

Trabajo de Investigación

Evaluación de patrones de análisis de Ortopantomografías mediante Eye-Tracking, en alumnos de Odontología de la Universidad de Valparaíso y Radiólogos Maxilofaciales de Valparaíso, Chile.

Evaluation of orthopantomography analysis patterns by Eye-Tracking, in students of Dentistry of the University of Valparaíso and Maxillofacial Radiologists of Valparaíso, Chile.



Mauricio Vivanco B.¹, Wilfredo González A.², Consuelo García F.³, Patricia Sepúlveda C.⁴, María de los Ángeles Ruiz B.⁵, Roberto Muñoz S.⁶

¹ Cirujano Dentista. Especialista en Radiología Dentomaxilofacial y Rehabilitación Oral. Profesor Adjunto, Universidad de Valparaíso.

² Cirujano Dentista. Doctorado en Estomatología y Patología Oral. Profesor Adjunto, Universidad de Valparaíso.

³ Cirujano Dentista, Universidad de Valparaíso. Chile

⁴ Cirujano Dentista, Universidad de Valparaíso. Chile

⁵ Alumna de Odontología, Universidad de Valparaíso. Chile

⁶ Ingeniero en Informática, Doctorado en Ingeniería en Informática. Profesor Adjunto, Universidad de Valparaíso.

Resumen

Objetivo: Analizar y comparar estrategias de alumnos y odontólogos especialistas en radiología oral y maxilofacial al ver ortopantomografías. **Materiales y métodos:** Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal donde 30 alumnos de odontología, de tercer y sexto año y 10 especialistas analizaron 12 ortopantomografías. Mediante un sistema eye tracker se realizó el seguimiento de la mirada durante el análisis radiográfico. **Resultados:** Los radiólogos mostraron un patrón de análisis definido en todas las imágenes y obtuvieron la mayor cantidad de diagnósticos correctos, mientras que los alumnos no utilizan estrategias y tuvieron la mayor cantidad de diagnósticos incorrectos. Los radiólogos tardan significativamente más tiempo en analizar radiografías que los alumnos. No hubo diferencias significativas en la cantidad y duración de fijaciones en las áreas de interés. Existe correlación entre experiencia clínica y precisión diagnóstica, sin embargo no hubo diferencias significativas entre los alumnos de distintos cursos. **Conclusiones:** Los alumnos no presentan un patrón definido al momento de interpretar imágenes radiográficas y su capacidad para diagnosticar correctamente las anomalías es menor que la de los radiólogos. Esto se puede deber a que, al no tener una metodología de observación, no se aprecian todas las estructuras presentes, siendo necesario que los alumnos adquieran tempranamente una estrategia de observación de ortopantomografías que les asegure un análisis eficiente.

Palabras clave: Radiología oral, ortopantomografía, patrones de análisis, seguimiento ocular, radiografía

Abstract

Aim: To analyse and compare strategies of students and oral and maxillofacial radiologists in the observation of orthopantomographs. **Materials and methods:** A descriptive cross-sectional study was carried out where 30 third and sixth year dental students and 10 specialists analysed 12 orthopantomographs, and using an eye-tracking

system, we monitored the eye movements during the radiographic analysis. Results: The radiologists used a defined analysis pattern throughout all the images and obtained the correct diagnoses, while the students did not use any strategy and had most incorrect diagnoses. Radiologists take more time to analyse x-rays than students. There were no differences in the number and duration of fixations in the areas of interest. There is a correlation between clinical experience and diagnostic accuracy; however, there were no significant differences between students of different courses. **Conclusions:** Students do not present a defined pattern when interpreting radiographic images, and their ability to diagnose anomalies is lower than radiologists. This may be due to not having a method, so not all the structures are observed, being necessary that students acquire a panoramic radiograph observation strategy early in their careers, to ensure an efficient analysis.

