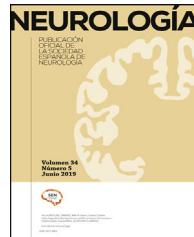




NEUROLOGÍA

www.elsevier.es/neurologia



REVISIÓN

Impacto de las nuevas tecnologías en la neurología en España. Revisión del Comité Ad-Hoc de Nuevas Tecnologías de la Sociedad Española de Neurología



R. López-Blanco^{a,1}, A. Sorrentino Rodriguez^{b,1}, E. Cubo^c, Í. Gabilondo^d, D. Ezpeleta^e, M.A. Labrador-Espinosa^f, Á. Sánchez-Ferro^g, C. Tejero^h y M. Matarazzo^{g,i,*} por el Comité Ad-Hoc de Nuevas Tecnologías de la SEN

^a Servicio Integrado de Neurología. Hospital Universitario Rey Juan Carlos (Móstoles), Hospital General de Villalba, Hospital Universitario Infanta Elena (Valdemoro), Madrid, España

^b Parc de Salut Mar, Barcelona, España

^c Hospital Universitario de Burgos, Burgos, España

^d Hospital Universitario de Cruces, Barakaldo, España

^e Hospital Universitario Quirónsalud Madrid, Pozuelo de Alarcón, Madrid, España

^f Instituto de Biomedicina de Sevilla, Hospital Universitario Virgen del Rocío, Sevilla, España

^g HM CINAC, Hospital Universitario HM Puerta del Sur, Móstoles, Madrid, España

^h Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa, Zaragoza, España

ⁱ Pacific Parkinson's Research Centre, University of British Columbia, Vancouver, BC, Canadá

Recibido el 30 de septiembre de 2020; aceptado el 10 de octubre de 2020

Accesible en línea el 22 de diciembre de 2020

PALABRAS CLAVE

Tecnología;
Tecnología
biomédica;
Neurología;
España

Resumen

Introducción: Las nuevas tecnologías (NT) están cada vez más presentes en el ámbito biomédico. Utilizando la definición de consenso de NT del Comité Ad-Hoc de Nuevas Tecnologías de la Sociedad Española de Neurología (SEN), se evalúa su impacto en la neurología española a través de las comunicaciones de las reuniones anuales de la SEN.

Material y métodos: Se define el concepto de NT en neurología como una tecnología novedosa o aplicación de una tecnología anterior, caracterizada por un cierto grado de coherencia persistente en el tiempo, con potencial de tener impacto en el presente y futuro de la neurología. Se plantea un estudio descriptivo tomando como fuente las comunicaciones de las reuniones de la SEN desde 2012 hasta 2018 y analizando los tipos de NT empleadas, la subespecialidad, así como su distribución territorial.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: mmatarazzo.hmcinac@mail.hmhospitales.com (M. Matarazzo).

¹ Estos autores contribuyeron igual en la realización de este trabajo.

Resultados: De las 8.139 comunicaciones presentadas, 299 estaban relacionadas con NT (3,7%), incluyendo 120 pósteres y 179 comunicaciones orales, variando desde el 1,6% en 2012 hasta el 6,8% en 2018. Los tipos de tecnología mayormente representados fueron neuroimagen avanzada (24,7%), biosensores (17,1%), electrofisiología y neuroestimulación (14,7%) y telemedicina (13,7%). Las áreas neurológicas con mayor empleo de NT fueron trastornos del movimiento (18,4%), enfermedades cerebrovasculares (15,7%) y demencias (13,4%). Madrid fue la comunidad que presentó más comunicaciones (32,8%), seguida por Cataluña (26,8%) y Andalucía (9,0%).

Conclusiones: Las comunicaciones sobre NT siguen una tendencia creciente. El número de NT empleadas ha ido aumentando de manera paralela a la disponibilidad tecnológica. Se encontraron comunicaciones en todas las subespecialidades neurológicas, con una distribución geográfica heterogénea.

© 2020 Sociedad Española de Neurología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

KEYWORDS

Technology;
Biomedical
technology;
Neurology;
Spain

Impact of new technologies on neurology in Spain. Review by the New Technologies Ad-Hoc Committee of the Spanish Society of Neurology

Abstract

Introduction: New technologies (NT) are increasingly widespread in biomedicine. Using the consensus definition of NT established by the New Technologies Ad-Hoc Committee of the Spanish Society of Neurology (SEN), we evaluated the impact of these technologies on Spanish neurology, based on communications presented at Annual Meetings of the SEN.

Material and methods: We defined the concept of NT in neurology as a novel technology or novel application of an existing technology, characterised by a certain degree of coherence persisting over time, with the potential to have an impact on the present and/or future of neurology. We conducted a descriptive study of scientific communications presented at the SEN's annual meetings from 2012 to 2018, analysing the type of NT, the field of neurology, and the geographical provenance of the studies.

