

Neurorrehabilitación y nuevas tecnologías

Carolina Sastre Barrios¹

RESUMEN

En estos últimos años se ha vivido una importante revolución en el campo de la tecnología, y su aplicación a la neurorrehabilitación, tanto a nivel de intervención con el paciente como de monitorización del proceso, ha supuesto un gran avance en este campo. Es fundamental tener claros los requisitos que deben cumplir estas aplicaciones y cómo darles un buen uso según el caso.

Palabras clave:

Neurorrehabilitación, nuevas tecnologías, rehabilitación cognitiva, neuropsicología, app, NeuronUP, ordenador, juegos, funciones cognitivas, valor ecológico, calidad de vida.

Correspondencia:

Email: carolina@neuronup.com
Dirección: NeuronUP.
Avda/ República Argentina
24 1º I 26002 Logroño (España)

¹NeuronUP.

INTRODUCCIÓN SOBRE LA REHABILITACIÓN COGNITIVA

En 2006, la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicaba el informe *Neurological Disorder: Public Health Challenges*¹ afirmando que en todo el mundo hay aproximadamente 1 000 millones de personas afectadas por algún trastorno neurológico, independientemente de su sexo, nivel de educación e ingresos.

Entre esos trastornos se cuentan la epilepsia, la enfermedad de Alzheimer y otras demencias, enfermedades cerebrovasculares tales como los accidentes cerebrovasculares, la migraña y otras cefalalgias, la esclerosis múltiple, la enfermedad de Parkinson, las infecciones neurológicas, los tumores cerebrales, las afecciones traumáticas del sistema nervioso tales como los traumatismos craneoencefálicos, y los trastornos neurológicos causado por la desnutrición². En todas ellas suele haber afectación cognitiva a largo plazo, variando el perfil y la gravedad del déficit según el caso.

Debido a la mejora de la medicina, la prevalencia de este tipo de trastornos ya es muy alta, y se prevé que vaya en aumento en el futuro cercano, lo que hace que actualmente el sistema sanitario se encuentre con un gran número de personas con diversos déficits cognitivos. Dos ejemplos claros son el amplio número de supervivientes tras un accidente cerebrovascular o traumatismo craneoencefálico y el aumento de la esperanza de vida general, que hace que nos encontremos con una cifra sin precedentes de personas con demencia. Hay que destacar además que el impacto que la afectación cognitiva tiene en el funcionamiento diario de las personas es incluso mayor que el provocado por las limitaciones físicas también presentes en muchos casos, lo que hace necesaria una intervención adecuada en este campo³, intentando dotar a estas personas de una calidad de vida digna, para lo que hay que lograr que sean funcionales y autónomas. Debido a ello, en los últimos años ha habido una gran concienciación y avances diversos en el área de la rehabilitación cognitiva, involucrando a diferentes profesionales como neuropsicólogos, terapeutas ocupacionales o logopedas.

Hay casi tantas definiciones de rehabilitación neuropsicológica como autores, pero en general podemos definirla como el conjunto de procedimientos y técnicas no farmacológicas que tienen por objetivo alcanzar el máximo rendimiento intelectual, la mejor adaptación familiar, laboral y social, y lograr y conservar la autonomía, en el caso de aquellos sujetos que han sufrido una lesión o enfermedad (sea el daño cerebral estructural o funcional)⁴. En conjunto, dotar a la persona de la mayor calidad de vida posible durante el máximo tiempo.

Dependiendo el caso, la rehabilitación puede tener tres objetivos distintos: la rehabilitación de las funciones perdidas, el enlentecimiento del deterioro (aplicable en el caso de las enfermedades neurodegenerativas) y la enseñanza de estrategias compensatorias para aquellas funciones que no se pueden recuperar⁵ (para ello, se busca establecer nuevos patrones cognitivos a través de mecanismos compensatorios tanto internos como externos).

Algo fundamental en toda intervención en rehabilitación, independientemente del uso de una tecnología más tradicional o avanzada, es que se base en un modelo teórico robusto del funcionamiento cerebral y sus pautas para la rehabilitación. Así, una intervención adecuada deberá cumplir con los siguientes puntos⁶:

- Ser un proceso adecuadamente planificado en el que se establecerán los objetivos específicos a lograr con cada paciente a corto, medio y largo plazo (el propio sujeto debe ser partícipe de algunas decisiones en la planificación de la intervención⁷).
- Ser un proceso activo y dinámico, que se ajustará a las necesidades del paciente según éste vaya evolucionando en las diferentes áreas (cognitiva, emocional, funcional y social).
- Ser individual y personalizada, ajustándose a las necesidades, intereses y situación de cada persona.
- Desarrollar tareas con valor ecológico y generalizables, de manera que se obtenga una transferencia del aprendizaje logrado a su contexto personal. Para ello, deben trabajarse situaciones reales y, concretamente, del tipo que la persona deba afrontar en su

día a día, para que la adquisición de habilidades le sirva en la vida real.

- Plantear una organización jerarquizada, pues deben intervenirse todas las áreas afectadas empezando por los aspectos inespecíficos hasta llegar a los específicos.
- Adaptar el nivel de dificultad de manera progresiva, comenzando por tareas que exijan demandas mínimas y, paulatinamente, progresando a niveles de mayor dificultad (siempre hasta donde el paciente pueda tolerar).
- Ser motivadora y presentar refuerzos adaptados durante todo el proceso. Es fundamental que el paciente sea consciente de cuándo lo está haciendo bien y cuando no, en qué falla, y que entienda por qué estamos haciendo cada tarea, para lo que puede ser conveniente ponerle ejemplos de su vida real.
- Realizar registros sistemáticos que permitan valorar cómo evoluciona el paciente en el desarrollo del proceso rehabilitador, lo que nos permitirá conocer si los métodos que estamos empleando conducen al resultado esperado o es preciso cambiarlos o sustituirlos.
- Llevar a cabo una evaluación final de la eficacia de la rehabilitación, que, comparada con la realizada antes de la intervención, nos dirá si realmente hemos cumplido con nuestros objetivos.

Un tema sobre el que no existe un criterio unificado es la frecuencia y duración de las sesiones, así como el tiempo total de duración de la intervención. De hecho, hay multitud de estudios y cada uno de ellos diferente. Esto deberá basarse en los objetivos propuestos y en la evolución del paciente.

