COACHING & SPORT SCIENCE REVIEW

International Tennis Federation
www.itfcoachingreview.com
Avril 2023. Année 31. Numéro 89. 11-15
ISSN 2225-4757
https://doi.org/10.52383/itfcoaching.v31i89.364

Expériences visant à identifier le son optimal à utiliser dans une nouvelle balle sonore pour améliorer le recrutement, la rétention, la santé et le bien-être des joueurs de tennis aveugles et malvoyants

Jennifer K. Roth[1], Dana Squelch Costa[2], Stephan A. Roth[3], Christen Rose[1], Robert N. Gibbs[2], Kaihong Liu[2], Isabella Liu-Lopez[4], Marquelle Wagle[1] et Michael J. Proulx[5]

[1]Carlow University, USA. [2]Highland Park Tennis Club, USA [3]Sensible Machines, USA. [4]Case Western Reserve University, USA. [5]University of Bath, UK.

RÉSUMÉ

Dans le tennis des aveugles et des malvoyants, le choix du son est important pour la localisation de la balle. Nous avons mené deux expériences pour choisir un son permettant d'améliorer la localisation de la balle, en réponse à un appel au développement de nouvelles balles par l'International Blind Tennis Association (IBTA). Nous avons sélectionné des sons (freesounds.com) à la recherche des caractéristiques les mieux exploitées par le cerveau pour la localisation des sources sonores (Risoud et al, 2018). Les échantillons de sons (23) ont été testés sur un court de tennis extérieur pour aveugles dans un parc public à l'aide de cinq haut-parleurs Bluetooth, puis reproduits dans un environnement intérieur ; sinon, les environnements étaient naturels et non perturbés. Les participants aux yeux bandés (n=29) ont indiqué l'origine des sons en déplaçant une flèche attachée à un grand rapporteur. Les angles étaient enregistrés en degrés et convertis en erreur absolue d'angle en degrés. Le son standard de la balle de tennis BVI rattle a entraîné une erreur angulaire moyenne de 9,56 degrés à une distance de 30 pieds. Après avoir éliminé les sons que 2 personnes ou plus ne pouvaient pas entendre dans l'un ou l'autre des paysages sonores ou pour lesquels les personnes avaient des erreurs angulaires de plus de 15 degrés, nous avons découvert un son localisable supérieur qui n'entraînait qu'une erreur angulaire moyenne de 4,00 degrés à une distance de 30 pieds.

Mots-clés : Tennis pour aveugles, balle sonore, localisation de la source sonore, athlètes malvoyants.

Reçu : 16 Novembre 2022

Accepté : 20 Février 2023

Correspondance : Jennifer Roth. Email: jkroth@carlow.edu

INTRODUCTION

Le tennis pour les aveugles et les malvoyants est un sport en pleine expansion dans le monde. Depuis que M. Takei Miyoshi a inventé le tennis pour aveugles au Japon en 1984 (InternationalBlindTennis.org), ce sport est pratiqué dans au moins 30 pays (IBTA), avec des tournois en Irlande, en Angleterre, en Écosse, en Pologne, au Japon, etc. et au niveau des clubs dans de nombreux autres pays. Le potentiel de croissance est important, y compris l'extension de ce sport à des pays entiers. Aux États-Unis, le Highland Park Tennis Club (blindtennis.org) travaille au niveau local en collaboration avec la U.S. Tennis Association (USTA) pour mettre en place de nouvelles cliniques pour les joueurs de tennis dans tout le pays et améliorer la facilité d'apprentissage de ce sport. Compte tenu des obstacles à l'exercice auxquels se heurtent les personnes aveugles ou malvoyantes (Richardson et al, 2022), il existe un besoin évident de recherche pour permettre une plus grande participation.

Maggi Ostrowski, membre du conseil d'administration de l'Association de tennis aveugle des États-Unis et double paralympienne B1, sert derrière une ligne de base tactile lors de la conférence internationale sur l'éducation au tennis pour les aveugles et handicapés et des visuels du tournoi 2023 au campus national de l'USTA à Orlando, en Floride. Crédit photo : Jennifer Roth / USBTA.

