



Integración de la ingeniería inversa y la dinámica mandibular dental



INTEGRATION OF REVERSE ENGINEERING AND DENTAL MANDIBULAR DYNAMICS

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7692> | Recibido: 12/06/2015 • Aceptado: 28/07/2015

Eneko Solaberrieta¹, Aritza Brizuela², Cristina Fraile³, Rikardo Minguez¹, Asier Garmendia⁴, Olatz Etxaniz¹ y Guillermo Pradies³

¹ UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO. UPV/EHU. Dpto. de Expresión Gráfica y Proyectos de Ingeniería. Alameda Urquijo, s/n - 48013 Bilbao.

Tlfno: +34 946 017218. eneko.solaberrieta@ehu.eus

² UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO. UPV/EHU. Dpto. de Prosthodontia y oclusión, Barrio Sarriena, s/n - 48940 Leioa (Bilbao). Tlfno: + 34 946 018000

³ UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. Dpto de Prótesis Bucofacial Estomatología I. Pza. Ramón y Cajal, s/n - 28040 Madrid. Tlfno.: +34 916 506370

⁴ UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO UPV/EHU. Dpto. Departamento de Ingeniería Mecánica. Plaza Europa 1 - 20018 Donostia- San Sebastián. Tlfno: +34 943 03 3071

ABSTRACT

• **Purpose:** This study proposes a methodology that integrates reverse engineering and mandibular dynamics in dental CAD/CAM systems. Thus, it aims to provide more objective information to the dental technician for diagnosis, planning and treatment.

Method: In the proposed methodology, the occlusal contacts are detected by the T-Scan system and occlusal surfaces are obtained using an intraoral scanner. These contacts are projected onto the patient's occlusal surfaces and also, occlusal forces are obtained over time.

Results: Using this methodology, 4 cases (in vitro and in vivo) have been carried out and the viability of this integration has been analyzed. On the one hand, reliability was determined by analyzing the existence of contacts and an average value of 78% was obtained.

Discussion & Conclusion: The study is a step forward in digital dentistry, because it determines the exact location of contacts and occlusal forces individual patient over time. This information is more meaningful for the dental professional and in a future study, it should determine the accuracy of the methodology.)

• **Keywords:** reverse engineering, mandibular dynamics, occlusal contacts, dental CAD/CAM, digital workflow.

RESUMEN

Objeto: En este estudio se proponemos una metodología que integra la ingeniería inversa y la dinámica mandibular en los sistemas CAD/CAM infografías. De esta manera aporta una información más objetiva al técnico dental tanto para el diagnóstico, para la planificación como para el tratamiento.

Método: En la metodología propuesta se detectan los contactos oclusales mediante el sistema T-Scan y se obtienen las superficies oclusales mediante un escáner intraoral. Se proyectan los contactos en las superficies oclusales nte y ambiente, se obtienen las fuerzas oclusales durante el tiempo.

Resultados: Se han realizado 4 casos (in vitro e in vivo) utilizando esta metodología de integración para analizar la viabilidad. Por una parte, se ha determinado la edición se emplee analizando la de contactos, obteniendo un valor del 78 %.

Discusión y conclusiones: El estudio realizado es un paso adelante para la odontología digital, ya que determinar la ubicación exacta de los contactos oclusales y geopolítica fuerzas nte a lo largo del tiempo. Esta información es mucho más significativa para el profesional dental y en un estudio futuro o irritantes se determinar la exactitud de la metodología.

Palabras clave: ingeniería inversa, dinámica mandibular, contactos oclusales, CAD/CAM dental, detection etancheite Leak test instrument de trabajo digital.