Results: We identified 299 communications related with NT from a total of 8,139 (3.7%), including 120 posters and 179 oral communications, ranging from 1.6% of all communications in 2012 to 6.8% in 2018. The technologies most commonly addressed were advanced neuroimaging (24.7%), biosensors (17.1%), electrophysiology and neurostimulation (14.7%), and telemedicine (13.7%). The neurological fields where NT were most widely employed were movement disorders (18.4%), cerebrovascular diseases (15.7%), and dementia (13.4%). Madrid was the region presenting the highest number of communications related to NT (32.8%), followed by Catalonia (26.8%) and Andalusia (9.0%).

Conclusions: The number of communications addressing NT follows an upward trend. The number of NT used in neurology has increased in parallel with their availability. We found scientific communications in all neurological subspecialties, with a heterogeneous geographical distribution.

© 2020 Sociedad Española de Neurología. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La tecnología se define como el conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico¹. Su aplicación al ámbito de la salud está enriqueciendo los enfoques tradicionales de la medicina moderna^{2,3}. Nos ofrece nuevas herramientas de aprendizaje, registro, análisis y difusión del conocimiento objetivo tanto en investigación como en la práctica clínica diaria y con gran potencial de crecimiento en los próximos años.

En el contexto de la presente revolución digital, la creación de nuevos dispositivos y sistemas informáticos con mayor capacidad y con novedosas aplicaciones o software, sumado al avance de las telecomunicaciones, ha permitido el desarrollo de nuevas tecnologías (NT) aplicadas al campo de la salud. La definición de una tecnología como novedosa no está exenta de controversia, ante la diversidad de criterios que dificultan su precisión. Sin embargo, se observa que estas NT están cada vez más presentes en el ámbito biomédico y concretamente en la neurología.

Se revisarán en estos párrafos algunas tecnologías transformadoras que caracterizan esta revolución digital. El primer ejemplo ilustrativo de vanguardia tecnológica en salud corresponde a la tecnología móvil conocida como *mHealth*^{4–7}. Esta consiste en el uso de dispositivos móviles inteligentes como son los *smartphones*, tabletas u otros dispositivos con capacidad de conexión a distancia, para proveer información o asistencia sanitaria. Entre sus ventajas destaca que son fáciles de llevar, accesibles en los países desarrollados, así como destacan por la versatilidad de funciones que le confiere la incorporación de distintos sensores y aplicaciones^{4,5,8}. A esta tecnología se suman los desarrollos tecnológicos en sistemas informáticos, técnicas de análisis de datos a gran escala, como el *machine learning* o *aprendizaje de máquina*, el *deep learning* y la inteligencia artificial. El conjunto de estas tecnologías implica un valioso potencial para el estudio de las enfermedades neurológicas^{9,10}.

Otro de los avances viene representado por el uso de los biosensores de medidas iniciales o *wearables*. Estos adquieren interés y una repercusión importante en diversos campos neurológicos^{7,11–14}, entre los que destacan los trastornos del movimiento, enfermedades cerebrovasculares, trastornos del sueño, deterioro cognitivo, epilepsia, enfermedades desmielinizantes y neurorrehabilitación.

A su vez, la mejora de las telecomunicaciones con universalización del acceso a Internet, por medio de dispositivos portátiles conectados, supone un paso firme en el avance de la *teleneurología*^{15–17}. Por otra parte, los adelantos en técnicas neuroradiológicas^{18,19} y neurofisiológicas^{20,21} permiten un conocimiento más exhaustivo de la neuroanatomía, neurofisiología y neuropatología humana *in vivo*.

Además, los avances en realidad virtual y robótica suponen un horizonte muy alentador en el campo de la neurorrehabilitación de pacientes con dificultades de movilidad^{22,23}.

Asimismo, el estudio de nuevos materiales y la miniaturización de dispositivos, cuya potencial fabricación sea posible a través de la impresión en 3 dimensiones de sus componentes, abren un horizonte pendiente de explorar en neurología^{24,25}.

El desarrollo de las referidas y futuras NT implica un proceso prolongado^{13,26}, previo a su validación clínica, por lo que suele existir un decalaje entre la creación de la herramienta y su aplicabilidad práctica clínica diaria²⁷. Esta gran diversidad tecnológica junto al incesante desarrollo dificulta el estudio conjunto de las NT y ralentiza su potencial traslación a la práctica clínica diaria. Así, durante el proceso de validación clínica las tecnologías continúan con mejoras progresivas que a su vez deben ser corroboradas clínicamente, lo que contribuye a mantener ese escalón temporal. Esfuerzos encaminados a facilitar y acortar este proceso, acercando a los actores implicados, son necesarios. En este sentido, la confluencia del conocimiento clínico y técnico, pese a la diversidad de lenguajes, comienza a ser una realidad, plasmada en trabajos de investigación colaborativos y en la continua creación de herramientas tecnológicas para pacientes neurológicos desde los ámbitos público y privado²⁸. De esta forma, es esperable una colaboración estrecha interdisciplinar entre técnicos y clínicos en los próximos años.

