitativas, Ordinal.

VARIABLES DEMOGRAFICAS

Edad

Definición conceptual. Tiempo en años que ha vivido un sujeto desde su nacimiento.

Definición operacional. Edad referida por el paciente o en el expediente clínico.

Indicadores. Número de años.

Escala de medición. Cuantitativa, de razón.

Sexo

Definición conceptual. (Del Latin: cortar, dividir) Caracteres anatómicos y fisiológicos que distinguen a un hombre de una mujer.

Definición operacional. Lo referido por el paciente.

Indicadores. Femenino o masculino.

Tipo de variable. Cualitativa, nominal.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Criterios de inclusión:

- Pacientes con diagnóstico de EVC (isquémico o hemorrágico), con un tiempo de evolución mayor a 3 meses y menor a 1 año
- Pacientes con evidencia clínica de paresia espástica en el miembro torácico,
- Pacientes mayores de 30 años de edad,
- Pacientes con una valoración inicial un índice motor de 19 en mano (es decir, que toma un cubo contragravedad) y de 29 en Hombro-codo, escala de Ashworth modificada menor a 3 y con capacidad para obedecer órdenes sencillas.
- Pacientes o familiares que acepten participar mediante la firma de la carta de consentimiento informado.

Criterios de no inclusión:

- Pacientes con EVC previos y/o alteraciones en las FMS (Déficit cognitivo mayor y/o afasia sensorial o mixta),
- Pacientes con comorbilidades que interfieran con la realización del protocolo (p.ej., síndrome de hombro doloroso, enfermedades metabólicas descontroladas).

Criterios de exclusión:

- Pacientes que no cumplan con el 80% de asistencia,
- Pacientes que presenten alguna alteración y requieran manejo hospitalario durante la investigación
- Aquellos que abandonen el tratamiento.

TIPO Y DISEÑO DEL ESTUDIO

Tipo de estudio:

- Clínico

Diseño del estudio:

- Ensayo clínico, controlado, aleatorizado.

ASPECTOS ESTADISTICOS

MUESTREO

No probabilístico de casos consecutivos.

TAMAÑO DE LA MUESTRA

Se realizó para ensayar la hipótesis de trabajo y se efectuó para una diferencia entre mediciones de 5 puntos y 1 DE de 4.7 , ** considerando valores $\alpha= 0.05$ y $\beta=0.90$.

Se calculó el tamaño de la muestra de acuerdo a la fórmula para comparación de medias en poblaciones infinitas y sin reemplazo:

$$n= \frac{Z^2 DE^2}{d}$$

Donde:

Z= 1.96

DE= 4.7

d= 5

$n= \frac{1.96^2 (4.7)^2}{5}$	$n= \frac{3.84(22.09)}{5}$	$n= \frac{84.86}{5} = 16.97$
-------------------------------	----------------------------	------------------------------

Total = 17 pacientes
Se agrega un 20 % por posibles pérdidas, quedando un total de 21 pacientes.

**Se tomó la mayor diferencia en la mejoría de la función de la extremidad torácica calculada en puntos con la escala Fugl Meyer, encontrada en pacientes con características semejantes a las de los pacientes de este protocolo. Así como menor desviación estándar para cubrir todos los valores.⁽²³⁾

ANALISIS ESTADISTICO

Se utilizó estadística descriptiva para las variables cualitativas usando tablas, gráficas y proporciones; las variables cuantitativas se mostraron con promedio y desviación estándar. El análisis inferencial se realizó con estadística no paramétrica debido a que todas las mediciones se obtuvieron mediante escalas. Para la evaluación de las diferencias intragrupo en las diferentes mediciones se usó la prueba de Friedman, con uso de Wilcoxon como posthoc; la comparación de los resultados entre los 2 grupos se analizó con la prueba Kruskal-Wallis. Se consideró como significativo todo valor de $p < 0.05$.

MATERIAL Y METODOS

SUJETOS

Se aceptaron para participar a pacientes derechohabientes al IMSS, con diagnóstico de evento de evento vascular cerebral, ya fuera isquémico o hemorrágico, de cualquier sexo, con edades entre 30 y 85 años. Con diagnóstico confirmado de paresia espástica de un miembro torácico como secuela de EVC, referidos para atención médica en la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI, en el periodo comprendido entre el 23 de junio y el 26 de agosto de 2011. Con un tiempo de evolución fue mayor o igual a 3 meses y no mayor a un año; un control volitivo, medido por Índice Motor, en mano mayor o igual a 19 (toma el cubo pero no es capaz de sostenerlo contra gravedad), un incremento de tono menor a 3, según la escala de Ashworth Modificada, así como la capacidad para entender y obedecer órdenes sencillas.

DESCRIPCION GENERAL DEL ESTUDIO

Los pacientes que acudieron a la UMFR Siglo XXI a solicitar atención médica a la consulta externa y pidieron consulta de primera vez, fueron enviados al consultorio, donde se les explicó el propósito del estudio y al aceptar participar se les solicitó que firmaran –ellos o el familiar responsable- la carta de consentimiento informado (anexo 1). Después se les proporcionó cita para realizar historia clínica y captura de datos (anexo 2), incluida la exploración neurológica enfocada a la movilidad del miembro torácico parético. Se evaluó la movilidad (en la misma cita) mediante las escalas de Ashworth modificada (anexo 3), Índice Motor de miembro torácico (anexo 4), Índice motor de mano (anexo 5), Test de Jepsen Taylor (anexo 6), Test de Pinza fina (anexo 7) y Evaluación de Fugl-Meyer (anexo 8) antes de iniciar el tratamiento, a las 4 y 8 semanas, respectivamente. El programa de rehabilitación correspondiente se proporcionó siempre por el mismo terapeuta, en el mismo lugar, 3 sesiones por semana durante 8 semanas.

Procedimientos

1. Historia clínica con exploración neurológica. Una vez en consultorio se realizó el interrogatorio al paciente y familiares, después de la firma de la carta de consentimiento informado (anexo 1), se realizó un procedimiento de aleatorización simple y se asignó al grupo 1 (G1), que recibió terapia el programa de rehabilitación apoyado con el dispositivo de realidad virtual; o al grupo 2 (G2), que recibió la terapia mediante el programa otorgado habitualmente en la unidad. Posteriormente, se obtuvo la información general del paciente correspondiente a la hoja de captura de datos (anexo2). Se le solicitó quitarse la ropa exterior manteniendo la interior y colocarse una bata de exploración, para realizar la exploración neurológica, incluyendo las escalas pertinentes para la función motora del miembro torácico afectado, tales como la de Ashworth modificada para medir

el tono muscular, el Índice motor y la Escala de Fugl-Meyer para evaluar la capacidad y calidad en el control volitivo, así como escalas de función manual, en este caso Jebsen-Taylor y Test de Pinza fina.

