

Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral

Valoración de la severidad en enfermedades degenerativas articulares temporomandibulares mediante tomografía computarizada Cone Beam.

Journal:	<i>International Journal of Interdisciplinary Dentistry</i>
Manuscript ID	REVISTA-2019-0056.R1
Manuscript Type:	Reviews
Date Submitted by the Author:	26-Apr-2020
Complete List of Authors:	Firmani, Monica; Universidad de Chile, Rehabilitación Oral Cortés-Sylvester, María Fernanda; Universidad de Chile, Patología y Medicina Oral Burgos-Ibarra, Cristian; Complejo Asistencial Dr. Sótero de Río
Keywords:	Articulación Temporomandibular, Enfermedad degenerativa articular, Tomografía Computarizada Cone Beam

SCHOLARONE™
Manuscripts

INTRODUCCIÓN:

La mandíbula se articula con el cráneo tanto a través de la relación de los dientes antagonistas en oclusión como por las articulaciones temporomandibulares (ATMs), su interrelación durante el crecimiento es evidente. Una alteración en las ATMs en esta etapa afecta la relación de contacto dentario y el patrón de crecimiento mandibular puede ir cambiando, favoreciendo asimetrías esqueléticas del complejo craneofacial y su función.⁽¹⁾

La ATM es una articulación sinovial con características propias en el organismo. Conocer su anatomía durante el crecimiento y desarrollo y su biomecánica es fundamental para la evaluación imagenológica, puesto que la apariencia en la imagen representa un punto de un proceso continuo en el crecimiento y desarrollo, así como en el proceso de una enfermedad.⁽²⁾

El cóndilo mandibular está cubierto por una capa de fibrocartilago separada por una fina capa proliferativa de la superficie de cartilago maduro e hipertrófico de las capas inferiores.⁽³⁾ La capa de fibrocartilago contiene predominantemente fibroblastos y colágeno tipo I, células mesenquimáticas indiferenciadas que se encuentran en la zona proliferativa, sirviendo como reservorio celular. La zona inferior es constituida por condrocitos diferenciados y colágeno de tipo I y II. Desde el punto de vista embriológico, el cartilago de las ATMs se constituye como de tipo secundario formado por endostio y periostio, mientras que el cartilago que es de tipo primario es el que precede la formación ósea.⁽³⁾

Si producto de traumatismos o de algún proceso patológico en las ATMs en etapa de desarrollo se daña la capa proliferativa, esto determina una alteración en el crecimiento y desarrollo esquelético, resultando en asimetrías faciales transversales en el caso de que sea unilateral o en el sentido sagital si son bilaterales. Si hay un cambio en la cantidad de tejido proliferativo presente, éste puede causar un cambio en el patrón de desarrollo, tal como una hipoplasia, hiperplasia o microsomía hemifacial que son considerados trastornos de desarrollo.⁽²⁾

Dentro de los trastornos adquiridos, la osteoartritis (OA) también conocida como enfermedad degenerativa articular (EDA), es uno de los trastornos más comunes que afectan las ATMs. Su etiología es compleja y multifactorial. Se ha demostrado que la OA temporomandibular (OATM) se produce producto de una inflamación local que ocurre cuando se rompe el equilibrio entre la destrucción y reparación de los tejidos articulares.⁽⁴⁾ La OA primaria y la OA sintomática o secundaria han sido descritas, la última se produce cuando cargas extrínsecas e intrínsecas exceden la capacidad adaptativa de los tejidos frente a la demanda funcional o a parafuncionales, secundaria a desplazamientos discales, trauma, sobrecarga funcional.⁽⁵⁾ Esto genera una esclerosis subcondral, una baja resistencia articular y destrucción del fibrocartilago y al hueso subcondral. Dentro de los factores asociados están la inmovilización articular, los cambios oclusales, entre otros las alteraciones fisiológicas, hormonales y psicológicas descritas.⁽⁶⁾