Le tennis pour les aveugles ou les malvoyants à un format modifié qui adapte le sport aux joueurs ayant des acuités visuelles différentes, classées B1-B4, les joueurs B1 étant des aveugles profonds et les joueurs B2-B3 ayant des degrés de vision variables (faible à élever). Les joueurs B2-B4 utilisent un terrain plus petit que les joueurs voyants, avec des lignes de ruban très visibles et une hauteur au centre du filet de 90 cm. Les joueurs de toutes les classes de vision doivent frapper le premier pot dans le terrain de l'adversaire. Les joueurs B1 et B2 doivent frapper la balle avant le quatrième rebond, les joueurs B3 avant le troisième rebond et les joueurs B4 avant le deuxième rebond. Les joueurs B1 jouent sur un terrain encore plus petit avec des lignes tactiles, avec un filet plus bas (hauteur du centre du filet : 83 cm) que dans le tennis pour les joueurs parfaitement voyants. Tous les joueurs aveugles ou malvoyants utilisent une balle sonore et une raquette plus petite (les raquettes des joueurs B1 font jusqu'à 23 pouces ; les raquettes des joueurs B2-B3 font jusqu'à 25 pouces ; les raquettes des joueurs B4 font jusqu'à 27 pouces). Les tailles des courts sont fréquemment révisées et changent parfois pour s'adapter aux performances des différents types de balles que le sport a adoptées (Manuel technique de l'IBTA, 2019).

Un aspect difficile du tennis pour les athlètes aveugles et malvoyants que nous espérons faciliter par nos recherches est la nécessité de suivre une balle en mouvement par le son, en déterminant sa trajectoire et sa vitesse dans un espace tridimensionnel. La balle sonore standard actuelle du tennis pour aveugles contient un hochet "mécanique" constitué d'une balle creuse en plastique à fossettes contenant des roulements à billes, insérée dans une balle extérieure en mousse (9 cm de circonférence, 28-32 grammes). Cette balle ne génère qu'un bref son de cliquetis à chaque fois qu'elle change d'élan (frappe ou rebond), mais reste silencieuse à vitesse constante ou avec une rotation constante, ce qui fait de la localisation et du suivi de la balle une tâche difficile à apprendre. Les athlètes sont mis au défi de trouver cette balle quasi-silencieuse dans les plans X, Y et Z, en tenant compte de la vitesse de déplacement et de la diminution de la hauteur à chaque rebond. Avec ces défis, une volée est presque impossible.

Deuxièmement, le bruit de crécelle n'est pas optimal pour la localisation de la source. La localisation de la source sonore est un défi dans les trois dimensions pour un objet en mouvement. La neuroscience cognitive de la localisation de la source sonore nous informe que le cerveau exploite différentes qualités de son pour localiser les sons dans chacun des plans (Grothe, Pecka et McAlpine, 2010). Le plan horizontal fournit à la fois des différences temporelles interaurales et des différences de niveau (Møller, Sørensen, Hammershøi et Jensen, 1995). Le plan vertical ne dispose pas de signaux binauraux, car les oreilles humaines sont relativement à niveau sur les côtés de la tête, il repose donc sur des signaux spectraux (Wallis et Lee, 2015) caractérisés par une fonction de transfert anatomique ou liée à la tête, spécifique à chaque individu. La profondeur est largement transmise par l'intensité (Finnegan, Proulx et O'Neill, 2016), bien que la réverbération y contribue également. En outre, la "couleur" du son, comme les variétés de fréquences qui transmettent la signification ou la pertinence d'un son (Derey, Rauschecker, Formisano, Valente et de Gelder, 2017), et la largeur de bande de fréquence (Yost et Zhong, 2014) sont importantes dans plusieurs dimensions. Pour chacune de ces qualités sonores dans ces plans, il existe des caractéristiques sonores optimales d'amplitude et de longueur d'onde de fréquence du son pour réaliser la localisation de la source sonore (pour une revue de la physique de la localisation de la source sonore, voir Risoud et al, 2018). En outre, les sons environnementaux, tels que le bruit de la circulation, les conversations, les chiens qui aboient et le chant des oiseaux, que l'on entend souvent sur un court de tennis extérieur, atténuent les fréquences produites par la balle sonore (Docherty, 1972).

