

Artículo original

# Reproducibilidad de las mediciones cefalométricas de tres métodos de análisis cefalométrico : manual, digitalización en tableta y digitalización en pantalla

Tafur M, Williams F, Meneses A. Reproducibilidad de las mediciones cefalométricas de tres métodos de análisis cefalométrico: manual, digitalización en tableta y digitalización en pantalla. Rev Estomatol Herediana 2002;12(1-2) : 9-14

Michel Tafur<sup>1</sup>  
Freddie Williams<sup>2</sup>  
Abraham Meneses<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Especialista en Ortodoncia.

<sup>2</sup>Profesor del Programa de Especialización en Ortodoncia.

Facultad de Estomatología. Universidad Peruana Cayetano Heredia

## RESUMEN

Se evaluó y comparó la reproducibilidad de tres métodos de análisis cefalométrico: manual, digitalización en tableta con software JOE 32 y digitalización de imágenes en pantalla con el software Compuceph 3.0. En ocho radiografías cefalométricas laterales se identificaron 23 puntos anatómicos de los cuales se obtuvieron 18 mediciones cefalométricas utilizando el método manual para someterlos a análisis por los tres métodos. La reproducibilidad interexaminador de las mediciones obtenidas en cada una de tres sesiones fue determinada utilizando la desviación media y estándar con respecto al promedio de las mediciones entre los examinadores. Las comparaciones entre los métodos fueron obtenidas utilizando ANOVA. La reproducibilidad intraexaminador de 6 examinadores en 3 sesiones fueron obtenidas mediante el coeficiente de concordancia "W" de Kendall. Se encontró diferencia significativa en la reproducibilidad de los métodos sólo en una de las 18 mediciones: IN-B con el método de digitalización en tableta. La medición ELI presentó la más alta reproducibilidad con los tres métodos estudiados. La medición de ANL presentó la más baja reproducibilidad. No se encontró que un método fuera mejor que otro. Los tres métodos utilizados son comparables excepto para la medición de IN-B con el método de digitalización en tableta.

Palabras claves: Cefalometría - Reproducibilidad - Análisis cefalométrico computarizado.

## Reproducibility of cephalometric measurements using three cephalometric analysis: manual, tablet digitalization and screen digitalization.

### SUMMARY

The objective of this study was to evaluate and compare the inter and intraexaminers reproducibility of three cephalometric analysis methods: manual, tablet digitization method using JOE32 software and screen digitization method using Compuceph software. Eight cephalograms were used in which a group of examiners identified 23 landmarks obtaining 18 cephalometric measurements using the manual method. These landmarks were also submitted for tablet digitization. For screen digitization the same eight cephalograms were used after scanned. The intraexaminer reproducibility was determined using mean and standard deviation. Comparison between methods was obtained using ANOVA. Intraexaminer reproducibility was obtained using the "W" Kendall concordance coefficient. There was significant difference in the reproducibility between methods only for IN-B with tablet digitization. ELI measurement showed the highest reproducibility; ANL measurement showed the lowest. The three methods used were comparable except for the IN-B measurement with tablet digitization method.

Keywords: Cephalometrics - Reproducibility - Computerized cephalometric analysis.

## Introducción

El análisis cefalométrico es una herramienta importante para el diagnóstico ortodóntico, planificación del tratamiento, evaluación de los resultados y la estimación del crecimiento craneofacial (1-4).

Se conocen tres métodos de análisis cefalométrico :

1) Método manual tradicional, incorporado en la ortodoncia por Broadbent en 1931, es una variante de la técnica craneométrica utilizada en antropología para la medición directa de cráneos secos. Consiste en la colocación de una hoja de papel de acetato sobre la radiografía cefalométrica y la obtención de un calco por

transparencia, el trazado, en el cual se registran las características anatómicas importantes, se identifican los puntos anatómicos y se realizan mediciones entre estos puntos utilizando instrumentos manuales. El principal inconveniente con éste método es el considerable consumo de tiempo (2).

- 2) Análisis cefalométrico asistido por computadora. En este método aunque la identificación de puntos se realiza manualmente, estos deben ser digitalizados para que una computadora calcule las mediciones cefalométricas. Este método puede realizarse de dos maneras (4,5):
  - a) Digitalización en tableta. Utiliza una tableta digitalizadora sobre la cual se marcan los puntos cefalométricos. Este método puede ejecutarse de manera directa o indirecta. Para el método directo se requiere que la tableta incorpore un negatoscopio de manera que los puntos sean identificados directamente empleando la transparencia radiográfica. Para el método indirecto se requiere necesariamente del trazado cefalométrico el cual debe ser digitalizado sobre la tableta.
  - b) Digitalización en pantalla. Requiere una imagen digital de la radiografía que permita localizar los puntos en el monitor utilizando el mouse como cursor.
- 3) Análisis automatizado. Para este método también se utiliza una imagen radiográfica digital de la radiografía, y es a partir de esta que la computadora realiza todo el análisis cefalométrico incluyendo la identificación automática de puntos. Este es un procedimiento muy rápido y preciso, sin embargo, actualmente posee una utilidad clínica muy limitada (5).

