

Recibido: 16 de noviembre del 2011 Aprobado: 6 de marzo del 2012

HERRAMIENTA INTERACTIVA PARA EL ADECUADO TRAZADO Y UBICACIÓN DE LOS PUNTOS CEFALOMÉTRICOS EN LA RADIOGRAFÍA POSTEROANTERIOR (PA)*

INTERACTIVE TOOL FOR THE CORRECT TRACING AND CEPHALOMETRIC LANDMARK LOCALIZATION IN POSTEROANTERIOR X-RAYS

Diego Arias,¹ Sara Nope,² Carlos Osorio,³ Luis Prada,⁴ Sandra Liliana Castillo,⁵ Gabriel Sánchez,⁶ María Alejandra González Bernal⁷

RESUMEN

Introducción: artículo de investigación derivado del proyecto de investigación “Procesos de investigación pedagógica y tecnología aplicada a la enseñanza y aprendizaje”, del grupo de investigación “Odontoposgrados” de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Bogotá. Durante el proceso enseñanza-aprendizaje de anomalías dentofaciales (ADF) se han identificado fallas en la localización de los puntos cefalométricos en la radiografía posteroanterior, por lo cual se diseñó una herramienta para reforzar y facilitar el trazado y la ubicación de dichos puntos. **Objetivo:** diseñar y desarrollar una herramienta interactiva que facilite a los estudiantes de ortopedia funcional y ortodoncia la adecuada ubicación de los puntos cefalométricos en la radiografía posteroanterior. **Materiales y métodos:** para la ejecución del CD-ROM se realizó una revisión bibliográfica previa al diseño, y posteriormente se organizaron tres unidades temáticas: recomendaciones del análisis radiográfico, trazado y ubicación de los puntos. El software requirió del uso de los programas Multimedia: Plataforma: Flash, Lenguaje: Actionscript 2.0 Versión web: Plataforma: Html5, swf. Programación: javascript. Estilos: CSS. **Resultados:** se diseñó un software interactivo para facilitar el adecuado trazado y ubicación de los puntos cefalométricos en la radiografía posteroanterior. **Conclusión:** este CD-ROM sirve como apoyo para el mejoramiento del diagnóstico y plan de tratamiento en pacientes con anomalías dentomaxilofaciales.

Palabras clave: herramienta interactiva, radiografía posteroanterior, trazado y ubicación de los puntos cefalométricos.

ABSTRACT

Introduction: this is a research paper from the “Pedagogical research processes and technology applied to teaching and learning” of the “Odontoposgrados” research group of the Universidad Cooperativa de Colombia at Bogotá. During the learning process on dentofacial deformities, it has been identified some mistakes in cephalometric landmark localization on the posteroanterior X Rays images. For that reason, it was designed a tool to reinforce this learning and to make the localization of the points easier for the students. **Objective:** to design and develop an interactive tool to help students of orthopedics functional and orthodontics acquire skills to make the correct tracing and cephalometric landmark localization in the posteroanterior X Rays. **Materials and methods:** a literature review was carried

Cómo citar este artículo: Arias D, Nope S, Osorio C, Prada L, Castillo SL, Sánchez G, González Bernal MA. Herramienta interactiva para el adecuado trazado y ubicación de los puntos cefalométricos en la radiografía posteroanterior (PA). Revista Nacional de Odontología. 2012; 8(14): 24-31.

* Artículo de investigación derivado del proyecto de investigación “Procesos de investigación pedagógica y tecnología aplicada a la enseñanza y aprendizaje”, realizado por el grupo de investigación “Odontoposgrados” de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Bogotá, 2011.