Keywords: Oral radiology, orthopantomography, analysis patterns, eye tracking, radiography

Introducción

La radiología oral y maxilofacial es la especialidad encargada de producir e interpretar imágenes obtenidas principalmente a partir de rayos X^{1,2,3}, utilizadas para el diagnóstico, planificación y tratamiento de alteraciones que comprometen la cavidad oral y el territorio maxilofacial⁴. Debido a que estas imágenes son una representación bidimensional de estructuras tridimensionales, la interpretación puede ser bastante compleja⁵. Para conocer la forma en que los profesionales observan radiografías, se han realizado múltiples estudios en medicina sobre los patrones de análisis que utilizan radiólogos y residentes de radiología, llevando a una mejor comprensión de las formas en que los especialistas ven anomalías en las radiografías. Los hallazgos encontrados tienen el potencial de ser utilizados para crear diferentes métodos de enseñanza de interpretación radiográfica basados en los métodos de los expertos^{6,7,8,9,10}. En odontología los estudios son escasos y se considera que lo que diferencia a un especialista de un alumno es la experiencia, debido al mayor conocimiento y habilidades para analizar radiografías. En general, las escuelas de odontología enseñan la anatomía de la imagen panorámica, pero no necesariamente un método de interpretación, sin embargo, los métodos de análisis e interpretación a menudo llegan con la experiencia¹¹. Para cultivar esta experiencia en los alumnos, es necesario comprender la naturaleza de las habilidades de los expertos¹².

En medicina se han publicado diversos artículos, en donde se realiza una comparación de las estrategias de movimiento ocular entre cirujanos expertos y novatos para mostrar diferencias importantes que podrían usarse en el entrenamiento de alumnos^{25,26,27,28,29}. Estos han concluido que aquellos con más experiencia realizan su análisis siguiendo un orden determinado, lo que les permite

observar la imagen de manera más rápida, teniendo una menor cantidad y duración de fijaciones en las alteraciones. Según Ambrose y cols., el aprendizaje es el que ocurre como resultado de la experiencia y aumenta el potencial para mejorar el rendimiento y el aprendizaje futuro²⁴. En ninguno de los estudios mencionados anteriormente se consideró el diagnóstico relatado por los participantes, por lo que no es posible saber si la interpretación de las imágenes se hizo de manera correcta, así como también se desconoce si la utilización de un método sistemático de análisis permite tener mayor precisión diagnóstica.

La tecnología eye tracking, consiste en un dispositivo a través del cual se siguen los movimientos oculares de un individuo para que el investigador sepa dónde está mirando una persona en un momento dado y la secuencia en la que la mirada se dirige de un lugar a otro¹⁶. Los dispositivos de seguimiento ocular más usados en la actualidad utilizan una técnica llamada "Reflejo de la Córnea y Centro de la Pupila basado en Video"¹⁷, que consiste en que los sistemas enfocan un haz infrarrojo en la córnea y la pupila, causando reflejos altamente visibles^{18,19}, siendo posible disociar los movimientos oculares de la cabeza y calcular el punto de atención de los usuarios, a través de una luz infrarroja de un LED¹⁶. A su vez, una cámara montada en un computador captura la imagen de los ojos y los patrones de reflexión, y posteriormente un software convierte datos numéricos a datos visuales²⁰. Toda esta información obtenida a partir del seguimiento ocular puede ampliar nuestra comprensión sobre cómo el conocimiento obtenido del entrenamiento y complementado por la experiencia influye en el rendimiento del diagnóstico²¹. El presente estudio analizó las estrategias de los estudiantes y radiólogos orales al ver las radiografías panorámicas y compararlas entre ellas, para usar los datos obtenidos con fines pedagógicos

y buscar nuevos métodos de enseñanza que generen una sistemática efectiva y aplicable el futuro.

Material y método

Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal en alumnos de tercer (grupo con conocimientos exclusivamente teóricos de radiología y patología) y sexto año (grupo con 3 años de experiencia clínica odontológica) de odontología de la Universidad de Valparaíso, Chile. Se incluyó también un grupo de expertos conformado por especialistas radiólogos. El presente proyecto fue aprobado por el Comité de Bioética de Investigación en Seres Humanos de la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso, con el código de aprobación PI-02-18. Los sujetos accedieron a participar de forma voluntaria mediante asentimiento verbal y firmando un consentimiento informado.

El tamaño muestral de los alumnos se calculó según la cantidad de cada curso que cumplieran con los criterios de inclusión, siendo de 13 alumnos en tercero y 15 en sexto, incluyéndose finalmente 15 en cada grupo. Para los especialistas se seleccionó una muestra por conveniencia de 10 radiólogos. Se incluyeron alumnos que se encontraran cursando tercer y sexto año de odontología en la Universidad de Valparaíso y que hayan aprobado las asignaturas de Radiología y Patología. Para los expertos se incluyeron profesionales que tuvieran la especialidad en Radiología Oral y Maxilofacial. Se excluyeron a aquellos sujetos que no firmaran el consentimiento informado y que utilizaran lentes ópticos (se esquematiza el flujo de trabajo de la investigación en la figura 1)



Figura 1. Esquema de flujo general de la metodología.