Para finalizar con este tema, es necesario tener en cuenta que la eficacia de un programa no va a depender sólo de las técnicas que se hayan empleado, sino que existen numerosos factores que influyen directa o indirectamente en la evolución del paciente, como el tipo de déficit, la gravedad y naturaleza de la lesión, la edad, el tiempo de

evolución de la enfermedad, la red de apoyo externo y los factores ambientales⁸.

NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA NEURORREHABILITACIÓN

En estos últimos años se ha vivido una importante revolución en el campo de la tecnología, y su aplicación al campo de la neurorrehabilitación no ha pasado desapercibida, tanto a nivel de intervención con el paciente como de monitorización del proceso. Hace unos años, las opciones de intervención eran rudimentarias y repetitivas. Además, solían necesitar siempre al profesional presente, por lo que era imposible trabajar con la frecuencia necesaria o con algunos pacientes que no podían desplazarse hasta el centro. Gracias al desarrollo de la tecnología, actualmente el sector sanitario puede ofrecer servicios mucho más completos, individualizados e incluso preventivos, y llegar a todo tipo de pacientes, poniendo solución así a varios aspectos fundamentales.

Dentro de lo considerado tecnología hay un amplio rango de dispositivos. En un extremo podemos considerar aquellos más asequibles y de uso actualmente frecuente entre la población como los móviles, ordenadores, tablets⁹, alarmas, cámaras o grabadoras, cuyo uso principal no está relacionado con el campo que nos ocupa, pero que juegan un papel clave en la aplicación de las estrategias de compensación fundamentales en determinados casos. Así, han demostrado su gran utilidad a la hora de ayudar a las personas con afectación cognitiva (principalmente en las áreas de atención, memoria y funciones ejecutivas) para ser más autónomas y desarrollar adecuadamente las tareas de la vida diaria gracias al soporte y monitorización proporcionados¹⁰. Otro tipo de dispositivos bastante populares también y que cada vez más se está viendo que tienen muchos beneficios tanto en el área física como en la cognitiva, son videoconsolas¹¹⁻¹⁵ tipo la Nintendo Wii o Kinect de Xbox, que consiguen que las personas estimulen sus capacidades de manera lúdica y sencilla, lo que facilita inmensamente la adherencia y continuidad del tratamiento, aspecto que no es sencillo de lograr en muchas ocasiones. Dispositivos bastante

relacionados con las videoconsolas, pero de no tan fácil acceso para la población en general, son la realidad virtual y la realidad aumentada⁶, dos tecnologías, especialmente la primera, con mucha utilidad en el campo de la neurorrehabilitación por su alto valor ecológico. Por último, encontramos tecnología más avanzada y destinada a profesionales expertos como el *neurofeedback* y las interfaces cerebro-ordenador⁷, que mediante la lectura e interpretación de las ondas cerebrales consiguen modificar las conexiones cerebrales y controlar neuroprótesis y exoesqueletos.

GAMIFICACIÓN Y *SERIOUS GAMES*

El término “gamificación” hace referencia al uso de técnicas, elementos y dinámicas propias de los juegos y el ocio en ámbitos específicos de la vida cotidiana. Busca aplicar el pensamiento y la mecánica de los juegos para influir en la conducta psicológica y social de la persona⁸: potenciar la motivación, reforzar la conducta para solucionar un problema, mejorar la productividad, obtener un objetivo, activar el aprendizaje...

Algunas de las claves fundamentales a la hora de “gamificar” una actividad son la percepción de progresión en el avance, crear expectación, ser social (competir, colaborar, compartir, ver), disfrutar, el autodescubrimiento y ser recompensado. Todo esto se puede aplicar tanto de manera analógica como digital, pero en este caso nos interesa especialmente desarrollar la segunda opción, que ha abierto numerosas posibilidades en este campo.

Con la llegada de los videojuegos, muchos profesionales de la educación y la salud se dieron cuenta de que estos tenían mucho potencial tanto para el uso educativo como rehabilitador y de estimulación, ya que el aprendizaje se adquiere de una manera mucho más fácil cuando interviene en el proceso un juego⁹. Además, en general tenían una buena acogida por parte de los pacientes, que veían el tratamiento como algo divertido y al que podían acceder de manera autónoma, lo que facilitaba la adherencia al tratamiento. El problema de estos primeros desarrollos es que no estaban específicamente diseñados para lograr objetivos terapéuticos.

Trabajando en ello, surgieron los “*serious games*”, un nuevo tipo de videojuegos cuyo propósito final es la formación o entrenamiento en algún ámbito. Evidentemente, para ello aprovechan la motivación que supone la interactividad y el entretenimiento propios de los videojuegos, pero siempre con un valor añadido, ya que están diseñados y enfocados para promover el aprendizaje.

Pueden ser de cualquier género, usar cualquier tecnología y ser desarrollados para diversos tipos de plataforma. Para establecer una mínima organización, se proponen las siguientes cinco categorías en base al propósito final del juego²⁰:

- *Eduainment* (*education + entertainment*): enseñar mediante el uso de recursos lúdicos.
- *Advergaming* (*advertising + game*): publicitar una marca, producto, organización o idea.
- *edumarket* (*education + marketing*): comunicar información con un componente educativo.
- *Denuncia*: concienciar, cambiar actitudes y comportamientos sociales, políticos, religiosos o de la salud.
- *Simulación*: adquirir habilidades o practicar ejercicios en entornos que simulan características reales (simuladores de vehículos, sistemas de gestión de emergencias, simuladores de mediación y resolución de conflictos en entornos de negocio, etc.).

Hay que destacar que este tipo de juegos ha encontrado su espacio sobre todo en programas educativos, ya que es una manera muy fácil de llegar a niños y adolescentes. Por ello, se hace evidente que los videojuegos suponen una modalidad de enseñanza que debe ser aprovechada por la comunidad educativa debido a la cantidad de elementos emocionales que integran, su estimulación sensorial y la posibilidad de inmersión a través de los ambientes virtuales en los que se desenvuelven¹⁹. Por otro lado, cada vez es más evidente su utilidad en el ámbito de la salud en general y de la rehabilitación en particular en todo tipo de patologías^{21, 22}.

