

Experimentos para identificar el sonido óptimo a utilizar en una nueva pelota sonora para mejorar el reclutamiento, la retención, la salud y el bienestar de los jugadores de tenis ciegos y deficientes visuales

Jennifer K. Roth¹, Dana Squelch Costa², Stephan A. Roth³, Christen Rose¹, Robert N. Gibbs², Kaihong Liu², Isabella Liu-Lopez⁴, Marquelle Wagle¹ y Michael J. Proulx⁵

¹Carlow University, EE.UU. ²Highland Park Tennis Club, EE.UU. ³Sensible Machines, EE.UU. ⁴Case Western Reserve University, EE.UU. ⁵University of Bath, Reino Unido.

RESUMEN

En el deporte del tenis para ciegos y deficientes visuales, la elección del sonido es importante para localizar la pelota. Hemos realizado dos experimentos para elegir un sonido que mejore la localización de la pelota, en respuesta a una petición de desarrollo de nuevas pelotas por parte de la Asociación Internacional de Tenis para Ciegos (IBTA). Seleccionamos sonidos (freesounds.com) en busca de las características que mejor aprovecha el cerebro para la localización de fuentes sonoras (Risoud et al, 2018). Los sonidos de muestra (23) se probaron en una pista de tenis para ciegos al aire libre en un parque público utilizando cinco altavoces Bluetooth, y luego se replicaron en un entorno interior; por lo demás, los entornos eran naturales e inalterados. Los participantes con los ojos vendados (n=29) señalaron dónde creían que se originaban los sonidos moviendo una flecha sujeta a un gran transportador. Se registraron los ángulos en grados y se convirtieron a error absoluto de ángulo en grados. El sonido estándar de la pelota de tenis con cascabel dio lugar a un error angular medio de 9,56 grados a una distancia de 30 pies. Tras eliminar los sonidos que 2 o más personas no podían oír en ninguno de los dos paisajes sonoros o en los que las personas tenían errores de ángulo de más de 15 grados, descubrimos un sonido localizable superior que daba lugar a sólo 4,00 grados de error angular medio a una distancia de 30 pies.

Palabras clave: Tenis para ciegos, pelota sonora, localización de la fuente sonora, deportistas con discapacidad visual.

Recibido: 16 noviembre 2022

Aceptado: 20 febrero 2023

Autor de correspondencia:
Jennifer Roth. Email: jkroth@carlow.edu

INTRODUCCIÓN

El tenis para ciegos y deficientes visuales es un deporte en auge en todo el mundo. Desde que el Sr. Takei Miyoshi inventó el tenis para ciegos en Japón en 1984 (InternationalBlindTennis.org), este deporte se ha practicado en al menos 30 países (IBTA) con torneos en Irlanda, Inglaterra, Escocia, Polonia, Japón, etc., y a nivel de clubes en muchos otros países. El potencial de crecimiento es grande, incluida la expansión del deporte a países enteros. En Estados Unidos, el Highland Park Tennis Club (blindtennis.org) está trabajando a nivel de base en colaboración con la Asociación de Tenis de los EE.UU. (USTA) para implementar nuevas clínicas para jugadores de este deporte a nivel nacional y mejorar la facilidad de aprendizaje de este deporte. Dadas las barreras existentes para el ejercicio que afrontan las personas ciegas o con deficiencia visual (Richardson et al, 2022), existe una clara necesidad de investigación para ayudar a permitir una mayor participación.



Maggi Ostrowski, miembro de la junta de la Asociación de Tenis para Ciegos de los Estados Unidos y dos veces atleta paralímpica B1, realiza un servicio desde detrás de una línea de base táctil en la Conferencia y Torneo Internacional de Educación de Tenis para Ciegos y Discapacitados Visuales de 2023 en el Campus Nacional de la USTA en Orlando, Florida. Crédito de la foto: Jennifer Roth / USBTA.