¹ Odontólogo del Colegio Odontológico Colombiano. Estudiante residente de la Especialización en Ortopedia Funcional y Ortodoncia de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Bogotá. Correo electrónico: arias.diego@campusucc.edu.co

² Odontóloga del Colegio Odontológico Colombiano. Estudiante Residente de la Especialización en Ortopedia Funcional y Ortodoncia de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Bogotá. Correo electrónico: sara.nope@campusucc.edu.co

³ Odontólogo de la Universidad de Antioquia. Estudiante de la Especialización en Ortopedia Funcional y Ortodoncia de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Bogotá. Correo electrónico: carlos.osorio@campusucc.edu.co

⁴ Odontólogo de la Pontificia Universidad Javeriana. Estudiante de la Especialización en Ortopedia Funcional y Ortodoncia de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Bogotá. Correo electrónico: luis.prada@campusucc.edu.co

⁵ Odontóloga y Ortodoncista de la Pontificia Universidad Javeriana. Docente de la Especialización en Ortopedia y Ortodoncia de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Bogotá. Correos electrónicos: sancasblan@yahoo.com, sandra.castillo@campusucc.edu.co

⁶ Odontólogo y Cirujano Maxilofacial de la Universidad Nacional de Colombia. Docente de la Especialización en Ortopedia Funcional y Ortodoncia de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Bogotá. Correos electrónicos: gabodonqx@hotmail.com, gabriel.sanchez@campusucc.edu.co

⁷ Odontóloga de la Escuela Colombiana de Medicina. Magíster en Administración en Salud de la Pontificia Universidad Javeriana. Docente investigadora en Posgrados de Odontología de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Bogotá. Correos electrónicos: maria.gonzalezbe@campusucc.edu.co, m_alejandragonzalez@yahoo.com

out before doing the design of the CD. Following this, it was organized in three thematic units: recommendations, anatomic tracings, and cephalometric landmarks localization. The tool was developed as a Multimedia Platform: Flash, Language: Actionscript 2.0 Version web: Platform: Html5, swf. Programming: javascript. Styles: CSS. Results: an interactive tool for the appropriate tracing and cephalometric landmarks localization in the posteroanterior radiography was done. **Conclusion:** this CD serves as a support for improving diagnosis and treatment planning of patients with dentofacial deformities.

Keywords: interactive tool, posteroanterior radiography, tracing and cephalometric landmark localization.

Introducción

La radiografía posteroanterior (PA) proporciona una imagen craneofacial en sentido dorsoventral de un individuo. Es útil especialmente porque permite identificar asimetrías esqueléticas y patologías óseas en el eje axiocoronal, por lo cual es el complemento ideal de la radiografía lateral de cráneo; esta valora el eje axiosagital y compara el lado derecho del individuo con su contralateral, con el fin de detectar anomalías de origen esquelético, dental y de tejidos blandos.¹

La proyección posteroanterior de cráneo se denomina así porque el rayo pasa en dirección dorsoventral a través de este, dando una buena visualización de las estructuras faciales en todos sus tres tercios. Para la proyección posteroanterior en bipedestación, la cabeza se centra delante del chasis con la línea cantomeatal paralela al suelo. Para las aplicaciones cefalométricas, la nariz debe estar un poco más alta, de modo que la proyección anterior de la línea cantomeatal forme un ángulo de 10° por encima de la horizontal, y el plano de Frankfort quede perpendicular a la película y paralelo a la horizontal verdadera. En la radiografía resultante, el borde superior del surco del seno petroso debe estar situado en el tercio inferior de la órbita; esta orientación pone el plano oclusal en una posición horizontal.²

Se ha desarrollado un análisis de la radiografía PA para proporcionar información clínicamente relevante sobre los lugares específicos y las cantidades de la asimetría facial. Dicha información puede estar relacionada con los datos cefalométricos laterales para completar una evaluación facial de tres dimensiones. Su propósito es comparativo y cuantitativo, pero no normativo.³

La cefalometría posteroanterior (CPA) tiene gran importancia para la evaluación en sentido transversal de las relaciones esqueléticas, maxilares y dentoalveolares; además, es importante en el diagnóstico y la

cuantificación de problemas estructurales bilaterales y alturas craneofaciales.⁴

La radiografía posterioranterior (PA) sirve para el estudio de la simetría de los componentes del macizo facial para el diagnóstico diferencial de malformaciones que comprometen los complejos naso-orbita-etmoidales, malares, maxilomandibulares y de la fosa piramidal que llegan hasta la línea media facial. Su utilidad en ortodoncia se enfoca en el diagnóstico de las asimetrías en casos quirúrgicos y la evaluación de tratamientos de expansión o disyunción del maxilar superior.⁵