Su utilidad se basa en la relación directa que establece con situaciones del mundo real, lo que lo diferencia del videojuego en su versión tradicional.

En otras palabras, los *serious games* deben tener una conexión explícita entre el mundo real y el virtual, y un propósito firme además de puro entretenimiento para ser considerados como tal.

PLATAFORMAS WEB Y APLICACIONES MÓVILES

Una de las áreas más prometedoras y que más en boga está dentro de las nuevas tecnologías aplicadas a la salud, y muy relacionadas con el punto anterior, son las aplicaciones móviles. Pueden usarse bien desde el móvil, la tablet o el ordenador, dispositivos que actualmente están en la vida de prácticamente todo el mundo, lo que facilita el acceso a la intervención de gente que en otras circunstancias vería imposible seguir un tratamiento de este tipo.

Con la popularización de los teléfonos inteligentes, el mercado se ha visto invadido por multitud de aplicaciones dedicadas al área sanitaria, tanto para profesionales como para el usuario final, incluso para población sana bajo el lema de la prevención o la potenciación de sus capacidades. Así, ante la ingente cantidad de aplicaciones de este tipo y la novedad del concepto, ha sido necesario un trabajo exhaustivo en la regulación y denominación de criterios de calidad mínimos de estas aplicaciones (trabajo llevado a cabo por la Unión Europea y la FDA²³), pues hasta hace poco no existían publicaciones que apoyasen y guiasen su uso.

A la hora de establecer una clasificación vamos a establecer cinco grupos²⁴:

- **Hábitos saludables:** se centran en mejorar los hábitos de vida de los usuarios, fomentan una alimentación sana y equilibrada, una buena hidratación y la práctica regular de ejercicio.
- **Informativas:** aportan información completa y detallada, ya sea de una patología determinada o aspectos médicos.
- **Valoración:** ayudan a realizar un correcto diagnóstico, valoración y, o seguimiento.
- **Tratamiento:** son empleadas por los profesionales para el tratamiento de pacientes neurológicos (pueden dividirse en las que tratan patologías físicas, cognitivas o del lenguaje).

- **Específicas:** diseñadas por equipos y, o unidades específicas de neurorrehabilitación ya existentes en el abordaje de patologías concretas sobre la base de sus propios criterios elaborados o necesidades a cubrir.

Las que aúnan evaluación y tratamiento tienen una gran demanda hoy en día, ya que llevarían a cabo la evaluación del paciente y, en base a los resultados obtenidos, establecerían el programa de intervención a seguir. Dicho así, puede parecer una situación ideal, sobre todo desde el punto de vista de ahorro de tiempo por parte del profesional, pero hay que tener cuidado con su uso, ya que tal y como hemos expuesto anteriormente, el papel de un profesional adecuadamente formado y con experiencia es fundamental a la hora de diseñar una adecuada intervención neuropsicológica.

REALIDAD VIRTUAL

En el terreno de la tecnología más avanzada, hay que destacar la realidad virtual por todas las posibilidades que tiene en el campo de la neurorrehabilitación¹⁶. Se basa en la simulación por ordenador, lo más realista posible, de diversas situaciones en tiempo real. Es una experiencia inmersiva e interactiva, y la tecnología más completa permite interactuar con todos los sentidos, dando así una gran sensación de realidad (debido a los altos costes de esto, la mayoría de las experiencias se centran en la vista y el oído, pero cada vez hay más que incorporan el tacto; queda aún pendiente la incorporación del olfato y el gusto en el uso general).

Debido a estas características, es una opción muy usada para trabajar las actividades diarias en neurorrehabilitación. Además de tener un significativo valor ecológico, presenta numerosas ventajas respecto a la intervención en la realidad, lo que puede hacerse como paso último de ser necesario. Gracias a la realidad virtual²⁵, la persona puede trabajar en un entorno seguro, ergonómico, reproducible en cualquier momento, asequible económicamente, diseñado a medida, con la posibilidad de nivelar las demandas de la tarea según las necesidades y pudiendo parar cuando sea necesario.

Como la mayoría de las tecnologías novedosas, es mucho más usada en gente joven, pero se está viendo un campo prometedor en la rehabilitación y estimulación en la tercera edad: demencia, infarto cerebral²⁶ o enfermedad de Parkinson²⁷. Aparte, ha demostrado su utilidad en el tratamiento de muy diversas patologías: rehabilitaciones motoras²⁸, fobias y ataques de pánico²⁹, trastorno de estrés postraumático (TEPT), discapacidad intelectual³⁰, autismo³¹ y trastorno de déficit de atención e hiperactividad (TDAH)³².

REALIDAD AUMENTADA

En relación con el tema que nos ocupa, que es la neurorrehabilitación, esta tecnología tiene una aplicación muy similar a la realidad virtual. No deben confundirse y pueden usarse ambas según el caso y los recursos existentes. Para entender la diferencia entre ambas, es importante saber que la realidad aumentada³³ nos permite ver el mundo real con información añadida debido a la agregación de elementos virtuales a la realidad existente, mientras que con la realidad virtual lo que hacemos es interactuar con un mundo diferente.

INTERFACES CEREBRO-ORDENADOR

Las interfaces cerebro-ordenador³⁴ son un sistema de ingeniería que permiten traducir nuestras intenciones (pensamiento) en interacciones reales con el mundo exterior (tanto físico como virtual). Para ello miden la actividad cerebral, la procesan para obtener las características de interés y, una vez obtenidas, permiten interactuar con el entorno de la forma deseada por el usuario. Hay que destacar que el ajuste entre el usuario y el sistema necesita una compleja adaptación inicial, así que como un seguimiento y reajuste continuados para asegurar un funcionamiento adecuado.

Dependiendo de cómo obtengan la señal, existen dos tipos:

- Dispositivos invasivos: la medición se realiza directamente en el cerebro, por lo que es necesario realizar una intervención quirúrgica. El sensor puede penetrar la corteza cerebral para medir la actividad eléctrica

de neuronas individuales o puede colocarse en la superficie del córtex para medir la actividad eléctrica de grupos de neuronas. La ventaja de estos dispositivos es que la señal obtenida es muy nítida; los inconvenientes, los riesgos que supone la intervención y las consideraciones éticas.