El tenis para las personas ciegas o con deficiencia visual tiene un formato modificado que adapta el deporte a jugadores con diferentes agudezas visuales, clasificadas como B1-B4, siendo los jugadores B1 ciegos profundos y los B2-B3 con diferentes grados de visión (de baja a alta). Los jugadores B2-B4 utilizan una pista más pequeña que la de los jugadores videntes, con líneas de cinta muy visibles y una altura en el centro de la red de 90 cm. Los jugadores de todas las clases de visión deben golpear el primer bote en el campo contrario. Los jugadores B1 y B2 deben golpear la pelota antes del cuarto bote, los B3 antes del tercer bote y los B4 antes del segundo bote. Los jugadores de B1 juegan en una pista aún más pequeña con líneas táctiles, con una red más baja (altura del centro de la red: 83 cm) que la del tenis para jugadores con visión completa. Todos los jugadores ciegos o deficientes visuales utilizan una pelota sonora y una raqueta más pequeña (las raquetas de los jugadores de B1 miden hasta 23 pulgadas; las de B2-B3, hasta 25 pulgadas; las de B4, hasta 27 pulgadas). Los tamaños de las canchas se revisan con frecuencia, y a veces cambian para adaptarse al rendimiento de los diferentes tipos de pelotas que ha adoptado este deporte (Manual Técnico de la IBTA, 2019).

Un aspecto difícil del tenis para atletas sin visión o con visión reducida que esperamos facilitar con nuestra investigación, es la necesidad de seguir una pelota en movimiento mediante el sonido, determinando su trayectoria y velocidad en un espacio tridimensional. La actual pelota sonora estándar del tenis para ciegos contiene un sonajero "mecánico" construido a partir de una pelota hueca de plástico con hoyuelos que contiene cojinetes de pelotas, insertada en una pelota exterior de espuma (9 cm de circunferencia, 28-32 gramos). Esta pelota sólo genera un breve sonido de traqueteo cada vez que cambia de impulso (golpe o rebote), pero permanece en silencio a velocidades constantes o con un giro constante, lo que hace que la localización y el seguimiento de la pelota sean tareas difíciles de aprender. Los atletas se enfrentan al reto de encontrar esta pelota casi silenciosa en los planos X, Y y Z, teniendo en cuenta la velocidad de desplazamiento y la disminución de la altura con cada rebote. Con estos retos, una volea es casi imposible.

En segundo lugar, el sonido del traqueteo no es el óptimo para la localización de la fuente. La localización de la fuente sonora es un reto en las tres dimensiones para un objeto en movimiento. La neurociencia cognitiva de la localización de la fuente sonora nos informa de que el cerebro aprovecha diferentes cualidades del sonido para localizar sonidos en cada uno de los planos (Grothe, Pecka y McAlpine, 2010). El plano horizontal proporciona tanto diferencias temporales interaurales como diferencias de nivel (Møller, Sørensen, Hammershøi y Jensen, 1995). El plano vertical no dispone de señales binaurales, ya que los oídos humanos están relativamente nivelados a los lados de la cabeza, por lo que se basa en señales espectrales (Wallis y Lee, 2015) caracterizadas por la función de transferencia anatómica o relacionada con la cabeza específica de cada individuo. La profundidad se transmite en gran medida por la intensidad (Finnegan, Proulx y O'Neill, 2016), aunque la reverberación también contribuye. Además, el "color" del sonido, como las variedades de frecuencias que transmiten el significado o la relevancia de un sonido (Derey, Rauschecker, Formisano, Valente y de Gelder, 2017), y el ancho de banda de las frecuencias (Yost y Zhong, 2014) son importantes en varias dimensiones. Para cada una de esas cualidades sonoras en esos planos, existen características sonoras óptimas de amplitud y frecuencia de

las longitudes de onda del sonido para lograr la localización de la fuente sonora (para una revisión de la física de la localización de la fuente sonora, véase Risoud et al, 2018). Además, los sonidos ambientales, como el ruido del tráfico, las conversaciones, los ladridos de los perros y el canto de los pájaros, que se escuchan con frecuencia en una pista de tenis al aire libre, atenúan las frecuencias producidas por la pelota sonora (Docherty, 1972).