Ante esta necesidad de profundizar en el conocimiento tecnológico desde las disciplinas clínicas como la neurología,

comienzan a surgir iniciativas institucionales de sociedades científicas, como son la Sociedad Española de Neurología (SEN), la *American Academy of Neurology* y la *International Parkinson and Movement Disorder Society*, entre otras, para el estudio de las NT^{29–31}. Estas pretenden acercar el conocimiento técnico al clínico y viceversa, que conduzcan a generar avances y resultados beneficiosos en salud. Estas apuestas firmes desde la clínica se complementan con iniciativas tecnológicas como la formación universitaria tecnológica orientada a la biomedicina y al campo de la salud.

En este contexto se enmarca el presente trabajo que busca conocer el impacto que suponen las NT en la neurología española actual. Para ello, desde el Comité Ad-Hoc de Nuevas Tecnologías e Innovación de la SEN (tecnosen), se ha establecido una definición de consenso de NT y evaluado el impacto de las NT en la neurología en España, así como su evolución longitudinal a lo largo de los años, tomando como punto de partida las comunicaciones de la reunión anual de la SEN.

Material y métodos

En primer lugar y ante la ausencia de una definición formal de NT se consensuó esta mediante un panel de expertos del Comité Ad-Hoc de Nuevas Tecnologías e Innovación de la SEN. Se estableció una definición de NT en neurología, como «una tecnología novedosa o una aplicación de una tecnología anterior, caracterizada por un cierto grado de coherencia persistente en el tiempo, con potencial de tener un impacto considerable en el presente y futuro de la neurología». Según este concepto, como ejemplo, la electroencefalografía (EEG) es una tecnología clásica con un uso ya establecido en la práctica clínica, por lo que no se considera una NT. Sin embargo, el análisis de redes virtuales basadas en señales EEG con modelos de masa neuronal representa una nueva aplicación de dicha tecnología, por lo tanto fue considerada una NT.

Posteriormente, y a fin de hacer una evaluación panorámica de su *status* en la comunidad neurológica, se realizó un estudio descriptivo tomando como fuente el total de las comunicaciones de las reuniones de la SEN desde 2012 hasta 2018 y seleccionando aquellas que implicasen el uso de alguna NT en base a esta definición de consenso, como se describe a continuación.

El proceso de selección se realizó en dos etapas, ambas con dos evaluadores y revisión conjunta en caso de desacuerdo: 1) selección inicial, con revisión de los títulos de las comunicaciones, según los criterios de consenso (ASR y MM); 2) revisión de los resúmenes de las comunicaciones seleccionadas (RLB y MM), excluyendo aquellas con información insuficiente sobre la tecnología empleada, o bien cuando el uso de la tecnología perteneciera a otra área específica de conocimiento biomédico (genética, biología molecular, inmunología, etc.) (fig. 1).

Entre las comunicaciones seleccionadas, se analizaron como variables principales los tipos de NT empleadas de acuerdo con una serie de categorías preestablecidas (teniendo en cuenta la posibilidad de más de un tipo de tecnología en cada trabajo), la subspecialidad neurológica y el tipo de comunicación presentada. Como variables

secundarias, se estudió la distribución territorial por comunidades autónomas en términos absolutos y relativos al tamaño de la población (obtenido de las cifras oficiales de población del padrón municipal a 1 de enero 2019 publicadas por el Instituto Nacional de Estadística)³², la colaboración entre centros de investigación, la participación de instituciones tecnológicas (por ejemplo, universidades politécnicas, institutos de investigación no clínicos) y la participación de la industria en estos estudios.

Resultados

En total se presentaron 299 comunicaciones relacionadas con NT de un total de 8.139, representando el 3,7% del total de comunicaciones (fig. 1). De estas, un total de 120 fueron pósteres y 179 fueron comunicaciones orales. La distribución del número de comunicaciones por año varía desde 17 en el año 2012, que representa el 1,6% de un total de 1.056 comunicaciones aceptadas ese año, hasta 81 en el año 2018, lo que supone un 6,8% del total de 1.185. Esta evolución se ilustra en la figura 2, con un incremento considerable en el último año evaluado.

Los tipos de NT empleadas fueron los siguientes: neuroimagen avanzada (técnicas novedosas de neuroimagen, como secuencias de resonancia magnética de reciente introducción o análisis avanzado de neuroimagen, como por ejemplo análisis de patrones por componentes principales o clasificación por técnicas de inteligencia artificial) ($n = 74$; 24,7%); biosensores ($n = 51$; 17,1%); electrofisiología y neuromodulación ($n = 44$; 14,7%); telemedicina ($n = 41$; 13,7%); apps ($n = 28$; 9,4%); inteligencia artificial, *machine learning, deep learning* ($n = 26$; 8,7%), realidad virtual ($n = 14$; 4,7%), robótica ($n = 13$; 4,3%), otras (2,7%). El número de comunicaciones clasificadas por tipo de NT se ilustran en la figura 3.