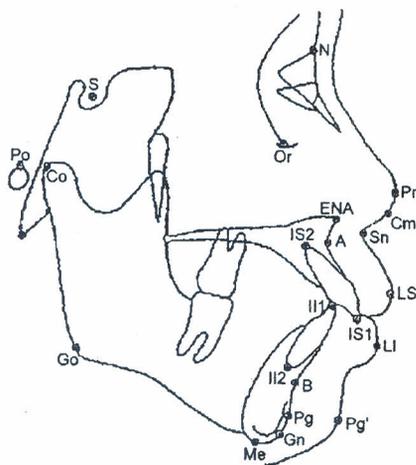
Muchos estudios han comparado los diferentes análisis computarizados con el análisis manual tradicional (4-17). Las conclusiones generales de estos estudios indican que aún con las grandes ventajas de los métodos computarizados, el análisis manual no deja de ser útil y confiable. Sin embargo, las diferencias metodológicas entre estos estudios no permite hacer comparaciones precisas entre los métodos. Para que un nuevo método sea ampliamente utilizado en la especialidad es necesario conocer su validez, reproducibilidad, eficacia, seguridad y costo-efectividad. El propósito de este estudio fue evaluar la reproducibilidad de las mediciones ob-

tenidas al emplear tres métodos cefalométricos utilizados en el servicio de ortodoncia de la Universidad Peruana Cayetano Heredia: método manual tradicional, digitalización en tableta con el programa JOE32 (Rocky Mountain Co.) y digitalización en pantalla con el programa Compuceph (American Orthodontics).

### Materiales y método

Se seleccionaron ocho radiografías de pacientes atendidos en el servicio de Ortodoncia-UPCH que cumplieran los siguientes criterios de inclusión: Radiografías pre-tratamiento de pacientes con dentición permanente consideradas en buen estado de conservación, con buena calidad por su contraste, nitidez y mínima distorsión.

Todas las radiografías fueron obtenidas bajo condiciones estandarizadas. Los examinadores fueron 11 residentes de ortodoncia con un mínimo de 18 meses de entrenamiento académico en la especialidad con quienes previamente se unificaron los criterios para la identificación de puntos y la metodología a emplear. En cada sesión (tres en total) se identificaron 23 puntos cefalométricos a partir de los cuales se obtuvieron 18 mediciones cefalométricas, definidas según Thurow (18), las cuales sirvieron como parámetro para comparación entre los métodos (Fig. 1).



**Figura 1. Puntos cefalométricos utilizados en este estudio.** Punto A (A);

Punto B (B); Columnela (Cm); Condilión (Co); Espina Nasal Anterior (ENA); Gnación (Gn); Gonion (Go); Borde incisal del incisivo inf (II1); Apice del incisivo inferior (II2); Borde incisal del incisivo sup (IS1); Apice del incisivo superior (IS2); Labio inferior (LI); Labio superior (LS); Mentón (Me); Nasium (N); Orbital (O); Pogonion (Pg); Pogonion blando (Pg'); Porion (Po); Pronasal (Pr); Sella (S); Subnasal (Sn).

Las mediciones cefalométricas calculadas a partir de estos puntos fueron: Sella-Nasion (SN), Angulo SNA (SNA), Angulo SNB (SNB), Angulo ANB (ANB), Distancia A-Nperpendicular (ANP), Distancia Pg-Nperpendicular (PGNP), Condilión-A (COA), Condilión-Gn (COGN), ENA-Mentón (ENAME), Angulo SN-GoGn (SNGGN), Angulo Incisivo superior.NA (AINA), Incisivo superior-NA (IN-A), Angulo Incisivo inferior.NB (AINB), Incisivo inferior-NB (IN-B), Pogonion-NB (PGNB), Angulo interincisal (II), Labio inferior-línea E (ELI), Angulo nasolabial (ANL).