1. INTRODUCCIÓN

En una sociedad como la nuestra, cada día más envejecida, los avances en todo lo relacionado con la salud cobran mayor importancia y deben ser priorizados. Por lo tanto, para la odontología del futuro, el empleo de nuevos materiales y de las tecnologías punteras es primordial. En este sentido, la integración de la ingeniería y la dinámica mandibular en el CAD/CAM dental contribuirá en gran medida a un sano envejecimiento de los pacientes. A día de hoy, muchas investigaciones están centradas en el desarrollo de escáneres intraorales, y esto podría conducir, en última instancia, a la eliminación de las impresiones y modelos de yeso.

La oclusión dental [1] estudia los contactos que se producen entre las superficies oclusales. Idealmente, estos contactos se producen simultáneamente y se distribuyen uniformemente en la arcada dental [2], mientras que la oclusión incorrecta puede causar que un paciente experimente una amplia gama de síntomas: incomodidad en dientes, dolor de cuello o dolor de espalda [3].

Durante años, con la metodología convencional los dentistas han estado tratando de lograr patrones de contacto repetibles, simultáneas, y bien distribuidas en sus pacientes, no teniendo ningún medio de medir de forma los contactos dentarios a lo largo del tiempo. Las técnicas disponibles eran el papel de articular (papel de carbono) o deformando una cera [4]. Aunque estas técnicas pueden revelar la ubicación estática de los contactos (en dientes o modelos), no muestran cuando ocurren los contactos. Los dentistas están particularmente interesados en la cinemática de la oclusión, es decir, dónde y cuándo contactan los dientes al mover la mandíbula en masticación, laterotrusión, protrusión o en el primer contacto de la oclusión. Algunos estudios se centraron en el desarrollo de modelos avanzados de la mandíbula teórica, así como en el análisis del efecto de prótesis en la biomecánica de la mandíbula [5]

Además de la cinemática, la dinámica mandibular tiene su importancia. Convencionalmente las fuerzas de los contactos se obtenían observando el tamaño de la marca de tinta que quedaba en los dientes usando el papel articular o la profundidad de la perforación en la cera. En este sentido, el sistema T-Scan puede determinar la ubicación y las intensidades relativas de las fuerzas de los dientes a lo largo del tiempo.

El dispositivo T-Scan se usa desde hace algunas décadas, sin embargo en cuanto a precisión y repetibilidad hay afirmaciones contradictorias. Algunos estudios [6-9] defienden que la ubicación de los contactos oclusales no es lo suficientemente precisa, generando un problema en el diagnóstico funcional. El sistema ha ido mejorando y otros estudios [10-12] defienden que este dispositivo tiene una alta fiabilidad a la hora de diagnosticar existencias de contactos oclusales.

Numerosos autores han descrito que estos sensores no poseen la misma precisión que los métodos convencionales y que localizan menos contactos que el papel articular. Por esta razón el uso en clínica del T-Scan es limitado. Además se observa una disminución o desaparición de la sensibilidad de los sensores cuando se utilizan más de una vez. [13,14]

El otro dispositivo utilizado en este estudio es el escaner intraoral, el cual, desde hace algunos años, es el centro de desarrollo de diferentes empresas dentales. Su uso se está volviendo más común en la práctica clínica y diferentes estudios [15-18] han analizado la precisión de la impresión digital de intraoral. En general, a pesar de tener suficiente precisión en los escaneos de piezas unitarias, se ha demostrado que la precisión de los escáneres intraorales en escaneos de arcada

completa no es así [19-22]. Esto es debido a la cantidad de alineaciones “best-fit” necesarias para tener la arcada completa. En cada alineación se introduce un error, por lo que en la parte final el error acumulado es demasiado alto. Este problema se ha estudiado en profundidad en los últimos años por diferentes autores [23-25]. Aún así, se está mejorando en las últimas versiones, llegando a una desviación inferior a 0.127 mm en arcada completa [26].