Las áreas neurológicas con mayor empleo de NT fueron: los trastornos del movimiento ($n = 55$; 18,4%), las enfermedades cerebrovasculares ($n = 47$; 15,7%), las demencias ($n = 40$; 13,4%), las enfermedades desmielinizantes ($n = 39$;

Total comunicaciones de las reuniones anuales de la SEN 2012-2018.
•N=8137



1^a selección: Títulos
Potenciales NT
•N=492



2^a Selección: Resúmenes
NT con repercusión directa en Neurología
•N=299

Figura 1 Diagrama de flujo del proceso de selección de comunicaciones y criterios de inclusión. NT: nuevas tecnologías; SEN: Sociedad Española de Neurología.

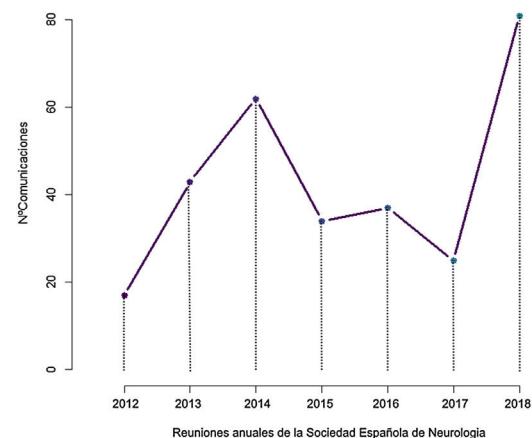


Figura 2 Evolución temporal del número de comunicaciones sobre nuevas tecnologías presentadas en las reuniones anuales de la SEN desde 2012 hasta 2018.

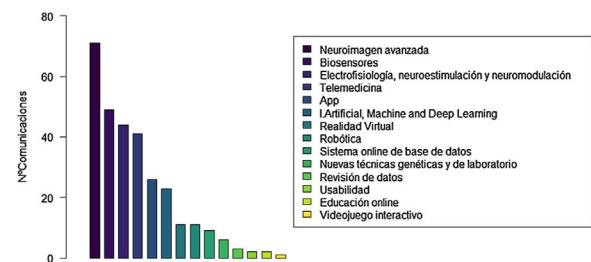


Figura 3 Tipos de nueva tecnología empleada.

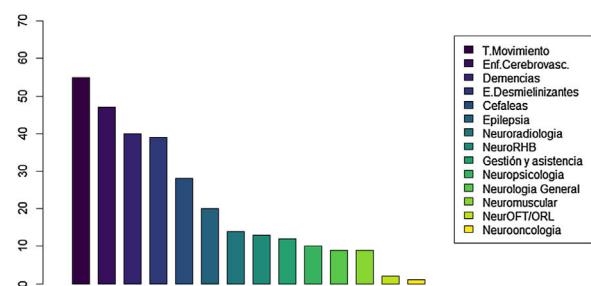


Figura 4 Áreas neurológicas de aplicación de las nuevas tecnologías.

13,0%), las cefaleas ($n = 28$; 9,4%), la epilepsia ($n = 20$; 6,7%), con un 23,4% de comunicaciones procedentes de otras áreas. El número de comunicaciones por cada área neurológica se ilustran en la figura 4.

Según la localización geográfica de los grupos de investigación la distribución de las comunicaciones por comunidad autónoma fue la siguiente: Madrid ($n = 98$; 32,8%), Cataluña ($n = 80$; 26,8%), Andalucía ($n = 27$; 9,0%), Comunidad Valenciana ($n = 23$; 7,7%), Navarra ($n = 14$; 4,7%), otras (19%) (fig. 5A). En cuanto a la razón de comunicaciones por número de habitantes: Navarra (21,4/millón de habitantes), Madrid (14,7/millón de habitantes), Cantabria (12,0/millón de habitantes), Cataluña (10,4/millón de habitantes). El resto se ilustra en la figura 5B (véase material adicional para la información demográfica más detallada).