Existen limitaciones en cuanto al uso de la CPA, incluyendo tanto la dificultad para reproducir la posición cefálica como los errores en la identificación de los puntos de referencia.⁶ Los errores en los análisis cefalométricos pueden ser sistemáticos o aleatorios; dentro de los últimos están las equivocaciones en el trazado e identificación de los puntos de referencia y en las medidas.⁷ La definición precisa de los puntos de referencia y el entrenamiento del clínico reduce la posibilidad de hacer errores de interpretación.⁸

Van Der Linden determinó en su estudio de 1971 que la variación en la localización de los puntos está basada en la dificultad de ubicar las estructuras anatómicas. Estos pueden variar por la ubicación diferente en cada individuo y por las sombras de los tejidos blandos o superposición de estructuras. Una variable descartada en este estudio es el crecimiento de los individuos, ya que es una constante en el cambio de la localización de los puntos.⁹

Con respecto a los errores en la ubicación de los puntos de referencia, Savara en 1979 menciona que estos pueden ser producto de varios factores, entre los cuales se encuentran las variaciones en su posición durante el crecimiento, la poca definición de los puntos anatómicos en las imágenes o el entrenamiento insuficiente del operador.¹⁰

En el 2000 Liu y Chen evaluaron la precisión de un sistema computarizado de identificación de puntos cefalométricos. Se usaron 13 puntos de referencia de un set de 10 cefalogramas. Los resultados mostraron que la diferencia entre los errores de la ubicación manual y la computarizada no fueron significativamente diferentes, y sugieren que el uso de la computarización automática para la identificación de puntos es aceptable solamente para unos determinados. Concluyen que se necesitan nuevos casos para definir la exactitud de los métodos computarizados.¹¹

En el 2008, Leonardi, Giordano, Maioran y Spampinato publicaron un artículo en el que describen las técnicas usadas en los diferentes análisis cefalométricos automatizados, mostrando sus debilidades y fortalezas y revisando el porcentaje de éxito en la localización de cada punto. La evolución desde las cefalometrías puramente manuales a los análisis asistidos por computador ha permitido mejorar el valor diagnóstico de dicho análisis mediante la reducción de los errores y el ahorro de tiempo.¹²

La cantidad de errores en la identificación de puntos cefalométricos en el estudio de Pirttiniemi en 1996 fue relativamente alta. Concluye que no es recomendable hacer comparaciones métricas entre los resultados de diferentes estudios cefalométricos basados en vistas radiográficas frontales, ya que se puede encontrar una diferencia considerable en los resultados por la variación individual de la manera como se identifican los puntos.¹³

En 1999, Athanasiou, Miethke y van Der reportaron en su estudio los errores en la localización de los puntos de referencia en la cefalometría posteroanterior. Afirman que dichos errores en la digitalización son insignificantes con respecto a los que se cometen en la identificación de los puntos de referencia, y que cada punto de referencia tiene su patrón característico de varianza, el cual es muy similar en ambos lados. Por último, muestran que hay diferencias significativas en la precisión de los puntos de referencia posteroanteriores.¹⁴

La mayoría de los errores en la cefalometría convencional incluye aspectos de la proyección y el trazado. La fuente más importante de errores de trazo es la dificultad en la identificación de los puntos de

referencia; los errores intraobservador son menores que los de interobservador.¹⁵

En el 2002, Young, Dong y Phil identificaron los potenciales errores de proyección en las cefalometrías sobre radiografías posteroanteriores de cráneo producidos por la rotación de la cabeza en el eje vertical. Encontraron que en el valor del eje Z había diferencias estadísticamente significativas en cada punto con respecto a la rotación de la cabeza. Concluyen entonces que para aumentar el valor diagnóstico de la cefalometría posteroanterior esta debe ser tomada sin que la cabeza se rote en torno a la vertical del eje Z.¹⁶