En cada sesión se siguió la siguiente metodología:

- 1) Métodos manual (MM) y Digitalización en tableta (DT). Cada examinador identificó los puntos en los trazados de cada una de las ocho radiografías. Posteriormente, los puntos de estos trazados fueron digitalizados en una tableta por el investigador obteniéndose así los resultados de las mediciones para el método DT. Los puntos de estos trazados también fueron sometidos a medición manual pero realizada por el mismo investigador. Esta metodología tuvo la finalidad de eliminar los errores de digitalización y medición manual. Las mediciones del método JOE fueron obtenidas al digitalizar los trazados utilizando una tableta Grid Master (Numonics Corp, Montgomery, PA 18936) con una resolución de 0.1mm. Para realizar la digitalización se fijó con cinta adhesiva cada trazado en el centro de la tableta digitalizadora y se in-

gresaron los puntos requeridos siguiendo las indicaciones del fabricante del software JOE32 (19).

- 2) Método Compuceph. Las imágenes radiográficas utilizadas para este método fueron obtenidas previamente mediante escaneo de las originales por el mismo investigador utilizando un scanner AGFA DUOSCAN T1200, resolución de 400 dpi, escala de grises de 8 bits, tamaño 100%, en formato JPEG de alta calidad, como lo recomiendan Held et al (20). Siguiendo las indicaciones del fabricante del software Compuceph (21), estas imágenes fueron digitalizadas en el monitor por cada examinador utilizando el mouse. Cada examinador logró identificar los puntos directamente sobre la pantalla siguiendo un orden predeterminado, siendo autocorregida o repetida las veces que fueran necesarias hasta que el examinador quedara satisfecho.

Los procedimientos fueron repetidos en tres sesiones similares con intervalos de dos semanas. En la primera

sesión participaron 11 examinadores. En las otras dos sesiones sólo participaron seis examinadores escogidos aleatoriamente de entre los 11. Los datos obtenidos fueron almacenados en Hojas de Cálculo de Microsoft Excel de Office 2000 (Microsoft Corp.) y analizados con el paquete estadístico SPSS 9.0.

La reproducibilidad interexaminador fue calculada mediante la desviación (media y desviación estándar) con respecto al promedio de las mediciones con cada método, siguiendo la metodología de Geelen (22), y se establecieron 3 categorías de reproducibilidad: baja (desviación mayor a 2mm), mediana (desviación menor a 2mm pero mayor a 0.5mm) y alta (desviación menor a 0.5mm). Las diferencias entre los métodos cefalométricos y los observadores fueron evaluados mediante el análisis de varianza para cada medición. La reproducibilidad intraexaminador fue calculada utilizando el coeficiente de concordancia W de Kendall (23) de las 3 sesiones para cada examinador y método. También se establecieron 3 categorías de reproducibilidad: baja (W me-

nor de 0.5), mediana (W entre 0.5 y 0.75) y alta (W mayor a 0.75).

## Resultados

En la Tabla 1 y Fig. 2 se observa la reproducibilidad interexaminador representada por la desviación (media y desviación estándar) con respecto al promedio de cada medición entre todos los examinadores. Para todos los métodos sólo se observa alta reproducibilidad para la medición ELI (labio inferior con respecto a línea E), el resto de mediciones presentó una reproducibilidad mediana con excepción de PGNP, SNGGN, AINA, ANIB, IN-B con JOE, II y ANL, las cuales mostraron baja reproducibilidad. Es importante destacar que la medición ANL presentó la reproducibilidad más baja (desviación alrededor de 4mm).

Al comparar la reproducibilidad interexaminador entre los tres métodos sólo se observa diferencia estadísticamente significativa en 1 de las 18 mediciones: IN-B, en la cual el método JOE se muestra desventaja con respecto a los otros métodos estudiados.

Tabla 1. Reproducibilidad interexaminador por medición y método

MEDICIONES	MANUAL	JOE	COMPUCEPH
SN	0.71±0.27	0.66±0.26	0.75±0.58
SNA	1.22±0.44	1.27±0.41	1.91±0.78
SNB	1.05±0.4	0.95±0.24	1.26±0.46
ANB	0.95±0.33	0.81±0.33	1.02±0.24
ANP	1.47±0.52	1.15±0.6	1.61±0.5
PGNP	1.97±0.93	2.04±0.88	2.4±0.86
COA	1.61±0.4	1.31±0.36	1.49±0.45
COGN	1.33±0.72	1.30±0.76	1.46±0.7
ENAME	1±0.42	1.32±0.91	1.2±0.53
SNGGN	1.59±0.53	2.42±0.96	2.12±0.91
AINA	2.19±0.82	2.07±0.97	2.06±0.48
IN-A	1.54±0.56	1.48±0.54	1.46±0.45
AINB	1.96±0.67	2.1±0.89	2.72±1.11
IN-B	1.27±0.16	2.74±0.6	1.56±0.3
PGNB	0.72±0.3	0.75±0.39	0.6±0.28
II	2.81±1.48	2.69±1.51	3.32±1.34
ELI	0.43±0.22	0.41±0.19	0.46±0.13
ANL	3.45±1.61	3.36±1.17	4.08±2.81