Utilizando la actual pelota sonajero estándar de la IBTA, los nuevos jugadores trabajan durante años para poder pelotear, y los jugadores de nivel de torneo internacional sólo consiguen un peloteo corto. Dado que la pelota sólo hace ruido cuando se golpea con la raqueta y en un breve momento durante y después de un bote, los nuevos jugadores B1 de nuestro clinic, así como los jugadores videntes con los ojos vendados, golpean el aire donde creen que está la pelota. Un experimentado jugador de B1 de Alemania y actual miembro del Consejo de la IBTA comentó:

"Todavía no he visto a ningún jugador de B1 que consiga golpear conscientemente las voleas. Las pelotas disponibles actualmente botan demasiado bajo, se mueven demasiado rápido o no hacen suficiente ruido para seguir las con facilidad durante todas las etapas de su trayectoria a través de la red. La capacidad de seguir una pelota de tenis a ciegas es clave para realizar golpes de calidad y estar en el lugar adecuado en el momento oportuno. Encontrar un buen sonido es difícil, ya que el sonido cambia a medida que se desplaza a gran velocidad. También hay ruidos alrededor del jugador, y en esta alfombra sonora la pelota de tenis tiene que sobresalir, ya sea en un uno contra uno o en un entorno ruidoso de torneo". (Kaplan, Chris, comunicación personal 31/8/2021)

La Asociación Internacional de Tenis para Ciegos (IBTA) solicitó el desarrollo de nuevas pelotas (Martin Etheridge, IBTA, comunicación personal, 2019). El programa de tenis para ciegos y discapacitados visuales del Highland Park Tennis Club (blindtennis.org), ubicado en canchas públicas de Pittsburgh, en colaboración con la USTA, tiene el potencial de ampliar las oportunidades de salud y bienestar que el tenis puede ofrecer a los más de 2 millones de ciegos y 7 millones de discapacitados visuales que viven en Estados Unidos (cdc.gov). Tenemos la capacidad de revolucionar el deporte, aumentando el potencial de jugar peloteos más largos, posiblemente introduciendo el juego de volea por completo, y permitiendo jugar a más tenistas al reducir el tiempo necesario para llegar a ser competente en "encontrar" la pelota desde años a días. Esta combinación tiene la posibilidad de aumentar el disfrute, la salud y el bienestar al mantener a los jugadores durante la difícil fase de aprendizaje. Dada la correlación entre el disfrute y el compromiso con el deporte (Casper et al., 2007), creemos que es posible mejorar los beneficios potenciales del tenis para la salud del jugador ciego o deficiente visual aumentando su capacidad para jugar peloteos largos (Groppe y DiNubile, 2009; Kovacs et al., 2016; Oja et al., 2017; Pluim et al., 2007), así como aumentar los beneficios cognitivos, incluida la mejora de la cognición espacial en atletas ciegos que participan en múltiples deportes lo cual se traduce en una mejora de las condiciones de vida del jugador (Shiota y Tokui, 2017, Velten et al, 2014).

Llevamos a cabo los experimentos que aquí se describen para optimizar el desarrollo de una nueva pelota sonora electrónica que sea más fácil de localizar que la "pelota sonajero" estándar de tenis para ciegos. Esta pelota optimizada podría permitir a los jugadores alcanzar una mayor destreza más rápidamente, aumentando el disfrute del deporte, incrementando la duración de los puntos que podrían mejorar el reclutamiento, la retención, la salud y los beneficios para el bienestar, promoviendo el amor por el tenis a jugadores nuevos y existentes.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Entrevistamos a jugadores de tenis ciegos, miembros de la junta directiva de la IBTA y nuevos atletas adultos B1 en nuestra clínica de tenis para determinar las necesidades de desarrollo de una nueva pelota, recopilamos información sobre el rendimiento de la pelota actual, generamos una "lista de deseos" de características de la pelota para una nueva pelota (duradera, de bajo coste, sonido fácil de localizar, que rebote bien), así como creamos una lista de una variedad de sonidos que consideran fácilmente localizables para su posterior evaluación.

Selección de sonido

Examinamos los sonidos (freesounds.org) en busca de las características que el cerebro aprovecha mejor para la localización de la fuente sonora (Risoud et al, 2018) mediante transformaciones de Fourier de las longitudes de onda del sonido utilizando una aplicación de teléfono móvil (FFT Spectrum Analyzer, versión 17). Para comparar el rendimiento con el sonido de traqueteo estándar de la pelota para ciegos, grabamos el traqueteo, luego normalizamos este y todos los sonidos a la misma amplitud pico. Todos los sonidos se repetían continuamente. Seleccionamos 23 sonidos de muestra con diferentes características para nuestros experimentos de localización de sonidos.