2. Función motora de la extremidad torácica. Se realizaron valoraciones para evaluar la calidad del movimiento del miembro superior con paresia, de manera inicial, a las 4 semanas y a las 8 semanas de tratamiento. A continuación las mencionadas:

Índice motor. Para esta evaluación se le solicitó al paciente (en posición sedente) realizara abducción de hombro y flexión de codo, asignando un valor acorde a lo descrito en la escala para hombro-codo; posteriormente se le solicita tome un cubo de madera con dimensiones de 2.5 cm³, evaluando con los valores propios para mano (anexo 4 y 5).

Test de Jebsen Taylor. Con el paciente sentado frente a una mesa se realizaron 7 subpruebas, comparando el tiempo en segundos medido por cronómetro. Los aspectos que se midieron fueron: 1. Escribir una frase de más de 24 letras, 2. Voltear 5 cartas de cartón al revés y al derecho, levantar 6 objetos pequeños (2 tapas de refresco, 2 monedas de \$1 y 2 clips) e introducirlos en un recipiente, 3. Simular comer, 4. Apilar cinco fichas, 6. Levantar cinco objetos ligeros (latas de 500 gr. vacías) , y 7. Levantar cinco objetos pesados (latas con 500gr. de peso) cambiándolos de un lugar a otro. (anexo 6)

Test de calidad de pinza fina. Se les pidió tomar 3 cubos de diferente dimensión (3.3, 2.2 y 1.4 cm, respectivamente), obteniendo cierto puntaje por la forma y capacidad de sujetarlos entre el pulgar e índice. (anexo 7).

Evaluación de Fugl-Meyer. Se evaluó el dominio motor, por medio de la actividad refleja (REM's), Presencia/ausencia de sinergismo anormal y, coordinación/velocidad de los movimientos voluntarios. Del mismo modo se valoraron los movimientos de la muñeca y 5 tipos de pinzas. Teniendo como puntaje máximo 66.

3. Aplicación de programas de rehabilitación para mejorar la función motora en la extremidad torácica parética.

Al grupo 1(G1), se le citó en el área de Terapia Ocupacional; posteriormente se le enseñaron las partes del equipo de realidad virtual; se creó su avatar, posteriormente se seleccionó de manera inicial, en el videojuego Wii Sports, el juego de boliche por ser de menor complejidad, dando 3-5 tiros de prueba para que el paciente reconociera su movimiento en la pantalla y se familiarizara con el control. Después de 1-2 semanas de jugar boliche en ambiente virtual, se inició

con golf; y del mismo modo que el anterior. Dichas actividades se realizaron 3 veces por semana durante un tiempo de 30 min en cada sesión por 8 semanas. Antes de iniciar el programa se le explicó al paciente debía permanecer con postura erguida y con el miembro torácico sano flexionado (hombro 20-30° y codo 90°) y en rotación interna 20-30° de hombro, con la finalidad de evitar cambiara el control de mano. Se le otorgó el control inalámbrico, sujetándolo con la jareta a la muñeca, ya familiarizado con el mismo, se le explicó el funcionamiento y la interacción entre el juego-control-paciente. Dejando en claro que se trataba de una simulación virtual y que tenía que realizar el movimiento de modo lo más cercano a lo real.

Así cuando jugaban Golf, se posicionaron frente a la pantalla y con ligera rotación (50°) hacia el lado afectado, sujetaron el control como palo de Golf, lanzando con un movimiento coordinado en el hombro de extensión (30°), abducción (60°-90°), Rotación interna (20-35°), para el impulso y una Rotación externa (20°-35°), aducción y flexión (30-40°), para el lanzamiento; con el miembro torácico afectado, para introducir la pelota en el hoyo, siendo la puntuación directamente proporcional a la proximidad obtenida con el lanzamiento e inversamente proporcional al tiempo en el que se tiene el objetivo, cabe resalta que a mayor fuerza de lanzamiento mayor distancia recorrida.

Cuando jugaron Boliche, sujetaron de la manera ya comentada el control y se colocaron de frente a la pantalla, simulando el control como bola de boliche, del mismo modo, el puntaje fue directamente proporcional a los bolos tirados. Así el paciente logró en el hombro una extensión de 20°-30° con flexión de codo de 50-90° para tomar impulso, subsecuentemente una flexión de hombro (50°-90°), con extensión de codo para el lanzamiento.

Programa que se realizó por 30 min, 3 veces a la semana, durante 8 semanas.

Al grupo 2 (G2), se le asignó cita en el área de Terapia Ocupacional, para iniciar su tratamiento de manera habitual, realizando actividades variadas con materiales como: conos, pelotas, palillos chinos, cubos de plástico, frascos, objetos y canicas de diversos tamaños, llevándose a cabo 2 a 3 veces por semana, en un tiempo aproximado de 30-45 min.

4. Procesamiento y análisis de la información. Las calificaciones obtenidas en las diferentes escalas y actividades fueron concentradas en los anexos 3,4,5,6,7 y 8, para después ser capturadas en hoja de cálculo de Excel y finalmente procesada con el paquete estadístico SPSS V.

ASPECTOS ÉTICOS

Como lo dicta la declaración de Helsinki, el deber del médico es promover y velar por la salud de las personas. Los conocimientos y la conciencia del médico han de subordinarse al cumplimiento de ese deber. Esta investigación médica se rige bajo los principios de dicha declaración y del Código Internacional de Ética Médica, siendo así, la preocupación por el bienestar de los seres humanos debe tener siempre primacía sobre los intereses de la ciencia y de la sociedad.

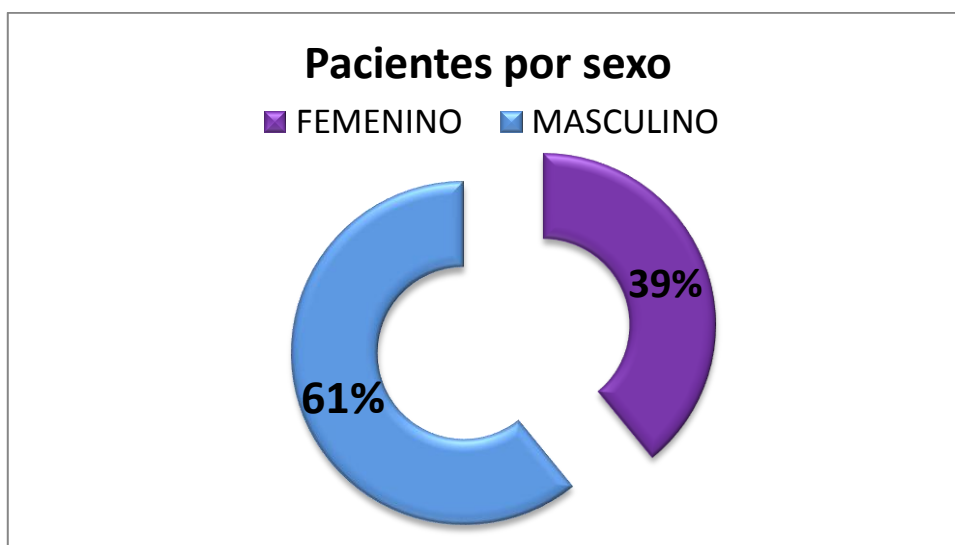
De modo que, los pacientes fueron requeridos para participar en el estudio con la suficiente anterioridad para proporcionarles información verbal y escrita a cerca del mismo. Posteriormente, contarán con un periodo de 2 días, para decidir si participarían en la investigación. Después de lo cual se les solicitó la firma de la carta de consentimiento informado.