1
2
3 La osteoartritis y la osteoartrosis se encuentran descritos dentro de las
4 enfermedades degenerativas articulares, clasificados por el consorcio
5 internacional de RDC/TMD y la AAOP (American Association of Orofacial Pain)
6 dentro de la taxonomía expandida para los trastornos temporomandibulares eje I,
7 dentro del capítulo de las enfermedades articulares.⁽⁷⁾
8
9

10 Los términos de osteoartrosis y de osteoartritis no han sido usados
11 consistentemente en medicina, por lo tanto, han sido subclasificados dentro de las
12 enfermedades degenerativas articulares temporomandibulares (EDATM). Cuando
13 la EDATM ocurre con dolor, se adjunta el diagnóstico de artralgia, así como
14 también el diagnóstico de desplazamiento discal en el caso de que así ocurra.
15 Para realizar el diagnóstico el consenso señala que, tiene que haber una historia
16 consistente de ruidos articulares, de al menos de 30 días de evolución, de tipo
17 crépito durante la función, o en el movimiento articular durante el examen. Los
18 autores señalan que el algoritmo diagnóstico tiene una baja sensibilidad en las
19 ATMs, por lo tanto, el diagnóstico clínico inicial queda sujeto a confirmación por
20 medio de la imagen; de resonancia magnética para casos de desplazamientos
21 discales y de tomografía computarizada helicoidal multicorte (TC) o de tomografía
22 computarizada de haz cónico o Cone Beam Computer tomography (Según sus
23 siglas en inglés "CBCT"), en caso de EDATM. ⁽⁷⁾ Para valorar la imagen ósea de
24 las ATMs se indica preferir la tomografía computarizada, se recomienda
25 protocolizar las imágenes axialmente corregidas a lo largo del eje mayor del
26 cóndilo mandibular. La CBTC posee un archivo visualizador DICOM que permite
27 posicionar correctamente en los planos sagital oblicua y coronal oblicuo. ^(2,8)
28
29
30

31 El diagnóstico en la TC debe ser positivo al menos en uno de los siguientes
32 criterios imagenológicos, cuya terminología debe ser consistente para minimizar el
33 sesgo entre los radiólogos; presencia de erosiones de la cortical del cóndilo
34 mandibular (Figura 1e); de quistes subcondrales (Figura 1f); (corresponden
35 realmente a degeneración ósea subcondral), esclerosis generalizada (Figura 1d) y
36 osteofitos (Figura 1b). Éstos, aunque sean pequeños, indican degradación del
37 cartílago y están asociados a la progresión de la OATM. El aplanamiento (Figura
38 1c), la esclerosis subcortical y el estrechamiento del espacio articular son
39 considerados hallazgos no concluyentes para EDATM, constituyéndose como
40 hallazgos inespecíficos. Ellos pueden representar una variación normal, de
41 envejecimiento y/o remodelación o bien, ser la imagen precursora de una franca
42 EDATM, situación que no es predecible mediante la imagen. Los cuerpos libres
43 dentro de la articulación no son considerados como signos de OATM, a menos
44 que hayan otros signos de OA presentes. ^(7, 9,10,11)
45
46
47
48

49 Ahmad et al, el año 2009 publican como parte del proyecto multicéntrico de
50 validación del RDC/TMD, criterios imagenológicos diagnósticos para ATM
51 utilizando radiografía panorámica, resonancia magnética (RM) y TC, siendo esta
52 última considerada como gold standard para evaluación superficies óseas
53 articulares. ⁽⁹⁾ Para este sistema de clasificación diagnóstica se utilizó el término
54 de OATM, aunque indican que el término EDATM sería más adecuado para la
55 interpretación de imágenes y radiografías cuando no existe información clínica
56
57
58
59
60

1
2
3 disponible. Este sistema propuesto para OATM diagnostica las estructuras
4 articulares óseas basándose en la evaluación de presencia de erosión,
5 pseudoquistes subcorticales, osteofitos y esclerosis generalizada en tres grupos:
6 A= Sin OA; B=Indeterminado para OA y C=OA.⁽⁹⁾
7