En el estudio de valoración de error en la identificación de los puntos cefalométricos en la radiografía posteroanterior de cráneo realizado en la Universidad Cooperativa de Colombia, se concluyó que los puntos que presentaron mayor problema en su localización fueron foramen rotundum derecho e izquierdo, suturas frontocigomáticas derecha e izquierda, arcos cigomáticos derecho e izquierdo y condileon; los puntos que se ubicaron con mayor facilidad y menor error fueron antegonion derecho e izquierdo y el punto mentón, siendo este último determinante para la ubicación de la línea media sagital de referencia.

Se determinó que la falencia en la adecuada localización de los puntos cefalométricos de la radiografía posteroanterior se debía probablemente a la falta de práctica en este proceso.¹⁷

Se considera importante recalcar la ayuda que las herramientas e-learning tienen para las instituciones educativas, las cuales producen un entorno más globalizado y especializado.¹⁸ Las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) han introducido herramientas y procedimientos que permiten motivar e incentivar el cambio metodológico docente y ayudan en los procedimientos de investigación.

Todos los modelos pedagógicos en el amplio rango, rico en matices y en valores, comprendido entre el academicismo y el constructivismo, entre el aprendizaje por transmisión y el aprendizaje significativo, se sirven de recursos en la búsqueda del objetivo educativo. Si bien los recursos y los materiales elaborados con las TIC pueden utilizarse con cualquier metodología —basta abordar su proyección en una pantalla y se dispondrá de una “pizarra electrónica”—, cada uno de ellos tiene

un marco pedagógico, más extenso o más restringido, en el que realmente es un potenciador metodológico.¹⁹

Las horas de trabajo independiente a través del empleo de tecnologías educativas pueden incluir como metodología del aprendizaje los medios interactivos y las aplicaciones hipertexto que incluyen gráficos, audio y video.²⁰ De igual manera, esta tecnología ahorra tiempo de instrucción y es más práctica en cuanto a pedagogía autónoma se refiere.²¹ Este tipo de aprendizaje puede ser descrito como la distribución y el acceso a colecciones coordinadas de materiales de aprendizaje sobre un medio electrónico, usando un servidor web para distribuir los materiales, un navegador para acceder a ellos y los protocolos TCP/IP y HTTP para mediar el intercambio. Tal tipo de situaciones de aprendizaje puede incluir aplicaciones FTP, videos bajo demanda, acceso intranet, uso del teléfono, tecnología CD-ROM, materiales impresos y una variedad de otros componentes que pueden ser el uso de Internet, un navegador y otros protocolos convencionales de comunicación.²²

En la Edad Media, los anatomistas comenzaron a familiarizarse con la integración de las ciencias básicas en el contexto clínico o viceversa. Aunque las diversas modalidades y estrategias educativas en la escuela de odontología sobre estudios anatómicos han cambiado, las prioridades en esta enseñanza son los conceptos fundamentales para integrar los conocimientos de las ciencias básicas en la clínica, lo cual ha llevado a los educadores a desarrollar nuevos métodos de enseñanza-aprendizaje. Así, las nuevas herramientas informáticas de aprendizaje y laboratorios de instrucción asistida por computador han sido introducidas en las facultades de odontología.²³

Al-Jewair y colaboradores en el 2009 realizaron un metanálisis del uso del aprendizaje asistido por computador en ortodoncia (CAL), y evaluaron específicamente su eficacia y el ahorro de tiempo que se conseguía a través de este. En conclusión, las actitudes de los estudiantes fueron positivas hacia el CAL y se encontró un aumento generalizado en la eficacia en la adquisición del conocimiento; sin embargo, no

se pueden sacar conclusiones sobre la eficacia del instrumento respecto al ahorro de tiempo.²⁴

