

Reliability assessment of PAR index plaster and digital study models

Evaluación de la confiabilidad del índice PAR en modelos de estudio físicos y digitales

Ana María Mejía-Rodríguez,¹ Emery Álvarez-Varela,² Samuel Ignacio Roldan³

¹Odontopediatra. E-mail: ammrdriguez@yahoo.es.

²Odontopediatra. Director del posgrado de odontopediatría y ortodoncia preventiva de la universidad CES. E-mail: ealvarez@ces.edu.co.

³Ortodoncista. Director Centro de investigación en Crecimiento y desarrollo craneofacial. CIC&D-CF. Profesor asistente. Universidad CES. Investigador grupo GIB CES. Eafit. E-mail: sroldan@ces.edu.co

Recibido:septiembre de 2013. Aprobado: noviembre de 2013

Abstract

Introduction and objective:

The PAR index evaluates the results of orthodontic treatment in terms of improving the technical quality of care. It can be used to assess orthodontic treatment standards. A good occlusion has a nominal record of less than 5 PAR points. The aim of this study was to assess the reliability of the PAR index measured in physical and digital dental models for diagnosing occlusal problems.

Materials and methods:

This study was conducted in 21 study models of both female and male patients, with different age ranges between 6 and 17 years and three types of malocclusion (Class I, Class II and ideal occlusions) randomly selected from 480 models available in the IPF Research Group. In order to make digital measurements of study models bite registration with modeling wax were taken; manual measurements were made with a digital caliper and ruler for the PAR index; two researchers were blindly standardized at two different times in order to perform the measurements.

Results:

An excellent reliability of PAR index measurements was observed between physical and digital models with intraclass correlation coefficient (ICC = 0,99) and a confidence interval of 95%. (0,98; 0,99).

Conclusions:

PAR Index measurements are equally reliable when measured on plaster or digital models.

Key words:

PAR Index, Plaster models, Digital models.

Forma de citar: *Mejía-Rodríguez AM, Álvarez-Varela E, Roldan SI. Evaluación de la confiabilidad del índice par en modelos de estudio físicos y digitales. Rev. CES Odont. 2013; 26(2) 49-58*

Resumen

Introducción y objetivo:

El índice PAR evalúa los resultados del tratamiento de ortodoncia en términos de mejora y la calidad técnica de la atención. Se puede utilizar para evaluar las normas de tratamiento de ortodoncia. Una buena oclusión tiene un récord nominal de menos de 5 puntos PAR. El objetivo de este estudio es evaluar la confiabilidad del índice PAR medido en los modelos dentales digitales y físicos para el diagnóstico de problemas oclusales.

Materiales y métodos:

Este estudio se realizó en 21 modelos de estudio correspondientes a individuos distribuidos equitativamente tanto del sexo femenino como masculino, con diferentes rangos de edades entre 6 y 17 años y en tres tipos de maloclusión (clase I, clase II y oclusiones ideales) escogidos al azar entre 480 modelos disponibles en el grupo de investigación del GIB. Para la medición digital a los modelos de estudio se les tomó un registro de mordida con cera para modelar; las mediciones manuales se realizaron con un calibrador digital y la regla correspondiente al índice PAR; se calibraron 2 investigadores en forma ciega en dos momentos diferentes para la realización de las mediciones.

Resultados:

Se encontró una excelente confiabilidad de las medidas del índice PAR entre los modelos físicos y los digitales con un coeficiente de correlación intra clase ($CCI=0,99$) y un intervalo de confianza de 95%. (0,98; 0,99)

Conclusión:

La medición del índice PAR es igualmente confiable cuando se mide en modelos de yeso que en modelos digitales.

Palabras clave:

Índice PAR, Modelos de yeso, Modelos digitales.