8
9 Para esta clasificación, los autores excluyeron la evaluación del espacio
10 articular, la esclerosis subcortical localizada, el aplanamiento de las superficies
11 articulares y la presencia de cuerpos libres intraarticulares, dada la existencia de
12 evidencia que indica que estos signos poseerán un valor predictor indeterminado,
13 por otro lado, esta clasificación no permite evaluar diferentes grados de severidad,
14 permitiendo sólo discriminar entre ausencia, signos indeterminados o presencia de
15 OATM, lo que representa una limitación en el estudio de esta patología.⁽⁹⁾ Sobre
16 esta clasificación, el test diagnóstico utilizado fue la TC. Sin embargo, Larheim y
17 cols, en una revisión sobre diagnóstico de ATM mediante Cone Beam, concluyen
18 que tanto la TC como la CBCT son exámenes confiables en el diagnóstico de
19 cambios degenerativos articulares y que la precisión diagnóstica de ambos es
20 similar para patología degenerativa ósea. No obstante, el beneficio de exponer al
21 paciente a una menor radiación en el caso de usar Cone Beam lo hace el examen
22 de elección.^(8,12) En 2018 Hilgenberg y cols suscriben estas afirmaciones y además
23 agregan que el Cone Beam debe ser de elección para evaluar la progresión de la
24 enfermedad en el tiempo.⁽¹³⁾
25
26
27
28

29 Los criterios antes expuestos evitaban señalar la severidad o la extensión
30 de la enfermedad. Aunque las designaciones como leve, moderada y severa son
31 útiles para la clínica, como las propuestas por Tanaka 2008 y Koos 2013, son
32 frecuentemente subjetivas y difíciles de estandarizar entre las
33 interpretaciones.^(14,15)
34
35
36

37 **METODOLOGÍA:**

38
39 Para esta revisión narrativa de la literatura se realizó una búsqueda
40 electrónica en las bases de datos de PubMed, Google Scholar y SciELO. La
41 estrategia de búsqueda se realizó utilizando la siguiente combinación de
42 conectores booleanos y términos MeSh: ((Temporomandibular diseases) OR
43 (mandibular Condyle) AND (osteoarthritis) OR (degenerative joint disease) AND
44 (diagnostic imaging) OR (three dimensional imaging) OR (cone beam computed
45 tomography)). Se complementa con una búsqueda electrónica realizando una
46 búsqueda manual selectiva de las referencias de los artículos previamente
47 incluidos. Luego de eliminar los duplicados, se verificó la relevancia de los
48 artículos evaluando el título y resumen. Cuando existió dudas de la relevancia se
49 procedió a la lectura del artículo completo.
50
51
52

53 De un total de 9807 artículos, se seleccionaron 18 que cumplieran con los
54 requisitos de valoración de las características imagenológicas y de volumen
55
56
57
58
59
60

condilar con el objetivo de optimizar el valor diagnóstico imagenológico que nos permita valorar la progresión de la enfermedad y su variabilidad en el tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

De un total de 9807 artículos, se seleccionaron 18 que cumplían con los requisitos de valoración de las características imagenológicas y de volumen condilar con el objetivo de optimizar el valor diagnóstico imagenológico que nos permita valorar la progresión de la enfermedad y su variabilidad en el tiempo. (ver Tabla 1).