En el 2009, en el estudio de Mulgrew y Drage sobre los efectos de un programa de enseñanza por web desde la casa por medio del aprendizaje virtual (EVA), se evaluó si la reducción del personal académico tenía algún efecto en la enseñanza y el aprendizaje. Los resultados demostraron que el aprendizaje virtual tiene efectos positivos en la enseñanza y en la docencia del posgrado en ortodoncia y que el personal docente en general no se reduce, sino que se transforma. A pesar de la popularidad de esta web basada en los recursos de aprendizaje, los alumnos siguen valorando la oportunidad de interactuar cara a cara con sus maestros y compañeros y están dispuestos a viajar para las sesiones de enseñanza organizada.²⁵

En la Especialización de Ortopedia Funcional y Ortodoncia de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Bogotá, se han identificado errores en el trazado y ubicación de los puntos cefalométricos en la radiografía posteroanterior, lo que ha llevado al siguiente interrogante: en el proceso enseñanza-aprendizaje de anomalías dentofaciales (ADF), ¿qué herramienta interactiva facilita el trazado y ubicación de puntos cefalométricos en la radiografía posteroanterior?

Materiales y método

El estudio fue de desarrollo tecnológico; se diseñó y realizó un CD-ROM interactivo sobre el adecuado trazado y ubicación de los puntos cefalométricos en la radiografía posteroanterior (PA).

Para la elaboración de esta herramienta interactiva, se tuvieron en cuenta los siguientes pasos: revisión bibliográfica de la anatomía del cráneo y de los puntos cefalométricos (ubicación, nombres, etcétera), y el trazado de estos en la radiografía posteroanterior. Dicha información fue avalada por dos docentes especialistas, un cirujano y un ortodoncista, quienes además dieron las pautas para organizar los tres ejes temáticos: recomendaciones del análisis radiográfico, trazado de la radiografía y localización de los puntos. La organización de los temas se presenta en la figura 1.