En utilisant la balle à cliquetis standard actuelle de l'IBTA, les nouveaux joueurs travaillent pendant des années pour être capables de faire un échange , et les joueurs de niveau tournoi international n'obtiennent qu'un court échange. Étant donné que la balle ne fait du bruit que lorsqu'elle est frappée avec la raquette et seulement brièvement pendant et après un rebond, les nouveaux joueurs B1 de notre stage, ainsi que les joueurs voyants aux yeux bandés, frappent le vide là où ils pensent que se trouve la balle. Un joueur B1 expérimenté d'Allemagne et membre actuel du conseil d'administration de l'IBTA a commenté :

> *"Je n'ai pas encore vu de joueur B1 qui parvienne à frapper consciemment des volées. Les balles actuellement disponibles rebondissent trop bas, se déplacent trop vite ou ne font pas assez de bruit pour les suivre facilement à toutes les étapes de leur trajectoire à travers le filet. La capacité à suivre une balle de tennis en aveugle est essentielle pour réaliser des coups de qualité et être au bon endroit au bon moment. Trouver un bon son est difficile, car le son change lorsqu'il se déplace à grande vitesse. Il y a aussi des bruits autour du joueur, et sur ce tapis sonore, la balle de tennis doit se démarquer, que ce soit dans un tête-à-tête ou dans un environnement bruyant de tournoi."* (Kaplan, Chris, communication personnelle 31/8/2021)

L'Association internationale de tennis pour les aveugles (IBTA) a appelé au développement de nouvelles balles (Martin Etheridge, IBTA, communication personnelle, 2019). Le programme de tennis pour aveugles et malvoyants du Highland Park Tennis Club (blindtennis.org), situé sur des courts publics à Pittsburgh, en partenariat avec l'USTA, a le potentiel d'étendre les possibilités de santé et de bien-être que le tennis peut offrir aux plus de 2 millions d'aveugles et 7 millions de malvoyants vivant aux États-Unis (cdc.gov). Nous avons la capacité de révolutionner ce sport, en augmentant la possibilité de jouer des échanges plus longs, en introduisant éventuellement le jeu de volée, et en permettant à un plus grand nombre de joueurs de tennis de jouer en réduisant le temps nécessaire pour devenir compétent dans la recherche de la balle de quelques années à quelques jours. Cette combinaison a le potentiel d'augmenter le plaisir, la santé et le bien-être en soutenant les joueurs pendant la phase difficile d'apprentissage. Étant donné la corrélation entre le plaisir et l'engagement dans le sport (Casper et al., 2007), nous pensons qu'il est possible d'améliorer les avantages potentiels du tennis pour la santé des joueurs aveugles ou malvoyants en augmentant leur capacité à jouer de longs échanges (Groppel et DiNubile, 2009 ; Kovacs et al, 2016 ; Oja et al, 2017 ; Pluim et al, 2007), ainsi qu'en renforçant les avantages cognitifs, notamment en améliorant la cognition spatiale chez les athlètes aveugles pratiquant plusieurs sports, ce qui se traduit par une amélioration des conditions de vie du joueur (Shiota et Tokui, 2017, Velten et al, 2014).

Nous avons mené les expériences décrites ici pour optimiser le développement d'une nouvelle balle sonore électronique plus facile à localiser que la "balle hochet" standard du tennis aveugle. Cette balle optimisée pourrait permettre aux joueurs d'atteindre une plus grande habileté plus rapidement, augmentant ainsi le plaisir du sport, augmentant la durée des

points, ce qui pourrait améliorer le recrutement, la rétention, la santé et les avantages de bien-être, promouvant l'amour du tennis aux nouveaux joueurs et aux joueurs existants.

MÉTHODES ET PROCÉDURES

Nous avons interrogé des joueurs de tennis aveugles, des membres du conseil d'administration de l'IBTA et de nouveaux athlètes adultes B1 dans notre stage de tennis afin de déterminer les besoins en matière de développement d'une nouvelle balle, recueilli des informations sur les performances de la balle actuelle, établi une "liste de souhaits" concernant les caractéristiques d'une nouvelle balle (durable, peu coûteuse, son facile à localiser, bon rebond), et créé une liste d'une variété de sons qu'ils considèrent comme faciles à localiser pour une évaluation plus approfondie.