La EDATM se ha descrito como una enfermedad progresiva cuya patogénesis subyacente no está esclarecida en su complejidad. El hecho que sea progresiva desafía su valoración y la elección del plan de tratamiento, puesto que involucra tanto cambios adaptativos, caracterizados por cambios remodelativos como cambios regresivos caracterizados por reabsorciones óseas agresivas, deformando las estructuras y causando deficiencias funcionales. ⁽¹⁶⁾

La mayoría de los criterios diagnósticos en EDATM se basaban en señalar los cambios patológicos en las ATMs. Uemura y cols en 1979, describen los conceptos de erosión, osteofitos, proliferación marginal, deformación, aplanamiento, concavidad, eburnación u osteoesclerosis observados en radiografía convencional.⁽¹⁷⁾ En 2007 Koyama y col publican una clasificación propia a partir de imágenes en tomografía computarizada de la región temporomandibular, y a partir de los cortes axiales y sagitales clasificaron los cambios óseos en 5 tipos: N, sin cambios óseos; F, aplanamiento E, erosión; D, deformidad; S, deformidad acompañado de erosión con y sin irregularidades, cambios que se limitan al contorno de la superficie condilar. Esta clasificación fue propuesta con el objetivo de evaluar la progresión de la enfermedad. Evaluaron 102 articulaciones y observaron que los cambios resorptivos óseos varían a cambios resorptivos con esclerosis, y son proliferativos, tal como osteoesclerosis. Los aplanamientos y erosiones son etapas iniciales y su evolución regresiva sin cambios es algo que está confirmado. La evolución de la erosión a aplanamiento y viceversa también fue observada en su estudio. Además ellos mostraron que la evolución de erosión a deformación y además ésta, acompañada de erosión cumplen con el diagnóstico de reabsorción condilar, sin embargo observaron que hay casos en que el tipo de deformación acompañada de erosión, pueda volverse solo a deformación, como resultado de la restauración de la superficie cortical.⁽¹²⁾

En 2014, Schiffman y cols publican una nueva actualización de criterios diagnósticos de RDC/TMD ⁽⁷⁾ y en el año 2016 Ahmad y Shiffman indican que para evaluar la articulación temporomandibular es necesario describir la extensión de la enfermedad, puesto que permite determinar la estabilidad o progresión de la misma, describiendo una graduación que puede ser utilizada para su interpretación tanto en la TC, CBCT como RM. Los autores proponen una clasificación donde la EDATM está en *Grado 1* si están presentes las siguientes

1
2
3 características: un osteofito de longitud < 2 mm visto en un corte sagital oblicuo,
4 una erosión única de una longitud < 2 mm o un pseudo quiste único < 2 mm. Y
5 como *Grado 2* se observaría: un osteofito de longitud ≥ 2 mm, visto en un corte
6 sagital oblicuo, una erosión única de una longitud ≥ 2 mm en ancho y profundidad,
7 o múltiples en cualquier tamaño, o un pseudo quiste único ≥ 2 mm, o más de uno
8 en cualquier tamaño, o bien dos o más signos imagenológicos correspondientes a
9 grado 1. Los autores señalan la importancia de que los hallazgos sean visibles en
10 dos vistas, además si la erosión y el pseudoquiste aparecen continuas, debe
11 considerarse erosión.⁽¹⁸⁾
12
13

14 Por otro lado, Tamimi y cols, indican la necesidad de evaluar la altura de los
15 contornos óseos del cóndilo mandibular para determinar la posible pérdida de
16 altura condilar o de tejido óseo articular. Esto debe evaluarse en una vista sagital
17 oblicua de la ATM. En dicho corte se visualiza donde la cortical posterior del cuello
18 del cóndilo se estrecha hasta un punto de la máxima convexidad posterior de éste,
19 tras lo cual la cortical que cubre a la cabeza del cóndilo se vuelve muy fina en
20 relación a la superficie articular hasta descender hacia la cortical anterior justo
21 sobre la fosita pterigoidea, en donde la cortical comienza a engrosarse
22 caudalmente en la superficie anterior del cuello del cóndilo. En un cóndilo normal
23 el punto cortical posterior es más bajo que el anterior y la distancia entre ambas
24 alturas es mayor conforme avanza el desarrollo hasta un cóndilo adulto. En una
25 vista coronal oblicua, los contornos corticales medial y lateral se pueden conectar
26 con una línea que pasa entre ambos, al igual que en la vista sagital oblicua como
27 si fuese el ecuador del cóndilo, debiendo existir bastante masa ósea uniforme por
28 sobre este ecuador. Una pérdida de hueso en la superficie articular pudiese indicar
29 cambios degenerativos o inflamatorios y resulta en una migración craneal de los
30 contornos corticales en relación a la fosa mandibular, lo que pudiese ser clave en
31 diferenciar hipoplasia de cóndilo y EDATM.⁽²⁾
32
33
34
35