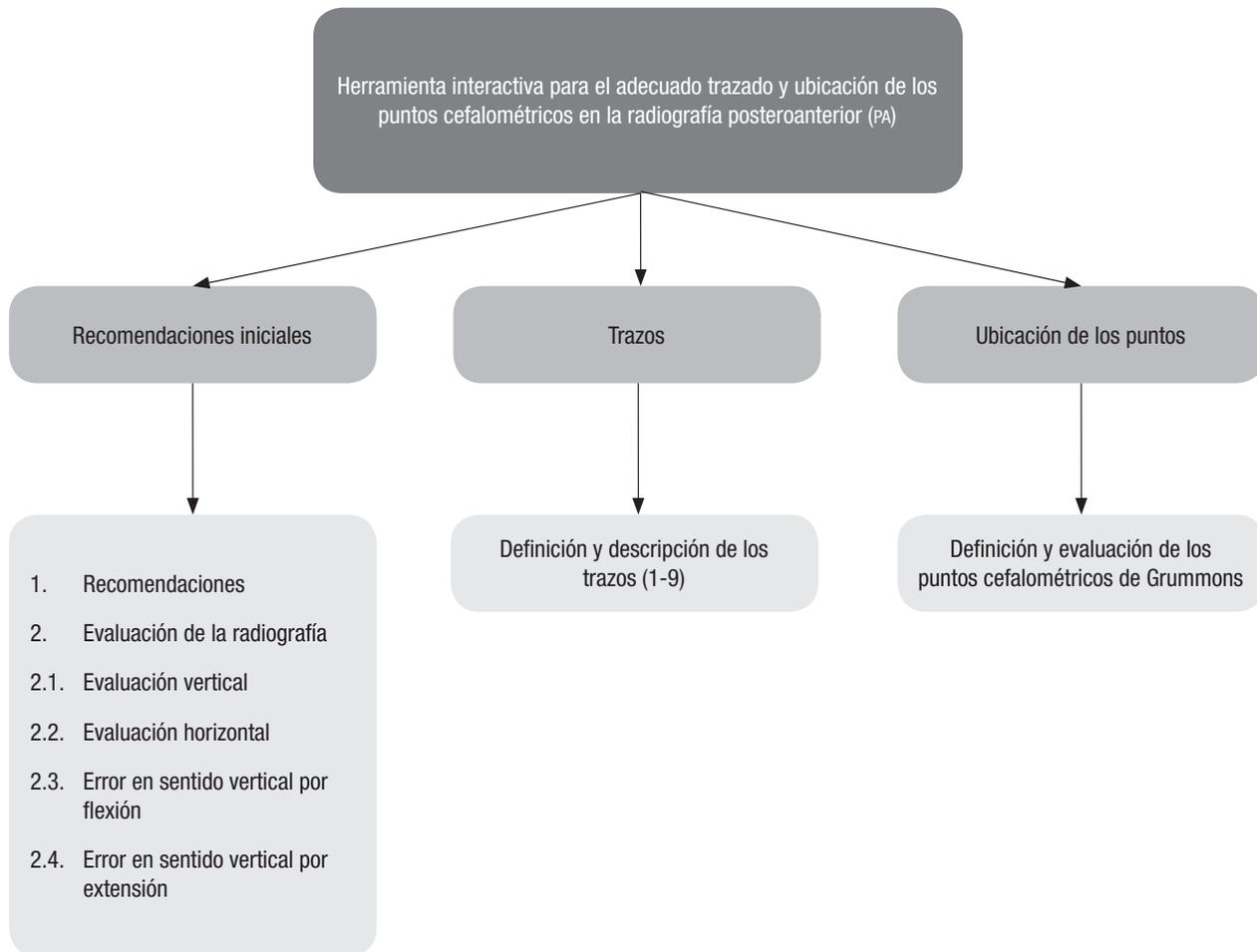


Figura 1. Organización del CD-ROM

Fuente: los autores

Los temas sirvieron como insumo para el desarrollo del CD-ROM. La herramienta fue desarrollada por un ingeniero de sistemas, utilizando las siguientes características de multimedia: la plataforma Flash es el software que se usó para la realización de la multimedia; el lenguaje Actionscript 2.0 es en el que se trabaja dentro de Flash y en el que se hace posible la navegación y el funcionamiento de la multimedia; la versión web se hizo en la plataforma Html5, que es el lenguaje que se usa para que funcione como pagina web, swf; la programación se hizo en javascript y los estilos en CSS, es el lenguaje usado para que funcione como página web.

Resultados

Se elaboró un CD-ROM, el cual inicia con una animación de los nombres de los integrantes que diseñaron la herramienta interactiva y un link que dice ENTRAR. Posteriormente, aparece el índice en el que se muestra la tabla de contenido del CD-ROM (figura 2), desde el cual el usuario puede acceder a las unidades temáticas.

La primera unidad incluye las recomendaciones previas a la realización del trazo: evaluación de la radiografía en sentido vertical, evaluación horizontal, error en sentido vertical por flexión, error en sentido vertical por extensión con sus respectivas descripciones.



Figura 2. Índice con las diferentes unidades temáticas en el CD-ROM
Fuente: los autores

En las recomendaciones, lado superior, aparece el link “Trazos” en el que se puede encontrar la definición y la descripción ordenada de cómo realizar los nueve trazos y localizar las estructuras anatómicas. Estos se realizan de arriba hacia abajo y bilateralmente en la radiografía (figura 3).



Figura 3. Visualización en el CD-ROM de un trazo de las estructuras anatómicas
Fuente: Grummons D³

Al lado derecho de “Trazos” se encuentra el link “Ubicación de los puntos”, en el que de manera ordenada se le enseña al operador la definición y la ubicación de los puntos de la cefalometría de Grummons; en el CD-ROM solo se incluyen doce puntos de ubicación (figura 4). Por último, se encuentra al lado derecho de “Ubicación de los puntos” el link de “Bibliografía”.

