
COMPARACIÓN DE LA REPRODUCIBILIDAD EN LAS MEDICIONES ANGULARES ENTRE TRAZADO MANUAL Y COMPUTARIZADO

A COMPARISON OF ANGLE MEASURE REPRODUCIBILITY BETWEEN MANUAL AND COMPUTERIZED TRACING

MARGARITA MARÍA BONILLA LONDOÑO,¹ JUDITH PATRICIA BARRERA CHAPARRO,²

ÁNGELA PATRICIA ARROYAVE GODOY,³ MÓNICA ELIANA DÍAZ ROA⁴

RESUMEN. Introducción: las cefalometrías digitales permiten controlar los errores que se generan en el trazo manual, por eso el propósito de este estudio fue evaluar la reproducibilidad y precisión de las medidas angulares entre un trazo manual y el obtenido con el programa Cephapoint en una radiografía digital. **Métodos:** se utilizaron 11 radiografías digitales directas tomadas a estudiantes de ortodoncia, las cuales se introdujeron en el programa Cephapoint. Se hizo la medición de 9 ángulos, cada uno medido en la radiografía digital de manera manual y en el programa Cephapoint. Todas las medidas fueron hechas por 3 operadores con intervalo de 1 semana. Se halló el promedio de error interobservador para medir la reproducibilidad de cada medida angular, y el promedio de error intraobservador para determinar la precisión de cada observador. **Resultados:** el ángulo FH/N/Pg tuvo la menor diferencia en el error interobservador (0,10°) en ambos métodos, favoreciendo el trazado manual. Mientras que los ángulos con menor diferencia de error interobservador en el trazado computarizado fueron: LI-NB (0,11°) y N-A/Pg (0,11°). La reproducibilidad intraobservador mostró un Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI), excelente para ambos métodos. **Conclusiones:** la reproducibilidad de las medidas angulares con el trazado manual y computarizado no presentó diferencias significativas. De acuerdo a los hallazgos de este estudio, los métodos evaluados brindan igual validez diagnóstica.

Palabras clave: cefalometría, reproducibilidad de resultados, radiografía, imagen radiográfica por emisión de doble fotón.

Bonilla MM, Barrera JP, Arroyave ÁP, Díaz ME. Comparación de la reproducibilidad en las mediciones angulares entre trazado manual y computarizado. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2014; 25(2): 299-312.

ABSTRACT. Introduction: digital cephalometry allows handling errors produced during manual tracing; the purpose of this study was therefore to evaluate the reproducibility and precision of angle measures between manual tracing and that obtained with Cephapoint in digital radiography. **Methods:** 11 direct digital radiographs taken to orthodontics students were introduced in the Cephapoint computer program. 9 angles were measured in both hand-tracing digital radiography and Cephapoint. All measurements were made by 3 operators with 1-week interval. We calculated the average interobserver error to find the reproducibility of each angle measure, and the average intra-observer error to determine the accuracy of each observer. **Results:** the FH/N/Pg angle showed the smallest interobserver error difference (0.10°) in both methods, favoring manual tracing. On the other hand, the angles with the smallest inter-observer error difference in computerized tracing were LI-NB (0.11°) and N-A/Pg (0.11°). Intraobserver reproducibility showed excellent Intraclass Correlation Coefficient (ICC) in both methods. **Conclusions:** reproducibility of angular measurements did not show significant differences between manual and computerized tracing. According to the findings of this study, the methods under evaluation offer equal diagnostic validity.

Key words: cephalometry, reproducibility of results, radiography, radiographic imaging by dual photon emission.

Bonilla MM, Barrera JP, Arroyave ÁP, Díaz ME. A comparison of angle measure reproducibility between manual and computerized tracing. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2014; 25(2): 299-312.

-
- 1 Odontóloga, especialista en Ortodoncia, Fundación Universitaria San Martín, Bogotá, Colombia.
 - 2 Odontóloga, especialista en Epidemiología. Docente de Investigación, Facultad de Postgrados de Odontología, Fundación Universitaria San Martín, Bogotá, Colombia.
 - 3 Odontóloga, especialista en Ortodoncia, Fundación Universitaria San Martín, Bogotá, Colombia.
 - 4 Odontóloga, especialista en Ortodoncia, Fundación Universitaria San Martín, Bogotá, Colombia.

-
- 1 Dentist, Specialist in Orthodontics, Fundación Universitaria San Martín, Bogotá, Colombia.
 - 2 Dentist, Specialist in Epidemiology. Research Professor, Graduate School of Dentistry, Fundación Universitaria San Martín, Bogotá, Colombia.
 - 3 Dentist, Specialist in Orthodontics, Fundación Universitaria San Martín, Bogotá, Colombia.
 - 4 Dentist, Specialist in Orthodontics, Fundación Universitaria San Martín, Bogotá, Colombia.

RECIBIDO: MAYO 8/2012-ACEPTADO: JULIO 30/2013

SUBMITTED: MAY 8/2012-ACCEPTED: JULY 30/2013

INTRODUCCIÓN

En ortodoncia, gran parte del éxito del tratamiento y la satisfacción del paciente se basan en varios aspectos, como el diagnóstico, las diferentes opciones terapéuticas y la habilidad del operador. El diagnóstico oportuno y adecuado, es fundamental para establecer los objetivos del tratamiento, siendo necesarios varios medios y herramientas, dentro de las cuales está el trazado cefalométrico, utilizado desde 1930, para la evaluación de datos antropométricos.¹ Este se basa en la toma de medidas, usando una radiografía del cráneo del paciente, en donde se ubican puntos, se trazan planos y se miden ángulos. Los resultados son comparados con unas medidas preestablecidas por diferentes estudios.²⁻⁶ De acuerdo con estas investigaciones se han normalizado los métodos de análisis que han hecho posible que el desarrollo de la radiografía cefalométrica se considere como un medio diagnóstico confiable.⁷

Los trazos pueden ser hechos de manera manual o digital, con software como el Quick Ceph,⁸ Dolphin Imaging,⁹⁻¹² VistaDent,¹³ entre otros, los cuales brindan eficacia en la obtención del diagnóstico, además de ayudar en el almacenamiento de imágenes de los pacientes.¹⁴