Previamente el proyecto fue sometido a consideraciones por parte del comité local de investigación de la unidad.

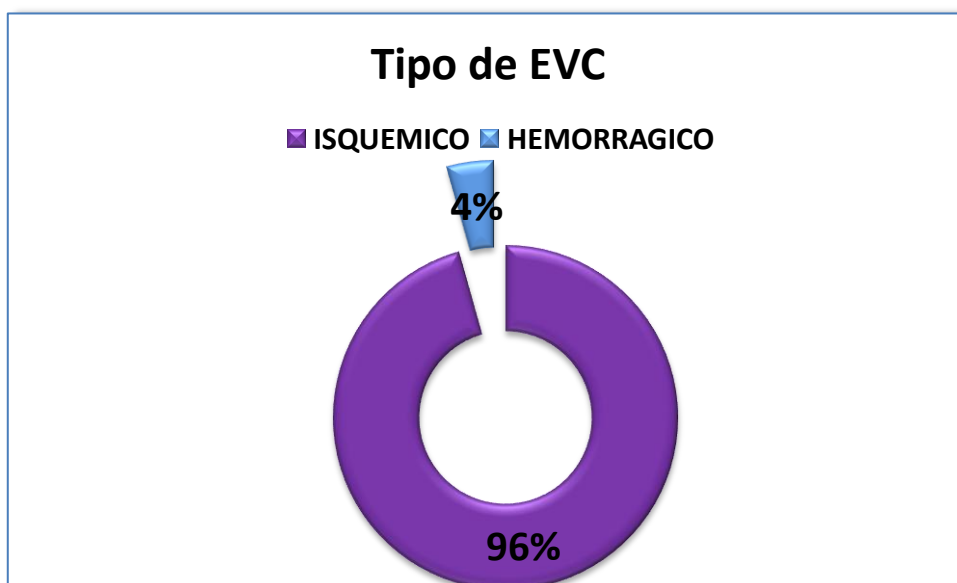
RESULTADOS

Características de la población general

Ingresaron a este protocolo de estudio 23 pacientes, de los cuales el 14 (60.9%) fueron masculinos y 9 (39.1%) femeninos (Gráfica 1). Con una edad promedio de 66.61 (66.61 ± 12.131). De acuerdo al tipo de EVC 22 (95.7%) fueron del tipo isquémico y 1 (4.3%) del tipo hemorrágico (Gráfica 2), 13 (56.5%) con afección al lado derecho y 10 (43.5%) con afección al lado izquierdo. Con un rango en el tiempo de evolución promedio de 3.17 meses (3.17 ± 0.717).



Gráfica 1. Distribución por sexo de los pacientes ingresados al estudio.



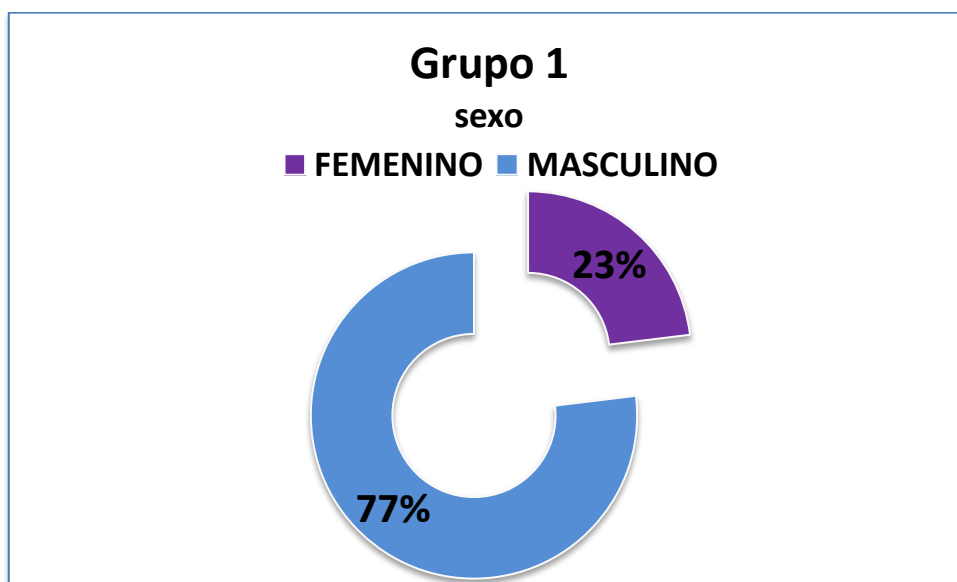
Gráfica 2. Porcentaje de acuerdo al tipo de EVC en la población general.

Descripción de los grupos

De la población general (n=23), se seleccionaron de manera aleatoria 13 (57%) para el Grupo 1 (Realidad Virtual) y 10 (43%) para el Grupo 2 (Terapia Ocupacional).

GRUPO 1

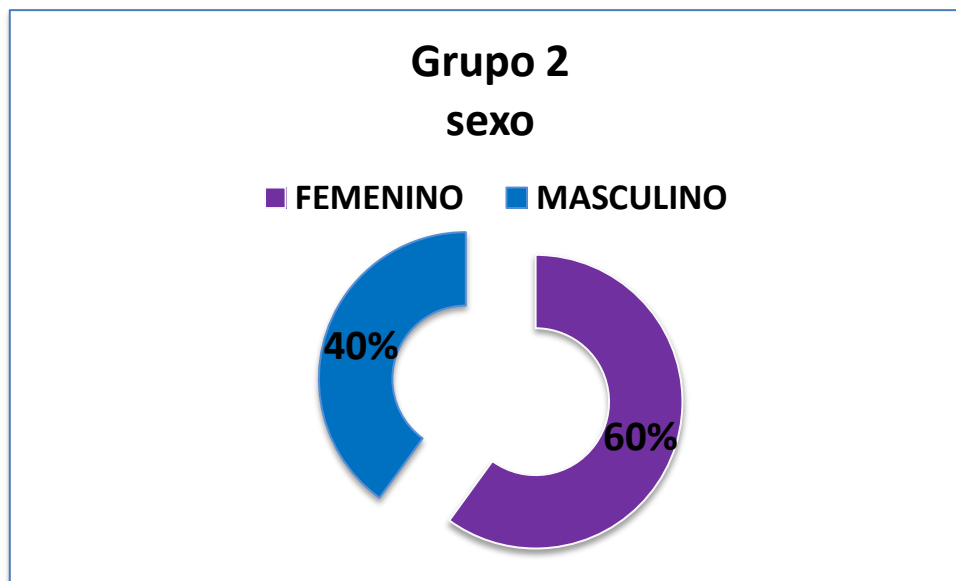
En el Grupo 1 (Realidad Virtual), la distribución por sexo fue de 10 (77%) pacientes masculinos y 3 (23%) femeninos (Gráfica 3), teniendo un rango de edad promedio de 63.54 (\pm 13.83). Siendo del tipo isquémico 12 (92.3%) y 1 (7.7%) del tipo hemorrágico. Afectando 8(61.5%) el lado derecho y 5 (38.5%) el lado izquierdo. El tiempo de evolución al inicio del protocolo en este grupo, con una media de 2.92 (\pm 0.49)