Introducción

Tradicionalmente los registros ortodóncicos se han obtenido de manera física y las fotografías y las radiografías se han realizado en formato papel, tanto fotográfico como radiográfico, mientras que los modelos de estudio se hacen en yeso. Los estudios digitales de modelos están disponibles desde mediados de 1990 y son una alternativa diagnóstica que ofrece múltiples ventajas como reducción de costos, facilidad de interconsulta con

otros profesionales, procesamiento más limpio, facilidad en su obtención y almacenamiento, exportación para procesos de simulación y predeterminación y determinación de medidas para uso como diagnóstico o en investigación, entre otras, cuando se comparan con los modelos tradicionales de estudio.(1) Por tanto, cada vez más, se está produciendo un cambio hacia la digitalización de estos registros ortodóncicos.(2) Desde la

introducción en la literatura de los primeros artículos sobre la utilización de un programa informático para el análisis de los modelos de estudio (3–5) se ha desencadenado un vertiginoso desarrollo tecnológico y de software con publicaciones comparando el análisis tradicional de los modelos de yeso versus los digitalizados. Con los avances informáticos y la incorporación de la imagen digital, ya sea con un escáner de mesa o con las cámaras digitales, varios autores han digitalizado las imágenes de los modelos para realizar diversas medidas. Los registros ortodóncicos son una herramienta fundamental a la hora de realizar un correcto diagnóstico y plan de tratamiento. Estos registros pueden dividirse en tres grandes grupos: radiografías, fotografías y modelos de estudio. Por regla general estos deben realizarse antes, durante y al finalizar cualquier tratamiento de Ortodoncia. Si bien varias publicaciones originales no demuestran una diferencia estadísticamente significativa respecto de la calidad de las mediciones obtenidas para el cálculo de los Índices de Complejidad, de Resultados y Necesidad de Tratamiento (ICON), el índice de evaluación par (PAR) para determinar las características de la maloclusión en el paciente, y el índice (ABO), con los modelos de yeso versus los digitales,(1,6–15) éstos últimos tienen muchas ventajas que justificarían la implementación rutinaria de su uso, como el fácil almacenamiento de las imágenes, fácil reproducibilidad, se aumenta la posibilidad de realizar interconsultas ya que es más fácil de enviar vía correo electrónico y disminuye el grado de error en la toma de algunas medidas por ser un programa estandarizado.(1,8–16) Igualmente, los modelos digitales son de gran utilidad al momento de realizar medidas de índices ya que los software las traen incorporadas, como por ejemplo el índice PAR cuyos componentes incluyen el overbite, overjet, línea media, segmentos maxilares y mandibulares anteriores y oclusión bucal derecha e izquierda.(14,17)

Los modelos de yeso tienen varias desventajas relacionadas con el problema para archivarlos, debido a su tamaño y peso, un intenso trabajo para ordenarlos y en la mayoría de los casos sufren deterioros importantes, pues se quiebran, pueden ser extraviados y son difíciles de reproducir y transferir.(2) Por lo anterior los estudios digitales están teniendo cada vez más sustentación para su uso, se calcula que aproximadamente el 10% de los ortodoncistas de los Estados Unidos y Canadá realizan sus estudios basados en modelos digitales.(13) Algunas de las tecnologías digitales disponibles comercialmente son OrthoCAD(15,18) e Invisaling®, Orthoinsight, entre otros. Estas capturan registros fotográficos de los modelos en 5 posiciones: frontal, lateral derecha e izquierda y oclusión superior e inferior, y sus ventajas sobre los modelos tradicionales tienen que ver con un método de medición simple y más efectivo que incluye valoración del modelo en diferentes ángulos y a 360° con buen nivel de detalle; igualmente tienen simplicidad para su almacenamiento en un sencillo archivo digital en una computadora personal, evitando el almacenamiento físico de los modelos de estudio en la consulta; durabilidad de las imágenes sin el temor del daño o pérdida de los modelos; dan la opción de maximizar las imágenes para localizar los puntos con más exactitud; facilitan la medición de la anchura, la profundidad y el perímetro de las arcadas dentarias y para poder evaluar los cambios longitudinales de las mismas; permiten examinar las relaciones intra e interarcos, y las transversas entre los arcos superior e inferior con mucha más precisión; realizar simulación de pérdida de espacio posterior a una extracción y retracción del incisivo; se incrementa el conocimiento del sistema masticatorio y el entendimiento de los movimientos dentales, mejorando las correcciones ortopédicas y ortognáticas, además la exactitud dimensional del láser de superficie de los modelos digitales escaneados está alrededor de 0,05 mm; se pueden enseñar las imágenes de los modelos a los propios

pacientes para motivarlos durante su tratamiento, y dan mayor facilidad para visualizar y transferir la información a otros especialistas, permitiendo incluso realizar videoconferencias.(13,14)