El trazado manual hecho adecuadamente, ofrece resultados comparables a los obtenidos con el análisis cefalométrico hecho con el método computarizado, por lo que se considera un método confiable y de alta validez clínica.^{15, 16}

Los errores del análisis cefalométrico pueden ser sistemáticos y aleatorios, dentro de estos últimos se encuentran los de localización e identificación de puntos de referencia y los de medición.¹⁴ El uso de cefalometrías digitales puede eliminar los errores sistemáticos que se generan en el trazado manual, durante la realización de líneas entre puntos de referencia y la medición con un transportador.¹⁴

Recientemente, Bonilla y colaboradores,¹⁷ hicieron un estudio para determinar la reproducibilidad de 14 puntos cefalométricos en tejidos duros. En ese estudio crearon y

INTRODUCTION

In orthodontics, a great deal of treatment success and patient satisfaction depend on aspects such as diagnosis, treatment options, and the operator's skills. Timely and appropriate diagnosis is essential to establish treatment goals, with various means and tools available, including cephalometric tracing, which has been used since 1930 to evaluate anthropometric data.¹ This technique consists of taking measurements on a radiograph of the patient's skull, where points are located, planes are traced, and angles are measured. The results are compared with measures previously established by several studies.²⁻⁶ These studies have achieved the standardization of methods of analysis so that cephalometric tracing is now considered a reliable diagnosis technique.⁷

Tracings can be made manually or digitally, with computer programs such as Quick Ceph,⁸ Dolphin Imaging,⁹⁻¹² or VistaDent,¹³ which provide accurate diagnosis besides offering ways to storage patients' images.¹⁴

Proper manual tracing provides results comparable to those obtained with cephalometric analysis performed with computerized methods, so it is considered a reliable method with high clinical validity.^{15, 16}

Cephalometric analysis errors can be systematic or random; the latter include errors of location and identification of reference points, as well as measurement errors.¹⁴ Digital cephalometry can eliminate the systematic errors produced during the manual method while tracing lines between points of reference and taking measurement with a protractor.¹⁴

Recently, Bonilla et al¹⁷ conducted a study to determine the reproducibility of 14 cephalometric points in hard tissue. For this study, they created and

usaron el software Cephapoint, que permite la ubicación de puntos en un monitor de computador directamente con el cursor. Usaron una muestra de 22 radiografías, once radiografías convencionales y once digitales, cada par tomadas en un mismo paciente y en el mismo equipo, en el cual, primero se hizo la toma de la radiografía digital y después se hizo la toma de la radiografía convencional. Encontraron que todos los puntos presentan similar reproducibilidad en las dos radiografías, con menor error interobservador en la imagen digital directa. Los autores recomendaron continuar la investigación para evaluar medidas angulares en la radiografía digital directa y compararla con otros métodos.

El objetivo de este estudio fue evaluar la reproducibilidad de las medidas angulares entre un trazo manual y el obtenido con el programa Cephapoint en una radiografía digital.

MÉTODOS

Se diseñó un estudio de concordancia en el que se utilizaron 11 radiografías de perfil digitales directas, tomadas a estudiantes de ortodoncia, utilizadas en el estudio de Bonilla y colaboradores.¹⁷

Las radiografías fueron tomadas en la posición natural de la cabeza, por un operador entrenado. Para cada participante se obtuvo una imagen radiográfica digital directa fosfoactivada, procesada en el equipo FCR CAPSULA X®, la cual transfiere la imagen inmediatamente del equipo al monitor del computador. La imagen radiográfica de cada participante fue importada al programa Cephapoint, diseñado en un estudio previo.¹⁷

Se hizo una selección de las medidas angulares, definiendo claramente su ubicación por tres observadores: posición del maxilar con respecto a la base del cráneo, se mide con el ángulo formado por los planos que van desde Silla Turca a Nasion y Nasion a punto A (SNA); posición de la mandíbula con respecto a la base del cráneo, ángulo tomado en la intersección de los planos Silla Turca a Nasion y Nasion a punto B (SNB);

used Cephapoint, a software that allows landmark identification on a computer monitor directly with the cursor. They used a sample of 22 films, 11 digital and 11 conventional radiographs, each pair taken on the same patient and with the same equipment; they took the digital radiograph first followed by the conventional one. They found out that all the points present similar reproducibility in both types of radiograph, with the least inter-observer error in direct digital imaging. The authors recommend conducting further research to assess angular measurements in direct digital radiography and to compare it to other methods.

The objective of this study was to assess angle measure reproducibility between manual tracing and that obtained with Cephapoint on a digital image.

METHODS

This was a concordance study on 11 profile direct digital radiographs taken by orthodontic students and used in a previous study by Bonilla et al.¹⁷

The radiographs were taken in the natural position of the head by a trained operator. Each participant was taken one direct phosphoactivated digital radiographic image with an FCR CAPSULA X® equipment, which immediately transfers the image to the computer monitor. Each participant's radiographic image was exported to Cephapoint, a computer program designed in a previous study.¹⁷

A selection of angle measures was performed, and three observers clearly determined their locations, as follows: position of the maxilla with respect to the base of the skull, which is measured by the angle formed by the planes going from the Sella Turcica to Nasion and from Nasion to point A (SNA); position of the mandible with respect to the base of the skull, an angle taken at the intersection of the Sella Turcica to Nasion and from Nasion to point B (SNB);

inclinación incisivo superior, ángulo formado por eje longitudinal del incisivo superior más vestibular y el plano palatino (U1-PP); ángulo de Lande, formado por la intersección del plano de Frankfort y la línea que va del punto Nasion al punto A (FH/NA); profundidad facial, ángulo formado por el plano de Frankfort y la línea del punto A al punto Pogonion (FH/N/Pg); ángulo de la convexidad de tejidos duros, formado por la intersección de los planos que van del punto Nasion al punto A y del punto A al punto Pogonion (N-A/Pg); inclinación del incisivo inferior con NB ángulo formado por eje longitudinal del Incisivo Inferior más vestibular y el plano que va de Nasion al punto B (LI/NB); ángulo nasolabial formado por la intersección de los planos que van de Columnela a Subnasal y de Subnasal a Labral superior (Cm/Sn/Ls); y ángulo de la convexidad de tejidos blandos tomado en la intersección del plano entre Glabella de tejidos blandos y Subnasal y del plano que va desde Subnasal al punto Pogonion de tejidos blandos (G'/Sn-Pg').