Gráfica 3. Distribución por sexo en grupo 1 (Realidad Virtual).

GRUPO 2

En el Grupo 2 (Terapia ocupacional), la distribución por sexo fue de 4 (40%) pacientes masculinos y 6 (60%) femeninos (Gráfica 4), teniendo un rango de edades entre 55 y 84 años, media de 70.60 (\pm 8.56). Siendo de tipo isquémico 10 (100%). Afectando 5 (50%) el lado derecho y 5 (50%) el lado izquierdo. El tiempo de evolución al inicio del protocolo en este grupo, con una media de 3.5 (\pm 0.85).



Gráfica 4. Distribución por sexo en grupo 2 (Control).

Descripción de las evaluaciones realizadas

En la escala de Ashworth modificada se aprecia una disminución del valor para los dos grupos, siendo en el Grupo 1 (Realidad Virtual), inicial de 2.38 (± 0.5) y final de 1.31 (± 0.49), con un valor intermedio de 2.08 (± 0.63); y en el Grupo 2 (Terapia ocupacional) de manera inicial de 2.40 (± 0.5) y final de 1.30 (± 0.31), medición intermedia de 2.10 (± 0.43) (Tabla 1).

Tabla 1. Promedio y desviación estándar de las puntuaciones obtenidas en la escala de Ashworth Modificada, por grupo, de manera inicial, media y final.

	Ashworth Inicial	Ashworth Medio	Ashworth Final
Grupo 1	2.38 (± 0.5)	2.08 (± 0.49)	1.31 (± 0.63)
Grupo 2	2.40 (± 0.5)	2.10 (± 0.31)	1.30 (± 0.43)

En cuanto a la valoración de la actividad volitiva con el Índice Motor, desglosado para mano, observamos que en el Grupo 1 (Realidad Virtual), el valor inicial promedio es de 20.77 (± 2.651), valor medio de 21.92 (± 2.216) y el final de 24.92

(± 4.03); mientras que en el Grupo 2 (Terapia ocupacional), al inicio se registra un valor de 20.20 (± 1.549), medio de 21.40 (± 1.265) y final de 22.80 (± 1.687) (Tabla 2).

Tabla 2. Promedio y desviación estándar de las puntuaciones obtenidas con la escala Índice Motor de Mano por grupo en las valoraciones inicial, intermedia y final.

	Grupo 1			Grupo 2		
	Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final
Media	20.77 (± 2.65)	21.92 (± 2.21)	24.92 (± 4.03)	20.20 (± 1.54)	21.40 (± 1.26)	22.80 (± 1.68)

Referente al Índice Motor, desglosado para Hombro-Codo, observamos que en el Grupo 1 (Realidad Virtual), el valor inicial promedio es de 41.15 (± 6.594), valor medio de 45.31 (± 7.375) y el final de 47.85 (± 8.365); mientras que en el Grupo 2 (Terapia Ocupacional), al inicio se registra un valor de 37.20 (± 6.844), medio de 42.30 (± 6.651) y final de 44 (± 6.464) (Tabla 3).

Tabla 3. Promedio y desviación estándar de las puntuaciones obtenidas con la escala de Índice Motor en Hombro-Codo por grupo en las valoraciones inicial, intermedia y final.

	Grupo 1			Grupo 2		
	Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final
Media	41.15 (± 6.59)	45.31 (± 7.37)	47.85 (± 8.36)	37.20 (± 6.8)	42.30 (± 6.65)	44.0 (± 6.46)

Por último, en el Índice Motor total (Mano+Hombro-Codo), apreciamos que en el Grupo 1 (Realidad Virtual), el valor inicial promedio es de 61.92 (± 8.077), valor medio de 68.31 (± 8.025) y el final de 72.69 (± 11.821); mientras que en el Grupo 2 (Terapia Ocupacional), al inicio se registra un valor de 56.40 (± 9.264), medio de 63.70 (± 7.543) y final de 66.90 (± 7.031) (Tabla 4).

Tabla 4. Promedio y desviación estándar de las puntuaciones obtenidas con la escala de Índice Motor Total por grupo en las valoraciones inicial, intermedia y final.

		Grupo 1			Grupo 2		
	Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final	
Media	61.92 (± 8.07)	68.31 (± 8.02)	72.69 (± 11.82)	56.40 (± 9.24)	63.70 (± 7.53)	66.90 (± 7.03)	

El índice de Pinza Fina el Grupo 1 (Realidad Virtual), mostró como valores de manera inicial promedio de 4.30 (± 1.031), valor medio de 5.769 (± 0.926) y el final de 7.307 (± 1.250); mientras que el Grupo 2 (Terapia Ocupacional), al inicio registra un valor de 3.90 (± 0.994), medio de 5.40 (± 0.699) y final de 6.70 (± 0.823) (Tabla 5).

Tabla 5. Promedio y desviación estándar de las puntuaciones obtenidas en el Test de Pinza Fina por grupo en las valoraciones inicial, intermedia y final.

		Grupo 1			Grupo 2		
	Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final	
Media	4.307 (± 1.03)	5.769 (± 0.92)	7.384 (± 1.19)	3.90 (± 0.99)	5.40 (± 0.699)	6.60 (± 0.96)	

En la Escala de Fugl-Meyer, apreciamos aumento en la puntuación de los 2 grupos, de modo que en el Grupo 1 (Realidad Virtual), se tiene como valores de manera inicial promedio de 28.30 (± 12.02), valor medio de 34.38 (± 11.51) y el final de 41.07 (± 9.28); mientras que el Grupo 2 (Terapia Ocupacional), al inicio registra un valor de 27.7 (± 12.23), medio de 33.2 (± 12.47) y final de 38.60 (± 11.82) (Tabla 6).

Tabla 6. Promedio y desviación estándar de las puntuaciones obtenidas en la Escala de Fugl-Meyer por grupo, en las valoraciones inicial, intermedia y final.