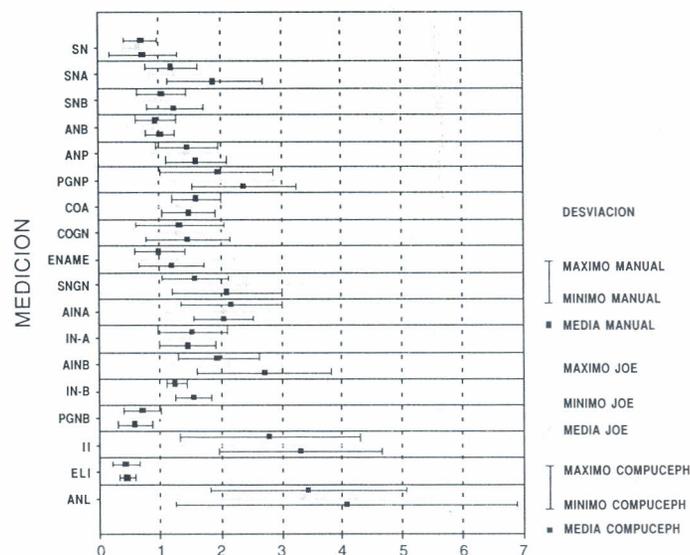


Fig. 2. Reproducibilidad interexaminador expresada como la desviación (media y desviación estándar) con respecto al promedio de las mediciones entre los 11 examinadores con cada método (Número de eventos: 8radiografías x 11 examinadores= 88). Los datos se muestran en la Tabla 1.

\*  $p < 0.05$ , diferencia estadísticamente significativa

En la Tabla 2 se muestra la reproducibilidad intraexaminador de las mediciones expresadas mediante el coeficiente de concordancia W de Kendall para cada método.

- Coeficientes de concordancia W de Kendall de las 3 sesiones obtenidos por cada uno de los 6 examinadores con cada método (Número de eventos: 8 radiografías x 3 sesiones =24).

- Los valores en rojo indican un  $p > 0.05$ , el resto de valores tiene un  $p < 0.05$ .

Se observa que con el método manual todas las mediciones muestran alta

concordancia excepto para ANL (examinadores 1 y 3), II (examinador 1) e IN-A (examinador 1) que fueron medianas (Fig. 3).

Con el método JOE se observa que todas las mediciones muestran alta concordancia excepto para ANL (examinador 3), II (examinador 1), IN-A (examinadores 1, 2, 4, 5) e IN-B (examinadores 4, 6) que fueron medianas; así como IN-A (examinadores 3, 6) e IN-B (2, 3) que fueron bajas (Fig. 4).

Con el método Compuceph se observa que todas las mediciones muestran alta concordancia excepto para ANL

(examinadores 2, 5), ANP (examinadores 4, 5), II (examinadores 2, 4), AINB (examinador 4), PGNB (examinador 4) y PGNP (examinador 4) que fueron medianas; así como IN-A (examinador 1) que fueron bajas (Fig. 5)

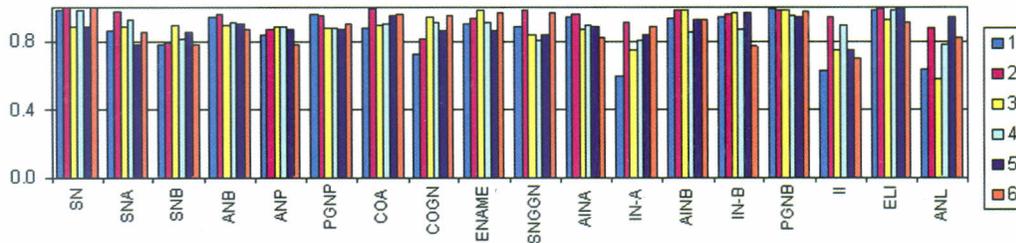
**Discusión**

Todo análisis cefalométrico está sujeto a errores, lo cual puede influir en su confiabilidad y en su significancia clínica. Cualquier interpretación clínica razonable debe tomar en cuenta estos errores, y los estudios que involucren análisis cefalométricos deben incluir todos

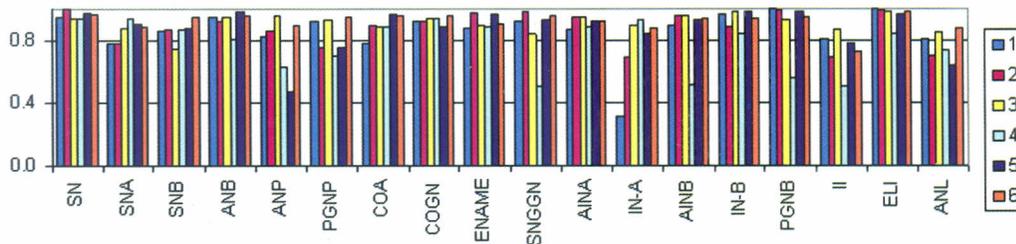
**Tabla 2.** Coeficientes de concordancia W intraexaminador por medición y método