Con respecto al error del método, para la medición de modelos digitales se puede afirmar que las medidas tienen una precisión de 0,27 mm, y que las variaciones relacionadas con el posicionamiento de los puntos de medición por parte del operador son de 0,02-0,14 mm, siendo mucho menores que las variaciones observadas cuando se realizan mediciones manuales directamente en los modelos actuales, las cuales oscilan entre 0,14-0,48 mm.(14)

El propósito de este estudio fue evaluar la confiabilidad del índice PAR de los modelos dentales digitales en el diagnóstico de problemas oclusales en forma tridimensional comparado con las mediciones realizadas en los modelos físicos.

Materiales y métodos

Se hizo un estudio descriptivo transversal para evaluar la confiabilidad de medidas digitales comparadas con las manuales realizadas en modelos de yeso al determinar el índice PAR, en la que se tomó una muestra por conveniencia del 5% equivalente a 21 modelos, distribuidos 7 por cada grupo de oclusión, escogidos al azar entre 480 modelos disponibles en el grupo de investigación de bioingeniería (GIB, CES-Eafit). Estos modelos correspondieron a individuos distribuidos equitativamente por sexo, por rangos de edades entre 6 y 17 años (dentición decidua entre 5 a 7 años, dentición mixta temprana entre 8 a 10 años, dentición mixta tardía entre 11 a 13 años, y dentición permanente entre 14 a 16 años) y

por tipo de oclusión (Clase I normales, maloclusión Clase I y maloclusión Clase II).

Se realizó medición del índice PAR según la metodología descrita por Richmond y colaboradores en 1992(19) compuesto por 7 parámetros, los cuales miden espaciamiento, apiñamiento (segmento superior e inferior derecho, izquierdo y anterior), Overjet, Overbite, línea media y oclusión bucal derecha e izquierda. Las mediciones manuales se hicieron con un calibrador digital Digimatic electronic calipers mitutoyo 500-172, el cual posee puntas de carburo que facilitan la medición, posee una resolución de 0,01 mm o 0,0005 "/ 0,01 mm y una repetibilidad: 0,01 mm / 0,0005", y la regla para medir el índice PAR. Los modelos de yeso fueron digitalizados por un operador técnico capacitado en un escáner OrthoInsight 3D en el centro radiológico IMAX (Figura.1), estas mediciones tanto de los modelos físicos como digitales fueron realizadas por uno de los investigadores que fue previamente estandarizado y calibrado (ver prueba piloto). Para la medición de la oclusión bucal se creó un plano z a punto -4 (para los permanentes) y en punto -10 (para la dentición mixta) que paso por todo el vértice de la cúspide mesiovestibular del primer molar superior, con el fin de facilitar la observación de la relación antero-posterior (Figura 2). Para la dentición decidua no se realizó el plano z ya que el software los toma como premolares; para el análisis de la línea media se creó un plano x en referencia a los centrales superiores, cuando este plano dio 0 significa que las líneas medias coinciden y cuando se aleja de esta medida significa que no coinciden, en este caso se tomó la medida total de la corona del central inferior derecho, se dividió en 4 y se midió a cuantos cuartos del diente corresponde la medida que proporciona el software para calificarlo dentro de los parámetros del índice PAR. (Figura 3,4)