	Grupo 1			Grupo 2		
	Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final
Media	28.30 (± 12.02)	34.38 (± 11.51)	41.07 (± 9.28)	27.70 (± 12.23)	33.20 (± 12.47)	38.60 (± 11.82)

En el Test de Jebsen-Taylor, apreciamos aumento en la disminución del tiempo para realizar la tarea específica en los 2 grupos, de modo en el Grupo 1 (Realidad Virtual), se tiene como valores promedio finales de manera inicial 1474.95 (\pm 146.81), de forma intermedia de 1303.48 (\pm 149.78) y al final de 1138.29 (\pm 147.08); mientras que el Grupo 2 (Terapia Ocupacional), al inicio registra un valor promedio total de 1455.40 (\pm 177.7), medio de 1307.81 (\pm 165.86) y final de 1162.08 (\pm 150.79) (Tabla 7).

Tabla 7. Promedio y desviación estándar de los tiempos obtenidos en el Test de Jebsen Taylor por grupo, en las valoraciones inicial, intermedia y final.

	Grupo 1			Grupo 2		
	Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final
Escribir una oración	203.65 (\pm 25.46)	183.48 (\pm 28.41)	168.07 (\pm 30.52)	211.63 (\pm 33.465)	195.11 (\pm 33.28)	178.99 (\pm 32.96)
Voltear cartas	211.51 (\pm 16.38)	187.23 (\pm 20.96)	157.29 (\pm 25.94)	213.05 (\pm 29.46)	185.44 (\pm 26.45)	152.83 (\pm 27.82)
Levantar Objetos pequeños	230.73 (\pm 21.83)	213.19 (\pm 17.28)	198.09 (\pm 23.62)	232.36 (\pm 29.93)	215.92 (\pm 31.41)	196.42 (\pm 25.05)
Simular Comer	234.70 (\pm 31.62)	202.98 (\pm 32.93)	158.08 (\pm 35.64)	235.08 (\pm 50.13)	211.35 (\pm 46.30)	188.40 (\pm 45.84)
Apilar fichas	201.18 (\pm 8.58)	173.39 (\pm 13.18)	155.41 (\pm 11.32)	192.37 (\pm 12.55)	170.97 (\pm 12.87)	148.32 (\pm 15.11)
Levantar objetos ligeros	232.29 (\pm 31.61)	205.19 (\pm 34.21)	186.34 (\pm 32.74)	219.69 (\pm 29.76)	194.68 (\pm 30.27)	177.06 (\pm 25.51)
Levantar objetos pesados	207.86 (\pm 19.27)	180.34 (\pm 19.14)	152.23 (\pm 16.54)	214.69 (\pm 18.28)	191.82 (\pm 23.99)	173.73 (\pm 20.13)
Tiempo total	1474.95 (\pm 146.81)	1303.48 (\pm 149.78)	1138.29 (\pm 147.08)	1455.40 (\pm 177.7)	1307.81 (\pm 165.86)	1162.08 (\pm 150.79)

ANALISIS ESTADISTICO

Grupo 1 (realidad virtual): se encontró un incremento gradual en las puntuaciones (tablas 1-7) que reflejaron una mejoría estadísticamente significativa en todas las escalas de evaluación (analizadas individualmente) y entre todas las mediciones (inicial-intermedia, intermedia-final e inicial-final), tanto en el tono muscular, movimiento voluntario/coordínación de mano, codo y hombro; pinza fina, pinza gruesa, coordinación y función motora manual. ($p < 0.05$; Friedman). Usando la prueba Wilcoxon como posthoc, se encontró que solamente en Índice Motor de miembro torácico en las valoraciones intermedia y final, no fue significativa la diferencia ($p = 0.109$), en el resto las diferencias fueron significativas.

Grupo 2 (Terapia Ocupacional): En las tablas 1 a 7 se puede apreciar que los incrementos en puntos promedio también mejoran conforme se avanza en el tratamiento, y las diferencias fueron estadísticamente significativas en las diferentes escalas y mediciones de tono muscular, movimiento voluntario/coordínación de mano, codo y hombro; pinza fina, pinza gruesa, coordinación y función motora manual ($p < 0.05$; Friedman); excepto en la comparación de la calificación de Asworth inicial-intermedio ($p = 0.083$; Wilcoxon), Índice Motor de mano intermedio y final ($p = 0.063$; Wilcoxon) e Índice Motor de hombro-codo intermedio-final ($p = 0.102$; wilcoxon).

COMPARACION ENTRE GRUPOS

A pesar de que en el grupo manejado con realidad virtual las puntuaciones promedio de las valoraciones finales fueron siempre mayores que las del grupo manejado con terapia ocupacional en las escalas (Ashworth modificada, Índice Motor de mano, Índice Motor de hombro-codo, Índice Motor Total, Test de Pinza Fina y Fugl Meyer), al comparar las diferencias entre los dos grupos mediante la prueba de Kruskal-Wallis, se encontró que no eran estadísticamente significativas prácticamente en todas las mediciones. Se encontraron algunos apartados, específicamente evaluados con el test de Jebsen-Taylor, como el subítem "simular comer", en donde la diferencia fue cercana a la significancia ($p = 0.083$) y el subítem "levantar objetos pesados" de la misma escala donde el cambio sí fue significativo ($p = 0.011$); en ambas subáreas las mejores puntuaciones se encontraron en el grupo manejado con Realidad virtual, al final del tratamiento. (tabla 7).

Discusión

El hallazgo más importante de la presente investigación fue que los programas de rehabilitación, tanto con la terapia ocupacional convencional, como el basado en dispositivos realidad virtual provocan mejoría en la calidad y ejecución de la función motora en pacientes con paresia del miembro torácico secundario a EVC. Sin embargo, en los estudios de investigación, en los cuales se comparan estas dos modalidades de terapéutica, se señala que el uso de dispositivos de realidad virtual superan en tiempo la recuperación de la función motora, en comparación con aquellos que fueron tratados solo con terapia ocupacional. ⁽¹⁶⁾ Esta diferencia puede ser explicada, debido a que el tiempo de realización de este estudio no excedió de las 8 semanas, además de que los pacientes incluidos cursan un estadio subagudo en el EVC, por lo que la evolución natural de la enfermedad y la reorganización cortical aún son incipientes.

Por otro lado, se encuentra relevancia en los puntajes hacia la mejoría en todas las escalas utilizadas, lo cual podemos asegurar como beneficio clínico sustancial. Además de que en estudios previos ⁽²³⁾, se estipula que con 10 sesiones seguidas, de 1 hr promedio de duración; el beneficio alcanzado en escala de Fugl-Meyer es de 5 puntos. En este estudio, el programa se llevó por 8 semanas, de manera discontinua, obteniendo un incremento en dicha escala final de 12.7 puntos para el Grupo 1 y 10.9 puntos para el Grupo 2, siendo no significativa la diferencia de manera estadística, sin embargo, con casi dos puntos de diferencia clínica.