MEDICION	METODO MANUAL						METODO JOE						METODO COMPUCEPH					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
SN	0.98	1.00	0.88	0.98	0.89	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	0.96	0.96	0.95	1.00	0.93	0.93	0.97	0.96
SNA	0.86	0.98	0.88	0.92	0.78	0.85	0.95	0.91	0.84	0.94	0.93	0.93	0.78	0.78	0.87	0.93	0.91	0.89
SNB	0.78	0.78	0.90	0.81	0.85	0.78	0.89	0.79	0.84	0.86	0.92	0.96	0.85	0.87	0.74	0.87	0.87	0.94
ANB	0.94	0.96	0.90	0.91	0.91	0.87	0.94	0.95	0.96	0.90	0.86	0.89	0.95	0.91	0.95	0.81	0.98	0.96
ANP	0.83	0.86	0.89	0.89	0.87	0.78	0.84	0.95	0.83	0.91	0.85	0.79	0.82	0.85	0.95	0.63	0.47	0.89
PGNP	0.96	0.95	0.88	0.88	0.87	0.90	0.91	0.96	0.92	0.92	0.87	0.91	0.92	0.75	0.92	0.73	0.75	0.94
COA	0.88	0.99	0.90	0.90	0.95	0.96	0.93	0.96	0.83	0.96	0.96	0.94	0.78	0.89	0.89	0.88	0.96	0.95
COGN	0.73	0.81	0.94	0.91	0.86	0.95	0.88	0.95	0.91	0.92	0.86	0.96	0.91	0.92	0.93	0.93	0.89	0.95
ENAME	0.90	0.93	0.98	0.91	0.86	0.97	0.81	1.00	0.98	0.98	0.98	0.98	0.95	0.97	0.89	0.88	0.96	0.90
SNGOGN	0.88	0.98	0.83	0.81	0.83	0.96	0.93	0.94	0.84	0.91	0.83	0.97	0.92	0.98	0.83	0.51	0.92	0.95
AINA	0.94	0.96	0.87	0.89	0.88	0.82	0.89	0.95	0.90	0.92	0.89	0.94	0.87	0.94	0.95	0.88	0.92	0.91
IN-A	0.60	0.91	0.75	0.80	0.83	0.88	0.55	0.70	0.36	0.51	0.67	0.38	0.32	0.69	0.90	0.92	0.84	0.87
AINB	0.93	0.99	0.98	0.85	0.92	0.92	0.93	0.95	0.96	0.96	0.95	0.92	0.90	0.95	0.95	0.52	0.93	0.93
IN-B	0.94	0.96	0.96	0.87	0.96	0.77	0.72	0.20	0.35	0.56	0.75	0.43	0.96	0.88	0.98	0.84	0.98	0.93
PGNB	0.99	0.98	0.98	0.95	0.94	0.98	0.97	0.98	0.96	0.97	0.98	0.94	1.00	0.99	0.93	0.56	0.98	0.94
II	0.63	0.94	0.74	0.90	0.74	0.70	0.64	0.82	0.73	0.92	0.86	0.71	0.81	0.69	0.87	0.51	0.78	0.72
ELI	0.99	1.00	0.92	0.99	1.00	0.92	0.98	0.99	0.96	0.99	0.98	1.00	1.00	0.99	0.98	0.84	0.97	0.98
ANL	0.64	0.88	0.58	0.78	0.94	0.82	0.75	0.86	0.57	0.81	0.93	0.88	0.81	0.70	0.84	0.73	0.64	0.88

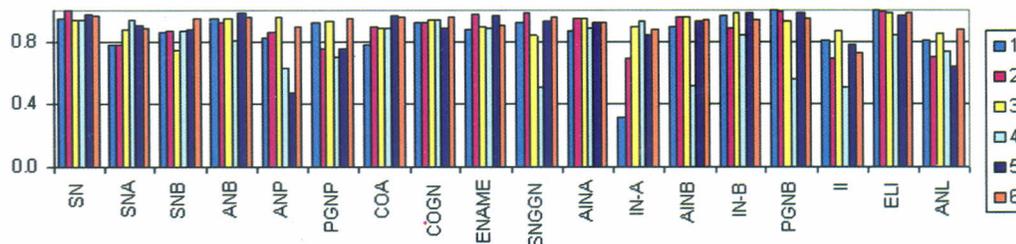
- Coeficientes de concordancia W de Kendall de las 3 sesiones obtenidos por cada uno de los 6 examinadores con cada método (Número de eventos: 8 radiografías x 3 sesiones =24)  
 - Los valores en rojo indican un  $p > 0.05$ , el resto de valores tiene un  $p < 0.05$



**Fig. 3.** Coeficientes de concordancia intraexaminador con el método manual



**Fig. 4.** Coeficientes de concordancia intraexaminador con el método JOE



**Fig. 5.** Coeficientes de concordancia intraexaminador

los mecanismos posibles para controlarlos (24,25).