Choix du son

Nous avons examiné les sons (freesounds.org) à la recherche des caractéristiques que le cerveau utilise le mieux pour la localisation de la source sonore (Risoud et al, 2018) par transformée de Fourier des longueurs d'onde du son à l'aide d'une application pour téléphone portable (FFT Spectrum Analyzer, version 17). Pour comparer les performances avec le son standard de hochet de balle aveugle, nous avons enregistré le hochet, puis normalisé celui-ci et tous les sons à la même amplitude de crête. Tous les sons ont été répétés en continu. Nous avons sélectionné 23 échantillons de sons présentant des caractéristiques différentes pour nos expériences de localisation sonore.

Participants

Les participants ont rempli et signé un formulaire de consentement éclairé, et 22 participants voyants (âgés de 18 à 80 ans, âge moyen 51,0 ans ; 10 F, 12 M) ont réalisé une version extérieure de l'expérience ; 7 ont réalisé l'expérience intérieure (âgés de 18 à 70 ans, âge moyen 35,7 ans ; 3F, 4M). Ce protocole de recherche a été approuvé par le Comité d'examen des recherches institutionnelles de l'Université Carlow.

Procédures

Vingt-trois échantillons de sons ont été testés sur un court de tennis extérieur pour aveugles dans un parc public à l'aide de cinq haut-parleurs Bluetooth placés à 9,144 mètres (30 pieds, la distance approximative entre les deux lignes de base sur un court de tennis B1 pour aveugles) des participants, par incréments de 10 degrés allant de 70 à 110 degrés. Un échantillon de participants voyants aux yeux bandés, recrutés dans les communautés du tennis et de l'université, a eu 3 secondes pour pointer l'endroit où ils pensaient que les sons provenaient, en utilisant une flèche attachée à un grand rapporteur. Les angles étaient enregistrés en degrés par rapport au rapporteur et convertis en degrés absolus d'erreur angulaire par rapport à l'emplacement réel du locuteur générant le son. Chaque participant a localisé 90 sons choisis au hasard, émis par un haut-parleur choisi au hasard, à l'aide d'un script Python exécuté dans un environnement Anaconda. L'expérience a été répétée dans un environnement intérieur, avec dans les deux cas des paysages sonores naturels inchangés. Pour une démonstration vidéo, visitez https://www.youtube.com/watch?v=2UKlGfMdYLA.

Figure 1. *Membres de l'équipe de recherche (de gauche à droite, Dr. Kaihong Liu, Dr. Jennifer Roth, Christen Rose et Isabella Liu-Lopez) debout derrière le rapporteur que les participants ont utilisé pour indiquer leur meilleure estimation de l'emplacement de chaque son échantillonné.*

Analyse des données

Avant de soumettre les données à un test t pour comparer les performances du son de hochet standard à celles du son le plus performant, nous avons éliminé les sons que deux participants ou plus ne pouvaient pas entendre dans aucun des paysages sonores et qui présentaient des erreurs moyennes d'angle de degré supérieures à 15 degrés. Le processus de développement de ce dispositif sonore est en attente de brevet.

Nous avons mené une brève étude pilote sur un court de tennis extérieur en comparant les performances de joueurs utilisant une balle en mousse contenant le circuit prototype qui reproduisait le meilleur son avec les performances de joueurs utilisant une balle de tennis standard pour aveugles. Nous avons lancé chaque balle à 2 joueurs aux yeux bandés et leur avons demandé d'entrer en contact avec la balle en utilisant leur propre raquette de tennis.

RÉSULTATS

Les participants ont été capables de localiser 12 des 23 nouveaux sons mieux que le son de hochet standard utilisé dans le tennis pour aveugles. La performance des participants dans la localisation du son le plus performant (M = 4,0 degrés d'erreur, SE = 0,92) était significativement meilleure que leur performance dans la localisation du son du hochet (M = 9,56 degrés d'erreur, SE = 1,76) même après avoir rendu le son du hochet standard continu ($t(21) = 20,76$, $p < 0,0001$).