Todos los trazos manuales fueron hechos utilizando la impresión de la radiografía digital en papel radiográfico, con la impresora DRY PIX 2000 (FUJI FILM USA®), en una escala corregida de 1:1, con ayuda de un negatoscopio bajo condiciones de luz artificial. Un mismo operador hizo el perfilograma para cada radiografía digital, el cual se trazó 3 veces, de manera que no existiera una diferencia mayor de 1 mm entre las estructuras anatómicas trazadas. Se utilizó igualmente papel cefalométrico (Ortho Organizers®) de 0,76 mm de grosor (0,03 pulgadas), y mina HB 0,5 mm (Faber Castell®). Para el trazo de los planos, se usó una regla milimetrada (Faber Castell®) y para las medidas se usó un correlómetro de Bimler. Los tres observadores hicieron el trazado manual de los ángulos para cada radiografía digital.

La posición promedio para cada una de las medidas angulares identificadas por tres observadores, fue definida como el “parámetro de referencia” en este estudio. Este parámetro fue utilizado para determinar los errores interobservador en el trazado manual y digital. Las diferencias promedio en grados, entre el parámetro de referencia y las mediciones hechas por los observadores, fue definido como el error interobservador,

upper incisor inclination, an angle formed by the longitudinal axis of the most vestibular upper incisor and the palatal plane (U1-PP); Lande's angle, formed by the intersection of the Frankfort plane and the line that goes from Nasion to point A (FH/NA); facial depth, an angle formed by the Frankfort plane and the line from point A to Pogonion (FH/N/Pg); angle of hard tissue convexity, formed by the intersection of the planes going from Nasion to point A and from point A to Pogonion (N-A/Pg); inclination of the lower incisor with the NB angle formed by the longitudinal axis of the most vestibular lower incisor and the plane going from Nasion to point B (LI/NB); nasolabial angle, formed by the intersection of the planes going from Columella to Subnasale and from Subnasale to Labrale superius (Cm/Sn/Ls); and the soft tissue convexity angle taken at the intersection of the plane between the Glabella of soft tissue and Subnasale, and the plane that goes from Subnasale to the Pogonion of soft tissue (G'/Sn-Pg').

All these manual tracings were made using digital radiography printing on radiographic paper, with a DRY PIX 2000 printer (FUJI FILM USA®), a corrected 1:1 scale, and a negatoscope under artificial light. A same operator made the profilograph for each digital radiograph, which was made 3 times in order to avoid differences greater than 1 mm among the traced anatomical structures. We also used cephalometric paper (Ortho Organizers®) 0.76 mm thick (0.03 inches), and a HB 0.5 mm lead (Faber Castell®). A millimeter ruler (Faber Castell®) was used for plane tracing, and a Bimler appliance was used for measurements. The three observers made the manual tracing of angles for each digital radiograph.

In this study, the average position for each angle measure identified by the three observers was defined as the “benchmark”. This benchmark was used to determine interobserver errors in manual and digital tracing. The average differences in degrees between the benchmark and the measurements made by the observers were defined as interobserver error,

y este, a su vez, fue utilizado como la variable que determina la reproducibilidad para cada medida angular. Consecuentemente, la reproducibilidad en la identificación de las medidas angulares para cada uno de los métodos (manual y digital), podría ser comparada como las diferencias en la magnitud de estas distancias desde el promedio, entre los dos tipos de trazado.

La precisión o el error intraobservador se define como el nivel de acuerdo con las mediciones de cada observador, indicando qué tan cerca se encuentran las medidas angulares obtenidas en una primera y segunda observación, con intervalos semanales. Se obtiene comparando las medidas de cada operador y se calcula con el método estadístico Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI). La figura 1 muestra el diseño del estudio.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

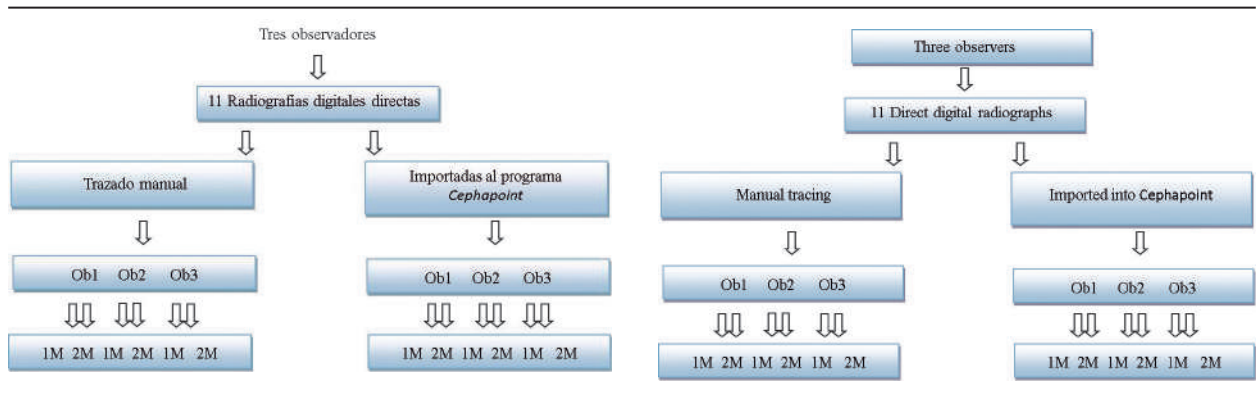
Los datos fueron recogidos en Microsoft Excel versión 2007, y se analizaron en el programa estadístico para Ciencias Sociales SPSS versión 15.0. Las variables cuantitativas se analizaron por medio de promedios y desviaciones estándar, para la comparación entre el trazado manual y computarizado, se utilizó la prueba t-student para grupos independientes y la prueba de Levene para igualdad de varianzas. En todas las pruebas se utilizó el nivel de significancia $\alpha = 0,05$ y los intervalos de confianza se utilizaron con 95% de confiabilidad.

and this in turn was used as the variable that determines reproducibility for each angle measure. As a result, reproducibility in the identification of angle measures for each method (manual and digital) could be defined as the differences in magnitude of these distances from the average between the two types of tracing.