El 22% de las comunicaciones se llevaron a cabo con una colaboración entre distintos centros: 12,3% a nivel nacional

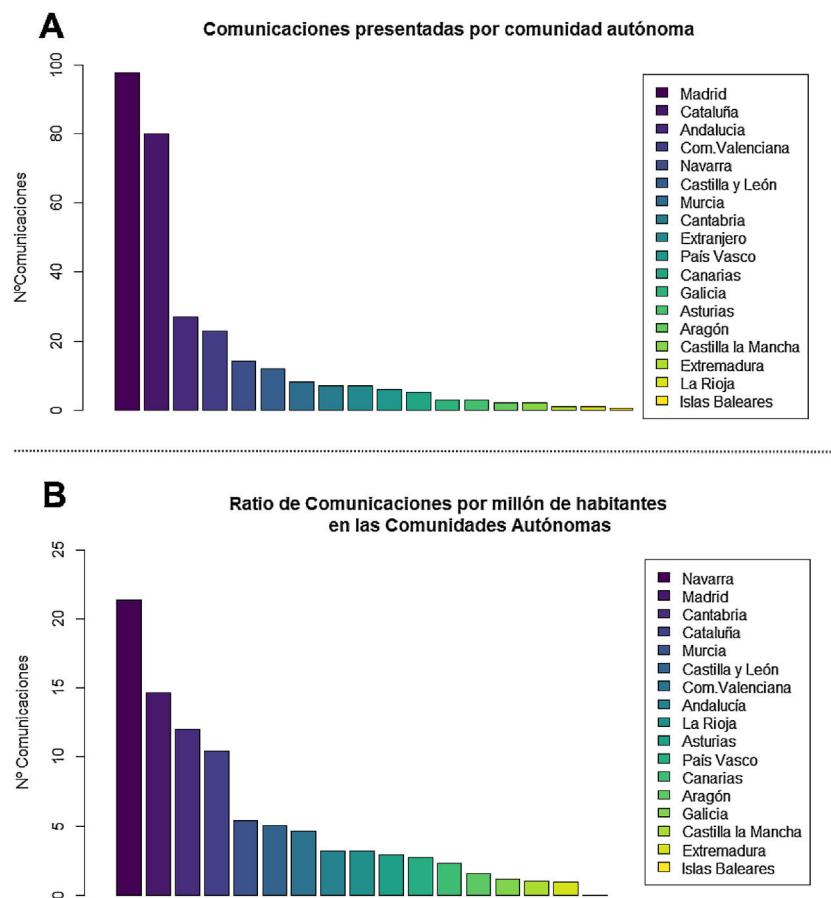


Figura 5 Distribución territorial. A) Número de comunicaciones por comunidad autónoma. B) Razón de número de comunicaciones por cada millón de habitantes de población.

y 9,7% a nivel internacional. En un 77% de las comunicaciones la participación de la industria en los trabajos presentados fue desconocida. Del 23% restante, en un 11% se confirmó la participación de un colaborador industrial, mientras que el 12% fueron independientes, sin colaboración con la industria. En un 31,1% de los trabajos hubo colaboración con instituciones tecnológicas.

Discusión

La propuesta de definición de consenso realizada en este trabajo sobre NT permite una aproximación inicial para la evaluación del impacto de las NT en la neurología española. Esto se ha hecho evaluando las comunicaciones presentadas en las reuniones anuales de la SEN entre los años 2012 y 2018. La repercusión de las NT en los trabajos de investigación presentados muestra una tendencia creciente en el período estudiado, aunque con fluctuaciones a lo largo de los años analizados. Los tipos de tecnología con mayor representación fueron: la neuroimagen avanzada, los biosensores, la electrofisiología/neuroestimulación, la telemedicina y aplicaciones informáticas; y las áreas neurológicas en las que las NT tienen mayor uso: los trastornos del movimiento, enfermedades cerebrovasculares y demencias.

Las tecnologías mencionadas implican avances en disciplinas como la neurorradiología y la neurofisiología, que han

sido y continúan siendo pilares importantes en el diagnóstico neurológico, pero también comienzan a ocupar su lugar en el tratamiento de enfermedades neurológicas^{33,34}, por lo que cabe esperar que mejoras en estos campos repercutirán notablemente en la práctica neurológica en los próximos años. La investigación con biosensores mantiene un desarrollo intenso¹³, y se presenta como una herramienta objetiva y potencialmente poco intrusiva para la evaluación de los trastornos neurológicos¹¹. La telemedicina y las aplicaciones informáticas se están estableciendo como herramientas cruciales en el proceso de digitalización de la salud y suponen una oportunidad única para facilitar el acceso a una atención especializada^{3,16}, así que es esperable que la investigación en este campo continúe creciendo, también impulsada por las medidas restrictivas de distanciamiento social en el contexto de la pandemia por el nuevo coronavirus o COVID-19^{35–37}.

Las comunidades que más trabajos presentaron son Madrid, Cataluña y Andalucía. Sin embargo, cuando se ajustaron por número de habitantes de cada territorio, se observa un cambio de distribución, en el que Navarra tuvo mayor representación, seguida por Madrid, Cantabria y Cataluña. La relación entre la población de distintas áreas geográficas y la aportación de comunicaciones con contenido de NT no es lineal. La influencia de otros factores como son: la presencia de socios estratégicos en la industria, en las universidades o centros de investigación; y la implementación

de políticas territoriales de desarrollo tecnológico, podrían actuar como catalizadores para el empleo de estas herramientas tecnológicas (véase anexo, fig. A.1 y tabla A.1 en material adicional).