36 El estudio del volumen condilar ha captado el interés científico por décadas,
37 puesto que la cuantificación tridimensional es crítica para comparar la capacidad
38 de las diferentes modalidades terapéuticas en detener la enfermedad.⁽⁴⁾
39 Cevidanes y cols, en 2009 muestran un estudio piloto con 20 pacientes, donde
40 hicieron una valoración de los cambios patológicos en articulaciones con
41 trastornos degenerativos en imágenes virtuales 3D y concluyen que los cambios
42 patológicos son frecuentes. La valoración virtual 3D muestra hasta los pequeños
43 cambios que pueden ser factores indicativos del inicio de la remodelación en estos
44 pacientes. Los autores proponen una clasificación de remodelación degenerativa
45 descrita como leve, moderada y severa para las distintas características de la
46 enfermedad, como aplanamiento, erosiones, y osteofitos que pueden visualizarse
47 en imágenes virtuales.⁽¹⁹⁾ (Figura 2)
48
49
50

51 Paniagua y cols en 2011 realizan un estudio para validar una metodología
52 SPHARM-PDM de evaluación volumétrica condilar en CBCT y lo aplicaron a un
53 sujeto pre y postratamiento quirúrgico, señalando que la limitación de los estudios
54 volumétricos está en no detectar defectos ni cambios estructurales en el espesor
55 del tejido, sin embargo reflejan el tamaño global de las estructuras y permiten
56
57
58
59
60

1
2
3 localizar y cuantificar los cambios morfológicos entre estructuras sanas y
4 patológicas, constituyéndose una herramienta para valorar efectos terapéuticos y
5 permitiendo así realizar investigaciones entre cambios morfológicos y marcadores
6 tanto clínicos como biológicos. ⁽²⁰⁾
7

8
9 Schilling y cols en 2014, investigaron la confiabilidad de los registros
10 tridimensionales por medio de la superposición regional en tres dimensiones de
11 las estructuras temporomandibulares en sujetos en el tiempo, usando volúmenes a
12 partir de imágenes de CBCT en 12 pacientes sanos y 12 pacientes con EDATM.
13 Los exámenes se tomaron pre operativamente, inmediatamente post cirugía y
14 después de 1 año de seguimiento del tratamiento quirúrgico mandibular, utilizando
15 puntos de referencia anatómicos y por correspondencia computacional por medio
16 de softwares SPHARM-PDM. Concluyen que el hueso de los cóndilos al estar
17 justo bajo el fibrocartílago, lo que lo hace particularmente susceptible a la
18 presencia de inflamación, predispone a que esta estructura esté sujeta a cambios
19 dinámicos en su morfología, lo que la hace especialmente vulnerable a cambios
20 no necesariamente secundarios a la degradación del fibrocartílago. Además,
21 sostienen que, aunque las diferencias entre los observadores calibrados existen,
22 estas son mínimas, siendo la valoración tridimensional una herramienta confiable.
23
24
25 ⁽⁴⁾

26 Kim y cols en 2016, realizan un estudio donde analizan la asimetría
27 volumétrica de las estructuras temporomandibulares. Los autores comparan un
28 grupo de pacientes con asimetría con un grupo control, según los resultados de
29 análisis de asimetría de Habets y col. ^(21, 22) El estudio volumétrico lo realizan a
30 partir de imágenes DICOM y utilizando el Software Simplant OMS 13.0,
31 determinando puntos específicos tanto para el proceso condilar como para la fosa
32 mandibular. Los autores concluyen que la asimetría facial no solo compromete el
33 proceso condilar, sino que también la fosa mandibular, y que las diferencias entre
34 las estructuras articulares en pacientes asimétricos se da predominantemente por
35 un cóndilo más pequeño. ⁽²¹⁾
36
37