Dentro de las demás evaluaciones realizadas, observamos que no existió una diferencia estadísticamente significativa en los puntajes globales, sin embargo, apreciamos una ventaja en puntuaciones promedio totales del Grupo 1 (Realidad virtual), especialmente en los subítems del Test de Jebsen Taylor, simular comer y levantar objetos pesados, donde se lograron valores cercanos a la significancia para el primero y significativos para el segundo. Es interesante, notar esta diferencia, debido a que durante el tratamiento rehabilitatorio apoyado en el dispositivo de realidad virtual; a diferencia de el tratamiento de Terapia ocupacional convencional, se estimulaba predominantemente el movimiento en rangos amplios del miembro torácico, al mismo tiempo que la sujeción de la pinza gruesa en la mano, logrando estimular la coordinación de los movimientos; lo que pudo ayudar a la mejoría de los puntajes mencionados.

Una beneficio otorgado por la realidad virtual durante todo el programa fue la biorretroalimentación, con reforzamiento positivo, recordando que como menciona Basmaajian ⁽¹⁹⁾, tiene como objetivo principal conseguir que la persona advierta su estado fisiológico y lo pueda cambiar en una situación patológica, para modificarlo, obteniendo motivación y apego a su tratamiento. Mroczek, *et al* llegan a la conclusión de que al tener un tratamiento con biorretroalimentación, la

actividad física incrementa en mayor grado que con aquellos que no la tienen (p.ej. terapia física) ⁽¹⁶⁾.

La tecnología de realidad virtual y sus aplicaciones se han expandido rápidamente en muchas disciplinas, ya que el ambiente virtual que se utiliza puede ser enriquecido con información sensitiva compleja y multimodal para el usuario, creando así una sensación sustancial de realidad ⁽¹⁴⁾. Por lo que se consideran útiles, permitiendo al usuario interactuar en 3 dimensiones con el escenario creado por la computadora (mundo virtual), lo cual se enlaza con el sistema de neurona-espejo; logrando una reorganización cortical, como lo menciona Greifzu ⁽¹²⁾. En particular, este tipo de dispositivos permite la observación interactiva de los movimientos del avatar capturados en la pantalla, lo que contribuye a la inducción de la neuroplasticidad.

Durante la investigación nos percatamos de que los pacientes después de cumplir sus horarios de tratamiento apoyado en realidad virtual establecidos (30 min), solicitaban más tiempo del mismo, y en ocasiones preguntaban si podían realizarlo en casa. Sin embargo, se les indicó que sólo se permitía el uso de dicho tratamiento en los horarios estrictos y dentro del instituto. Con lo que podemos afirmar que no existió reforzamiento en casa, valorando así una influencia que intentaba ser más exacta del tratamiento principal (Realidad virtual).

La industria de videojuegos ha desarrollado una gran variedad de sistemas con realidad virtual para su uso en el hogar, haciendo de esta tecnología un recurso muy accesible. Debido a que institucionalmente existe un cupo limitado en las áreas de terapia, sería de gran utilidad tomar en cuenta este recurso como coadyuvante en casa, para un tratamiento completo.

Otro aspecto no menos importante es el hecho de que en los pacientes con secuelas de EVC, la estabilidad durante la marcha se encuentra alterada, lo cual a mediano o largo plazo puede resultar peligroso, con riesgo de caídas y más complicaciones. Por lo que es importante estimular la estabilidad postural y durante la marcha. Beneficio adicional que el programa con realidad virtual utilizado en este estudio, debido a la estimulación propioceptiva y vestibular que se logra durante la realización del juego en bipedestación.

CONCLUSIONES

1. La influencia de un programa de rehabilitación apoyado en dispositivos de realidad virtual mejora la función motora del miembro torácico afectado en pacientes con EVC.
2. El programa de rehabilitación con realidad virtual permitió una mejoría en la actividad motora de 10 puntos promedio medida con la escala Fugl Meyer, lo que representa una disminución en la presencia de secuelas motoras.
3. La terapia ocupacional también mejora la función motora del miembro afectado con un efecto similar al permitido por la terapia con realidad virtual.
4. Subjetivamente, el paciente que se rehabilitó con realidad virtual mostró mayor motivación para acudir a la terapia y continuar trabajando, incluso con exceso de tiempo, así como deseos de continuar trabajando en casa que los pacientes manejados con terapia ocupacional.

SUGERENCIAS

Los resultados del presente trabajo permiten proponer, aunque las áreas internas tengan cupo limitado, contemplar este tipo de terapia como una herramienta más dentro de la unidad para el manejo de pacientes con secuelas de EVC o como coadyuvante en casa de un programa habitual para un tratamiento completo. Considerando que el equipo utilizado es de fácil adquisición y con buen pronóstico de apego.

Referencias Bibliográficas

1. Mumenthaler M., Mattle H., Taub E. Fundamentals of neurology. 1a ed. New York: Thieme, 2006. 98-110
2. Mackay J, Mansah G. Global burden of stroke. In atlas of heart disease and stroke. WHO; 2010, p.50.
3. Cabrera Rayo et al, Epidemiología de la enfermedad vascular cerebral en Hospitales de la Ciudad de México. Estudio Multicéntrico, Med Int Mex 2008; 24 (2):98-103.
4. Monroy O.E., et al. Morbilidad y mortalidad de la enfermedad isquémica del corazón y cerebrovascular en México. Arch Cardiol Mex 2007; 77: 31-39
5. Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica. México en cifras. Consulado 17/09/2010. Disponible en : <http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx>
6. Toro G.J. et al. Neurología. 2ª ed. Manual Moderno, 2010
7. Feydy A, et al. Longitudinal study of motor recovery after stroke: recruitment and focusing of brain activation. Stroke 2002; 33:1610–1617.
8. Binkofski F, et al. Thalamic metabolism and corticospinal tract integrity determine motor recovery in stroke. Ann Neurol 1996; 39:460–470.
9. Cuccurullo S. Physical Medicine and Rehabilitation Board Review.2a ed.DemosMedical 2009.
10. Clark L.D. et al, The Brain and behavior. An introduction to behavioral neuroanatomy. Cambridge University Press. 2005
11. Gauthier LV, et al. Remodeling the brain: plastic structural brain changes produced by different motor therapies after stroke. Stroke 2008; 39 : 1520–1525
12. Greifzu F, Schimdt S, et al. Global Impairment and Therapeutic Restoration of Visual Plasticity Mechanism After a Localized Cortical Stroke. PNAS 2011; 108(37):15450-15455.
13. Gauthier L.V. et al. Improvement after Constraint-Induced Movement therapy is independent of infarct location in chronic stroke patients. Stroke. 2009 July ; 40 : 2468–2472
14. Sergei V, et al. Sensorimotor Training in Virtual Reality: A Review. NeuroRehabilitation. 2009 ; 25(1): 29
15. Taub E., Morris D. Neuroplasticity and Constraint-Induced Movement Therapy. Europ Medicophys 2006; 42 (3): 269-284
16. Saposnik et al., Effectiveness of Virtual Reality Using Wii® Gaming Technology in Stroke Rehabilitation: A Pilot Randomized Clinical Trial and Proof of Principle, Stroke 2010, 41(7):1477-1484
17. Burdea GC. Virtual rehabilitation--benefits and challenges. Methods Inf Med 2003;42:519–523