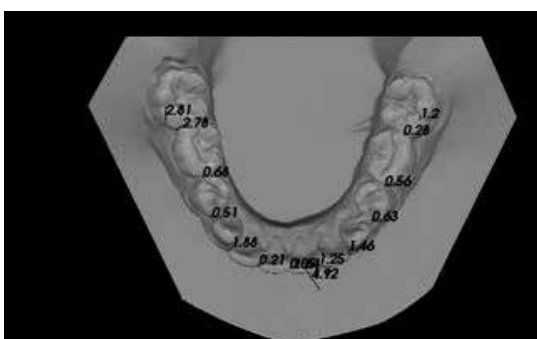
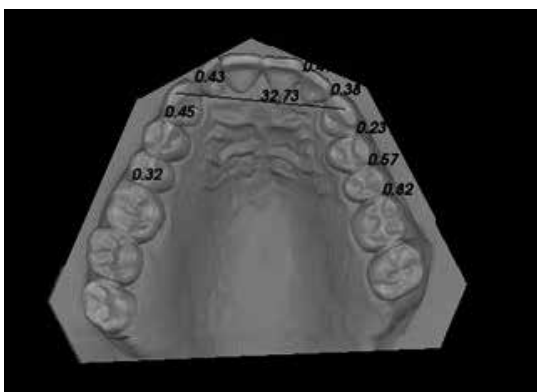


Figura 1. Modelos digitales (puntos de contacto para la alineación)

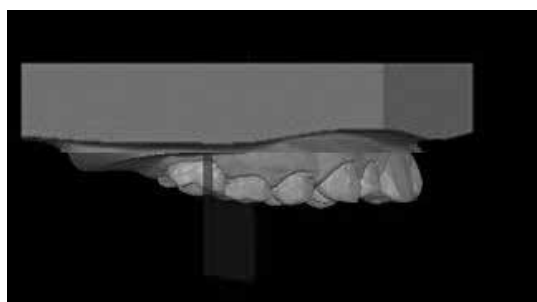


Figura 2. Plano z (plano antero-posterior)

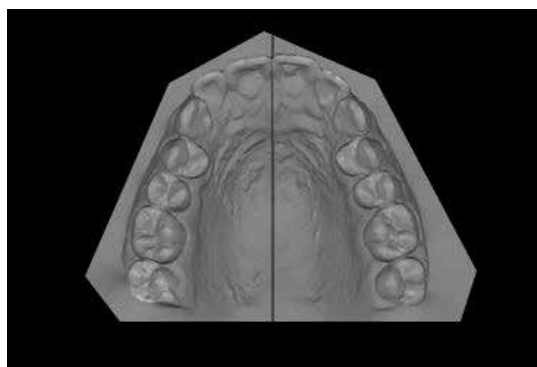


Figura 3. Plano x (plano transversal)



Figura 4. Desviación de línea media

Prueba piloto

Se realizó una prueba piloto en 6 modelos de estudio diferentes a los incluidos en la investigación, a los cuales se les realizó mediciones manuales por dos examinadores que hicieron una calibración intra e inter examinador, a la cual se le aplicó el CCI (coeficiente de correlación intra clase) para comprobar la concordancia entre los examinadores, donde se obtuvo un coeficiente de 1 que determinó la confiabilidad entre las dos mediciones.

Plan de análisis

Se construyó una base de datos en una hoja de cálculo en Excel. Para el análisis de la información se utilizó el programa estadístico SPSS® versión 8.0 (SPSS inc., Chicago IL). Para el análisis del índice PAR se utilizó estadística descriptiva (el promedio y la desviación estándar) para describir cada uno de los componentes del Índice PAR. El análisis de confiabilidad de los dos índices obtenidos de los modelos físicos y digitales se realizó con el CCI. Adicionalmente la información del Índice PAR total tanto en los modelos en yeso como en los modelos digitales se representó mediante una gráfica de dispersión de puntos (scatterplot) que permitió observar la confiabilidad del índice PAR.