According to each observer's measurements, intra-observer precision or error is defined as the level that indicates how close are the angular measurements obtained during the first and second observations with weekly intervals. It is obtained by comparing the measures of each operator and is calculated by means of intraclass correlation coefficient (ICC). Figure 1 shows the study design.

STATISTICAL ANALYSIS

The data were collected in Microsoft Excel 2007, and analyzed in the statistical program for Social Sciences SPSS, version 15.0. The quantitative variables were analyzed through averages and standard deviations. To compare manual and computerized tracing, we used Student's- t test for independent groups and the Levene test for equality of variances. We used a significance level of $\alpha = 0.05$ for all the tests, and confidence intervals with 95% reliability.



Ob: observador. M: medición

Figura 1. Diseño del estudio

OB: Observer. M: measurement

Figure 1. Study design

RESULTADOS

Tanto en las medidas tomadas en el trazo manual de la radiografía digital como en la imagen de la radiografía digital importada en el programa Cephapoint, el error interobservador y la desviación estándar que se presentan en la tabla 1, muestran niveles superiores a 7,9° en los ángulos Cm/Sn/Ls y U1-PP en los dos métodos de trazo manual y digital.

RESULTS

In the measures taken in both the manual digital radiograph tracing and the digital radiograph image imported to Cephapoint, the interobserver error and standard deviation displayed in table 1 show levels above 7.9° in these two angles: Cm/Sn/Ls and U1-PP in both methods (manual and digital tracing).

Tabla 1. Comparación de promedios de errores interobservador entre trazo manual y computarizado

Ángulo	Trazado Manual Prom Error (D.E)	Trazado Computarizado Prom Error (D.E)	Diferencia Man-Comp	Comparación medias Valor p	Comparación varianzas (D.E) Valor p
Cm/Sn/Ls	7,956 (5,756)	8,43 (5,937)	-0,475	0,743	0,703
FH/N/Pg	1,769 (1,259)	1,871 (1,397)	-0,102	0,757	0,556
FH/NA	2,624 (1,686)	2,824 (1,517)	-0,201	0,613	0,645
G/Sn-Pg	4,631 (3,094)	4,308 (2,837)	0,323	0,66	0,699
II-NB	4,169 (2,540)	4,054 (2,776)	0,115	0,861	0,696
N-A/Pg	2,222 (1,662)	2,107 (1,411)	0,115	0,763	0,09
SNA	3,027 (2,236)	3,555 (2,146)	-0,529	0,331	0,951
SNB	1,996 (1,841)	2,212 (2,019)	-0,219	0,652	0,615
U1-PP	8,000 (5,270)	8,52 (5,828)	-0,520	0,705	0,734

DE: desviación estándar

Table 1. Comparison of inter-observer error averages between manual and computerized tracing

Angle	Manual tracing Average Error (S.D.)	Computerized tracing Average Error (S.D.)	Difference Man-Comp	Average comparison P-value	Comparison of variances (S.D.) P-value
Cm/Sn/Ls	7.956 (5.756)	8.43 (5.937)	-0.475	0.743	0703
FH/N/Pg	1.769 (1.259)	1.871 (1.397)	-0.102	0.757	0.556
FH/NA	2.624 (1.686)	2.824 (1.517)	-0.201	0.613	0.645
G/Sn-Pg	4.631 (3.094)	4.308 (2.837)	0.323	0.66	0.699
LI-NB	4.169 (2.540)	4.054 (2.776)	0.115	0.861	0.696
N-A/Pg	2.222 (1.662)	2.107 (1.411)	0.115	0.763	0.09
SNA	3.027 (2.236)	3.555 (2.146)	-0.529	0.331	0.951
SNB	1.996 (1.841)	2.212 (2.019)	-0.219	0.652	0.615
U1-PP	8.000 (5.270)	8.52 (5.828)	-0.520	0.705	0.734

SD: Standard Deviation

En el trazado manual, los ángulos que presentaron mayor diferencia en el promedio de error interobservador, comparado con el trazo digital, fueron: G'/Sn-Pg' (0,32°), LI-NB (0,11°) y N-A/Pg (0,11°). En el trazado computarizado, los ángulos que presentaron mayor diferencia en el error interobservador, fueron SNA (0,52°), U1-PP (0,52°), Cm/Sn/Ls (0,47°), SNB (0,21°), FH/NA (0,20°) y FH/N/Pg (0,10°). Al comparar el promedio del error interobservador entre el trazo manual y el computarizado, no se encontraron diferencias significativas. ($p \geq 0,05$).

En la mayoría de los ángulos, el nivel de dispersión del error interobservador fue menor en el trazado manual, como lo indican los datos de desviación estándar (tabla 1).

Al comparar los dos trazados, con respecto a sus desviaciones estándar, se encontraron mayores diferencias en el método manual para los ángulos FH/NA, G'/Sn-Pg', N-A/Pg y SNA, y para el método computarizado en Cm/Sn/Ls, FH/N/Pg, LI-NB, SNB y U1-PP, sin diferencias estadísticamente significativas.

El ángulo FH/N/Pg tuvo la menor diferencia en el error interobservador (0,10°) en ambos métodos, favoreciendo el trazado manual, igualmente los ángulos con menor diferencia de error interobservador en el trazado computarizado fueron: LI-NB (0,11°) y N-A/Pg (0,11°). Mientras que los ángulos SNA (0,52°) y U1-PP (0,52°), fueron los que presentaron mayor diferencia de error interobservador para el método manual, y el ángulo G'/Sn-Pg' (0,32°) para el método computarizado.

En cuanto a la evaluación de la precisión o error intraobservador, para el método manual, mostró un Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI) excelente, siendo este mayor de 0,9 para todas las medidas, excepto para FH/NA, el cual fue de 0,847 (observador 2) (tabla 2).