Casi un cuarto de los trabajos presentados contaba con la participación de distintos centros de investigación, tanto a nivel nacional como internacional, y aproximadamente un tercio de las comunicaciones contó con la contribución de algún instituto tecnológico. Esto evidencia la importancia de la colaboración y de la multidisciplinariedad, así como las facilidades que implica compartir datos gracias a estas nuevas herramientas. Además, en un 48% de las comunicaciones en las que se pudo averiguar por medio del resumen la participación o ausencia de la industria, se observó su presencia, aunque dado el alto número de comunicaciones en las que no se expresa de manera definitiva, este resultado debe interpretarse con cautela.

Este trabajo es el primero que describe la situación de las NT en la neurología española, desde un enfoque transversal e integrado. Sin embargo, no está exento de limitaciones metodológicas. En primer lugar, las comunicaciones presentadas en las reuniones de la SEN solo incluyen una parte de los trabajos de investigación llevados a cabo a nivel nacional, puesto que no recoge los trabajos presentados en congresos internacionales o autonómicos de neurología, así como de sociedades científicas de disciplinas no clínicas (ingeniería, física, informática...) ni tampoco de revistas científicas. Además, es destacable que no todo uso de NT es finalmente presentado en una comunicación científica. De este modo, se infraestima el impacto real de las NT en la neurología española, y la distribución geográfica podría alejarse de la realidad. Segundo, la inclusión de cada trabajo bajo la clasificación de NT está sujeta a interpretación individual. No obstante, la revisión por parte de dos evaluadores ayuda a minimizar este posible sesgo de selección. En tercer lugar, no todas las subespecialidades tienen el mismo número de comunicaciones en las reuniones de la SEN, por lo tanto, en algunas áreas con menor número de comunicaciones aceptadas las NT podrían tener un impacto relativo mayor que el descrito (por ejemplo, neurorrehabilitación). En cuarto lugar, puede haber solapamiento entre distintas tecnologías en un mismo estudio, lo cual puede dificultar la clasificación por área tecnológica. Sin embargo, esta limitación fue mínima en este trabajo, ya que se consideraron todas las NT potencialmente implicadas como elementos individuales de análisis. Por último, en el análisis de distribución geográfica, no se analizaron otras variables clave: sociológicas, políticas y económicas que podrían haber influido en los resultados encontrados. Estos factores podrían explicar, al menos en parte, las diferencias geográficas encontradas.

Por lo tanto, futuros estudios que evalúen el impacto de las NT en la neurología española deberían ampliar sus fuentes de datos, con los congresos internacionales y regionales de neurología, y de ingeniería a nivel regional o nacional, así como estudios publicados en revistas científicas, para averiguar el impacto real de las NT en España. La colaboración nacional e internacional entre centros de investigación e incluso con institutos tecnológicos es una realidad, que podrá crecer en un futuro, y su carácter interdisciplinar deberá actuar como catalizador del progreso biomédico. La participación industrial en los estudios de NT en neurología

es una realidad, si bien se requieren futuros estudios que evalúen con mayor precisión su implicación.

Conclusiones

Las NT tienen un impacto creciente en la neurología en España, y esto se refleja en un aumento de las comunicaciones sobre NT en las reuniones de la SEN. Sumado a los avances en áreas tecnológicas con impacto histórico en nuestra especialidad, como la neuroimagen y la electrofisiología, se ha ido implantando el uso de nuevos abordajes, incluyendo los biosensores, las apps móviles y la inteligencia artificial, que tienen un enorme potencial de translación a la práctica clínica en los próximos años.

Esta tendencia creciente involucra a todas las áreas de la neurología, aunque mayormente a los trastornos del movimiento, la enfermedad cerebrovascular y las demencias y trastornos neurocognitivos.

La distribución geográfica de las NT es heterogénea; sin embargo, las regiones que aportan mayor número de comunicaciones son Madrid, Cataluña y Andalucía, aunque su frecuencia ajustada por población fue mayor en Navarra, Madrid y Cantabria. Esta variación puede reflejar la influencia de otros factores estratégicos, como son los factores sociológicos, políticos y económicos, que condicionan las colaboraciones con la industria, institutos tecnológicos y universidades biomédicas.

Este trabajo supone una primera panorámica de este creciente campo que podrá dar lugar a comparativas futuras para monitorizar la implantación de las NT en la neurología española.

Financiación

Ninguna.

Conflicto de intereses

Ninguno.

Agradecimientos

A los autores de las comunicaciones sobre nuevas tecnologías presentadas en las reuniones de la SEN 2012-2018.

Anexo. Material adicional

Se puede consultar material adicional a este artículo en su versión electrónica disponible en [doi:10.1016/j.nrl.2020.10.015](https://doi.org/10.1016/j.nrl.2020.10.015).