Resultados

La Tabla 1 muestra el promedio y la desviación estándar de los componentes del índice PAR según el tipo de oclusión y al comparar estos valores se

muestra el efecto de los multiplicadores en los componentes ponderados, especialmente en el Overjet, aumentándose 6 veces como resultado de la multiplicación del peso del índice PAR dando un resultado para la Clase I (6,00±5,55). Los segmentos superior e inferior, tanto derecho como izquierdo, están más afectados en la maloclusión Clase II (0,71±0,76) y (2,00±1,53) respectivamente. El overbite presentó una alteración mayor en los Clase II (2,29±1,38); el índice de irregularidad se encuentra alterado con una diferencia estadísticamente mayor en el segmento anterior tanto superior como inferior en la maloclusión clase I (2,63±2,50) y (4,00±2,88) respectivamente. El resultado final del índice registro un valor más alto para la maloclusión Clase II y menor para el grupo de oclusión Normal (12,71±2,50) y (5,83±3,31) respectivamente.

Tabla 1. Análisis descriptivo del índice PAR y sus segmentos según el tipo de oclusión.

Componentes	N	Clase I		Clase II		Normal	
		\bar{X}	DE	\bar{X}	DE	\bar{X}	DE
Total SDS	8	0,50	0,93	0,71	0,76	0,33	0,52
Total SAS	8	2,63	2,50	1,71	1,60	2,00	1,26
Total SIS	8	1,00	1,51	1,14	1,21	0,33	0,52
Total SDI	8	0,75	1,16	2,00	1,53	0,33	0,52
Total SAI	8	4,00	2,88	1,29	0,95	1,00	1,26
Total SII	8	0,75	0,89	0,86	0,69	0,33	0,52
Total OBD	8	0,63	0,52	1,86	0,69	0,67	1,03
Total OJ	8	1,00	0,93	0,29	0,49	0,17	0,41
Total peso OJ	8	6,00	5,55	1,71	2,93	1,00	2,45
Total OB	8	0,63	0,74	1,14	0,69	0,17	0,41
Total peso OB	8	1,25	1,49	2,29	1,38	0,33	0,82
Total peso línea media	8	1,50	2,07	0,00	0,00	0,67	1,63
Total OBI	8	0,63	0,74	1,86	0,38	0,50	0,84
Total índice	8	12,50	6,26	12,71	2,50	5,83	3,31

SDS (Segmento superior derecho), SAS (Segmento supero-anterior), SIS (Segmento superior izquierdo), SDI (Segmento Inferior derecho) SAI (Segmento infero-anterior), SII (Segmento inferior izquierdo), OBD (Oclusión bucal derecha), OJ (Overjet), OB (Overbite), OBI (Oclusión bucal izquierda).

La Tabla 2 muestra la alta confiabilidad de las medidas del índice PAR entre los modelos físicos y los digitales con un valor del (CCI=0,99). Los componentes que se encontraron con un coeficiente inferior a 1,00 fueron el segmento bucal

derecho e izquierdo con un IC del 95% de (0,86 ; 0,97) y (0,92; 0,98) respectivamente.

Tabla 2. Confiabilidad del índice PAR en modelos físicos vs digitales

Componentes	CCI	IC 95%	
		Lim.inf	Lim. sup
Superior derecho	1,00	1,00	1,00
Supero-anterior	1,00	1,00	1,00
Superior izquierdo	1,00	1,00	1,00
Inferior derecho	1,00	1,00	1,00
Infero-anterior	1,00	1,00	1,00
Inferior izquierdo	1,00	1,00	1,00
Oclusión bucal derecha	0,94	0,86	0,97
Overjet	1,00	1,00	1,00
Overbite	1,00	1,00	1,00
Línea media	1,00	1,00	1,00
Oclusión bucal izquierda	0,96	0,92	0,98
Total índice	0,99	0,98	0,99

CCI (coeficiente de correlación intraclase)

Lim.inf (límite inferior)

Lim.sup (límite superior)

IC (intervalo de confianza)

Finalmente se encontró una alta confiabilidad entre las mediciones del índice PAR en los modelos de yeso versus los modelos digitales con un CCI de 0,99 donde se puede decir que la variabilidad del índice PAR obtenido en los modelos está explicando la variabilidad del índice PAR obtenido en los modelos digitales en un 99,2%. (Figura 5)