Se seleccionaron 12 radiografías panorámicas, seleccionadas por uno de los co-investigadores, especialista en radiología. Estas imágenes contenían distintos tipos de alteraciones, pudiendo haber más de una en cada imagen. El experimento se llevó a cabo en la escuela de odontología y en las consultas

de los radiólogos, utilizando el mismo computador portátil para mostrar las imágenes y bajo condiciones similares de luz. Se les indicó a los participantes que analizaran las radiografías sin límite de tiempo, sin antecedentes clínicos y que relataran sus hallazgos. Se les indicó que mientras realizaban el análisis, el dispositivo eyetracker iba a estar rastreando su mirada (ver figura 2). Luego de la calibración inicial para que el dispositivo eye tracker detectara la mirada del sujeto, se procedió a la presentación de las radiografías.



Figura 2. Esquema de distribución de elementos durante la evaluación de los observadores y las ortopantomografías, sincronizado al equipo eye tracker.

Los hallazgos relatados por los participantes se registraron en un formulario, donde se especificaba según sextantes²² (ver figura 3), indicando en qué sextante de la imagen se encontraba la alteración y a qué tipo de anomalía correspondía. Para el análisis de resultados se descargaron los videos generados por el software OGAMA con las trayectorias de la mirada de cada uno de los participantes en cada radiografía, así como también un archivo Excel con los datos cuantitativos. El análisis estadístico se realizó mediante el software Stata 11.2.

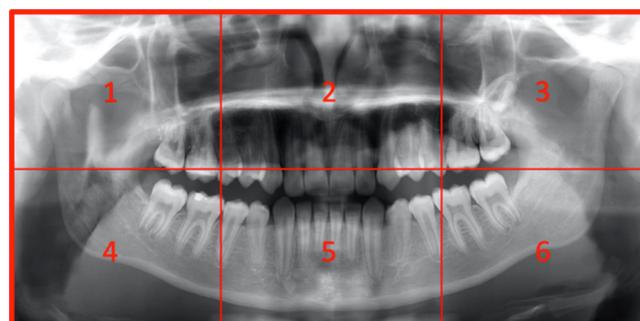


Figura 3. Diagrama de división de sextantes de la radiografía panorámica para determinación de ubicación de alteraciones. Modificado de Chan. Thesis (M.Sc.) University of Toronto. 2012

Resultado

Análisis de trayectoria

En ambos grupos de alumnos, los participantes observaron las imágenes realizando trayectorias desordenadas y enfocándose principalmente en dientes, destinando una menor cantidad de fijaciones a otras estructuras, observándose que ningún estudiante utiliza una estrategia sistemática de análisis. Por otra parte los especialistas analizaron sistemáticamente las imágenes definiendo tres tipos de recorridos, establecidos como patrones: Patrón Circular (El observador comienza mirando la imagen en un punto, desde esta fijación sigue una trayectoria en sentido horario o antihorario que se repite abarcando distintas estructuras) (ver figura 4), Patrón Lineal (El observador comienza mirando la imagen en un punto, inmediatamente compara la zona con su imagen contralateral, repite esta técnica comparativa con todas las estructuras) (ver figura 5) y Patrón Indefinido (abarca todas las estructuras, sin demostrar un recorrido esquemático y repetible) (ver figura 6).

De los 10 especialistas, 3 analizaron las imágenes con un patrón circular, 5 analizaron las imágenes con un patrón lineal y los 2 restantes tenían un patrón indefinido. Sin embargo, todos abarcaron la totalidad de la imagen con una cierta simetría en el recorrido, desplazando la mirada por cada sextante, manteniendo similitud en todas las radiografías analizadas por un mismo radiólogo.

Precisión en el diagnóstico

No se encontraron diferencias significativas entre los alumnos de tercer y sexto año, los porcentajes de acierto fueron igualmente bajos (ver tabla 1). Por otra parte, los radiólogos obtuvieron un 60% de diagnósticos correctos y tan sólo un 5% de incorrectos.

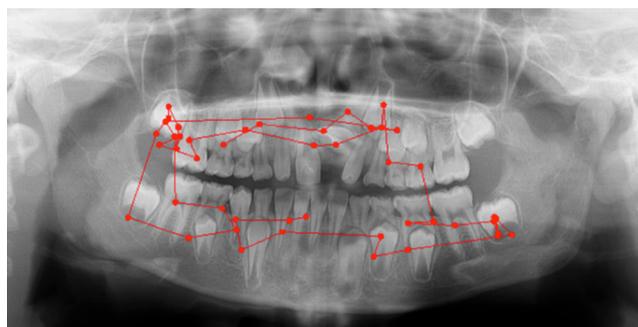


Figura 4. Patrón circular.