In manual tracing, the angles with the greatest inter-observer error average difference, compared with digital tracing, were G'/Sn-Pg' (0.32°), LI-NB (0.11°) and N-A/Pg (0.11°). In computerized tracing, the angles with the greatest inter-observer error difference were SNA (0.52°), U1-PP (0.52°), Cm/Sn/Ls (0.47°), SNB (0.21°), FH/NA (0.20°) and FH/N/Pg (0.10°). No significant differences were found when comparing the average of inter-observer error between computerized and manual tracing ($p \geq 0.05$).

In most of the angles, the level of inter-observer error dispersion was lower in manual tracing, as the standard deviation data indicate (table 1).

When comparing both tracing methods in terms of their standard deviations, the greatest differences were found in the manual method for these angles: FH/NA, G'/Sn-Pg', N-A/Pg, and SNA, and for the computerized method in Cm/Sn/Ls, FH/N/Pg, LI-NB, SNB, and U1-PP, with no significant statistical differences.

The FH/N/Pg angle had the smallest interobserver error difference (0.10°) in both methods, favoring the manual tracing; also, the angles with the smallest inter-observer error difference in computerized tracing were LI-NB (0.11°) and N-A/Pg (0.11°). While SNA (0.52°) and U1-PP (0.52°) were the angles with the greatest inter-observer error difference for the manual method, and G'/Sn-Pg' (0.32°) was the angle with the greatest inter-observer error difference for the computerized method.

As for the evaluation of intra-observer accuracy or error, the manual method showed an excellent intraclass correlation coefficient (ICC), being over 0.9 for all the measurements, except for FH/NA, which was 0,847 (Observer 2) (table 2).

Tabla 2. Error intraobservador en el trazado manual

Ángulo	Trazado Manual		
	Observador 1 CCI (IC95%)	Observador 2 CCI (IC95%)	Observador 3 CCI (IC95%)
Cm/Sn/Ls	0,986 (0,95-0,996)	0,983 (0,938-0,995)	0,978 (0,92-0,994)
FH/N/Pg	0,900 (0,672-0,972)	0,932 (0,769-0,981)	0,984 (0,94-0,996)
FH/NA	0,964 (0,871-0,99)	0,847 (0,529-0,956)	0,932 (0,768-0,981)
G/Sn-Pg	0,973 (0,902-0,993)	0,955 (0,844-0,988)	0,965 (0,876-0,99)
II-NB	0,987 (0,952-0,996)	0,912 (0,708-0,976)	0,952 (0,833-0,987)
N-A/Pg	0,949 (0,823-0,986)	0,934 (0,775-0,982)	0,969 (0,888-0,991)
SNA	0,979 (0,925-0,994)	0,985 (0,944-0,996)	0,97 (0,894-0,992)
SNB	0,980 (0,927-0,995)	0,971 (0,898-0,992)	0,944 (0,805-0,985)
U1-PP	0,983 (0,94-0,996)	0,983 (0,939-0,995)	0,991 (0,968-0,998)

CCI: Coeficiente de correlación intraclase

Table 2. Intra-observer error in manual tracing

Angle	Manual tracing		
	Observer 1 ICC (95% CI)	Observer 2 ICC (95% CI)	Observer 3 ICC (95% CI)
Cm/Sn/Ls	0.986 (0.95-0.996)	0.983 (0.938-0.995)	0.978 (0.92-0.994)
FH/N/Pg	0.900 (0.672-0.972)	0.932 (0.769-0.981)	0.984 (0.94-0.996)
FH/NA	0.964 (0.871-0.99)	0.847 (0.529-0.956)	0.932 (0.768-0.981)
G/Sn-Pg	0.973 (0.902-0.993)	0.955 (0.844-0.988)	0.965 (0.876-0.99)
LI-NB	0.987 (0.952-0.996)	0.912 (0.708-0.976)	0.952 (0.833-0.987)
N-A/Pg	0.949 (0.823-0.986)	0.934 (0.775-0.982)	0.969 (0.888-0.991)
SNA	0.979 (0.925-0.994)	0.985 (0.944-0.996)	0.97 (0.894-0.992)
SNB	0.980 (0.927-0.995)	0.971 (0.898-0.992)	0.944 (0.805-0.985)
U1-PP	0.983 (0.94-0.996)	0.983 (0.939-0.995)	0.991 (0.968-0.998)

ICC: Intraclass Correlation Coefficient

En el método computarizado, el CCI estuvo por encima de 0,844, con excepción del ángulo FH/N/Pg, el cual fue de 0,784 (observador 2), y N-A/Pg, el cual fue de 0,793 (observador 1) (tabla 3).

In the computerized method, the ICC was above 0.844, with the exception of angle N/FH/Pg, which was 0.784 (Observer 2), and N-A/ Pg, which was 0.793 (Observer 1) (table 3).

Tabla 3. Error intraobservador en el trazado computarizado

Ángulo	Trazado computarizado		
	Observador 1 CCI (IC95%)	Observador 2 CCI (IC95%)	Observador 3 CCI (IC95%)
Cm/Sn/Ls	0,986 (0,95-0,996)	0,989 (0,961-0,997)	0,989 (0,959-0,997)
FH/N/Pg	0,962 (0,865-0,99)	0,784 (0,379-0,937)	0,844 (0,521-0,955)
FH/NA	0,927 (0,752-0,98)	0,925 (0,746-0,979)	0,942 (0,799-0,984)
G/Sn-Pg	0,982 (0,934-0,995)	0,979 (0,923-0,994)	0,983 (0,94-0,996)
II-NB	0,961 (0,864-0,989)	0,915 (0,716-0,976)	0,967 (0,884-0,991)
N-A/Pg	0,793 (0,4-0,94)	0,897 (0,665-0,971)	0,899 (0,67-0,972)
SNA	0,958 (0,851-0,988)	0,913 (0,711-0,976)	0,956 (0,844-0,988)
SNB	0,908 (0,695-0,974)	0,93 (0,761-0,981)	0,903 (0,68-0,973)
U1-PP	0,978 (0,922-0,994)	0,983 (0,939-0,995)	0,99 (0,962-0,997)