Participantes

Los participantes completaron y firmaron un formulario de consentimiento informado, y 22 participantes videntes (edades 18-80 años, edad media 51,0 años; 10 F, 12 M) completaron una versión del experimento en una cancha al aire libre; 7 completaron el experimento en interiores (edades 18-70 años, edad media 35,7 años; 3F, 4M). Este protocolo de investigación fue aprobado por la Junta de Revisión de Investigación Institucional de la Universidad de Carlow.

Procedimientos

Se probaron 23 sonidos de muestra en una pista de tenis para ciegos al aire libre en un parque público utilizando cinco altavoces Bluetooth colocados a 9,144 metros (30 pies, la distancia aproximada entre ambas líneas de fondo en una pista de tenis para ciegos B1) de los participantes en incrementos de 10 grados que iban de 70 a 110 grados. A una muestra de conveniencia de participantes videntes con los ojos vendados, reclutados de las comunidades de tenis y universitaria, se les dio 3 segundos para señalar dónde creían que se originaban los sonidos, utilizando una flecha unida a un gran transportador. Se registraron los ángulos en grados del transportador y se convirtieron en grados absolutos de error angular en relación con la ubicación real del altavoz que generaba el sonido. Cada participante localizó 90 sonidos seleccionados aleatoriamente y reproducidos desde un altavoz seleccionado

al azar mediante un script Python ejecutado en un entorno Anaconda. El experimento se repitió en un entorno interior, ambos con paisajes sonoros naturalistas inalterados. Para ver un vídeo de demostración, visite <https://www.youtube.com/watch?v=2UKIGfMdYLA>.



Figura 1. Miembros del equipo de investigación (de izquierda a derecha, la Dra. Kaihong Liu, la Dra. Jennifer Roth, Christen Rose e Isabella Liu-López) de pie detrás del transportador que los participantes utilizaron para indicar su mejor estimación de la ubicación de cada sonido muestreado.

Análisis de datos

Antes de someter los datos a una prueba t para comparar el rendimiento en el sonido de cascabel estándar con el sonido de mejor rendimiento, eliminamos los sonidos que 2 o más participantes no podían oír en ninguno de los paisajes sonoros y que tenían errores de ángulo de grado medio superiores a 15 grados. El proceso de desarrollo de este dispositivo sonoro está pendiente de patente.

Realizamos un breve estudio piloto en una pista de tenis al aire libre comparando el rendimiento de los jugadores utilizando una pelota de espuma que contenía el circuito prototipo que reproducía el mejor sonido con el rendimiento de los jugadores utilizando la pelota de tenis para ciegos estándar. Lanzamos cada pelota a 2 jugadores con los ojos vendados y les pedimos que hicieran contacto con la pelota utilizando su propia raqueta de tenis.

RESULTADOS

Los participantes fueron capaces de localizar 12 de los 23 sonidos nuevos mejor que el sonido de cascabel estándar utilizado en el tenis para ciegos. El rendimiento de los participantes al localizar el sonido de mejor rendimiento ($M = 4,0$ grados de error, $SE = 0,92$) fue significativamente mejor que su rendimiento al localizar el sonido de cascabel ($M = 9,56$ grados de error, $SE = 1,76$) incluso después de hacer que el sonido de cascabel estándar fuera continuo ($t(21) = 20,76$, $p < 0,0001$).

En el estudio piloto realizado en una pista de tenis al aire libre, los jugadores con los ojos vendados hicieron contacto con la pelota de espuma que contenía el circuito prototipo que reproducía el mejor sonido el 100% de las veces. Con la pelota de tenis para ciegos estándar lo consiguieron el 50% de las veces.