38
39 Gomes y cols en 2015, evaluaron la morfología condilar a través del
40 software "The 3-D shape correspondence analysis (SPHARM-PDM)" y clasificaron
41 la morfología condilar a través de puntos de referencia anatómicos. Proponen un
42 sistema de clasificación que llamaron Dendograma, a partir de la jerarquización de
43 las diferencias entre todos los sujetos sanos, comparados con aquellos con una
44 larga historia de signos y síntomas de osteoartritis, identificando 6 subgrupos que,
45 con la imagen superpuesta del cóndilo sano, se puede ver en imágenes las
46 grandes diferencias que presentan. Jerarquizan las distintas morfologías de
47 acuerdo al volumen y la forma condilares en 6 bloques. En el 6 se encuentran los
48 cóndilos sanos, y se evidencia la progresión de la enfermedad hasta el bloque 3,
49 en el bloque 1 están los cóndilos más afectados, aquellos más pequeños y con
50 grandes erosiones y por último en el bloque 2 se encuentran aquellos deformados
51 con cambios proliferativos. Los autores destacan la importancia de asociar estos
52 hallazgos con biomarcadores de destrucción tisular, para poder establecer un
53 diagnóstico más acertado. ⁽¹⁶⁾
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 El grupo de estudio de Cevitanes y cols en 2015, por medio de los mismos
4 sistemas de superposición de estructuras y por medio de los softwares antes
5 descritos, proponen un índice de severidad de EDATM, estableciendo 5
6 categorías, una que llamaron de *crecimiento excesivo*, por estar sobre el promedio
7 del volumen de los cóndilos sanos, y 4 categorías de degeneración; las denomina
8 como *leve, moderado, marcado y severo*. Señalan también que hay una amplia
9 variabilidad de las formas en los pacientes con EDATM, siendo la más
10 predominante el aplanamiento del polo lateral del cóndilo. ⁽²³⁾
11
12

13 Por otro lado, Gumussoy y cols en un estudio reciente, realizan un análisis
14 tridimensional óseo microestructural en pacientes con EDATM, a partir de 147
15 imágenes de ATMs de 88 individuos. Para analizar los cóndilos, se clasificó cada
16 cóndilo en 1 a 3 grupos según el método de Muir y Goss del año 1990; el *Grupo 0*
17 se considera a los cóndilos normal-control; al *Grupo 1*, asociado a cambios
18 erosivos osteoartrosicos moderados y al *Grupo 2*, incluyeron los cambios erosivos
19 osteoartrosicos severos, tras lo que calcularon la dimensión fractal del cóndilo a
20 partir de imágenes binarias utilizando SkyScan TM software. Este estudio
21 preliminar concluye que el análisis fractal pudiese ser una herramienta valiosa
22 para potenciar la capacidad diagnóstica del CBCT en la evaluación de EDATM, sin
23 embargo, utilizaron una clasificación bidimensional y que se enfoca principalmente
24 en cambios erosivos. ^(24, 25)
25
26
27