- Dispositivos no invasivos: el sensor se coloca en la superficie del cuero cabelludo, por lo que no es necesaria intervención quirúrgica. La señal obtenida es la superposición de todas las neuronas del cerebro (no de neuronas individuales o grupos localizados) y tiene una resolución más pobre debido a que el cráneo del usuario debilita y distorsiona las señales generadas por las neuronas. Los dispositivos actuales de este tipo son la electroencefalografía (EEG), la magnetoencefalografía MEG, la tomografía por emisión de positrones (PET), la imagen por resonancia magnética funcional (fMRI) y la imagen óptica cercana al infrarrojo (fNRI).

Actualmente, el uso más destacado en neurorrehabilitación³⁵⁻³⁶ es dotar de capacidades comunicativas y de interacción con el entorno a pacientes con una afectación motora severa como puede darse en los casos de la esclerosis lateral amiotrófica, daño de la médula espinal o accidente cerebro-vascular. Esto se debe a que, por el momento, la fisiología cortical más investigada y utilizada para el control de dispositivos ha sido las señales cerebrales de la corteza motora primaria³⁷ y de las áreas corticales somatosensoriales primarias.

En el área motora³⁸, las interfaces cerebro-ordenador se han enfocado de manera especial en el desarrollo de comandos de fácil ejecución como controles ambientales de temperatura, luz, televisión, procesamiento de palabras a bajas velocidades (máxima velocidad alcanzada 2 letras/min.) y respuesta a preguntas tipo sí/no. Otros más complejos incluyen el manejo de sillas de ruedas, control de prótesis, ortesis, exoesqueletos, robots y cursores de ordenador.

En cuanto al área sensitiva³⁸, los principales desarrollos e investigaciones que se han realizado en

este campo se han centrado en la recuperación de la visión y la audición mediante prótesis que estimulan eléctricamente áreas específicas de la corteza correspondientes a la percepción de estos sentidos (prótesis de retina intraocular e implantes cocleares respectivamente).

NEUROFEEDBACK

El *neurofeedback* es un tratamiento neurocomportamental que enseña a los sujetos el autocontrol sobre determinados patrones de actividad cerebral midiendo las ondas cerebrales y proporcionando una señal de retroalimentación³⁹.

Para ello se basa en el condicionamiento operante, pues proporciona al sujeto información acerca de cómo está funcionando su cerebro en ese momento (si lo está haciendo bien o si debe de modificar su patrón hacia una dirección determinada), lo que le permite modificar su conducta de manera consciente.

En rehabilitación, uno de los campos en los que ha tenido más aplicación ha sido el TDAH⁴⁰⁻⁴², entrenando a los niños para mejorar en el control de impulsos, la atención y en las funciones ejecutivas en general. También se ha empleado como terapia para los trastornos de pánico y la ansiedad⁴³, depresión⁴⁴, traumatismos craneoencefálicos y accidentes cerebrovasculares⁴⁵, epilepsia⁴⁶, insomnio y trastornos del sueño, migrañas⁴⁷, adicciones o trastornos del aprendizaje.

NEURONUP

En el campo de las nuevas tecnologías aplicadas a la neurorrehabilitación destaca NeuronUP, plataforma web destinada a los profesionales que trabajan tanto en el campo de la rehabilitación como de la estimulación cognitivas.

Tras estudiar el mercado y hablar con numerosos profesionales, vimos que había una gran laguna en el área de la neurorrehabilitación en concreto, pero también en la investigación de ésta. La primera parte del proceso, la evaluación, llevaba años cubierta adecuadamente con numerosos test y

baterías para medir todo tipo de déficits y realizar un diagnóstico a posteriori, pero a la hora de abordar el tratamiento, los profesionales se encontraban con múltiples carencias y dificultades. Para preparar cada sesión perdían una gran cantidad de tiempo buscando y eligiendo materiales, tratando luego de personalizarlos para adaptarlos a cada caso (lo que es uno de los principios básicos de la rehabilitación⁴⁸) y, finalmente, organizando los resultados después de la intervención para poder ver la evolución del paciente. Viendo esto, vimos fundamental crear un programa que hiciese su trabajo más fácil y rápido.

Con todas estas necesidades en mente procedimos a realizar una exhaustiva labor de análisis de la bibliografía existente y de los programas y videojuegos del mercado. Vimos que ya existían diversos programas y apps, pero la mayoría desarrollados por programadores sin conocimientos en neurorrehabilitación o, aquellos avalados por centros profesionales, con diversas carencias a nivel de programación, organización o variedad de actividades. Así, nuestro objetivo era construir un programa basado en una fundamentación teórica consistente⁴⁹, que fuera flexible y personalizable y realmente útil tanto para los profesionales como para los pacientes.

Así, vimos indispensable cumplir con tres premisas:

Importancia del profesional. Consideramos fundamental el rol de un profesional adecuadamente formado y con experiencia a la hora de diseñar y realizar el seguimiento y adaptación de toda intervención neuropsicológica⁵⁰. Esto nunca podrá ser sustituido por una plataforma digital o un programa preestablecido, por mucha inteligencia artificial que haya detrás. Además, una intervención no puede reducirse a la esfera cognitiva, sino que también debe abarcar el terreno emocional, psicosocial y de funcionamiento diario⁵¹.

Personalización. Una de nuestras fortalezas y característica diferenciadora es la posibilidad de personalizar las actividades en base a las necesidades de cada paciente. Esto es algo muy repetido en la teoría, pero pocas veces llevado a la práctica,

y nosotros hemos querido facilitar esta opción para intentar que los profesionales puedan hacerlo de una manera rápida y sencilla. Por un lado, se pueden personalizar las **características generales** de la actividad (tiempo máximo, instrucciones, aviso por inactividad en caso de que el paciente tenga problemas atencionales, etc.). Por otro, el profesional puede elegir los **parámetros concretos** del juego, lo que permite adaptar el nivel de una manera precisa (por ejemplo, en una tarea de memorización de objetos, se puede elegir cuántos objetos se van a memorizar y durante cuánto tiempo). También pueden personalizarse los **contenidos** para hacer la actividad más motivadora y significativa para el paciente (en una sopa de letras se podrían elegir las palabras a buscar). Por último, en los casos que se considere pertinentes, se puede personalizar la **adaptabilidad** a la hora de interactuar con el juego (si el paciente tiene una pantalla táctil, probablemente lo más intuitivo sea arrastrar los elementos, pero en caso de tener problemas de movilidad o del uso del ratón, el profesional puede elegir que el movimiento de elementos se realice mediante simples pulsaciones).