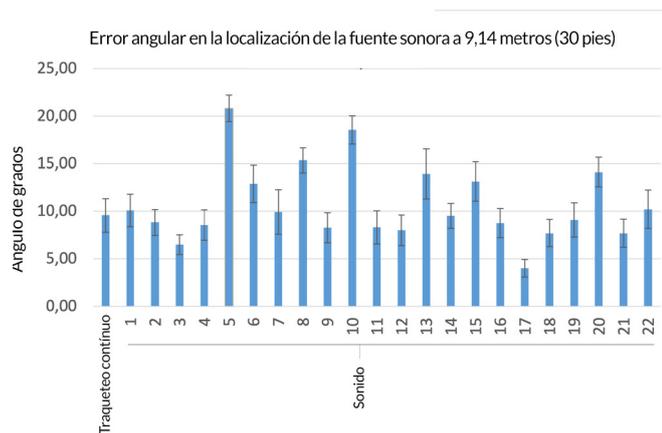


Figura 2. Rendimiento medio de los participantes en la localización de la fuente de 23 sonidos. El rendimiento se representa en forma de error angular de grado medio con respecto a la ubicación de la fuente de sonido (diferencia absoluta media entre el lugar al que los participantes señalaron con la flecha del transportador y el lugar en el que se encontraba la fuente de sonido). El sonido de sonajero continuo es una grabación de la pelota sonora estándar adoptada por la Asociación Internacional de Tenis para Ciegos en el momento en que se realizó el experimento.

DISCUSIÓN

Los resultados de los experimentos actuales demuestran que es posible desarrollar una pelota sonora electrónica para los tenistas ciegos y con visión reducida que les ayude a tener un mayor éxito en este deporte. Identificamos un sonido que los participantes con los ojos vendados fueron capaces de localizar con 4,0 grados de error angular en comparación con el sonido de la pelota de tenis para ciegos estándar con 9,56 grados de error angular, aunque ambos sonidos se reprodujeron de forma continua. Uno de los retos del tenis para ciegos es que el sonido de la pelota estándar de tenis para ciegos se produce sólo brevemente después de un cambio de impulso. Este nuevo sonido, de mejor rendimiento, se grabó en un circuito electrónico para que pudiera reproducirse de forma continua. Este circuito se implantó en una pelota de espuma similar a la utilizada en el tenis para ciegos. En un breve estudio piloto, los jugadores de tenis con los ojos vendados fueron capaces de localizar mejor este sonido frente al sonido actual utilizado en el tenis para ciegos en un escenario de tenis realista. Las pruebas iniciales del prototipo actual de pelota, golpeando la pelota hacia un participante a través de la red, revelaron que los jugadores tienen aproximadamente el doble de probabilidades de seguir con éxito la pelota con sonido electrónico en un escenario de tenis realista en comparación con la pelota estándar utilizada actualmente en el tenis para ciegos. En estas pruebas preliminares, nuestro prototipo de circuito productor de sonido, insertado en una pelota de tenis para ciegos de espuma estándar, es resistente a las fuerzas del tenis y rebota de forma similar a la pelota para ciegos estándar. Además, el sonido continuo permite a los jugadores B1 recuperar su propia pelota sin ayuda, adaptando el equipamiento del tenis a las necesidades de los deportistas, en lugar de pedir a los deportistas que se adapten al equipamiento.

Creemos que nuestra selección de un nuevo sonido que se utilice en una pelota sonora electrónica para el tenis para ciegos ayudará a cumplir los objetivos de la USTA de expandir el tenis y, al mismo tiempo, aumentar la salud y el bienestar de los jugadores nuevos y existentes (Allen, Townsend y Davies,

2021) mediante el desarrollo de materiales que satisfagan las necesidades de los jugadores de forma que aumente el disfrute del deporte. Esto podría incluso proporcionar un diseño inclusivo interesante para entrenar incluso a jugadores de tenis videntes, ya que las señales multisensoriales tienden a mejorar el rendimiento y podrían hacerlo agradable para las personas que juegan por primera vez (Lloyd-Esenkaya, Lloyd-Esenkaya, O'Neill, y Proulx, 2020), y al igual que otros juegos accesibles podrían permitir que jugadores videntes y deficientes visuales jugaran juntos (Gonçalves et al, 2021).

Este proyecto en curso tiene el potencial de dar lugar a una mayor captación y retención de jugadores en el tenis para ciegos. Esto tiene el potencial de ampliar las oportunidades de salud y bienestar que el tenis puede proporcionar a los más de 2 millones de ciegos y 7 millones de personas con discapacidad visual que viven en los EE. UU. (cdc.gov), y grupos equivalentes en otros países. Este proyecto puede dar lugar a peloteos más largos, posiblemente introduciendo las voleas, y llegar a más deportistas al reducir el tiempo y la frustración necesarios para "encontrar" la pelota. Estas mejoras potenciales del deporte podrían aumentar el disfrute, la salud y el bienestar, dada la correlación entre el disfrute y el compromiso con un deporte (Casper et al., 2007). Los beneficios potenciales del tenis para la salud de los jugadores ciegos podrían mejorar si se prolonga su peloteo (Groppe & DiNubile, 2009; Kovacs et al., 2016; Oja et al., 2017; Pluim et al., 2007). Un aumento en la duración de los puntos, y un mayor compromiso con el deporte, podría conducir a una mejora de la cognición espacial (Pasqualotto y Proulx, 2012) que probablemente se traducirá en una mejora de la calidad de vida del jugador fuera del deporte (Shiota y Tokui, 2017, Velten et al, 2014).