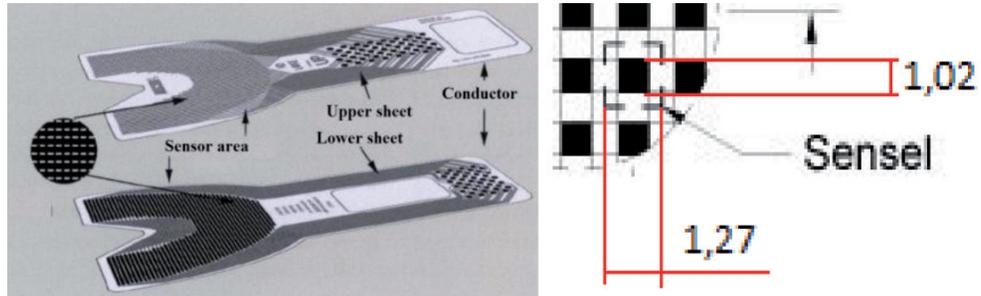


Fig. 1: Sensor de T-Scan. A: Partes del sensor, B: Medidas de un sensel (unidad del sensor)

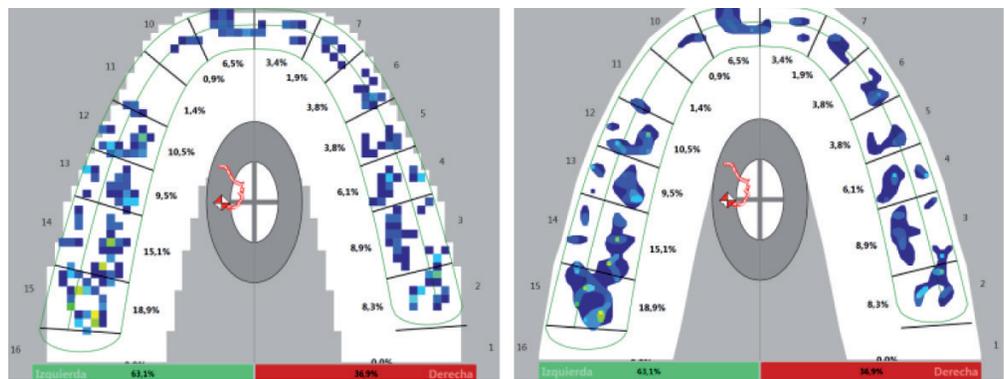


Fig. 2: Resultado de un registro con el T-Scan. A, En forma de pixel o cuadrícula. B, En forma de contorno 2D

Por lo tanto, la investigación realizada en el Laboratorio de Diseño de Producto de la UPV/EHU pretende integrar la ingeniería inversa y la dinámica mandibular, presentando una nueva metodología con aplicación en clínica.

2. DINÁMICA MANDIBULAR

El sistema T-Scan utiliza un sensor delgado y flexible con el fin de no distorsionar la información de contactos oclusales. Se trata de un sensor táctil de tinta resistiva y se compone de 2 láminas (Fig.1). El sensor está configurado con 44 filas y 52 columnas con una resolución espacial de 1.27 mm y un espesor en el área de detección de 100 μm (siendo el intervalo

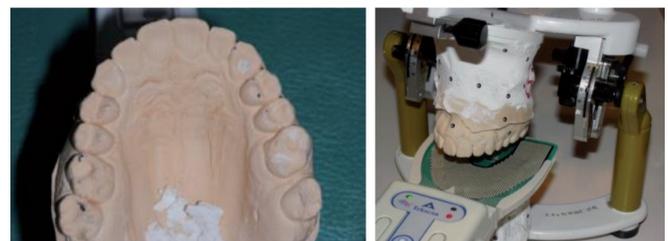


Fig. 3 Experimento in vitro. A, Contactos oclusales en el modelo de yeso. B, Registro con el T-Scan

de grosor de papeles articulares: 8-200 μm) y la información es obtenida cada 0.01 segundos. Estos sensores dan un valor a cada pixel que colorea cada cuadrícula (escala de 256 colores) (Fig. 2A) y esto se puede ver como contorno 2D (Fig. 2B).