18. Riva G, Castelnuovo G, Mantovani F. Transformation of flow in rehabilitation: the role of advanced communication technologies. *Behav Res Methods* 2006;38:237–244
19. Basmaajian J. *Biofeedback principles and practice for clinicians*. 3a edition, Baltimore Williams & Willkins, 1989
20. Schleenbaker R, Mainous A. Electromyographic biofeedback for neuromuscular reeducation in the hemiplegic stroke patients: a meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil* 1993; 74 : 1301-4.
21. Taub E, Uswatte G, Pidikiti R. Constraint-induced Movement Therapy; a new family of techniques with broad application to physical rehabilitation, a clinical review. *J Rehabil Res Development* 1999; 36:237-51
22. Hernández Franco et al., Actividades simuladas de la vida diaria para rehabilitación motora del miembro superior en pacientes con enfermedad vascular cerebral, *Arch Neurocién, Mex*, 2009, 14 (4): 237-242;
23. Mouawad M.R, Doust C.G., Max M.D., McNulty P.A. Wii-based movement therapy to promote improved upper extremity function post-stroke: a pilot study, *J Rehabil Med* 2011; 43: 527-533
24. Turner A., Foster M., Johnson S. *Terapia ocupacional y disfunción física*. Churchill Livingstone 2003; 25
25. Taub E, Wolf S. Constrain induced techniques to facilitate upper extremity use in stroke patients. *Topics Rehabil* 1999;3:38-6
26. Carrillo SM, Biorretroalimentación y juegos de computadora como complemento del manejo de limitación inducida sobre el control motor de la extremidad superior del paciente con secuelas de enfermedad vascular cerebral, *Arch Neurocién, Mex*, 2007, 12 (2): 77-85;
27. Grotta CJ et al., Constraint-Induced Movement Therapy, *Stroke* 2004, 35 (1):2699-2701.
28. Cooke SF, Bliss TVP, Plasticity in the human central nervous system, *Brain* 2006, 129:1659-1673,.
29. Carter RA, et al. Rehabilitation after Stroke: Current State of the Science, *Curr Neurol Neurosci* 2010, 10 (3): 158-166,.
30. Zemke CA, et al. Motor Cortex Organization After Stroke Is Related to Side of Stroke and Level of Recovery, *Stroke* 2003, 34:e23-e28,.
31. González R., *Rehabilitación del enfermo con accidente vascular cerebral. Enfermedad Cerebro Vascular*. 2ª ed. México, Masson; 2000. 109-11
32. Amador Medina J. Efecto de la terapia modificada de restricción e inducción del movimiento sobre la función manual de la extremidad superior parética de pacientes con Evento Vascular Cerebral subagudo o crónico.(Trabajo de Tesis para obtener el diploma de Médico Especialista en Medicina de Rehabilitación). México, D.F. IMSS, UMFR SXXI; 2011.

ANEXOS

Anexo 1. Consentimiento informado.

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CLÍNICA

Por medio de la presente acepto participar en el proyecto de investigación titulado: INFLUENCIA DEL USO DE UN PROGRAMA DE REHABILITACIÓN CON REALIDAD VIRTUAL SOBRE LA RECUPERACIÓN MOTORA DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR PARÉTICA EN PACIENTES CON EVENTO VASCULAR CEREBRAL

Registrado ante el Comité Local de Investigación en Salud o la CLIS No.

El objetivo del estudio es: Evaluar la influencia de un programa de rehabilitación basado en realidad virtual sobre la recuperación motora en la extremidad superior parética de pacientes con EVC.

Se me ha explicado que mi participación consistirá en: Antes de someterme a tratamiento se me realizará una Historia clínica con exploración física, la cual incluirá varias escalas de valoración inicial. Posteriormente me integraré a alguno de los grupos de investigación, donde es posible lleve a cabo mi terapia ocupacional o un programa de realidad virtual. Siendo el último con el videojuego Wii Sport® (en las modalidades de tenis, golf, box y boliche), sujetando el control inalámbrico con el miembro torácico afectado, durante 30 minutos, 3 veces a la semana por 8 semanas. Tras finalizar el tratamiento se me practicará una nueva valoración para determinar el grado de mejoría.

Declaro que se me ha informado ampliamente sobre los posibles riesgos, inconvenientes, molestias y beneficios derivados de mi participación en el estudio. El investigador principal se ha comprometido a responder cualquier pregunta y aclarar cualquier duda que le plantee acerca de los procedimientos que se llevarán a cabo, en caso de que el proyecto modifique o interfiera con el tratamiento habitual, el investigador se compromete a dar información oportuna sobre cualquier procedimiento alternativo adecuado que pueda ser ventajoso para mi tratamiento.

Entiendo que conservo el derecho de retirarme del estudio en cualquier momento que lo considere conveniente, sin que ello afecte la atención médica que recibo del Instituto.

El investigador principal me ha dado la seguridad de que no se me identificará en las presentaciones o publicaciones que derivan de este estudio y que mis datos serán manejados en forma confidencial. También se ha comprometido a proporcionarme información actualizada que se obtenga durante el estudio, aunque ésta pudiera cambiar de parecer respecto a mi permanencia en el mismo.

Nombre y firma del paciente

Nombre y firma, matrícula de investigador principal

Números telefónicos a los cuales puede comunicarse en caso de emergencia, dudas o preguntas relacionadas con el estudio: 5534399458, 55978143.

Testigos

Nombre y firma

Nombre y firma

- Anexo 2

Hoja de captura de datos

Fecha de elaboración:	Número de folio:
Nombre:	Afiliación:
Género:	Edad:
Tiempo de evolución:	
Tipo de EVC.	Lado afectado.
Domicilio	Teléfono

Anexo 3

Escala de Ashworth modificada		Inicial	Media	Final
0	sin aumento de tono			
1	Ligero aumento de tono manifestado por una resistencia mínima al final de la amplitud del movimiento durante la flexo-extensión.			
1+	Aumento de tono manifestado por una resistencia en menos de la mitad del arco de movimiento			
2	Incremento del tono en más de la mitad del arco de movimiento			
3	Considerable aumento del tono muscular con dificultad importante para el movimiento articular			
4	Rigidez en flexión o extensión			

Anexo 4

Índice Motor			
Miembro torácico	Inicial	Media	Final
0: Sin movimiento			
9: Contracción palpable o visible			
14: Realiza movimiento pero no completa arco contra gravedad			
19: Completa arco de movimiento contra gravedad pero no contra resistencia			
25: Completa arco de movimiento contra resistencia, aunque menos que el contralateral			
33: Fuerza normal			
Especificaciones: Paciente en sedente, se evaluará abducción del hombro y flexión del codo (movimiento voluntario a 90°) por separado, sumando las puntuaciones.			