CONCLUSIÓN

En conclusión, hemos identificado un nuevo sonido electrónico que se utilizará en una pelota sonora electrónica para el tenis para ciegos y que puede localizarse mejor que el ruido de traqueteo utilizado actualmente en la pelota de tenis para ciegos estándar. Creemos que el uso de este nuevo sonido, más localizable, tiene el potencial de aumentar la duración de los peloteos, disminuir el tiempo y la frustración que implica convertirse en un experto en "encontrar" la pelota y, en general, atraer y retener a más jugadores, permitiendo que más jugadores experimenten los beneficios del tenis para la salud y el bienestar.

CONFLICTO DE INTERESES Y FINANCIACIÓN

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses para llevar a cabo la investigación. Esta investigación ha sido financiada por el United States Tennis Association Research Challenge. La investigación de M. J. Proulx está financiada en parte por el Centro de Análisis del Movimiento, Investigación del Entretenimiento y Aplicaciones del UKRI (CAMERA 2.0; EP/T022523/1).

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a George Marshall y a su equipo de Tri-State Signs and Reprographics por diseñar y donar el gran transportador utilizado para recoger los datos. Un agradecimiento especial a Stephan Roth, ingeniero principal de Sensible Machines, por donar su tiempo, materiales y conocimientos para diseñar, solucionar problemas y fabricar los circuitos utilizados en las pelotas prototipo.