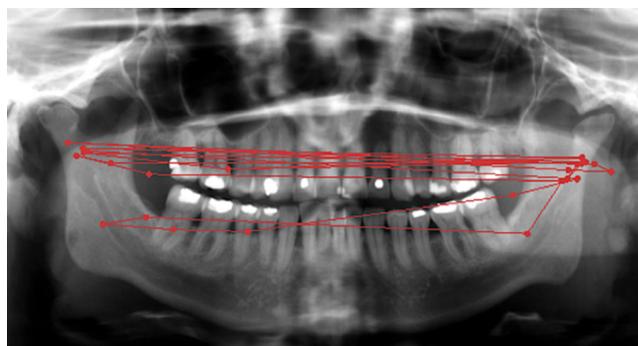


Figura 5. Patrón lineal.

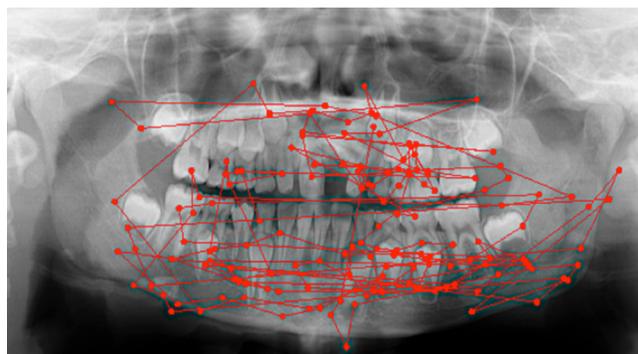


Figura 6. Patrón indefinido

Tabla 1. Resultados descriptivos de la precisión diagnóstica según grupo de estudio

Precisión en el diagnóstico	Tercer Año		Sexto Año		Radiólogo		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Correcto	23	12,78	29	16,11	72	60,00	124	25,83
Incorrecto	72	40,00	57	31,67	6	5,00	135	28,13
Incompleto	37	20,56	53	29,44	42	35,00	132	27,50
Correcto con errores	15	8,33	14	7,78	0	0,00	29	6,04
Incompleto con errores	33	18,33	27	15,00	0	0,00	60	12,50
Total	180	100,00	180	100,00	120	100,00	480	100,00

Correlación entre presencia de patrón de análisis y precisión diagnóstica

Se aplicó la prueba de independencia de Kendall y se obtuvo que las variables son independientes, no estableciéndose ningún tipo de correlación entre las variables patrón de análisis y la precisión diagnóstica.

Se describen los resultados según el siguiente esquema de definición de parámetros medidos: Duración del análisis y Número de fijaciones en las radiografías. Además, en las Áreas de interés (zonas de las imágenes donde se encuentran alteraciones) se observan como parámetros: Duración de fijaciones en las áreas de interés y Número de fijaciones en las áreas de interés (ver figura 7).