Existen dos tipos de errores cefalométricos: sistemáticos y aleatorios, los cuales están muy relacionados con los conceptos de validez y reproducibilidad, respectivamente. Se entiende como reproducibilidad a la cercanía de las mediciones repetidas de un mismo objeto (4,5).

La mayor fuente de errores aleatorios proviene de la identificación de puntos cefalométricos debido principalmente a la imprecisión de las definiciones en los puntos anatómicos (24,25). La identificación de puntos generalmente sigue un criterio subjetivo en vez de una especificación rigurosamente matemática (5). Muchos puntos son difíciles de identificar, y la opinión del examinador acerca de la localización exacta de un punto puede variar en forma aleatoria. Muchas definiciones anatómicas pierden precisión. Por ejemplo, al definir el Pogonion (Pg) como el punto más anterior del mentón, su localización dependerá de la orientación de la cabeza. Otro factor que influye es la limitación de los aparatos de medición. Se han realizado un gran número de intentos por mejorar la precisión en la definición de los puntos anatómicos, pero el problema persiste y debe ser reconocido (5,26,27).

Los errores introducidos al identificar puntos anatómicos tienen especial importancia porque principalmente de estos depende la reproducibilidad de una medición. La variabilidad en la identificación de puntos ha sido cuantificada como cinco veces mayor que la variabilidad de las mediciones. Esto se debe a que el valor de las mediciones al estar determinada por más de un punto, puede camuflar la variabilidad individual de los puntos involucrados. Por esta razón, algunos estudios han dado mayor importancia a la evaluación de la magnitud de los errores en la identificación de los puntos. Sin embargo, es el valor de las mediciones más que de los puntos lo que interesa desde el punto de vista clínico (28).

En el presente estudio se tomaron las medidas necesarias para minimizar los errores ajenos a la identificación de puntos durante el análisis cefalométrico. Para limitar el número de variables influyentes se utilizaron sólo radiografías originales de buena calidad y se consideró la participación de examinadores con similares niveles de experiencia en cefalometría. Además, estos examinadores sólo tenían que localizar los puntos cefalométricos, no realizaron ninguna

medición. Por eso, era de esperar que las mediciones con los métodos manual y JOE fueran similares, sin embargo algunas mediciones mostraron diferencias significativas entre ambos métodos, las mismas que pueden ser atribuidas a errores de medición manual, errores durante la digitalización de los trazados o errores en la calibración del digitalizador para dichas mediciones. Con respecto a esto, Richardson (8) ha demostrado que incluso las mediciones de una entidad aparentemente simple pueden tener una gran variabilidad. Asimismo, Baumrind (30) considera que al realizar una medición lineal o angular pueden ocurrir tres tipos de errores: 1) error de proyección, considerado inevitable a menos que se conozca la naturaleza tridimensional de los puntos, 2) error en la localización de puntos, y 3) error mecánico al dibujar las líneas entre puntos y en las mediciones con regla y transportador.

De las 18 mediciones estudiadas se observó que las mediciones de SN, SNB, PGNB y ELI fueron las más reproducibles, mientras que las mediciones de PGNP, AINA, AINB, II y ANL fueron las menos reproducibles (Tabla 2), independiente del método o de los examinadores. Este hallazgo está en acuerdo con reportado por Chen (4): "las variaciones individuales de cada punto tuvieron más influencia sobre la reproducibilidad de las mediciones que el método empleado". También se encontró que las mediciones cefalométricas en tejidos dentales son menos reproducibles que en tejidos esqueléticos, lo cual está en acuerdo con lo reportado por El-Mangoury et al (31). Similares resultados fueron reportados por Baumrind (30), quien además resumió en tres a los factores que determinan el impacto de los errores en la identificación de puntos sobre las mediciones cefalométricas:

- 1) La naturaleza de los puntos involucrados expresado por la magnitud de su reproducibilidad individual.
- 2) La distancia relativa entre los puntos involucrados en una medición. Cuanto más alejados están los puntos menor es su influencia en la reproducibilidad de las mediciones.
- 3) La relación entre las líneas que conectan los puntos y el gráfico de sus respectivas variaciones individuales. Se sabe que la reproducibilidad de cada punto cefalométrico tiene una distribución característica, unos pueden ser más reproducibles en el eje vertical, mientras que otros lo son más en el eje horizontal.