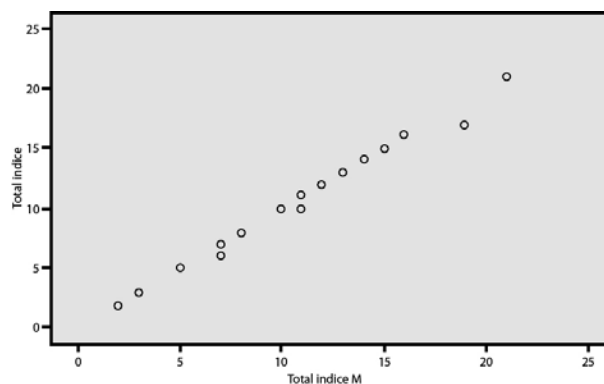


Figura 5. Diagrama de dispersión del Índice PAR según el modelo de medición. En la coordenada Y los valores del índice PAR digital y en la coordenada X los valores del índice PAR manual.

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio fueron reproducibles al utilizar técnicas manuales versus digitales para la evaluación del índice PAR. Se demostró una alta confiabilidad con el coeficiente de correlación intra clase en ambas mediciones. (12,20) Los segmentos bucales derechos e izquierdos presentaron coeficientes un poco menos altos, lo cual puede explicarse por la dificultad que se presenta en la interpretación de variables cualitativas en estos segmentos.

La reproducibilidad de las medidas digitales fue mejor para las medidas angulares cuando se compararon con la técnica convencional, para las mediciones lineales el arco mandibular y el arco maxilar mostraron mayores variaciones intra examinador en las medidas digitales esto es debido a que en los modelos físicos los puntos de medición son más fáciles de localizar por la palpación de la anatomía de la cúspides bucales y linguales, sin embargo en nuestro estudio no se presentó este fenómeno ya que ambas mediciones lineales fueron similares. Con relación a la reproducibilidad de las medidas del overjet y el overbite no hubo diferencias significativas entre las técnicas convencionales y digitales similares a lo encontrado en el presente estudio (Sjogren y colaboradores) 2010.(21)

Igualmente en una revisión sistemática de Fleming y colaboradores en 2011(22) encontraron una concordancia aceptable en las mediciones de los modelos digitales y físicos para el índice PAR y el ICON similar a lo encontrado en el presente estudio realizado con el índice PAR.

Al analizar los componentes del índice PAR se encontraron valores más altos dependiendo del tipo de oclusión. Para la maloclusión Clase I se registró una mayor puntuación para la irregularidad en los segmentos anteriores tanto superior como inferior,

de igual manera al aplicar el peso al Overjet esta maloclusión fue la de mayor puntuación, este resultado concuerda con lo reportado por Hamdan y Rock(23) en (1999) encontrando un incremento en la puntuación del índice PAR en un 21% en el total de la muestra, el 29% en la clase II división 1,18% para la Clase II división 2, y el 32% de los casos de clase III. Cuando se evaluó la maloclusión Clase II se pudo evidenciar que el overbite y la irregularidad en los segmentos superior e inferior, tanto derecho como izquierdo, presentaron mayor alteración; mientras que las oclusiones normales no se vieron muy afectadas en las puntuaciones en ninguno de los componentes del índice PAR.

La confiabilidad de este estudio fue alta, por encima de 0,98, resultado que concuerda con algunos autores: Richmond y colaboradores(19) de 0,93, Matthew Mayers y colaboradores(12) de 0,95 y Shelton y colaboradores(7) 0,99, Kari Birkeland y colaboradores(24) en (1997) reportaron una confiabilidad del 0,96. La confiabilidad de los diferentes componentes del índice PAR fueron similares en ambos tipos de modelos, excepto para la oclusión bucal derecha e izquierda que se encontró de (0,94; 0,96) ligeramente por encima de lo reportado por Richmond y colaboradores(19) de (0,79; 0,83) respectivamente. Daron y colaboradores(11) en (2006) encontraron una confiabilidad alta de 0,92; por otra parte encontraron que las puntuaciones del índice PAR más bajas fueron para el segmento bucal derecho de 0,42 y para la línea media de 0,57; la puntuación más alta fue para el Overjet de 0,99 cuando comparaban el CCI interexaminadores. Cuando compararon la confiabilidad de las puntuaciones entre los modelos de yeso con los digitales para los componentes del índice PAR reportaron que la puntuación del overbite fue menor para los modelos digitales de 0,24.