REFERENCIAS

- Allen, J., Townsend, J., & Davies, K. (2021). Attracting and retaining new tennis players: A review of the literature. *Journal of Medicine and Science in Tennis. Journal of Medicine and Science in Tennis*, 26(2), 6-12.
- Casper, J. M., Gray, D. P., & Stellino, M. B. (2007). A Sport Commitment Model Perspective on Adult Tennis Players' Participation Frequency and Purchase Intention. Una perspectiva del modelo de compromiso deportivo en adultos frecuencia de participación e intención de compra. *Sport Management Review*, 10(3), 253-278. [https://doi.org/10.1016/S1441-3523\(07\)70014-1](https://doi.org/10.1016/S1441-3523(07)70014-1)
- Centers for Disease Control (2021, September 9). Fast Facts of common eye disorders. <https://www.cdc.gov/visionhealth/basics/ced/fastfacts.htm>
- Derey, K., Rauschecker, J. P., Formisano, E., Valente, G., & de Gelder, B. (2017). Localization of complex sounds is modulated by behavioral relevance and sound category. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 142(4), 1757. <https://doi.org/10.1121/1.5003779>
- Docherty, E. M. H. (1972). The effects of reducing and masking the auditory cues accompanying performance of select gross motor tasks on the performance of those tasks. [Doctoral Dissertation, The Ohio State University]. Ohio
- Etheridge, M. (2019). IBTA, personal communication, 2019
- Finnegan, D. J., O'Neill, E., & Proulx, M. J. (2016, May). Compensating for distance compression in audiovisual virtual environments using incongruence. In Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 200-212). <https://doi.org/10.1145/2858036.2858065>
- Gleeson, M., & McFarland, S. (2020). Working together to increase playing opportunities for the blind and visually impaired. International Blind Tennis Association presentation to the International Tennis Federation.
- Gonçalves, D., Rodrigues, A., Richardson, M. L., de Sousa, A. A., Proulx, M. J., & Guerreiro, T. (2021, May). Exploring asymmetric roles in mixed-ability gaming. In Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1-14). <https://doi.org/10.1145/3411764.3445494>
- Groppel, J., & DiNubile, N. (2009). Tennis: For the health of it! *The Physician and Sports Medicine*, 37(2), 40-50. <https://doi.org/10.3810/psm.2009.06.1708>
- Grothe, B., Pecka, M., & McAlpine, D. (2010). Mechanisms of sound localization in mammals. *Physiological Reviews*, 90(3), 983-1012. <https://doi.org/10.1152/physrev.00026.2009>
- International Blind Tennis Association. <https://www.facebook.com/groups/129804027216963/>
- Highland Park Tennis Club Blind and Visually Impaired Tennis Program (n.d.). Blindtennis.org
- International Blind Tennis Association. (2019). IBTA Technical Manual 2019. IBTA. <https://www.internationalblindtennis.org/technical-manual>
- Kaplan, Chris, Personal communication 8/31/2021.
- Kovacs, M., Pluim, B., Groppel, J., Crespo, M., Roetert, P., Hainline, B., Miller, S., Reid, M., Pestre, B., De Vylder, M., Dunn, N., Miley, D., & Jones, T. (2016). Health, Wellness and Cognitive Performance Benefits of Tennis. *Medicine & Science in Tennis*, 21(3), 14-21. https://www.researchgate.net/publication/313064586_Health_Wellness_and_Cognitive_Performance_Benefits_of_Tennis#fullTextFileContent
- Lloyd-Esenkaya, T., Lloyd-Esenkaya, V., O'Neill, E., & Proulx, M. J. (2020). Multisensory inclusive design with sensory substitution. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 5(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s41235-020-00240-7>
- Møller, H., Sørensen, M. F., Hammershøi, D., & Jensen, C. B. (1995). Head-related transfer functions of human subjects. *Journal of the Audio Engineering Society*, 43(5), 300-321.
- Oja, P., Kelly, P., Pedisic, Z., Titze, S., Bauman, A., Foster, C., Hamer, M., Hillsdon, M., & Stamatkis, E. (2017). Associations of specific types of sports and exercise with all-cause and cardiovascular-disease mortality: a cohort study of 80 306 British adults. *British Journal of Sports Medicine*, 51(10), 812-817. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096822>
- Pasqualotto, A., & Proulx, M. J. (2012). The role of visual experience for the neural basis of spatial cognition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(4), 1179-1187. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.01.008>
- Pluim, B., Staal, J., Marks, B., Miller, S., & Miley, D. (2007). Health benefits of tennis. *British Journal of Sports Medicine*, 41(11), 760-768. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.034967>
- Richardson, M., Petrini, K., & Proulx, M. J. (2022). Access to exercise for people with visual impairments during the Coronavirus-19 pandemic. *British Journal of Visual Impairment*. <https://doi.org/10.1177/02646196211067356>
- Risoud, M., Hanson, J. -N., Gauvrit, F., Renard, C., Lemesre, P.-E., Bonne, N.-X. & Vincent, C. (2018). Sound source localization. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*, 135 (4), 259-264. <https://doi.org/10.1016/j.anorl.2018.04.009>
- Shiota, K., & Tokui, A. (2017). Audiospatial cognitive ability of visually impaired athletes in static and dynamic spatial cognitive tasks. *Journal of Physical Therapy Science*, 29(11), 1981-1986. <https://doi.org/10.1589/jpts.29.1981>
- Velten MC, Blasing B, Portes L, et al. (2014). Cognitive representation of auditory space in blind football experts. *Psychology of Sport and Exercise*, 15, 441-445. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2014.04.010>
- Wallis, R., & Lee, H. (2015). The effect of interchannel time difference on localization in vertical stereophony. *Journal of the Audio Engineering Society*, 63(10), 767-776. <https://doi.org/10.17743/jaes.2015.0069>
- Yost, W. A., & Zhong, X. (2014). Sound source localization identification accuracy: Bandwidth dependencies. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 136(5), 2737-2746. <https://doi.org/10.1121/1.4898045>

Copyright © 2023 Jennifer K. Roth, Dana Squelch Costa, Stephan A. Roth, Christen Rose, Robert N. Gibbs, Kaihong Liu, Isabella Liu-Lopez, Marquella Wagle y Michael J. Proulx



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar el documento, remezclar, transformar y crear a partir del material para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[CC BY 4.0 Resumen de licencia](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). [CC BY 4.0 Texto completo de la licencia](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[CONTENIDO RECOMENDADO DE LA ITF ACADEMY \(CLICK AQUÍ\)](#)