Los resultados del presente estudio mostraron una diferencia significativa en la reproducibilidad interexaminador sólo para 1 de las 18 mediciones con los tres métodos: IN-B con el método de digitalización en tableta, por lo que no sería prudente considerar esta medición al utilizar este método.

En este estudio la concordancia intraexaminador no reveló tendencias de algún examinador a realizar mejores mediciones con algún método en particular. Tampoco hubo indicación de que los examinadores realizaran mejores mediciones después de mayores repeticiones. Por lo tanto se rechaza la hipótesis de un proceso de "aprendizaje". Esto está en contraste con Houston (24,25) quien encontró que la reproducibilidad podría mejorar cuando los examinadores realizaban mediciones por segunda vez.

Los resultados del presente estudio indican que todos los examinadores tuvieron un alto nivel de concordancia inter e intraexaminador en la identificación de los puntos cefalométricos, y que por lo tanto serían capaces de obtener mediciones similares al evaluar las mismas radiografías utilizando cualquiera de los métodos.

Algunos estudios han indicado una eficacia superior del método de digitalización en pantalla que puede estar relacionado con su capacidad de mejorar la calidad de las imágenes digitales lo cual no se realizó en el presente estudio con el fin de no introducir factores de heterogeneidad. Sin embargo, se utilizó la opción de magnificar las imágenes mostradas en pantalla al momento de identificar los puntos, lo que pudo haber contribuido a la mejor identificación de ciertos puntos.

Con respecto a la tecnología utilizada para la identificación de puntos, actualmente la digitalización en tableta se ha reportado como superior a otros métodos principalmente si se trata de la digitalización directa ya que este método permite eliminar pasos adicionales que pueden ser fuentes de error. Esto está basado en el principio de que cuanto más directa sea la observación de los puntos involucrados, menores serán las fuentes de error (32).

En el presente estudio, los tres métodos utilizados mostraron similares resultados en la concordancia de las mediciones. Esta similitud entre métodos manuales y computarizados también fue reportada previamente (4,5,9,11-16) pero debido a su mejor adecuación clínica (facilidad de manejo y tiempo consumido) el método a recomendar siguiendo

nuestros resultados sería la digitalización en pantalla, siempre que se trate de radiografías de buena calidad. Una vez más queda demostrado que el método manual tradicional no ha podido ser superado significativamente y por lo tanto continúa siendo la herramienta básica de todo ortodoncista.

### Conclusiones

1. La reproducibilidad de las mediciones fue independiente del método utilizado y de los examinadores, excepto para la medición de IN-B con desventaja para el método JOE.
2. La medición ELI presentó la más alta reproducibilidad (desviación menor a 0.5mm). La medición de ANL presentó la más baja reproducibilidad (desviación cerca de 4mm).
3. Las concordancias intraexaminador de las mediciones cefalométricas obtenidas al utilizar el método manual fueron altas excepto para ANL, II e IN-A.
4. Las concordancias intraexaminador de las mediciones cefalométricas obtenidas al utilizar el programa JOE 32 fueron altas excepto para ANL, II, IN-A e IN-B.
5. Las concordancias intraexaminador de las mediciones cefalométricas obtenidas al utilizar el programa Compuceph fueron altas excepto para ANL, ANP, II, AINB, PGNB, PGNP e IN-A.
6. La comparación de las concordancias intraexaminador entre los tres métodos de evaluación cefalométrica muestra algunas variaciones en las concordancias entre los examinadores con los diferentes métodos en las mediciones de IN-A e IN-B principalmente con el método JOE 32.

### Agradecimientos

Nuestro especial agradecimiento a todos los residentes del Programa de Especialización en Ortodoncia que participaron como examinadores en el presente estudio y al profesor Rubén Durand del Departamento de Estadística de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