3. METODOLOGÍA

Los experimentos se han llevado a cabo en 2 fases. En la primera, se ha realizado el montaje de 2 casos con modelos de yeso montados en un articulador mecánico (in vitro), y se han obtenido los contactos oclusales en máxima intercuspidad mediante el papel articular (Fig 3A) y mediante el T-Scan (Figura 3B).

En una segunda fase, se han llevado a cabo 2 casos en boca del paciente (in vivo). Se han obtenido los contactos oclusales directamente en boca mediante el papel articular (Fig 4A), se han escaneado las arcadas con un escaner intraoral (Fig 4B) y se han obtenido los contactos con el T-Scan (Fig 4C).

Lo más importante de la proyección es la alineación entre la malla del escaneo y las imágenes del T-Scan, para ello se ha transformado la malla en una superficie CAD usando el programa *Geomagic Studio 2013*. En el *Solid Edge*, se ha posicionado la imagen sobre la superficie CAD de la dentadura, para identificar la posición de los puntos de contacto sobre los dientes. En

el *Geomagic Studio 2013*, se ha alineado la imagen a la malla seleccionando los puntos homogéneos en uno y en otro.

Finalmente, se han proyectado los contactos obtenidos con el T-Scan en la malla de la superficie oclusal (Fig 5). En ambos casos, se han comparado los resultados obtenidos convencionalmente (papel articular) y con la metodología propuesta.

4. RESULTADOS

Se han llevado a cabo experimentos *in vitro* e *in vivo* y se han analizado las coincidencias de los contactos oclusales (Tabla 1). Se ha determinado la fiabilidad analizando la existencia de contactos, obteniendo un 78% (valor promedio). Como se tratan solamente de 4 casos, no se puede considerar como la exactitud de la metodología.

5. DISCUSIÓN

Los requisitos más importantes para la aplicabilidad clínica de un sistema de medición son que los valores medidos representan el valor verdadero tan precisamente como sea posible y que los valores medidos difieran ligeramente en mediciones repetidas. En varios estudios [10-12] se afirma que el dispositivo es suficientemente fiable en cuanto a contactos oclusales, verificando la existencia o no de contactos y medidos en porcentajes. Sin embargo, no se determina la exactitud de la ubicación de los contactos oclusales y por consiguiente de las fuerzas. Se trata de una información muy significativa para el técnico, es decir, exactamente dónde se han dado los contacto oclusales y cuando.

La variabilidad o repetibilidad de los valores medidos, dependen de los factores individuales, tales como la movilidad

dental, la reacción periodontal alterada a las cargas repetidas, la torsión de la mandíbula y el ángulo de carga alterado por el movimiento mandibular variables tienen una influencia decisiva en los resultados medidos. Además, es importante que las influencias externas, tales como el cambio de la lámina, no tengan mucha influencia sobre los resultados.

La influencia de reposicionar el dispositivo durante la medición repetida y de la influencia del cambio de la hoja son de particular interés para aplicabilidad clínica. El protocolo de medición seleccionado simula importantes fuentes potenciales



Fig. 4: Experimento in vivo. A, Contactos oclusales en boca. B, Escaneado intraoral. C, Registro con el T-Scan

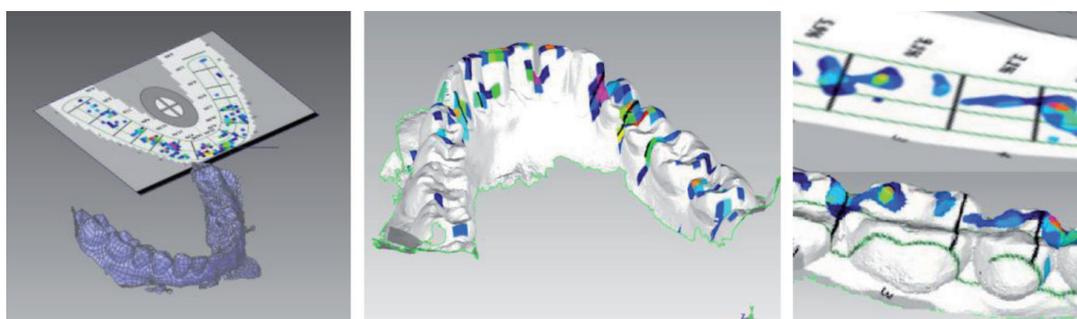


Fig. 5: Proyección de los contactos. A, Alineación. B, Vista lingual de la proyección. C, Zoom de la proyección