Valor ecológico. Este concepto hace referencia tanto a la representatividad de una tarea (el grado de concordancia en forma y contexto respecto a una situación real), como a la generalización de los resultados que produce esa tarea (si la mejora en la tarea produce mejora en los resultados y viceversa)⁵². Hay que destacar que no hace falta una elaboración exacta de los contextos, como en modelos de realidad virtual, para asegurar la validez ecológica. Lo importante es que el escenario refleje el mundo real y que presente elementos que repliquen situaciones de la vida cotidiana⁵³, aunque los escenarios inmersivos pueden proporcionar mayor transferencia. Por ello, aparte de actividades para trabajar las funciones cognitivas básicas, hemos desarrollado material que incluye actividades y situaciones de la vida diaria, facilitando que la labor realizada con el profesional sea generalizable a la vida real del sujeto.

Teniendo todo esto como base, una de las primeras decisiones que tuvimos que tomar al empezar el desarrollo de la plataforma fue si organizar el contenido por patologías o por áreas cognitivas.

Ambas tenían sus ventajas y también sus carencias, pero finalmente decidimos plantear la plataforma por áreas de intervención. El principal motivo fue que dentro de una misma patología puede haber perfiles cognitivos muy diversos (un claro ejemplo son las víctimas de un accidente cerebrovascular, que según qué zona o zonas se hayan visto dañadas, presentarán una sintomatología muy dispar) y que incluso en aquellas patologías con perfiles de deterioro más similares, cada persona puede necesitar y beneficiarse de una intervención muy concreta. Por ello, vimos que una clasificación por procesos sería mucho más práctica, precisa y podría abarcar todo tipo de casos, ya que independientemente de la patología y el perfil de deterioro presentado, el profesional podría encontrar material para diseñar la sesión adecuada.

El contenido

Dentro de NeuronUP las actividades están clasificadas por diversos criterios:

Áreas de intervención (y no sólo generales, sino divididas por subprocesos): después de la evaluación, el profesional obtiene el perfil cognitivo del paciente, viendo dónde están exactamente los déficits a trabajar. En base a eso, debe poder encontrar de una manera rápida y sencilla material para diseñar la intervención que considere más adecuada en cada caso. Decidimos establecer tres grandes secciones, todas ellas esenciales para una neurorrehabilitación completa, cuyo objetivo final es mejorar la calidad de vida del paciente.

- **Funciones cognitivas:** nos basamos en diferentes autores⁴⁹ para establecer la clasificación, cada uno especialista en su campo, ya que queríamos plasmar todos los subprocesos susceptibles de necesitar rehabilitación. Así, dentro de cada función cognitiva (atención, lenguaje, memoria o funciones ejecutivas, por ejemplo) se podrá encontrar material para trabajar todos los procesos que la componen (en funciones ejecutivas encontraremos actividades concretas para trabajar la planificación, el razonamiento, la memoria de trabajo, la inhibición o la flexibilidad entre otras).

- **Actividades de la vida diaria (AVDs):** las organizamos basándonos en el marco teórico de la American Occupational Therapy Association (AOTA)⁵⁴ y abarcan las actividades básicas (baño, vestido, alimentación o higiene, entre otras), las instrumentales (salud, seguridad, compras, etc.) y las avanzadas (educación, trabajo, juego, ocio y participación social).
- **Habilidades sociales:** nuestro objetivo es desarrollar un sistema de intervención que se integre en diferentes contextos, lo que requerirá la puesta en marcha por parte del sujeto de numerosos y complejos procesos cognitivos.

Niveles: dependiendo de la gravedad del déficit presentado, el paciente necesitará un nivel de dificultad de la actividad. Así mismo, según vaya mejorando o deteriorándose, deberá poderse adaptar la dificultad de la actividad. Por ello, hemos diseñado un mínimo de cinco niveles de dificultad y un máximo de doce para cubrir desde los déficits más graves hasta los casos con una afectación muy ligera pero que requieren intervención, o incluso aquellos casos que están finalizando el proceso rehabilitador y necesitan actividades muy complejas y similares a los problemas que van a tener que afrontar en la vida real.

Edad: es fundamental encontrar material apropiado para las diferentes capacidades, necesidades e intereses que presentan las personas a diferentes edades (no es lo mismo trabajar con un niño de 6 años, con un adolescente de 15, un adulto de 40 o una persona de la tercera edad). Lo hemos tenido en cuenta tanto para el diseño como para la nivelación y el contenido de las actividades.

Formato: evidentemente íbamos a desarrollar material digital, ya que queríamos aprovechar todas las ventajas de las nuevas tecnologías (mayor motivación por parte del paciente, registro de resultados, estímulos visuales y auditivos, etc.), pero no queríamos dejar de lado el tema del papel y lápiz. Considerábamos que este formato aún tiene mucho uso entre algunos pacientes (por ejemplo, de la tercera edad, que suelen mostrarse reacios al uso de nuevas tecnologías), en determinados

centros que no tienen la posibilidad de tener tantos dispositivos electrónicos como pacientes o que incluso sería útil para alternar con el material digital para fomentar la práctica del uso del lápiz y papel y que no se olvide. En estos casos, los resultados no se guardan automáticamente en la plataforma, pero el profesional puede registrarlos para tenerlos todos archivados de manera ordenada.

Modalidad: se ha demostrado que la neurorrehabilitación, para llevarse a cabo de la mejor manera posible, debería ser individualizada, pero esto no siempre es posible, bien por los medios existentes en un centro, bien por el ratio profesional/pacientes o bien por la consideración de que determinadas actividades pueden tener mayor beneficio trabajándose en grupo, como sería el caso de algunas habilidades sociales. Por ello, es necesario poder encontrar material diseñado específicamente para trabajar en grupo o de manera individual.