Cuando se evaluaron los componentes del índice PAR con los diferentes tipos de maloclusión el

Overbite se encontró más alterado en la Clase II y la línea media presenta una puntuación más alta en los clase I, resultados que concuerdan con lo reportados por Hamdan y Rock;(23) mientras el Overjet en este estudio estuvo más alterado en la clase I, mientras que Hamdan y Rock encontraron una puntuación más alta en los clase II, a diferencia de este estudio ellos también evaluaron la maloclusión clase III encontrando una puntuación más alta en la irregularidad, una disminución en la presencia de dientes impactados y ausentes, y un aumento significativo en el Overjet.(23)

McKnight y colaboradores(25) en (1998) encontraron una limitación en el Índice PAR debido a que no se incluye la dentición decidua, la puntuación del índice para la dentición mixta es baja, esto puede presentar problemas al aplicar este índice cuando se va a iniciar un tratamiento en edades tempranas, ya que no se refleja la mejoría de la oclusión cuando se aplica el índice PAR en el pos tratamiento. (Fox en 1993 y Kerr en 1993)(26,27) reportaron que la puntuación del índice puede alterarse dependiendo del peso que se le da al componente, por ejemplo el Overjet por una disminución de 8 mm a 2 mm disminuye la puntuación de 18 puntos a 4, pero cuando se habla de la corrección del Overbite se produce una disminución de solo 6 puntos.

El uso de modelos digitales son una buena alternativa para la evaluación de la oclusión pre y pos tratamiento, brindando una buena alternativa a los ortodoncistas por su fácil almacenamiento en un equipo de cómputo, ahorrando tiempo, espacio y facilitando la reproducibilidad de la información con otras disciplinas; además siempre estarán disponibles sin los riesgos de deterioro físico que pueden sufrir los modelos de yeso. Su principal desventaja se traduce en términos del costo(1,8–10).

Para futuras investigaciones que involucren el índice PAR se debe de implementar un software que entregue los resultados de una manera automatizada con la disminución del tiempo invertido para la cuantificación de la información por parte del operador.

Conclusiones

La medición del índice PAR es igualmente confiable cuando se mide en modelos de yeso que en modelos digitales.

Cuando se evalúan los componentes del índice PAR se puede concluir que el Overjet y la irregularidad está más aumentado en la maloclusión Clase I y el Overbite es mayor en la Clase II.

Referencias

1. Marcel T. Nuestra experiencia con modelos digitales: Reporte de seis meses del OrthoCad. Orthod Cyber J. junio de 2001; 73(2).
2. Paredes V, Gandía JL, Cibrián R. Registros diagnósticos digitales en ortodoncia. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2006;11:88-93.
3. Begole EA, Cleall JF, Gorny HC. A computer program for the analysis of dental models. Comput Programs Biomed. diciembre de 1979;10(3):261-270.
4. Rudge SJ. A computer program for the analysis of study models. Eur J Orthod. noviembre de 1982;4(4):269-273.
5. Yen CH. Computer-aided space analysis. J Clin Orthod JCO. abril de 1991;25(4):236-238.