- Anexo 5

Índice Motor de Mano	Inicial	Media	Final
0: Sin movimiento			
11: Inicia prensión manual			
19: Toma el cubo, pero no lo sostiene contra gravedad			
22: Toma el cubo, lo sostiene contra gravedad, pero no contra resistencia, se le quita fácilmente			
26: Toma el cubo contra resistencia, menor al lado sano			
33: Pinza normal			
Especificaciones: Paciente en sedente, se evaluará la calidad de la pinza manual, entre pulgar y demás dedos, con un cubo de 2.5 cm			

- Anexo 6

Test de Jebsen Taylor

Actividad	inicial	Tiempo final
1. Escribir una oración		
2. Voltear cartas		
3. Levantar objetos pequeños		
4. Simular comer		
5. Apilar fichas		
6. Levantar objetos ligeros		
7. Levantar objetos pesados		

- Anexo 7

Test de calidad de Pinza fina

Pinza fina	Tiempo inicial	Tiempo final
• 3.1 cm ³		
• 2.25 cm ³		
• 1.4 cm ³		
Total		
Especificaciones: Se calificará como 0 la incapacidad para tomar el cubo, 1 el tomarlo con toda la mano, 2 lograr pinza radial o tridigital y 3 lograr pinza fina (pulgares e índice).		

• Anexo 8

Evaluación de Fuql-Meyer

• Hombro/codo/antebrazo	Puntuación		
	0	1	2
1. Actividad refleja 1.1. Flexores (bíceps y flexores de dedos) 1.2. Extensores (tríceps)			
2. Sinergia flexora – movimiento volitivo dentro de la sinergia 2.1. Retracción del hombro 2.2. Elevación del hombro 2.3. Abducción del hombro 2.4. RE del hombro 2.5. Flexión del codo 2.6. Supinación del antebrazo			
3. Sinergia extensora - movimiento volitivo dentro de la sinergia 3.1. Aducción/RI del hombro 3.2. Extensión del codo 3.3. Pronación del antebrazo			
4. Movimiento volitivo combinando las estrategias dinámicas flexora/extensora 4.1. Mano sobre columna lumbar 4.2. Flexión del hombro 4.3. Pronación/supinación del antebrazo			
5. Movimiento volitivo efectuado con escasa o nula dependencia de la sinergia 5.1. Abducción del hombro 5.2. Flexión del hombro 5.3. Pronación/supinación del antebrazo			
6. Actividad refleja normal			
7. Muñeca 7.1. Estabilidad de la muñeca – codo a 90° 7.2. Flexión/extensión de la muñeca – codo a 90° 7.3. Estabilidad de la muñeca – codo a 0 ° 7.4. Flexión/extensión de la muñeca – codo a 0 ° 7.5. Circunducción			
8. Mano 8.1. Flexión gruesa 8.2. Extensión gruesa 8.3. Pinza A – pinza digital distal 8.4. Pinza B – pinza con adducción del pulgar 8.5. Pinza C – pinza pulgar-índice 8.6. Pinza D – pinza cilíndrica 8.7. Pinza E – Pinza esférica			
9. Coordinación/velocidad 9.1. Temblor 9.2. Dismetría 9.3. Velocidad			
• Puntuación total			

- **Anexo 9**

Test de Jebsen-Taylor

El Test de Jebsen Taylor está diseñado para evaluar la función manual, pues se divide en 7 subpruebas estandarizadas, que son representativas de las actividades manuales más comúnmente realizadas y que en el examen se mide el tiempo de su realización mediante un cronómetro. Dichas actividades son evaluadas antes, a las 4 y 8 semanas de tratamiento.

Instrucciones de aplicación.

El paciente debe encontrarse sentado delante de una mesa, en una habitación con iluminación adecuada. Las actividades se realizan siempre en el mismo orden e iniciando con la mano no dominante. Se le indica que debe realizar las actividades a la mayor velocidad posible, explicándole el tipo de prueba a ejecutar y confirmando que comprendió las instrucciones.

Las actividades son las siguientes:

1. Escribir una oración: de más de 24 palabras.
2. Voltar cartas: para esta prueba se utilizan 5 cartas de 3x5 pulgadas cada una, colocadas en forma horizontal sobre una tabla de madera que se encuentra fija a 5 pulgadas de la orilla de la mesa. Las cartas con una separación de 2 pulgadas. El tiempo se toma hasta que la última carta es volteada, sin tomar en cuenta la colocación de las mismas.
3. Levantar objetos pequeños: el paciente debe colocar los siguientes objetos en una lata vacía de 250 ml, colocada frente al paciente, a una distancia de 5 pulgadas: 2 clips de 1 pulgada de longitud orientados verticalmente, 2 tapas de botella de 1 pulgada de diámetro con la cara de la rosca hacia arriba y 2 monedas de \$1 M.N. Tales objetos se le presentan al paciente en el orden mencionado, acomodados horizontalmente al lado izquierdo de la lata, con 2 pulgadas de separación entre cada una. El tiempo se toma desde que el paciente toma el primer objeto hasta que se escucha el sonido del último objeto caer dentro de la lata.
4. Simular comer: se colocan 5 frijoles sobre la tabla de madera, con 2 pulgadas de separación entre ellos. El paciente tiene que introducir los frijoles dentro de una lata vacía de 250 ml, empleando una cuchara de tamaño regular (7.5 ml). El tiempo es registrado desde que el paciente toma el primer frijol hasta que se escucha el sonido del último frijol caer dentro de la lata.
5. Aplicar fichas: se sitúan 4 fichas de madera de tamaño estándar (3cm de pulgada de diámetro) sobre la mesa, a 5 pulgadas del borde anterior de ésta. Se indica al paciente colocar cada ficha sobre una tabla de madera dispuesta sobre la mesa, una sobre otra. El tiempo es registrado desde que el paciente toma la primera ficha, hasta que la tercera hace contacto con la cuarta.
6. Levantar objetos livianos. Se colocan 5 latas vacías de 250 ml frente a una tabla de madera, dispuestas verticalmente y paralelas entre sí, a una

distancia de 5 pulgadas del paciente y con 2 pulgadas de separación entre ellas. El paciente debe subir las latas, que tendrán su parte cóncava hacia abajo, de la mesa a la tabla. El tiempo se registra desde que el paciente toma la primera lata hasta que suelta la última.

7. Levantar objetos pesados: se colocan 5 latas de 250 ml, que contengan un peso de 200 grs. Se le pide al paciente que realice la misma actividad descrita en la prueba anterior.