Bibliografía

- Real Academia de la Lengua Española R. Definición de tecnología [consultado 23 Ago 2020]. Disponible en: <https://dle.rae.es/tecnología>.

2. Joseph R, Bruni A, Carvalho C. Health City: Transforming health and driving economic development. *Healthc Manag Forum.* 2020, <http://dx.doi.org/10.1177/0840470420942269>.
3. European Commission. Communication on enabling the digital transformation of health and care in the Digital Single Market; empowering citizens and building a healthier society [consultado 24 Ago 2020]. Disponible en: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/communication-enabling-digital-transformation-health-and-care-digital-single-market-empowering>.
4. Matthew-Maich N, Harris L, Ploeg J, Markle-Reid M, Valaitis R, Ibrahim S, et al. Designing, implementing, and evaluating mobile health technologies for managing chronic conditions in older adults: a scoping review. *JMIR MHealth UHealth.* 2016;4:e29, <http://dx.doi.org/10.2196/mhealth.5127>.
5. Carter A, Liddle J, Hall W, Cheshire H. Mobile phones in research and treatment: ethical guidelines and future directions. *JMIR MHealth UHealth.* 2015;3:e95, <http://dx.doi.org/10.2196/mhealth.4538>.
6. Gonçalves-Bradley DC, J Maria AR, Ricci-Cabello I, Villanueva G, Fønhus MS, Glenton C, et al. Mobile technologies to support healthcare provider to healthcare provider communication and management of care. *Cochrane Database Syst Rev.* 2020;8, <http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD012927.pub2>.
7. Sun J, Guo Y, Wang X, Zeng Q. mHealth for aging China: Opportunities and challenges. *Aging Dis.* 2016;7:53, <http://dx.doi.org/10.14336/AD.2015.1011>.
8. European-Commission, Directorate-General for Communications Networks C and T. Smart Wearables: Reflection and Orientation Paper [consultado 23 Ago 2020]. Disponible en: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/feedback-stakeholders-smart-wearables-reflection-and-orientation-paper>.
9. Patel UK, Anwar A, Saleem S, Malik P, Rasul B, Patel K, et al. Artificial intelligence as an emerging technology in the current care of neurological disorders. *J Neurol.* 2019, <http://dx.doi.org/10.1007/s00415-019-09518-3>.
10. Arac A. Machine learning for 3D kinematic analysis of movements in neurorehabilitation. *Curr Neurol Neurosci Rep.* 2020;20:29, <http://dx.doi.org/10.1007/s11910-020-01049-z>.
11. Zampogna A, Miletì I, Palermo E, Celletti C, Paoloni M, Manoni A, et al. Fifteen years of wireless sensors for balance assessment in neurological disorders. *Sensors (Basel).* 2020;20:1–32, <http://dx.doi.org/10.3390/s20113247>.
12. Sánchez-Ferro Á, Elshehabi M, Godinho C, Salkovic D, Hobert MA, Domingos J, et al. New methods for the assessment of Parkinson's disease (2005 to 2015): A systematic review. *Mov Disord.* 2016;31:1283–92, <http://dx.doi.org/10.1002/mds.26723>.
13. Monje MHG, Foffani G, Obeso J, Sánchez-Ferro Á. New sensor and wearable technologies to aid in the diagnosis and treatment monitoring of Parkinson's disease. *Annu Rev Biomed Eng.* 2019;21:111–43, <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-bioeng-062117-121036>.
14. Brichetto G, Pedullà L, Podda J, Tacchino A. Beyond center-based testing: Understanding and improving functioning with wearable technology in MS. *Mult Scler.* 2019;25:1402–11, <http://dx.doi.org/10.1177/1352458519857075>.
15. Hart J. Teleneurology: beyond stroke care. *Telemed J E Health.* 2010;16:772–5, <http://dx.doi.org/10.1089/tmj.2010.9956>.
16. Hatcher-Martin JM, Adams JL, Anderson ER, Bove R, Burrus TM, Chehrenama M, et al. Telemedicine in neurology: Telemedicine Work Group of the American Academy of Neurology update. *Neurology.* 2020;94:30–8, <http://dx.doi.org/10.1212/WNL.00000000000008708>.
17. Guzik AK, Switzer JA. Teleneurology is neurology. *Neurology.* 2020;94:16–7, <http://dx.doi.org/10.1212/WNL.00000000000008693>.
18. Saba L, Biswas M, Kuppili V, Cuadrado Godia E, Suri HS, Edla DR, et al. The present and future of deep learning in radiology. *Eur J Radiol.* 2019;114:14–24, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2019.02.038>.