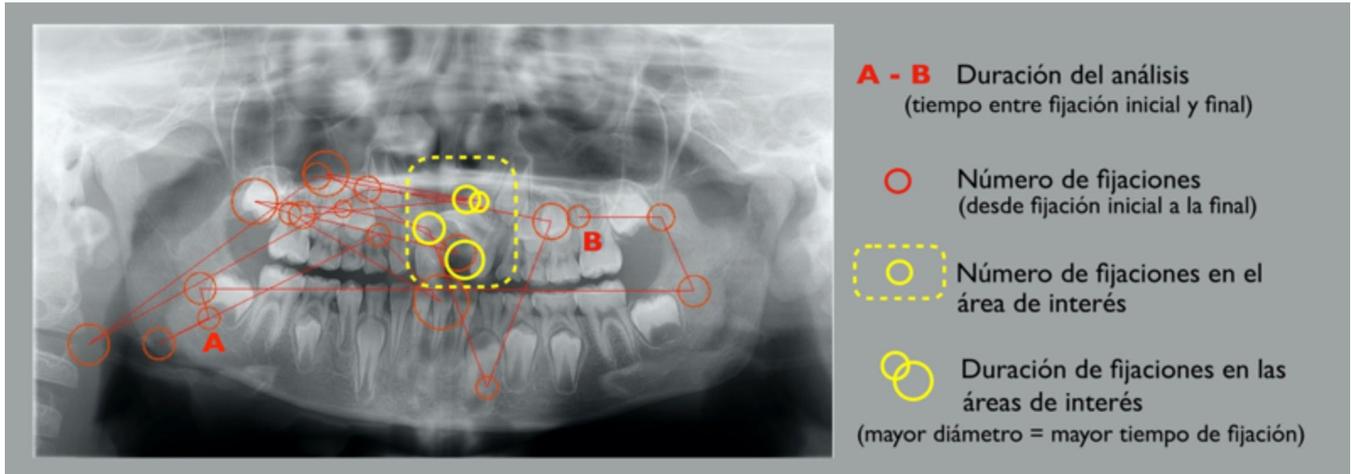


Figura 7. Parámetros medidos en los resultados de las trayectorias eye tracker.

Duración del análisis

La duración promedio de análisis de los alumnos de tercero es de 113,67 segundos, con una mediana de 104,26. El grupo de sexto año tuvo una duración promedio de 105,29 segundos y una mediana de 88,72, mientras que los radiólogos tuvieron una duración promedio de 135,82 con una mediana de 121,58. Se estableció que el tiempo que tarda un radiólogo en analizar una ortopantomografía es significativamente mayor que un alumno de tercero ($p=0,004$) y sexto año, no encontrándose diferencias entre los grupos de alumnos ($p=0,3281$) (ver figura 8).

Número de fijaciones en las radiografías

Se observó que en tercero las fijaciones fueron en promedio 183,68, con una mediana de 162. En contraste, la cantidad observada en sexto año fue en promedio 203,88 con una mediana de 179, mientras que en el grupo de radiólogos se observó un promedio de fijaciones de 216,88 con una mediana de 187,5. La cantidad de fijaciones de un alumno de tercero es significativamente menor que los alumnos de sexto y radiólogos, no estableciéndose diferencias entre estos dos últimos grupos (ver figura 9).

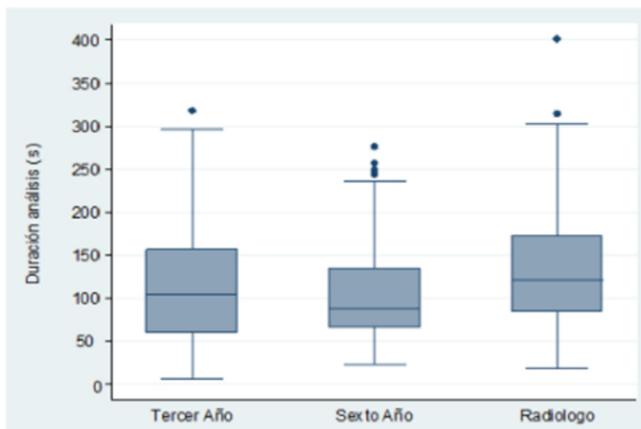


Figura 8. Distribución de la duración (segundos) del análisis de las radiografías según grupo de estudio.

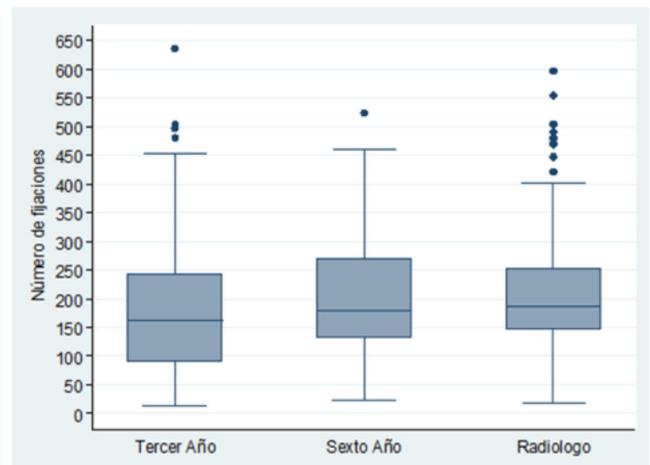


Figura 9. Distribución del número de fijaciones según grupo de estudio.

Número de fijaciones en las áreas de interés

El promedio del número de fijaciones en áreas de interés en tercero fue de 464,63, con una mediana de 394. En el grupo de sexto, el promedio fue 383,9, con una mediana de 342. El grupo de radiólogos tuvo un número promedio de fijaciones de 384, con una mediana de 364. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos de estudio (ver figura 10).