Dans l'étude pilote menée sur un court de tennis extérieur, des joueurs aux yeux bandés ont touché la balle en mousse contenant le circuit prototype qui reproduisait le meilleur son dans 100 % des cas. Avec la balle de tennis standard pour aveugles, ils l'ont fait dans 50% des cas.

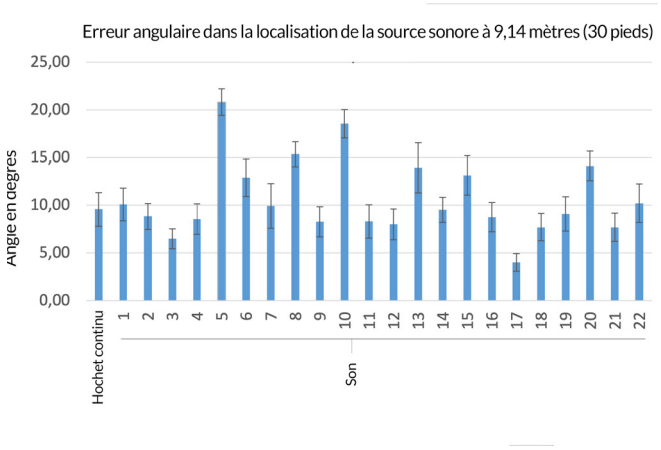

Figure 2. *Performance moyenne des participants dans la localisation de la source de 23 sons. La performance est représentée par l'erreur angulaire moyenne en degrés par rapport à la localisation de la source sonore (différence absolue moyenne entre l'endroit où les participants ont pointé avec la flèche du rapporteur et l'endroit où se trouvait la source sonore). Le son continu du hochet est un enregistrement de la balle sonore standard adoptée par l'Association internationale de tennis pour les aveugles au moment de l'expérience.*

DISCUSSION

Les résultats des expériences actuelles démontrent qu'il est possible de développer une balle sonore électronique pour les joueurs de tennis aveugles et malvoyants afin de les aider à mieux réussir dans ce sport. Nous avons identifié un son que les participants aux yeux bandés ont été capables de localiser avec 4,0 degrés d'erreur angulaire, alors que le son de la balle de tennis standard pour aveugles présentait 9,56 degrés d'erreur angulaire, bien que les deux sons aient été diffusés en continu. L'un des défis du tennis en aveugle est que le son de la balle de tennis standard en aveugle ne se produit que brièvement après un changement d'élan. Ce nouveau son, plus performant, a été enregistré dans un circuit électronique afin qu'il puisse être joué en continu. Ce circuit a été implanté dans une balle en mousse similaire à celle utilisée dans le tennis pour aveugles. Dans une brève étude pilote, des joueurs de tennis aux yeux bandés ont été capables de mieux localiser ce son par rapport au son réel utilisé dans le tennis pour aveugles dans un scénario de tennis réaliste. Les premiers tests de la balle prototype actuelle, en frappant la balle vers un participant à travers le filet, ont révélé que les joueurs ont environ deux fois plus de chances de réussir à suivre la balle sonore électronique dans un scénario de tennis réaliste par rapport à la balle standard actuellement utilisée dans le tennis pour aveugles. Dans ces tests préliminaires, notre prototype de circuit de production de son, inséré dans une balle de tennis aveugle standard en mousse, résiste aux forces du tennis et rebondit de manière similaire à la balle aveugle standard. En outre, le son continu permet aux joueurs B1 de récupérer leur propre balle sans aide, adaptant ainsi l'équipement de tennis aux besoins des athlètes, plutôt que de demander aux athlètes de s'adapter à l'équipement.

Nous pensons que notre sélection d'un nouveau son à utiliser dans une balle sonore électronique pour le tennis des aveugles contribuera à atteindre les objectifs de l'USTA, à savoir développer le tennis tout en améliorant la santé et le bien-être des joueurs nouveaux et existants (Allen, Townsend, & Davies, 2021) en développant des matériaux qui répondent aux besoins des joueurs d'une manière qui augmente leur plaisir du sport. Cela pourrait même fournir une conception inclusive intéressante pour former même les joueurs de tennis voyants, car les indices multisensoriels ont tendance à améliorer les performances et pourraient rendre le jeu agréable pour les joueurs débutants (Lloyd-Esenkaya, Lloyd-Esenkaya, O'Neill, & Proulx, 2020), et comme d'autres jeux accessibles pourraient permettre aux joueurs voyants et malvoyants de jouer ensemble (Gonçalves et al, 2021).