28 Los autores Ribera, Dumast y Cols en 2019 publican lo que llaman
29 “Analizador de variación de la forma”, (SVA de acuerdo a sus siglas en inglés),
30 que permite realizar un estadiaje de los cambios morfológicos de la EDATM. Los
31 autores realizan una clasificación, Codifican 6 grupos, basándose en la
32 combinación de rasgos geométricos, descriptores de forma y temperatura de
33 Kernel, posteriormente lo compararon con 9 algoritmos diferentes, utilizando el test
34 de trabajo de red neuronal, que fue entrenado para clasificar en una matriz
35 dimensionada, para que busque e identifique patrones discriminatorios entre los
36 rasgos codificados, para mejorar la confiabilidad de la clasificación. Describen al
37 Grupo 0 como sano, seleccionado como grupo control; el *grupo 1* como cercano a
38 lo sano; el *grupo 2* como degeneración 1; al *grupo 3* como degeneración 2; al
39 *grupo 4* como degeneración 3; al *grupo 5* como degeneración 4 y 5. (Figura
40 3) Los autores señalan que esta clasificación les parece prometedora puesto que
41 permite evaluar la forma condilar del paciente a lo largo de su enfermedad de
42 manera más precisa. El repositorio está disponible en <https://github.com/DCBIA-OrthoLab/ShapeVariationAnalyzer>. Señalan que su propuesta debe incluir
43 muestras de otros biomarcadores de la enfermedad para que esta red de trabajo
44 tenga más fuerza. ⁽²⁶⁾
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

CONCLUSIÓN:

Las Articulaciones temporomandibulares están sujetas a transformaciones morfológicas a lo largo de la vida de los individuos, las cuales no todas son manifestaciones de una enfermedad degenerativa articular, sin embargo, hay rasgos característicos que sí lo son e identificarlos de manera temprana es fundamental para elegir terapias que ayuden a la calidad de vida de los pacientes. Ayudando a establecer aproximaciones terapéuticas que sean confiables a través de técnicas de valoración de la forma y tamaño condilares en tres dimensiones o por superposición volumétricas, lo permitirá entender mejor los mecanismos de la enfermedad y sopesar la efectividad de los diferentes protocolos terapéuticos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Lin H, Zhu P, Lin Y, Wan S, Shu X, Xu Y et al. Mandibular asymmetry: a three-dimensional quantification of bilateral condyles. *Head Face Med.* 2013;9:42.
2. Tamimi D, Jalali E, Hatcher D. Temporomandibular Joint Imaging. *Radiol Clin North Am.* 2018;56:157-175.
3. Wang L, Lazebnik M, Detamore MS. Hyaline cartilage cells outperform mandibular condylar cartilage cells in a TMJ fibrocartilage tissue engineering application. *Osteoarthritis Cartilage.* 2009;17:346-53.
4. Schilling J, Gomes LCR, Benavides E, Nguyen T, Paniagua B, Styner M, et al. Regional 3D superimposition to assess temporomandibular joint condylar morphology. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2014;43:20130273.
5. Wang X, Zhang J, Gan Y, Zhou Y. Current Understanding of Pathogenesis and Treatment of TMJ Osteoarthritis. *J Dent Res.* 2015;94:666-73.
6. Nitzan DW, Svidovsky J, Zini A, Zadik Y. The Effect of Arthrocentesis on Symptomatic Osteoarthritis of the Temporomandibular Joint and Analysis of the Effect of Preoperative Clinical and Radiologic Features. *J Oral Maxillofac Surg.* 2017;75:260-267.
7. Schiffman E, Ohrbach R, Truelove E, et al. Diagnostic criteria for temporomandibular disorders (DC/TMD) for clinical and research applications: recommendations of the International RDC/TMD Consortium Network* and orofacial pain special interest group. *J Oral Facial Pain Headache* 2014;28:6–27.
8. Larheim TA, Abrahamsson AK, Kristensen M, Arvidsson LZ. Temporomandibular joint diagnostics using CBCT. *Dentomaxillofac Radiol.* 2015;44:20140235.
9. Ahmad M, Hollender L, Anderson Q, Kartha K, Ohrbach R, Truelove EL, et al. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders (RDC/TMD): development of image analysis criteria and examiner