CASOS	Contactos con papel articular	Coincidencias (T-Scan- papel articular)	Coincidencias (%)
1	26	15	58%
2	19	18	95%
3	19	17	89%
4	20	14	70%

Tabla 1. Coincidencias de los 4 casos (1 y 2 in vitro)

de error que pueden surgir durante el procedimiento clínico: pacientes variando su oclusión, el reposicionamiento de errores por la asistencia a cambio clínico y de papel de aluminio, que consideramos fundamental antes del estudio. En términos de cambiar la lámina sensible a la presión, no fue posible predecir si o no variaciones en la estructura de la lámina o alterado ligeramente la inserción de la hoja en la pieza de mano que influir en el valor medido. Al mismo tiempo no se sabía si las impresiones causadas por las cúspides de los dientes durante la oclusión aparecerían en la lámina en una posición levemente alterada y por lo tanto tienen una influencia en los valores medidos.

Se ha analizado la viabilidad de la metodología y se ha comprobado que es funcional. En un siguiente estudio se determinará la resolución, exactitud y repetibilidad de la metodología.

6. CONCLUSIONES

La metodología propuesta aporta una información más objetiva al técnico dental tanto para el diagnóstico, para la planificación como para el tratamiento. Esta integración tiene diferentes campos de aplicación dentro de la odontología, en particular los implantes serían el campo más significativo.