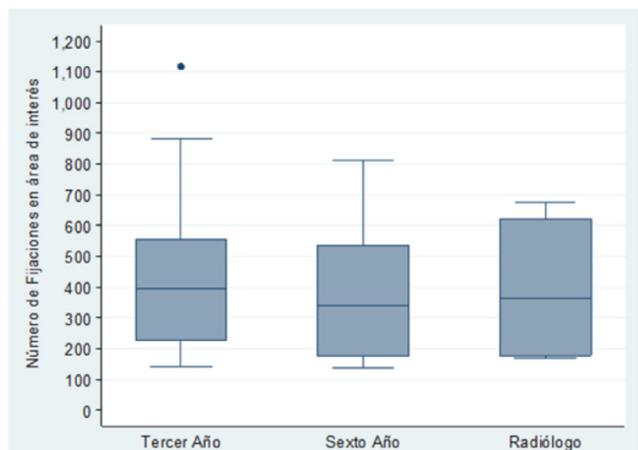


Figura 10. Distribución del número de fijaciones de los sujetos en las áreas de interés según grupo de estudio

Duración de fijaciones en las áreas de interés

La duración promedio observada en el grupo de tercero fue de 0,95 segundos, con una mediana de 1,04. En sexto año el promedio fue 0,93 segundos, con una mediana de 0,96. En el grupo de radiólogos se obtuvo un promedio de 0,99 segundos, y una mediana de 1,09. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos de estudio (ver figura 11).

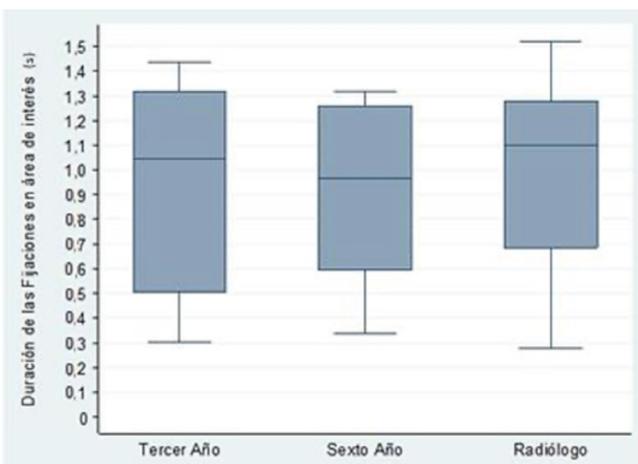


Figura 11. Distribución de la duración (medida en segundos) de las fijaciones de los sujetos en las áreas de interés según grupo de estudio

Correlación entre precisión diagnóstica y experiencia clínica

Se realizó un análisis de independencia para establecer la presencia o no de una correlación entre precisión en el diagnóstico y experiencia clínica en años. Se consideró a los alumnos de tercer año como el grupo de observadores "sin experiencia clínica" ya que no registraban atención de pacientes, a sexto año como el grupo "con experiencia clínica", debido a que habían aprobado las asignaturas de tratamientos clínicos a pacientes (3 años académicos) y, por otra parte, los radiólogos fueron considerados como el "gold standard".

En relación a la precisión diagnóstica se consideraron las respuestas como: "correcta", "incorrecta", "incompleta", "correcta con error", "incompleta con error". En relación a esto se observó que los alumnos de tercer y sexto año no presentaron diferencias considerables al momento de diagnosticar. De los resultados de diagnósticos correctos, solo un 12,78% correspondió a alumnos de tercero, mientras que, los alumnos de sexto obtuvieron un 16,11% y los radiólogos 60%. En cuanto a diagnósticos incorrectos, tercero obtuvo un 40%, sexto un 31,67% y los radiólogos solo un 5%.

Para establecer correlación, se aplicó el test de independencia de Kendall y se rechazó la independencia entre las variables ($p=0,000$) tanto, al comparar el grupo de tercer año y los especialistas como al hacerlo entre sexto año y especialistas. Por lo tanto, existe relación entre la experiencia clínica y la precisión diagnóstica, por lo que el diagnóstico es más acertado a medida que aumentan los años del ejercicio de la profesión.

Finalmente para la correlación entre ambos grupos de estudiantes, se realizó un análisis de independencia de chi-cuadrado donde se obtuvo un $p=0,206$ por lo que se establece la independencia entre las variables lo cual nos indica que no existe relación entre la precisión diagnóstica y la experiencia clínica entre alumnos de tercer y sexto año.