CCI: coeficiente de correlación intraclass

Table 3. Intra-observer error in computerized tracing

Angle	Computerized tracing		
	Observer 1 ICC (95% CI)	Observer 2 ICC (95% CI)	Observer 3 ICC (95% CI)
Cm/Sn/Ls	0.986 (0.95-0.996)	0.989 (0.961-0.997)	0.989 (0.959-0.997)
FH/N/Pg	0.962 (0.865-0.99)	0.784 (0.379-0.937)	0.844 (0.521-0.955)
FH/NA	0.927 (0.752-0.98)	0.925 (0.746-0.979)	0.942 (0.799-0.984)
G/Sn-Pg	0.982 (0.934-0.995)	0.979 (0.923-0.994)	0.983 (0.94-0.996)
LI-NB	0.961 (0.864-0.989)	0.915 (0.716-0.976)	0.967 (0.884-0.991)
N-A/Pg	0.793 (0.4-0.94)	0.897 (0.665-0.971)	0.899 (0.67-0.972)
SNA	0.958 (0.851-0.988)	0.913 (0.711-0.976)	0.956 (0.844-0.988)
SNB	0.908 (0.695-0.974)	0.93 (0.761-0.981)	0.903 (0.68-0.973)
U1-PP	0.978 (0.922-0.994)	0.983 (0.939-0.995)	0.99 (0.962-0.997)

ICC: Intraclass Correlation Coefficient

DISCUSIÓN

En el presente estudio se encontró que los promedios de error interobservador entre el trazado manual y el computarizado no presentaron diferencias significativas entre los métodos; sin embargo, hubo valores más altos para los ángulos SNA y U1-PP en el trazado computarizado y G'/Sn-Pg' en el trazado manual.

Con relación al ángulo SNA, algunos autores^{1, 12, 18} refieren que con el método computarizado se observa una disminución de las diferencias entre las mediciones cefalométricas, convirtiéndose en un método más

DISCUSSION

The present study showed that inter-observer error averages of manual versus computerized tracing did not present significant differences between both methods; However, there were higher values for the SNA and U1-PP angles in computerized tracing, and for G'/Sn-Pg' in manual tracing.

Concerning the SNA angle, some authors^{1, 12-18} maintain that the computerized method shows a decrease in cephalometric measurement differences, and is therefore a more accurate method due

preciso, debido a diferentes características del *software*, como la medición en píxeles, el contraste y el brillo. Estos factores lo convierten en un método más fiable, especialmente cuando la localización de puntos de referencia debe hacerse en un contorno con profundidad en el hueso, como A, B y N. La ubicación de estos puntos de referencia es importante al momento de determinar la magnitud de una discrepancia horizontal en el maxilar, en una medida angular como SNA, por lo que el error de los puntos de referencia a lo largo del eje horizontal sería más significativo que el error a lo largo del eje vertical.¹

En este sentido, cualquier cambio en la posición horizontal del punto A, se traduce en un cambio significativo en el resultado de SNA. La importancia de seleccionar un punto de referencia para uso en un análisis cefalométrico, se refleja en un acertado diagnóstico y planificación del tratamiento.¹ En concordancia, Lim y colaboradores¹⁸ encontraron que los puntos de referencia anatómicos con radiodensidad baja, como el punto A, tienden a ser menos fiables en su identificación en la radiografía computarizada.

Los resultados obtenidos en este estudio para el ángulo U1-PP, son similares a los obtenidos por Collins y colaboradores,¹⁹ quienes indican que los planos maxilar y mandibular construidos en una radiografía son hechos entre dos puntos que son difíciles de localizar. Además, afirman que el aumento en la variabilidad de las medidas se debe a que es necesario digitalizar cuatro puntos para medir ciertos ángulos (U1-PP), y 3 puntos para otros ángulos (SNA y SNB). Otras razones de esta variación, son la superposición de las raíces que hace difícil la ubicación exacta de los ápices,^{12, 20} y la falta de contraste en esta zona,¹² lo que hace que las medidas que se relacionan con los ápices radiculares de los incisivos se encuentren dentro de los puntos de referencia menos reproducibles.^{21, 22} Igualmente, Bonilla y colaboradores,¹⁷ encontraron diferencias en los ejes X y Y para ENA y ENP, tanto en la imagen convencional como en la digital, alterando la reproducibilidad de estos puntos para el correcto trazado del plano palatino.

to different software characteristics such as pixels, contrast and brightness. These factors make it a more reliable method, especially when benchmark location must be done in a contour with bone depth, such as A, B and N. The location of these benchmarks is important when determining the magnitude of horizontal discrepancy in the maxilla, in an angular measurement like SNA, so that benchmark errors along the horizontal axis would be more significant than errors along the vertical axis.¹

In this sense, any change in the horizontal position of point A means a significant change in SNA results. Selecting a benchmark in cephalometric analysis is important for successful diagnosis and treatment planning.¹ Accordingly, Lim et al¹⁸ found out that anatomical benchmarks with low radiodensity, such as point A, tend to be less reliable to identify in computed radiography.

The results obtained for the U1-PP angle in the present study are similar to those obtained by Collins et al,¹⁹ who suggest that the maxillary and mandibular planes in a radiograph are marked between two points that are difficult to locate. In addition, they claim that the increase in measure variability occurs because it is necessary to digitize four points to measure certain angles (U1-PP), and 3 points for other angles (SNA and SNB). Other reasons for this variation are root superposition, which makes it difficult to accurately locate apices,^{12, 20} and the lack of contrast in this area,¹² which makes the measures related to the root apices of the incisors located in the benchmarks less reproducible.^{21, 22} Similarly, Bonilla et al¹⁷ found differences in the X and Y axis for ENA and ENP, both in the conventional image and the digital one; this alters the reproducibility of these points and affects the correct tracing of the palatal plane.