6. Veenema AC, Katsaros C, Boxum SC, Bronkhorst EM, Kuijpers-Jagtman AM. Index of Complexity, Outcome and Need scored on plaster and digital models. *Eur J Orthod.* junio de 2009;31(3):281-286.
7. Shelton AT, Hobson RS, Slater D. A preliminary evaluation of pre-treatment hypodontia patients using the Dental Aesthetic Index: how does it compare with other commonly used indices? *Eur J Orthod.* junio de 2008;30(3):244-248.
8. Rosseto MC, Palma FMC, Ferreira RI, Pinzan A, Vellini-Ferreira F. Comparative study of dental arch width in plaster models, photocopies and digitized images. *Braz Oral Res.* junio de 2009;23(2):190-195.
9. Asquith J, Gillgrass T, Mossey P. Three-dimensional imaging of orthodontic models: a pilot study. *Eur J Orthod.* octubre de 2007;29(5):517-522.
10. Paredes V, Gandia JL, Cibrian R. Determination of Bolton tooth-size ratios by digitization, and comparison with the traditional method. *Eur J Orthod.* abril de 2006;28(2):120-125.
11. Stevens DR, Flores-Mir C, Nebbe B, Raboud DW, Heo G, Major PW. Validity, reliability, and reproducibility of plaster vs digital study models: comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* junio de 2006;129(6):794-803.
12. Mayers M, Firestone AR, Rashid R, Vig KWL. Comparison of peer assessment rating (PAR) index scores of plaster and computer-based digital models. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* octubre de 2005;128(4):431-434.
13. Joffe L. OrthoCAD: digital models for a digital era. *J Orthod.* diciembre de 2004;31(4):344-347.
14. Hajeer MY, Millett DT, Ayoub AF, Siebert JP. Applications of 3D imaging in orthodontics: part II. *J Orthod.* junio de 2004;31(2):154-162.
15. Dalstra M, Melsen B. From alginate impressions to digital virtual models: accuracy and reproducibility. *J Orthod.* marzo de 2009;36(1):36-41.
16. Bell A, Ayoub AF, Siebert P. Assessment of the accuracy of a three-dimensional imaging system for archiving dental study models. *J Orthod.* septiembre de 2003;30(3):219-223.
17. Castaño JM, Duran A, Gomez M, Alvaran N, Roldan S. Comparación de la aplicación del índice PAR en modelos e intraoralmente. *Rev CES Odontol.* 2004;17(1):52.
18. 3Shape. 3Shape R700 3D Scanner for Orthodontics [Internet]. 3Shape. [citado 14 de abril de 2011]. Recuperado a partir de: http://www.3shape.com/media/13157/3Shape_R700_scanner_2009.pdf
19. Richmond S, Shaw WC, O'Brien KD, Buchanan IB, Jones R, Stephens CD, et al. The development of the PAR Index (Peer Assessment Rating): reliability and validity. *Eur J Orthod.* abril de 1992;14(2):125-139.
20. Santoro M, Galkin S, Teredesai M, Nicolay OF, Cangialosi TJ. Comparison of measurements made on digital and plaster models. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* julio de 2003;124(1):101-105.
21. Sjögren APG, Lindgren JE, Huggare JAV. Orthodontic study cast analysis--reproducibility of recordings and agreement between conventional and 3D virtual measurements. *J Digit Imaging.* agosto de 2010;23(4):482-492.
22. Fleming PS, Marinho V, Johal A. Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: a systematic review. *Orthod Craniofac Res.* febrero de 2011;14(1):1-16.
23. Hamdan AM, Rock WP. An appraisal of the Peer Assessment Rating (PAR) Index and a suggested new weighting system. *Eur J Orthod.* abril de 1999;21(2):181-192.

24. Birkeland K, Furevik J, Bøe OE, Wisth PJ. Evaluation of treatment and post-treatment changes by the PAR Index. *Eur J Orthod.* junio de 1997;19(3):279-288.
25. McKnight MM, Daniels CP, Johnston LE Jr. A retrospective study of two-stage treatment outcomes assessed with two modified PAR indices. *Angle Orthod.* diciembre de 1998;68(6):521-524; discussion 525-526.
26. Fox NA. The first 100 cases: a personal audit of orthodontic treatment assessed by the PAR (peer assessment rating) index. *Br Dent J.* 24 de abril de 1993;174(8):290-297.
27. Kerr WJ, Buchanan IB, McColl JH. Use of the PAR index in assessing the effectiveness of removable orthodontic appliances. *Br J Orthod.* noviembre de 1993;20(4):351-357.



UNIVERSIDAD CES
Un Compromiso con la Excelencia
Resolución del Ministerio de Educación Nacional No. 1371 del 22 de marzo de 2007