Tipo:

- **Fichas:** ejercicios independientes agrupados por niveles dentro de una misma actividad. En cada nivel, los ejercicios son equivalentes pero con distinto contenido, lo que permite trabajar una misma actividad sin repetir ejercicio.
- **Generadores:** aplicaciones que, como su nombre indica, generan diferentes ejercicios de manera infinita. Por ejemplo, en el caso de actividades tan usadas como sopa de letras o cuentas, habitualmente llega un punto en el que se nos acaban las distintas versiones y tenemos que repetir ejercicios ya realizados. Gracias a los generadores, en un segundo tendremos un nuevo ejercicio distinto a todos los anteriores.
- **Juegos:** suben y bajan de nivel de manera automática ajustándose a la ejecución del paciente. De esta manera prevenimos la falta de motivación causada bien por el aburrimiento al realizar una tarea demasiado fácil, bien por la frustración si la tarea es demasiado complicada.
- **Simuladores:** representan dispositivos diversos de la vida real, la mayoría de ellos electrodomésticos, y su finalidad es entrenar al

paciente en el uso de los mismos. Sabemos que la situación ideal de trabajo sería practicando con su electrodoméstico en cuestión, ya que cada aparato tiene sus particularidades, pero dado que habitualmente los centros no disponen de esa posibilidad, ésta es una manera excelente de practicar y conseguir que luego extrapolen a la realidad las habilidades adquiridas. En estas actividades, la nivelación es diferente al resto de casos, pues al ser la tarea siempre la misma, la dificultad viene dada por las ayudas dadas al sujeto como guía.

- **Recursos extra:** NeuronUP también tiene una sección con diversos tipos de materiales para que el profesional cree sus propias actividades. En esta sección se pueden encontrar imágenes (clasificadas de una manera muy intuitiva y con un buscador para encontrar rápidamente lo que se necesita. Por ejemplo, una de las secciones más usadas son fotos que detallan los pasos a seguir para tareas de la vida diaria), sonidos o diferentes aplicaciones con las que el profesional puede enriquecer sus sesiones (generar una plantilla personalizada de escritura, tarjetas para trabajar la memoria o el lenguaje, formularios para rellenar los datos básicos del paciente, etc.).

Hay que destacar que creamos material nuevo todos los meses, subiendo a la web una actividad infantil y otra de adultos de manera mensual. Intentamos desarrollar más actividades similares a las que son muy usadas, y también aceptamos sugerencias e ideas de nuestros clientes, lo que hace que el contenido de NeuronUP crezca siempre de manera directamente relacionada con las necesidades de nuestros usuarios.

Los resultados

NeuronUP tiene una base de datos donde los profesionales encontrarán organizados todos los resultados de las actividades hechas por los pacientes. En las digitales se registran de manera automática y en las de papel debe introducirlos el propio profesional, pudiendo de esta manera

tener todos los resultados guardados de manera ordenada para cuando necesite consultarlos, cosa fundamental a la hora de hacer el seguimiento de la evolución de un paciente.

Hay que destacar que no se registran simplemente resultados generales como aciertos, errores o tiempo de ejecución. Se registran las variables más importantes según el tipo de actividad, de manera que el profesional obtenga la información más completa sobre la ejecución del paciente para identificar los problemas sobre los que debe hacer hincapié. Así, por ejemplo, en los simuladores se desglosa la tarea por pasos y el profesional puede ver dónde falla exactamente el paciente, pudiendo focalizar su intervención posterior en ese problema concreto.

Sesiones desde casa (NEURONUP2GO)

NEURONUP2GO permite a los profesionales programar sesiones personalizadas para que el paciente realice desde su casa. De esta manera, el programa de rehabilitación se ve reforzado, ya que muchas veces los pacientes no pueden acudir a consulta tan a menudo como sería deseable, y ellos se ven empoderados al poder realizar las actividades por sí mismos.

Evidentemente, esta posibilidad no es para todo el mundo, sino que debe ser el terapeuta el que, conociendo a su paciente y sus circunstancias, elija quién puede beneficiarse de esa posibilidad, con qué frecuencia y qué tipo de actividades debe incluir en las sesiones para que el paciente pueda hacerlas de manera autónoma.

Además, el profesional puede ver si el paciente realiza las sesiones cuando debe y hacer un seguimiento de los resultados para ir ajustando la intervención, de manera que aunque no esté presente, sigue teniendo control absoluto sobre la intervención.

Programas validados

En un futuro no muy lejano, NeuronUP incorporará a su plataforma diversos programas de intervención validados en poblaciones concretas. Numero-

Los centros de investigación, hospitales y universidades están llevando a cabo estas investigaciones que facilitarán notablemente el trabajo de los profesionales al servirles de guía en el diseño de la intervención.

Eso sí, como ya hemos dicho al principio, NeuronUP es una herramienta que ayuda a los profesionales a desarrollar mejor y más rápido su trabajo, pero jamás ha pretendido ni pretenderá sustituirlos. Estos programas pueden servir de base sobre la que trabajar y, a partir de ella, el profesional matizará los aspectos necesarios para personalizar el tratamiento para cada caso concreto.

La web

Por último, mencionar varios aspectos importantes que hemos tenido en cuenta a la hora de diseñar la web:

Accesibilidad (tanto para el profesional como para los pacientes): la plataforma está en la nube, lo que permite acceder desde cualquier sitio y dispositivo, sólo es necesario tener acceso a internet. De esta manera, el profesional puede preparar sesiones o consultar resultados en cualquier momento y, el paciente, realizar sus sesiones desde casa. Además, esto posibilita que todas las actualizaciones y novedades se puedan subir y estar disponibles al momento.

Usabilidad: la web cuenta con una interfaz estética e intuitiva para que los profesionales tengan la mejor experiencia de uso posible.

Atención al cliente: NeuronUP cuenta con un chat en directo de consulta para resolver cualquier duda que pueda surgir.

CONCLUSIONES

El campo de la tecnología está en constante desarrollo y es imposible imaginar dónde puede llegar. En su aplicación a la neurorrehabilitación, lo más importante es seguir avanzando con ética y con el objetivo de mejorar la calidad de vida del paciente siempre.