Discusión

Se observó que los alumnos de ambos cursos no siguen un patrón de análisis constante como los radiólogos, lo que es compatible con los estudios de Turgeon & Lam y Hollevoet^{13,14}. Este comportamiento se atribuye a la práctica y las estrategias desarrolladas a lo largo de los años por parte de los especialistas.

Respecto a la precisión diagnóstica, se obtuvo que los radiólogos tuvieron una mayor cantidad de diagnósticos correctos en relación a los alumnos. Esto concuerda con

los estudios previamente mencionados^{13,14}, donde aquellos más experimentados detectaron mayor cantidad de alteraciones en las imágenes. En esos estudios sin embargo, se consideró como “diagnóstico correcto” el hecho de tener fijaciones sobre las alteraciones de las imágenes, lo que no significa que realmente hayan diagnosticado dicha alteración como tal.

En relación a la asociación entre el uso de patrón de análisis y la precisión diagnóstica, no existen antecedentes de este análisis en estudios anteriores. Si bien en nuestra investigación no se logró establecer una correlación entre las variables, esto se debe a la cantidad limitada de participantes.

En cuanto a la duración del análisis el grupo de radiólogos tardó significativamente más tiempo que los alumnos, lo que difiere de investigaciones previas^{13,14}. Esta discrepancia puede estar asociada al hecho de que los especialistas, además de centrarse en las alteraciones, dedicaron tiempo a observar la imagen en su totalidad, probablemente en busca de otras anomalías.

Se observó que el número de fijaciones promedio de los alumnos de tercero es significativamente menor a los alumnos de sexto y radiólogos. Esto discrepa con estudios previos^{13,14}, donde los más experimentados son los que presentan menos fijaciones promedio en la imagen. Esta diferencia se puede asociar a que los alumnos de tercero no observaron todas las áreas de la radiografía, centrándose preferentemente en la zona dentaria.

Se observó que el número y duración de fijaciones en las áreas de interés de cada grupo fue estadísticamente igual,

lo que concuerda con los resultados de Turgeon & Lam¹⁴. Si bien no hubo diferencias entre los grupos, la distribución de estas fijaciones fue distinta, ya que la mayoría de los radiólogos observaron todas las alteraciones de todas las radiografías, mientras que los alumnos centraron esta misma cantidad de fijaciones en las alteraciones ubicadas solo en zona dentaria.

Se observó que a mayor experiencia, mejor es la competencia en el diagnóstico radiográfico. Sin embargo, no hubo diferencia entre tercero y sexto, es decir que los 3 años de clínica del pregrado no mejoran la capacidad de pesquisar anomalías en una ortopantomografía. Si bien en el estudio Turgeon & Lam¹⁴ no se aplicó una prueba estadística, sí se describió una mayor precisión diagnóstica por parte de los especialistas.

Para obtener el mayor rendimiento de este examen, es necesario desarrollar un análisis sistemático para asegurar que los ojos inexpertos observen todas las estructuras de la ortopantomografía²³. Como era de esperar, los especialistas tuvieron una mayor precisión diagnóstica que los alumnos, confirmando que con práctica se adquiere mayor habilidad para pesquisar alteraciones. Se requiere reforzar conocimientos de anatomía maxilofacial, ya que si bien algunos alumnos intentaban observar todas las estructuras de las imágenes, al momento de mirar una zona alterada observamos que no sabían distinguir si se trataba de una estructura normal o no. Para obtener resultados satisfactorios luego del análisis radiográfico, es necesario aumentar el entrenamiento de los alumnos e incentivarlos a adoptar un patrón de análisis que permita observar todas las estructuras presentes en la imagen ordenadamente.