La metodología presentada además demuestra que la ubicación de los contactos oclusales no son lo suficientemente precisos para algunos campos de la odontología, aunque cualitativamente puede proporcionar resultados cualitativos significativos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Podoloff R, Benjamin M. "Tactile Sensor for Analyzing Dental Occlusion". Soma Engineering For The Human Body. 1989. Vol.3-3. p.1-6.
- [2] Cohn L. "Occlusal-Rehabilitation: Principles of Diagnosis and Treatment Planning". Dental Clinics of North America. 1962 p.259-281.
- [3] Dawson P. "Evaluation, Diagnosis, and Treatment of Occlusal Problems". In A Textbook of Occlusion, C. V. Mosby, 1974. p 15-30.
- [4] Gazit E, Fitzig S, Liebennan MA. "Reproducibility of Occlusal Marking Techniques". Journal of Prosthetic Dentistry. 1986. Vol. 55-4. p.505-509.
- [5] De Santis R, Gloria A, Russo T, et al. "Reverse engineering of mandible and prosthetic framework: Effect of titanium implants in conjunction with titanium milled full arch bridge prostheses on the biomechanics of the mandible". Journal of Biomechanics. 2014. Vol.47-16 p. 3825-3829. (doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2014.10.020>)
- [6] Commer P, Bourauel C, Maier K, et al. "Construction and testing of a computer-based intraoral laser scanner for determining tooth positions". Medical Engineering & Physics. 2000. Vol. 22. p. 625-635.
- [7] Cartagena AG, Sequeros OG, Garcia VCG. "Analysis of Two Methods for Occlusal Contacts Registration with the T-Scan System". Journal of Oral Rehabilitation. 1996. Vol. 24. p. 426-432.
- [8] Komari J. "Diagnostik vorzeitiger Kontakte". ZWR. 1978. Vol. 87. p. 768-770.
- [9] Millstein PL, Maya A. "An evaluation of occlusal contact marking indicators : A descriptive quantitative method". The Journal of the American Dental Association. 2001. Vol. 132-9. p. 1280-1286.
- [10] Reiber T. "Das Zeichnungsverhalten von Okklusionindikatoren. I. Einfluss der Indikatorstärke, des Druckes und der Oberflächenmorphologie". Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift. 1989. Vol. 44. p. 90-93.
- [11] Filtchev AD, Kalachev YS. "Phenomenon of domination of the strongest contacts in centric occlusion". Quintessence International. 2008. Vol. 39. p. 99-106.
- [12] Kerstein RB. "T-scan III applications in mixed arch and complete arch, implant -supported prosthodontics". Dental implantology update. 2008. Vol. 19. p. 49-53.
- [13] Stern K, Kordass B. "Comparison of the Greifswald Digital Analyzing System with the T-Scan III with respect to clinical reproducibility for displaying occlusal contacts". Journal of Craniomandibular Function. 2010. Vol. 2. p. 107-119.
- [14] Gümüş HO, Kılınc HI, Tuna SH, et al. "Computerized analysis of occlusal contacts in bruxism patients treated with occlusal splint therapy". The Journal of Advanced Prosthodontics. 2013. Vol. 5 p.256-261. (doi: <http://dx.doi.org/10.4047/jap.2013.5.3.256>)
- [15] Cabral C, Andrade F, Buarque WA. "Comparison between two methods to record occlusal contacts in habitual maximal intercuspation". Brazilian Journal of Oral Sciences. 2006. Vol. 5. P. 1239-1243.
- [16] Mehl A, Ender A, Mörmann W, et al. "Accuracy testing of a new intraoral 3D camera". International Journal of Computerized Dentistry. 2009. Vol.12 p. 11-28.
- [17] Garino F, Garino B. "The OrthoCAD iOC intraoral scanner: A six-month user report". Journal of Clinical Orthodontics. 2011. Vol. 45 p. 161-164.
- [18] Cuperus AM, Harms MC, Rangel FA et al. "Dental models made with an intraoral scanner: a validation study". American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2012. Vol. 142 p. 308-313. (doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2012.03.031>)
- [19] Patzelt SB, Emmanouilidi A, Stampf S, et al. "Accuracy of full-arch scans using intraoral scanners". Clinical Oral Investigations. 2014. Vol.18 p.1687-1694. (doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00784-013-1132-y>)
- [20] Ender A, Mehl A. "Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision". Journal of Prosthetic Dentistry. 2013. Vol.109 p. 121-128. (doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913\(13\)60028-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913(13)60028-1))
- [21] Ender A, Mehl A. "Full arch scans: conventional versus digital impressions--an in-vitro study". International Journal of Computerized Dentistry. 2011. Vol.14 p.11-21.
- [22] Grauer D, Proffit WR. "Accuracy in tooth positioning with a fully customized lingual orthodontic appliance". American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2011. Vol. 140. p. 433-443. (doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2011.01.020>)
- [23] Patzelt SB, Bishti S, Stampf S, et al. "Accuracy of computer-aided design/ computer-aided manufacturing-generated dental casts based on intraoral scanner data". The Journal of the American Dental Association. 2014. Vol. 145. p. 1133-1140. (doi: <http://dx.doi.org/10.14219/jada.2014.87>)
- [24] Andriessen FS, Rijkens, Van der Meer WJ et al. "Applicability and accuracy of an intraoral scanner for scanning multiple implants in edentulous mandibles: a pilot study". Journal of Prosthetic Dentistry. 2014. Vol. 111. p. 186-194. (doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.07.010>)
- [25] Akyalcin S, Cozad BE, English J et al. "Diagnostic accuracy of impression-free digital models". American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2013. Vol.144. p.916-922. (doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2013.04.024>)
- [26] Van der Meer J, Andriessen F, Wismeijer D et al. "Application of Intra-Oral Dental Scanners in the Digital Workflow of Implantology". PLOS one. 2012. Vol.7 p. e43312. (doi: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0043312>)