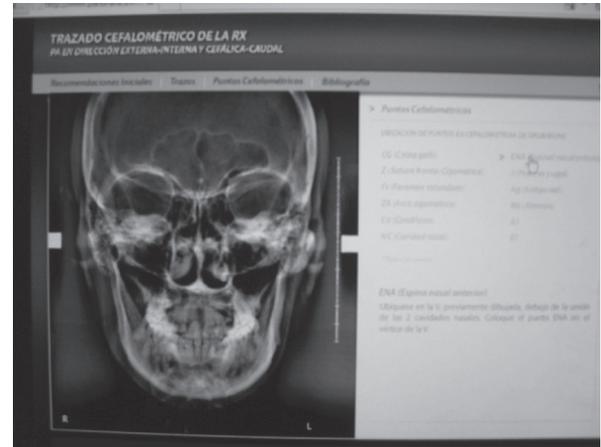


Figura 4. Visualización en el CD-ROM de la localización de los puntos de la cefalometría de Grummons
Fuente: Grummons D³

El software se puede ejecutar desde Internet por medio del link: http://www.panoramicavisual.com/ucc/multimedia_septiembre_2.swf

Discusión

En la Especialización de Ortopedia Funcional y Ortodoncia de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Bogotá, se utiliza la radiografía posteroanterior en la cátedra de ADF como parte de las ayudas de diagnóstico. Por tal razón, se evidenció la necesidad de desarrollar una herramienta multimedia como material de enseñanza que facilite el proceso de aprendizaje en estas áreas.

Leonardi y colaboradores¹² en el 2008 identificaron errores en la cefalometría convencional, especialmente en el trazado y en la dificultad para ubicar los puntos de referencia, semejante a lo reportado por los docentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la cátedra de anomalías dentofaciales (ADF).

En la Universidad Cooperativa de Colombia se han desarrollado herramientas interactivas teniendo en cuenta los mismos programas (multimedia: plataforma: Flash; lenguaje: Actionscript 2.0; versión web: plataforma: Html5, swf; programación: javascript; estilos: CSS). Este CD-ROM se diferencia de los realizados previamente en la especialización por la temática seleccionada y por su organización interna.

Young y colaboradores¹⁶ en el 2002 recomendaron que la radiografía posteroanterior debe ser tomada

sin que la cabeza se rote en torno al eje vertical. Esto condujo a la realización de una unidad temática en el CD-ROM, previa a las unidades de trazado y localización de los puntos, la cual sirve para clarificar los datos sobre la manera como está tomada la radiografía, ya que puede producir un sesgo a la hora de desarrollar el trazo y localizar los puntos, y por ende sesgar el diagnóstico final.

La aplicabilidad del contenido del CD-ROM se relaciona con el apoyo en la cátedra de anomalías dentofaciales (ADF). Sin embargo, este contenido deberá ser evaluado previamente frente a situaciones clínicas específicas que puedan presentarse en el desarrollo de la práctica profesional y como herramienta de aclaración o consulta de conocimientos por parte de la población a quien va dirigida.

Conclusiones

- Se elaboró una herramienta interactiva que facilita el trazado y la ubicación de los puntos cefalométricos en la radiografía posteroanterior.
- Las herramientas interactivas son un medio eficaz como complemento en el aprendizaje, reduciendo el tiempo de estudio, ya que la información se encuentra más específica y compacta, lo cual facilita el acceso del aprendiz, teniendo en cuenta la automotivación del usuario.
- En el área de ADF, la herramienta parece ser eficaz para mejorar los aprendizajes significativos de los estudiantes de ortodoncia.
- Se hace necesario evaluar el CD-ROM, en cuanto a aprendizaje y usabilidad para determinar su efectividad y pertinencia.