El ángulo G'/Sn-Pg' presentó mayor diferencia de error interobservador para el trazado manual, ya que el punto Subnasal presenta mayor promedio de error en el eje X, además, el punto Pogonion es de difícil ubicación en un área curva, similar a lo reportado por Chen.²⁰

En este estudio, el ángulo FH/N/Pg tuvo el menor error interobservador, es decir, alta reproducibilidad en ambos métodos, a diferencia de lo reportado por Sayinsu y colaboradores,¹¹ donde todos los parámetros con correlaciones más bajas, fueron medidas relacionadas con el plano de Frankfort, el cual pasa a través de Porion y Orbitario. De igual manera, McClure y colaboradores,⁹ y más recientemente, Bonilla y colaboradores²³ en otro estudio acerca de la reproducibilidad en la ubicación de puntos cefalométricos de tejidos blandos, reportaron que Pogonion se encuentra situado en la curva del contorno del mentón, por lo tanto, este punto puede ser difícil de identificar. Otros autores,^{12, 20, 24} observaron que Porion está situado en complejas estructuras radiopacas, las cuales se superponen y que el punto Orbital es más impreciso, probablemente por el alineamiento estrecho verticalmente del lado derecho e izquierdo de las órbitas.⁹ Así mismo, Bonilla y colaboradores,¹⁷ encontraron que el punto Porion presentó mayor desviación estándar en el eje Y y el punto Infraorbitario en el eje X en la imagen convencional, en concordancia con Geelen y colaboradores,²¹ quienes encontraron amplia dispersión en la distribución del error en los dos ejes, indicando ser un punto impreciso.

En este estudio, el ángulo Cm/Sn/Ls estuvo dentro de los mayores promedios de error interobservador en el trazado computarizado. En cuanto a esta medida, algunos autores²⁵ reportan que el ángulo Nasolabial es una medida con gran relevancia clínica en el análisis de los tejidos blandos, requiriendo para su medición la construcción de dos líneas a lo largo del contorno inferior de la nariz y el labio. Sin embargo, se presenta alta variación en el método de trazado, como lo indican otros estudios.^{3, 26-28} Por su parte, Hwang y colaboradores,²⁵ encontraron diferencias significativas para el ángulo Nasolabial y una baja reproducibilidad cuando se usó el método de trazado de la línea tangente,

The G'/Sn-Pg' angle presented greater inter-observer error difference in the manual tracing, since the Subnasale point has a higher average error on the X axis; also, it is hard to locate the Pogonion on a curve, as reported by Chen.²⁰

In this study, the FH/N/Pg angle showed less inter-observer error, i.e., high reproducibility in both methods, contrasting the report by Sayinsu et al¹¹ for whom all the parameters with lower correlations were measures related to the Frankfort plane, which goes through the Porion and the Orbital. Similarly, McClure et al,⁹ and more recently Bonilla et al,²³ in another study on the reproducibility in locating soft tissue cephalometric points, reported that the Pogonion is located on the Menton contour curve, and therefore this point may be difficult to identify. Similarly, other authors^{12, 20, 24} observed that the Porion is located in complex radiopaque structures that overlap to each other, and the Orbital point is more inexact, probably due to the narrow vertical alignment on the left and right sides of the orbits.⁹ Likewise, Bonilla et al¹⁷ found out that the Porion presented greater standard deviation on the Y axis, and the Infra-orbital point on the X axis in conventional imaging. This is consistent with Geelen et al,²¹ who found extensive error distribution dispersion in both axes, indicating an inexact point.

In this study, the Cm/Sn/Ls angle was within the highest inter-observer error averages in computerized tracing. Concerning this measure, some authors²⁵ report that the Nasolabial angle is a measure with great clinical relevance in soft tissue analysis, requiring the construction of two lines along the bottom contour of nose and lip. However, there are large variations among the tracing methods, as other studies indicate.^{3, 26-28} On the other hand, Hwang et al²⁵ found significant differences and low reproducibility for the Nasolabial angle when using the tangent line tracing method, a

resultado que se atribuyó a la forma anatómica (forma de “S”) que tiene la parte inferior de la nariz y no a la falta de coherencia en la construcción de la tangente. Asimismo, concluyeron que la variabilidad en la elaboración de una tangente en el labio superior, contribuye a la baja reproducibilidad del ángulo Nasolabial. En otro estudio, Swennen y colaboradores,¹² no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los métodos de análisis y el formato de imagen, con excepción del ángulo Nasolabial, el cual excedió la significancia clínica. Por lo tanto, se evidencia la dificultad en la construcción de este ángulo.

Los valores que se observan en la tabla 1, con respecto a los promedios de error interobservador, corresponden al promedio de los ángulos obtenidos para el trazado manual y computarizado. El tipo de maloclusión no se determinó como criterio de inclusión de la muestra y, por tanto, los valores de la tabla reflejan esta variabilidad entre los ángulos medidos, razón por la cual el análisis de resultados se hizo con base en las diferencias entre los métodos.

Todos los Coeficientes de Correlación Intraclase (CCI) indican altos niveles de precisión para ambos métodos, sin embargo, se reportó menor correlación para el ángulo FH/NA, en el trazado manual, y FH/N/Pg, N-A/Pg, en el método computarizado.

De acuerdo con los resultados de este estudio, las diferencias en estos métodos no son clínicamente relevantes, por lo que la aplicación de uno u otro análisis no afecta el diagnóstico. Independientemente del método aplicado, el clínico debe estar entrenado y calibrado para la ejecución del mismo.¹¹ Por lo tanto, la elección del método de análisis depende del criterio del ortodoncista, en cuanto a la valoración de las ventajas, desventajas, costos, tiempo, accesibilidad y comodidad.

result that was attributed to the anatomical shape (“S” shape) of the lower part of the nose, and not to the lack of coherence in tangent construction. They also concluded that variability in the elaboration of a tangent on the upper lip contributes to the low reproducibility of the Nasolabial angle. In another study, Swennen et al¹² found no statistically significant differences between the methods of analysis and the image format, with the exception of the Nasolabial angle, which exceeded the clinical significance. The difficulty in constructing this angle is therefore evident.

The values seen in table 1, with respect to inter-observer error averages, correspond to the average of angles obtained for manual and computerized tracing. The malocclusion type was used as a sample inclusion criterion, and therefore the values in the table reflect this variability among the angles measured; this is why the analysis of results was based on the differences between the methods.

All the intraclass correlation coefficients (ICC) indicate high levels of precision in both methods; however, a lower correlation for the FH/NA angle was found in manual tracing, and for FH/N/Pg, N-A/Pg angles in the computerized method.