19. Zhang J, Chen K, Wang D, Gao F, Zheng Y, Yang M. Editorial: Advances of Neuroimaging and Data Analysis. *Front Neurol.* 2020;11:10–2, <http://dx.doi.org/10.3389/fneur.2020.00257>.
20. Hallett M, Rothwell J. Milestones in clinical neurophysiology. *Mov Disord.* 2011;26:958–67, <http://dx.doi.org/10.1002/mds.23572>.
21. Ramirez-Zamora A, Giordano J, Gunduz A, Alcantara J, Cagle JN, Cernera S, et al. Proceedings of the Seventh Annual Deep Brain Stimulation Think Tank: Advances in Neurophysiology, Adaptive DBS, Virtual Reality Neuroethics and Technology. *Front Hum Neurosci.* 2020;14:1–17, <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2020.00054>.
22. Chamola V, Vineet A, Nayyar A, Hossain E. Brain-computer interface-based humanoid control: a review. *Sensors (Basel).* 2020;20:1–23, <http://dx.doi.org/10.3390/s20133620>.
23. Canning CG, Allen NE, Nackaerts E, Paul SS, Nieuwboer A, Gilat M. Virtual reality in research and rehabilitation of gait and balance in Parkinson disease. *Nat Rev Neurol.* 2020;16:409–25, <http://dx.doi.org/10.1038/s41582-020-0370-2>.
24. McKay GN, Mohan N, Butterworth I, Bourquard A, Sánchez-Ferro Á, Castro-González C, et al. Visualization of blood cell contrast in nailfold capillaries with high-speed reverse lens mobile phone microscopy. *Biomed Opt Express.* 2020;11:2268–76, <http://dx.doi.org/10.1364/BOE.382376>.
25. Parthasarathy J, Krishnamurthy R, Ostendorf A, Shinoka T, Krishnamurthy R. 3D printing with MRI in pediatric applications. *J Magn Reson Imaging.* 2020;51:1641–58, <http://dx.doi.org/10.1002/jmri.26870>.
26. Eur. Comm. Technology. Technology readiness levels (TRL). HORIZON 2020—Work Programme 2014–2015 General Annexes [consultado 28 Ago 2020]. Disponible en: https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-g-trl_en.pdf.
27. Institute of Medicine (US) Committee on Technological Innovation in Medicine. Modern Methods of Clinical Investigation: Medical Innovation at the Crossroads: Volume I. En: Gelijns A, editor. Washington (DC): National Academies Press (US); 1990.
28. New neurological devices [consultado 24 Ago 2020]. Disponible en: <https://www.medgadget.com/archives/neurology>.
29. Comité Ad-Hoc de Nuevas Tecnologías e Innovación (TecnoSEN) [consultado 23 Ago 2020]. Disponible en: <https://www.sen.es/institucional/estructura/estructura-organizativa/2-principal/2293-comite-ad-hoc-de-nuevas-tecnologias-tecnosen>.
30. Espay AJ, Hausdorff JM, Sanchez-Ferro A, Klucken J, Merola A, Bonato P, et al. A roadmap for implementation of patient-centered digital outcome measures in Parkinson's disease obtained using mobile health technologies. *Mov Disord.* 2019;34:657–63, <http://dx.doi.org/10.1002/mds.27671>.
31. American Academy of Neurology. Practice Management & Technology Subcommittee. [consultado 28 Ago 2020]. Disponible en: <https://www.aan.com/conferences-community/member-engagement/Learn-About-AAN-Committees/medical-economics-and-management-committee/practice-management-technology-subcommittee/>.
32. Instituto Nacional de Estadística. Cifras oficiales de población resultantes de la revisión del Padrón municipal a 1 de enero de 2019 [consultado 1 Sep 2020]. Disponible en: <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=2853&L=0>.
33. Lee DJ, Lozano CS, Dallapiazza RF, Lozano AM. Current and future directions of deep brain stimulation for neurological and psychiatric disorders. *J Neurosurg.* 2019;131:333–42, <http://dx.doi.org/10.3171/2019.4.JNS181761>.

34. Munich SA, Vakharia K, Levy EI. Overview of mechanical thrombectomy techniques. *Neurosurgery*. 2019;85(Suppl. 1):S60–7, <http://dx.doi.org/10.1093/neuros/nyz071>.
35. Klein BC, Busis NA. COVID-19 is catalyzing the adoption of teleneurology. *Neurology*. 2020;94:903–4, <http://dx.doi.org/10.1212/WNL.0000000000009494>.
36. Bloem BR, Dorsey ER, Okun MS. The coronavirus disease 2019 crisis as catalyst for telemedicine for chronic neurological disorders. *JAMA Neurol*. 2020;77:927–8, <http://dx.doi.org/10.1001/jamaneurol.2020.1452>.
37. Dorsey ER, Okun MS, Bloem BR. Care, convenience, comfort, confidentiality, and contagion: The 5 C's that will shape the future of telemedicine. *J Parkinsons Dis*. 2020;10:893–7, <http://dx.doi.org/10.3233/JPD-202109>.