Referencias

1. Uribe G. Ortodoncia teoría y clínica. Medellín: CIB; 2004.
2. White S. Radiología oral. 4.^a ed. Madrid: Hartcourt; 2002.
3. Grummons D. A frontal asymmetry analysis. *J Clin Ortho*. 1987; 21(7): 448-65.
4. Hsiao T, Chang H. A method of magnification correction for posteroanterior radiographic. *Angle Orthod*. 1997; 67(2): 137-42.
5. Gregoret J. Ortodoncia y cirugía ortognática diagnóstico y planificación. Madrid: Espaxs; 1997.
6. Major PW, Johnson DE, Hesse KL, Glover KE. Effect of head orientation on posterior anterior cephalometric landmark identification. *Angle Orthod*. 1996; 66: 51-60.
7. Chen YJ, Chen SK, Yao JC, Chang HF. The effects of differences in landmark identification on the cephalometric measurements in traditional versus digitized cephalometry. *Angle Orthod*. 2004; 74: 155-61.
8. Major PW, Johnson DE, Hesse KL, Glover KE. Landmark identification error in posterior anterior cephalometrics. *Angle Orthod*. 1994; 64: 447-54.
9. Van Der Linden F. A Study of roentgenocephalometric bony landmarks. *Am Journal of Ortho*. 1971; 59(2): 111-25.
10. Savara BH. Anatomical location of cephalometric landmarks on the sphenoid and temporal bones. *Angle Orthod*. 1979; 49(2): 141-49.
11. Liu JK, Chen YT. Comparison of landmark identification in traditional versus computer-aided digital cephalometry. *AJODO*. 2000; 118: 535-40.
12. Leonardi R, Giordano D, Maioran F, Spampinato C. Anatomic cephalometric analysis. *Angle Orthod*. 2008; 78(1): 145-51.
13. Pirttiniemi MJ, Kantomaa K. Combined effects of errors in frontal-view asymmetry diagnosis. *Eur J Orthod*. 1996; (18): 629-36.
14. Athanasiou AE, Miethke R, van Der M. Random errors in localization of landmarks. *J Orthod*. 1999; 6(4): 273-84.
15. Gravely JF, Benzies, PM. The clinical significance of tracing error in cephalometry. *Br J Orthod*. 1984; 11: 44-8.
16. Young JY, Dong HK, Pil SY. Effect of the Head Rotation on posteroanterior cephalometric radiographs. *Angle Orth*. 2002; 72(1): 36-42.
17. Charry M, Gutiérrez D, Serrano J, Torres I. Valoración de error en la identificación de los puntos cefalométricos en la radiografía posteroanterior de cráneo. [Trabajo de grado Especialización Ortopedia Funcional y Ortodoncia]. Bogotá: Universidad Cooperativa de Colombia. Facultad de Odontología; 2010.
18. Van Der Henst C. E-learning. [Internet] [acceso 10 de octubre del 2011]. Disponible en: www.maestros-delweb.com/editorial/elearning
19. Galo J. Descartes “una herramienta interactiva para el aprendizaje significativo”. Departamento de Informática y Análisis Numérico, Universidad de Córdoba. [Internet]. [acceso 10 de octubre del 2011]. Disponible en: www.ugr.es/~edp/febrero06/DescartsWorkshop.pdf

20. Stemler LK. Education characteristics of multimedia: a literature review. *JEMH*. 1997; 6(3/4): 339-59.
21. Ambrose D. The effects of hypermedia on learning: a literature review. *Educational Technology*. 1991; 31(12): 51-5.
22. Alan R, Ritter J, Stevens D. *The online learning handbook*. Londres: Kogan; 2001.
23. Balcioglu HA, Kokten G, Guven Y. Future perspectives of anatomy in dental education: quo vadis? / Perspectivas futuras de la anatomía en la educación dental: ¿quo vadis? *Int J Morphol*. 2010; 28(1): 71-3.
24. Al-Jewair TS, Azarpazhooh A, Suri S, Shah PS. Computer-assisted learning in orthodontic education: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Educ*. 2009; 73(6): 730-9.
25. Mulgrew B, Drage K. An evaluation of the effects of a web-based modular teaching programmed, housed within a virtual learning environment on orthodontic training for specialist registrars. *J Orthodont*. 2009; 36(3): 167-76.