According to the results of the present study, the differences in these methods are not clinically relevant, so the application of either analysis does not affect diagnosis. Regardless of the method used, the clinician must be trained and calibrated for it.¹¹ Therefore, the choice of the method of analysis depends on the orthodontist’s criterion in terms of advantages, disadvantages, cost, time, accessibility, and comfort.

CONCLUSIONES

La reproducibilidad de las medidas angulares entre el trazado manual y el trazado computarizado, no presentó diferencias significativas, lo que indica que los dos métodos brindan igual validez diagnóstica.

CORRESPONDENCIA

Judith Patricia Barrera Chaparro.
Facultad de Odontología
Fundación Universitaria San Martín
Carrera 18 N.º 80-94
Teléfono: (57-4) 621 65 30
Bogotá D.C., Colombia
Correo electrónico: barrerajudith@gmail.com

CONCLUSIONS

Angle measure reproducibility between manual and computerized tracing methods did not show significant differences, suggesting that both methods offer equal diagnostic validity.

CORRESPONDING AUTHOR

Judith Patricia Barrera Chaparro
School of Dentistry
Fundación Universitaria San Martín
Carrera 18 N.º 80-94
Phone number: (57-4) 621 65 30
Bogotá D.C., Colombia
Email address: barrerajudith@gmail.com

REFERENCIAS / REFERENCES

- De Araújo P, Nascimento J, Mesquita F, Nery E. A comparative study of manual vs. computerized cephalometric analysis. *Dental Press J Orthod* 2010; 15(2): 44-51.
- Steiner C. Cephalometrics for you and me. *Am J Orthod* 1953; 39(10): 729-755.
- Legan HL, Burstone CJ. Soft tissue cephalometric analysis for orthognathic surgery. *J Oral Surg* 1980; 38(10): 744-751.
- Burstone CJ, James RB, Legan H, Murphy GA, Norton LA. Cephalometrics for orthognathic surgery. *J Oral Surg* 1978; 36(4): 269-277.
- McNamara JA Jr. A method of cephalometric evaluation. *Am J Orthod* 1984; 86(6): 449-469.
- Sassouni V. A classification of skeletal facial types. *Am J Orthod* 1969; 55(2): 109-123.
- Dana JM, Goldstein M, Burch JG, Hartigan PC. Comparative study of manual and computerized cephalometric analyses. *J Clin Orthod* 2004; 38(5): 293-296.
- Roden-Johnson D, English J, Gallerano R. Comparison of hand-traced and computerized cephalograms: landmark identification, measurement, and superimposition accuracy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 133(4): 556-564.
- McClure SR, Sadowsky LP, Ferreira A, Jacobson A. Reliability of digital versus conventional cephalometric radiology: a comparative evaluation of landmark identification error. *Semin Orthod* 2005; 11(2): 98-110.
- Bruntz LQ, Palomo JM, Baden S, Hans MG. A comparison of scanned lateral cephalograms with corresponding original radiographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 130(3): 340-348.
- Sayinsu K, Isik F, Trakyali G, Arun T. An evaluation of the errors in cephalometric measurements on scanned cephalometric images and conventional tracings. *Eur J Orthod* 2007; 29(1): 105-108.
- Swennen GR, Grimaldi H, Berten JL, Kramer FJ, Dempf R, Schweska-Polly R et al.. Reliability and validity of a modified lateral cephalometric analysis for evaluation of craniofacial morphology and growth in patients with clefts. *J Craniofac Surg* 2004; 15(3): 399-412.

13. Polat-Ozsoy O, Gokcelik A, Toygar Memikoglu TU. Differences in cephalometric measurements: a comparison of digital versus hand-tracing methods. *Eur J Orthod* 2009; 31(3): 254-259.
14. 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(2): 155-161.
15. Richardson A. A comparison of traditional and computerized methods of cephalometric analysis. *Eur J Orthod* 1981; 3(1): 15-20.
16. Sandler PJ. Reproducibility of cephalometric measurements. *Br J Orthod* 1988; 15(2): 105-110.
17. Bonilla M, Barrera J, Gutiérrez D, Paredes M, Puentes J. Comparación del error en la ubicación de puntos cefalométricos entre una imagen digital directa y una convencional. *Revista Científica Sociedad Colombiana de Ortodoncia* 2011; 18(17): 63-71.
18. Lim KF, Foong KW. Phosphor-stimulated computed cephalometry: reliability of landmark identification. *Br J Orthod* 1997; 24(4): 301-308.
19. Collins J, Shah A, McCarthy C, Sandler J. Comparison of measurements from photographed lateral cephalograms and scanned cephalograms. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 132(6): 830-833.
20. Chen YJ, Chen SK, Chang HF, Chen KC. Comparison of landmark identification in traditional versus computer-aided digital cephalometry. *Angle Orthod* 2000; 70(5): 387-392.
21. Geelen W, Wenzel A, Gottfredsen E, Kruger M, Hansson LG. Reproducibility of cephalometric landmarks on conventional film, hardcopy, and monitor-displayed images obtained by the storage phosphor technique. *Eur J Orthod* 1998; 20(3): 331-340.
22. Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements. 1. Landmark identification. *Am J Orthod* 1971; 60(2): 111-127.
23. Bonilla MM, Barrera JP, Arroyave AP, Díaz ME. Reproducibilidad en la ubicación de puntos cefalométricos de tejidos blandos en radiografías convencionales y digitales directas. *Rev Fac Odontol Univ Antioq* 2013; 25(1): 76-91.
24. Yu SH, Nahm DS, Baek SH. Reliability of landmark identification on monitor-displayed lateral cephalometric images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 133(6): 790.
25. Hwang HS, Kim WS, McNamara JA Jr. A comparative study of two methods of quantifying the soft tissue profile. *Angle Orthod* 2000; 70(3): 200-207.
26. Park YC, Burstone CJ. Soft-tissue profile —fallacies of hard-tissue standards in treatment planning. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986; 90(1): 52-62.
27. Nanda RS, Meng H, Kapila S, Goorhuis J. Growth changes in the soft tissue facial profile. *Angle Orthod* 1990; 60(3): 177-190.
28. Formby WA, Nanda RS, Currier GF. Longitudinal changes in the adult facial profile. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994; 105(5): 464-476.