### Referencias

1. Strauss R, Weis B, Lindauer S, Rebellato J, Isaacson R. Variability of facial photographs for use in treatment planning for orthodontics and orthognathic surgery. *Int J Adulth Orthod Orthognath Surg* 1997; 12: 197-203.
2. Moyers R. Manual de Ortodoncia. 4a edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires, 1992.
3. Mayoral J. Ortodoncia : Principios fundamentales y práctica. 1a ed. Edito-

rial Labor, 1990

4. Chen YJ, Chen S, Chang HF, Chen KC. Comparison of landmark identification in traditional versus computer-aided digital cephalometry. *Angle Orthod* 2000; 70(5): 387-92.
5. Rudolph DJ, Sinclair PM, Coggins JM. Automatic computerized radiographic identification of cephalometric landmarks. *Am J Orthod* 1998; 113(2): 173-179.
6. Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements I. Landmark identification. *Am J Orthod* 1971; 60: 111-27.
7. Baumrind S, Miller DM. Computer-aided head film analysis: The University of California San Francisco method. *Am J Orthod* 1980; 78:41-65.
8. Richarson A. A comparison of traditional and computerized methods of cephalometric analysis. *Eur J Orthod* 1981; 3: 15-20.
9. Jackson PH, Dickson GC, Birnie DJ. Digital image processing of cephalometric radiographs: a preliminary report. *Br J Orthod* 1985; 12:122-132.
10. Konchack PA, Koehler JA. Pascal computer program for digitizing lateral cephalometric radiographs. *Am J Orthod* 1985; 87(3): 197-200.
11. Oliver RG. Cephalometric analysis comparing five different methods. *Br J Orthod* 1991; 18:277-283.
12. Malini CG, Guedes AM. Cafalometria manual e computadorizada: Estudo comparativo. *Rev Bras Orthod* 1995; 51(4): 44-47.
13. Martins LP, Santos-Pinto A, Martins JCR, Dias Mendes A. Erro de reproductividade das medidas cefalometricas das análises de Steiner e Ricketts, pelo método convencional e pelo método computadorizado. *Orthodontia* 1995; 28(1): 4-17.
14. Fui Lim K, Chiong Foong KW. Phosphor-stimulated computed cephalometry : reliability of landmark identification. *Br J Orthod* 1997; 24(4): 301-308.
15. Rojas E. Determinación de la confiabilidad del análisis cefalométrico de Ricketts mediante la técnica manual y el programa JOE 32. Tesis para optar el Título de Cirujano- Dentista. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, 2000.
16. Naini FB, Otasevic M, Vasir SN. A Comparison of manual tracing, digitizing and computer cephalometric analysis. *Virtual Journal of Orthodontics* [serial online] 2001 Mar 15; 3(4):[4 screens] Available from URL : <<http://www.vjo.it/034/compaen.htm>>.
17. Turner PJ, Weerakone S. An evaluation of the reproducibility of landmark

identification using scanned cephalometric images. *J Orthod* 2001; 28: 221-29.

18. Thuro R. Atlas of Orthodontic principles. 2nd edition. The CV Mosby Company. St Louis, 1977.
19. Rocky Mountain Orthodontics. JOE 32®. Jiffy Orthodontic Evaluation. User's Guide. For use with computers with Pentium-based processors running a Windows 95 o later operating system.
20. Held C, Ferguson D, Gallo M. Cephalometric digitization: a determination of the minimum scanner setting necessary for precise landmark identification. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2001; 119: 472-81
21. American Orthodontics. Orthodontic Digital Imaging Software: Compu-ceph and Cepu-X. User Guide. Version 3.
22. Geelen W, Wenzel A, Gotfredsen E, Kruger M, Hansson LG. Reproducibility of cephalometric 6. Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements I. Landmark identification. *Am J Orthod* 1971; 60: 111-27.
23. Siegel S. Estadística No Paramétrica. Aplicada a las ciencias de la conducta. Editorial Trillas.
24. Houston WBJ, Maher RE, McElroy D, Sherriff M. Sources of error in measurements from cephalometric radiographs. *Eur J Orthod* 1986; 8: 149-51.
25. Houston WBJ. The analysis of errors in orthodontic measurements. *Am J orthod Dentofac Orthop* 1983; 83: 382-90.
26. Van der Linden F. A study of roentgenocephalometric bony landmarks. *Am J Orthod* 1971; 59: 111-125.
27. Savara B, Takeuchi Y. Anatomical location of cephalometric landmarks on the sphenoid and temporal bones. *Angle Orthod* 1979; 49: 141-149.
28. Miller PA, Savara BS, Singh IJ. Analysis of errors in cephalometric measurements of three dimensional distances on the maxilla. *Angle Orthod* 1966; 36: 169-75.
29. Trpkova B, Major P, Prasad N, Nebbe B. Cephalometric landmarks identification and reproducibility: A Meta analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1997; 112: 165-70 4ta ed. México, 1994.
30. Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements II. Conventional angular and linear measures. *Am J Orthod* 1971; 60: 505-17.
31. El-Mangoury NH, Shaheen SI, Mostafa YA. Landmark identification in computerized posteroanterior cephalometrics. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1987; 91:57-61.
32. Cohen AM. Uncertainty in Cephalometrics. *Br J Orthod* 1984; 11: 44-48.