Un aspecto importante a tener en cuenta es la creciente cantidad de personas necesitadas de intervención, así como la falta notable de presupuesto y medios para tratarlas, por lo sería interesante que la tecnología siguiese facilitando el proceso de intervención y monitorización de cara a los profesionales. Algunos puntos fundamentales serían: poder diseñar intervenciones personalizadas de manera rápida, que puedan ser llevadas a cabo de manera autónoma por el paciente en determinados casos (es fundamental que las comprendan sin ayuda), que no requieran dispositivos muy caros ni de difícil manejo para su aplicación, y cuya ejecución pueda ser supervisada y guiada en caso necesario por el profesional.

Por último, hay que destacar la importancia de seguir investigando y desarrollando estudios que validen cuáles son las tecnologías más adecuadas en cada caso y de qué manera optimizar su uso para lograr la generalización de las estrategias trabajadas en la vida cotidiana del paciente.

BIBLIOGRAFÍA

1. World Health Organization. Neurological Disorders: Public Health Challenges. WHO; 2006. Disponible en: https://www.who.int/mental_health/neurology/neurodiso/en/
2. World Health Organization. ¿Qué son los trastornos neurológicos? WHO; 2016. Disponible en: <https://www.who.int/features/qa/55/es/>
3. Caltagirone C, Zannino GD. Telecommunications technology in cognitive rehabilitation. *Functional Neurology*. 2008; 23(4): 195-9.
4. Lorenzo-Otero J. La rehabilitación cognitiva. Montevideo: Facultad de Medicina; 2001.

5. Marin AG. Technology for Post-Stroke Cognitive Rehabilitation. *International Journal of Pharma Medicine and Biological Sciences*. 2015; 4(2): 147-148.
6. Ginarte-Arias, Y. Cognitive rehabilitation. Theoretical and methodological aspects. *Revista de Neurología*. 2002; 35(9): 873-874.
7. Newell A, Gregor P. User Sensitive Inclusive Design—In Search of a New Design. 2000 Conference on Universal Usability (CUU'00). 2000; 39-44.
8. Trápaga M. Una aproximación al problema del diagnóstico y la rehabilitación neurocognitiva de los trastornos mentales. En Trápaga M, Álvarez MA, Cubero L (eds.) *Fundamentos biológicos del comportamiento*. La Habana: Servigraf; 2001.
9. Pugliese M, Ramsay T, Johnson D, Dowlatshahi D. Mobile tablet-based therapies following stroke: A systematic scoping review of administrative methods and patient experiences. *PLoS ONE*. 2018; 13(1): e0191566.
10. Inglis EA, Szymkowiak A, Gregor P, Newell AF, Hine N, Wilson B, Shah P. Usable technology? Challenges in designing a memory aid with current electronic devices. *Neuropsychological Rehabilitation*. 2004; 14(1-2): 77- 87.
11. De Mauro A. Virtual Reality Based Rehabilitation and Game Technology. *eHealth & Biomedical Applications Vicomtech*. 49-50.
12. Webster D, Celik O. Systematic review of Kinect applications in elderly care and stroke rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2014; 11(108).
13. Givon Schaham N, Zeilig G, Weingarden H, Rand D. Game analysis and clinical use of the Xbox-Kinect for stroke rehabilitation. *International Journal of Rehabilitation Research*. 2018; 41(4): 323-330.
14. Pompeu JE, Dos Santos FA, Guedes K, Modesini A, De Paula T, Peterson A, Pimentel ME. Effect of Nintendo Wii™-based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson's disease: A randomised clinical trial. *Physiotherapy*. 2012; 98(3): 196-204.
15. Alves MLM, Mesquita BS, Morais WS, Leal JC, Satler CE, Dos Santos Mendes FA. Nintendo Wii™ Versus Xbox Kinect™ for Assisting People With Parkinson's Disease. *Percept Mot Skills*. 2018; 125(3): 546-565.
16. Tieri G, Morone G, Paolucci S, Iosa M. Virtual reality in cognitive and motor rehabilitation: facts, fiction and fallacies. *Expert Review of Medical Devices*. 2018.
17. Daly JJ, Wolpaw JR. Brain-computer interfaces in neurological rehabilitation. *Lancet Neurol*. 2008; 7(11): 1032-43.
18. Zichermann G, Cunningham C. *Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps*. Sebastopol, California: O'Reilly Media. 2011.
19. Marcano B. Estimulación emocional de los videojuegos: efectos en el aprendizaje. *Revista electrónica Teoría de la Educación*. 2006; 7 (2).
20. Alvarez J, Rampnoux O: Serious Game: Just a question of posture? *Artificial & Ambient Intelligence*. 2007; 420-423.
21. Kueider AM, Parisi JM, Gross AL, Rebok GW. Computerized Cognitive Training with Older Adults: A Systematic Review. *PLoS One*. 2012; 7(7): e40588.
22. Hersh M, Leporini B. Serious Games for the Rehabilitation of Disabled People: Results of a Multilingual Survey. En Fardoun H, Hassan A, de la Guía M. (eds.) *New Technologies to Improve Patient Rehabilitation*. REHAB 2016. *Communications in Computer and Information Science*. 2019; 1002. Springer, Cham.
23. Food and Drug Administration (FDA). Policy for Device Software Functions and Mobile Medical Applications. Guidance for Industry and Food and Drug Administration Staff. 2019.
24. Sánchez Rodríguez MT, Collado Vázquez S, Martín Casas P, Cano de la Cuerda R. Apps en neurorrehabilitación. Una revisión sistemática de aplicaciones móviles. *Revista de Neurología*. 2018; 33(5): 316.
25. Rose FD, Brooks BM, Rizzo AA. Virtual reality in brain damage rehabilitation: Review. *CyberPsychology & Behavior*. 2005; 8(3): 241-262.
26. Lohse K, Hilderman C, Cheung K, Tatla S, Machiel HF. Virtual Reality Therapy for Adults Post-Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis Exploring Virtual Environments and Commercial Games in Therapy. *PLoS ONE*. 2014; 9(3): e93318.