Bibliografía

- White S, Pharoah M. *Oral radiology*. 4th ed. St. Louis (Miss.): Elsevier; 2013.
- Whitley A, Sloane C, Hoadley G, Moore A, Anderson C, Holmes K. *Clark's positioning in radiography*. 13th ed. CRC Press; 2016.
- AyberkAltug H, Ozkan A. *Diagnostic Imaging in Oral and Maxillofacial Pathology*. INTECH Open Access Publisher; 2011; 245-246.
- Lurie A. *Oral Radiology: Principles and Interpretation* by Stuart White and Michael Pharoah. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2005;(5):191
- Farman A. *Panoramic radiology*. Heidelberg: Springer; 2010.
- Giovinco N, Sutton S, Miller J, Rankin T, Gonzalez G, Najafi B et al. A Passing Glance? Differences in Eye Tracking and Gaze Patterns Between Trainees and Experts Reading Plain Film Bunion Radiographs. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2015;54(3):382-391.
- Gegenfurtner A, Lehtinen E and Säljö. Expertise differences in the comprehension of visualizations: a meta-analysis of eye-tracking research in professional domains. *Educational Psychology Review*. 2011;23(4):523-552.
- Manning DJ, Ethell SC, Donovan T, Crawford T. How do radiologists do it? The influence of experience and training on searching for chest nodules. *Radiography* 2006;12(2):134-42.
- Matsumoto H, Terao Y, Yugeta A, et al. Where do neurologists look when viewing brain CT images? An eye-tracking study involving stroke cases. *PLoS One* 2011;6(12):e28928.
- Krupinski EA. Visual scanning patterns of radiologists searching mammograms. *Acad Radiol* 1993;3(2):137-44.
- Baghdady M, Carnahan H, Lam E, Woods N. Dental and dental hygiene students' diagnostic accuracy in oral radiology: effect of diagnostic strategy and instructional method. *J Dent Educ*. 2014;78(9):1279-85.
- Gunderman R, Williamson K, Fraley R and Steele J. Expertise: Implications for radiological education. *Academic Radiology*. 2001;8(12):1252-6.
- Hollevoet D. *Using an eye-tracker to Measure panoramic interpretation efficiency between experienced and inexperienced clinicians*. [Master of Science]. University of Minnesota; 2011.
- Turgeon D, Lam E. Dental Students' Examination Performance Regarding Panoramic Images. *Journal of Dental Education*. 2015;Volume 80(2): 156-164.
- "Learn more about eye tracking". Tobii. March 8, 2014. <http://www.tobii.com/en/about/what-is-eye-tracking/>
- Poole A, Ball L. Eye tracking in human-computer interaction and usability research: current status and future prospects. *Encyclopedia of human computer interaction*, 211-219, 2005.
- Tobii technology. *Tobii eye tracking; an introduction to eye tracking and Tobii eye trackers*. Danderyd, Sweden: Tobii technology AB; 2010.
- Turgeon D, Lam E. Dental Students' Examination Performance Regarding Panoramic Images. *Journal of Dental Education*. 2015; Volume 80(2): 156-164.
- Gila L., Villanueva A., Cabeza R.. *Fisiopatología y técnicas de registro de los movimientos oculares*. *Anales Sis San Navarra [Internet]*. 2009 [citado 2020 Ene 21]; 32(Suppl 3): 9-26. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272009000600002&lng=es.
- González L, Velázquez J. Una Aplicación de Herramientas de Eye-Tracking para Analizar las Preferencias de Contenido de los Usuarios de Sitios Web. *Revista de Ingeniería de Sistemas*. 2012;26(1):95-118.
- Krupinski EA, Kundel HJ, Judy PF, Nodine CF. Key Issues for Image Perception Research. *Radiology* 1998; 209:611-612.
- Chan KC. *Jaw bone changes on panoramic imaging after head and neck radiotherapy*. Thesis (M.Sc.) University of Toronto. 2012.
- Khalifa HM. *The effectiveness of systematic search strategy training for the analysis of panoramic images*. Thesis (M. Sc.) University of Toronto. 2013.
- Ambrose SA, Bridges MW, Lovett MC, et al. *How learning works: 7 research-based principles for smart teaching*. San Francisco: Jossey-Bass, 2010.
- Law B, Atkins MS, Kirkpatrick AE, Lomax AJ. Eye gaze patterns differentiate novice and experts in a virtual laparoscopic surgery training environment. *Proceedings of the 2004 Symposium on Eye Tracking Research and Applications*, ACM, New York, 2004, pp. 41-48.
- K. Blondon et al. / Use of Eye-Tracking Technology in Clinical Reasoning: A Systematic Review. *Studies in Health Technology and Inform*. 2015; volume 210 *Digital Healthcare Empowering Europeans*:90-94.
- Li R, Pelz J, Shi P, Alm CO, Haake A. Learning Eye Movement Patterns for Characterization of Perceptual Expertise. *Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications*. New York NY: ACM; 2012;393-6.
- Tourassi G, Voisin S, Paquit V, Krupinski E. Investigating the link between radiologists' gaze, diagnostic decision, and image content. *J Am Med Inform Assoc* 2013;20:1067-75.
- Botelho MG, Ekambaram M, Bhuyan SY, et al. A comparison of visual identification of dental radiographic and nonradiographic images using eye tracking technology. *Clin Exp Dent Res*. 2020;6:59-68. <https://doi.org/10.1002/cre2.249>