Ce projet en cours a le potentiel de mener à un plus grand recrutement et une meilleure rétention des joueurs de tennis pour aveugles. Cela pourrait élargir les possibilités de santé et de bien-être que le tennis peut offrir aux plus de 2 millions d'aveugles et 7 millions de malvoyants vivant aux États-Unis (cdc.gov), et à des groupes équivalents dans d'autres pays. Ce projet pourrait permettre d'allonger les échanges, éventuellement d'introduire des volées, et de toucher davantage d'athlètes en réduisant le temps et la frustration nécessaires pour "trouver" la balle. Ces améliorations potentielles du sport pourraient accroître le plaisir, la santé et le bien-être, étant donné la corrélation entre le plaisir et l'engagement dans un sport (Casper et al., 2007). Les avantages potentiels du tennis pour la santé des joueurs aveugles pourraient être renforcés en prolongeant leur échange (Groppel et DiNubile, 2009 ; Kovacs et al., 2016 ; Oja et al., 2017 ; Pluim et al., 2007). Une augmentation de la durée des points, et un plus grand engagement dans le sport, pourraient conduire à une amélioration de la cognition spatiale (Pasqualotto & Proulx, 2012) qui est susceptible de se traduire par une amélioration de la qualité de vie du joueur en dehors du sport (Shiota & Tokui, 2017, Velten et al., 2014).

CONCLUSION

En conclusion, nous avons identifié un nouveau son électronique à utiliser dans une balle sonore électronique pour le tennis pour aveugles qui peut être mieux localisé que le bruit de cliquetis actuellement utilisé dans la balle de tennis standard pour aveugles. Nous pensons que l'utilisation de ce nouveau son, plus localisable, a le potentiel d'augmenter la durée des échanges, de diminuer le temps et la frustration qu'implique le fait de devenir un expert pour "trouver" la balle, et d'une manière générale d'attirer et de retenir plus de joueurs, permettant ainsi à plus de joueurs d'expérimenter les avantages du tennis en termes de santé et de bien-être.

CONFLICT OF INTEREST AND FUNDING

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêt dans la conduite de cette recherche. Cette recherche a été financée par le United States Tennis Association Research Challenge. La recherche de M. J. Proulx est financée en partie par le UKRI Centre for Motion Analysis, Entertainment Research and Applications (CAMERA 2.0 ; EP/T022523/1).

REMERCIEMENTS

Nous remercions tout particulièrement George Marshall et son équipe de Tri-State Signs and Reprographics pour avoir conçu et offert le grand convoyeur utilisé pour recueillir les données. Nous remercions tout particulièrement Stephan Roth, ingénieur principal chez Sensible Machines, qui a donné de son temps, de son matériel et de son expertise pour concevoir, dépanner et fabriquer les circuits utilisés dans les prototypes de boules.

RÉFÉRENCES

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 ompromise depotivo en adultos freecuencia de participación e intención de compra. *Sport Management Review*, *10*(3), 253–278. 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/bjsm.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, Marquelle Wagle et Michael J. Proulx

Ce texte est protégé par une licence Creative Commons BY 4.0 license

Vous êtes autorisé à partager, copier, distribuer et communiquer le matériel par tous moyens et sous tous formats et adapter le document, remixer, transformer et créer à partir du matériel pour toute utilisation y compris commerciale, tant qu'il remplit la condition de :

Attribution : Vous devez correctement créditer l'œuvre originale, fournir un lien vers la licence et indiquer si des modifications ont été apportées. Vous pouvez le faire de toute manière raisonnable, mais pas d'une manière qui suggère que vous avez l'approbation du concédant de licence ou que vous la recevez pour votre utilisation du travail.

CC BY 4.0 license terms summary. CC BY 4.0 license terms.

SÉLECTION DE CONTENU DU SITE ITF ACADEMY (CLIQUEZ)