27. Ma, HI, Hwang WJ, Fang JJ, Kuo JK, Wang CY, Leong IF, Wang TY. Effects of virtual reality training on functional reaching movements in people with Parkinson's disease: A randomized controlled pilot trial. *Clinical Rehabilitation*. 2011; 25(10): 892-902.
28. Galvin J, Levac D. Facilitating clinical decision-making about the use of virtual reality within paediatric motor rehabilitation: Describing and classifying virtual reality systems. *Developmental Neurorehabilitation*. 2011; 14(2).
29. Botella C, García-Palacios A, Villa H, Baños RM, Quero S, Alcañiz M, Riva G. Virtual reality exposure in the treatment of panic disorder and agoraphobia: A controlled study. *Clinical Psychology & Psychotherapy*. 2007; 14(3): 164-175.
30. Pérez-Salas CP. Realidad virtual: un aporte real para la evaluación y el tratamiento de personas con discapacidad intelectual. *Terapia Psicológica*. 2008; 26(2): 253-262.
31. Parsons S, Cobb S. State-of-the-art of Virtual Reality technologies for children on the autism spectrum. *European Journal of Special Needs Education*. 2011; 26(3): 355-366.
32. Pollak Y, Weiss PL, Rizzo AA, Weizer M, Shriki L, Shalev RS, Gross-TsurV. The utility of a continuous performance test embedded in virtual reality in measuring ADHD-related deficits. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*. 2009; 30(1): 2-6.
33. Realidad aumentada – Qué es y aplicaciones de la realidad aumentada. *Tecniteasy* [citado el 1 de marzo de 2020]. Disponible en: <https://tecniteasy.com/realidad-aumentada/>
34. Mínguez J. Tecnología de Interfaz Cerebro – Computador. Grupo de Robótica, Percepción y Tiempo Real, Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas, Universidad de Zaragoza, España.
35. Nicolás-Alonso LF, Gómez-Gil J. Brain computer interfaces, a review. *Sensors (Basel)*. 2012; 12(2): 1211-79.
36. Wolpaw JR, Birbaumer N, McFarland DJ, Pfurtscheller G, Vaughan TM. Brain- computer interfaces for communication and control. *Clin Neurophysiol*. 2002; 113(6): 767-91.
37. Leuthardt EC, Schalk G, Roland J, Rouse A, Moran DW. Evolution of brain-computer interfaces: going beyond classic motor physiology. *Neurosurg Focus*. 2009; 27(1): E4.
38. García Quiroz F, Villa Moreno A, Castaño Jaramillo P. Interfaces neuronales y sistemas máquina-cerebro: fundamentos y aplicaciones. Revisión. *Revista Ingeniería Biomédica*. 2007; 1(1).
39. Marzbani H, Marateb HR, Mansourian M. Neurofeedback: A Comprehensive Review on System Design, Methodology and Clinical Applications. *Basic Clin Neurosci*. 2016; 7(2): 143–158.
40. Micoulaud-Franchi JA, Geoffroy PA, Fond G, Lopez R, Bioulac S, Philip P. EEG neurofeedback treatments in children with ADHD: an updated meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Hum Neurosci*. 2014; 13(8): 906.
41. Steiner NJ, Frenetic EC, Rene KM, Brennan RT, Perrin EC. Neurofeedback and cognitive attention training for children with attention-deficit hyperactivity disorder in schools. *J Dev Behav Pediatr*. 2014; 35(1): 18-27.
42. Steiner NJ, Frenetic EC, Rene KM, Brennan RT, Perrin EC. In-school neurofeedback training for ADHD: sustained improvements from a randomised control trial. 2014; 133(3): 488-92.
43. A. Moradi, F. Pouladia, N. Pishvab, Rezaeia B, Torshabia M, Mehrjerdic ZA. Treatment of anxiety disorder with neurofeedback. *Procedia – Social Behavioral Science*. 2011; 30:103-107.
44. Young KD, Zotev V, Phillips R, Misaki M, Yuan H, Drevets WC, Bodurka J. Real-Time fMRI Neurofeedback Training of Amygdala Activity in Patients with Major Depressive Disorder. *PLoS ONE*. 2014; 9(2): e88785.
45. Renton T, Tibbles A, Topolovec-Vranic J. Neurofeedback as a form of cognitive rehabilitation therapy following stroke: A systematic review. *PLoS ONE*. 2017; 12(5): e0177290.
46. Tan G, Thornby J, Hammond DC, Strehl U, Canady B, Arnemann K, Kaiser DA. Meta-analysis of EEG biofeedback in treating epilepsy. 2009; 40(3): 173-9.
47. Walker JE. QEEG-guided neurofeedback for recurrent migraine headaches. *Clinical EEG and Neuroscience*. 2011; 42(1): 59-61.

48. Peretz, C, Korczyn, AD, Shatil, E, Aharonson, V, Birnboim, S, Giladi, N. Computer-based, personalized cognitive training versus classical computer games: a randomized double-blind prospective trial of cognitive stimulation. *Neuroepidemiology*. 2011; 36(2), 91-99.
49. Theoretical Framework: General Concepts. NeuronUP. 2012. Disponible en: <https://www.neuronup.com/en/theoreticalframework-professionals-cognitive-rehabilitation-stimulation#bases>
50. Sánchez-Carrión, R, Gómez, A, García, A, Rodríguez, P, Roig, T. Tecnologías aplicadas a la rehabilitación neuropsicológica. En Bruna, O, Roig, T, Puyuelo, M, Junqué, C, Ruano, A. (eds.) *Rehabilitación neuropsicológica. Intervención y práctica clínica* 131-140. Barcelona: Masso; 2011.
51. Salas, C, Báez, MT, Garreud, AM, Daccarett, C. Experiences and challenges in cognitive rehabilitation: towards a model of contextualized intervention? *Revista Child Neuropsychology*. 2007; 2(1): 21-30.
52. Kvavilashvili, L, Ellis, J. Ecological validity and twenty years of real life/laboratory controversy in memory research: A critical (and historical) review. *History and Philosophy of Psychology*. 2004; 6: 59-80.
53. Rizzo, A, Bowerly, T, Shahabi, C, Buckwalter, J, Klimchuk, D, Mitura, R. Diagnosing attention disorders in a virtual classroom. *Computer*. 2004; 37: 87-89.
54. American Occupational Therapy Association. Occupational therapy practice framework: Domain and process. *American Journal of Occupational Therapy*. 2002; 56: 609-639.