- 1
2
3 reliability for image analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral*
4 *Radiol Endod.* 2009;107:844–60.
- 5
6 10. Dos Anjos Pontual ML, Freire JS, Barbosa JM, Frazão MA, Dos Anjos
7 Pontual A. Evaluation of bone changes in the temporomandibular joint
8 using cone beam CT. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2012;41:24-29.
- 9
10 11. Farah CS, Balasubramaniam R, McCullough MJ. *Contemporary Oral*
11 *Medicine.* Switzerland: Springer; 2016.
- 12
13 12. Koyama JI, Nishiyama H, Hayashi T. Follow-up study of condylar bony
14 changes using helical computed tomography in patients with
15 temporomandibular disorder. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2007;36:472-
16 477.
- 17
18 13. Hilgenberg-Sydney PB, Bonotto DV, Stechman-Neto J, Zwir LF,
19 Pacheco-Pereira C, Canto GL et al. Diagnostic validity of CT to assess
20 degenerative temporomandibular joint disease: A systematic review.
21 *Dentomaxillofacial Radiol.* 2018;47:20170389.
- 22
23 14. Tanaka E, Detamore MS, Mercuri LG. Degenerative disorders of the
24 temporomandibular joint: etiology, diagnosis, and treatment. *J Dent Res*
25 2008;87:296–307.
- 26
27 15. Koos B, Tzaribachev N, Bott S, Ciesielski R, Godt A. Classification of
28 temporomandibular joint erosion, arthritis, and inflammation in patients
29 with juvenile idiopathic arthritis. *J Orofac Orthop* 2013;74:506–19.
- 30
31 16. Gomes LR, Gomes M, Jung B, Paniagua B, Ruellas AC, Gonçalves JR,
32 et al. Diagnostic index of three-dimensional osteoarthritic changes in
33 temporomandibular joint condylar morphology. 2015;2:034501-9
- 34
35 17. Uemura S, Nakamura M, Iwasaki H, Fuchihata H. A roentgenological
36 study on temporomandibular joint disorders. Morphological changes of
37 TMJ in arthrosis. *Dent Radiol.* 1979;19:224 – 237.
- 38
39 18. Ahmad M, Schiffman EL. Temporomandibular joint disorders and
40 orofacial pain. *Dent Clin North Am* 2016; 60: 105–24
- 41
42 19. Cevidanes LH, Walker DG, Styner M, Lim PF. Condylar Resorption in
43 Patients With TMD. *Craniofacial growth Ser.* 2009;46:147-157.
- 44
45 20. Paniagua B, Cevidanes L, Walker D, Zhu H, Guo R, Styner M. Clinical
46 application of SPHARM-PDM to quantify temporomandibular joint
47 osteoarthritis. *Comput Med Imaging Graph.* 2011;35:345-52.
- 48
49 21. Kim JY, Kim BJ, Park KH, Huh JK. Comparison of volume and position
50 of the temporomandibular joint structures in patients with mandibular
51 asymmetry. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2016;122:772-
52 780.
- 53
54 22. Habets LL, Bezuur JN, Naeiji M, Hansson TL. The Orthopantomogram,
55 an aid in diagnosis of temporomandibular joint problems. II. The vertical
56 symmetry. *J Oral Rehabil.* 1988;15:465-71.
- 57
58 23. Cevidanes LHS, Gomes LR, Jung BT, Gomes MR, Ruellas ACO,
59 Gonçalves JR, et al. 3D Superimposition and understanding
60 temporomandibular joint arthritis. *Orthod Craniofacial Res.* 2015;18:18-
28.

- 1
2
3 24. Gumussoy I, Duman SB. Alternative cone-beam CT method for the
4 analysis of mandibular condylar bone in patients with degenerative joint
5 disease. *Oral Radiol.* 2019;29:1-6.
6
7 25. Muir CB, Goss, AN. The radiologic morphology of asymptomatic
8 temporomandibular joints. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology.*
9 1990;70:349-54.
10 26. Ribera NT, de Dumast P, Yatabe M, Ruellas A, Ioshida M, Paniagua B,
11 et al. Shape variation analyzer: a classifier for temporomandibular joint
12 damaged by osteoarthritis. *Proc SPIE Int Soc Opt Eng.*
13 2019;10950:1095021.
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

For Review Only

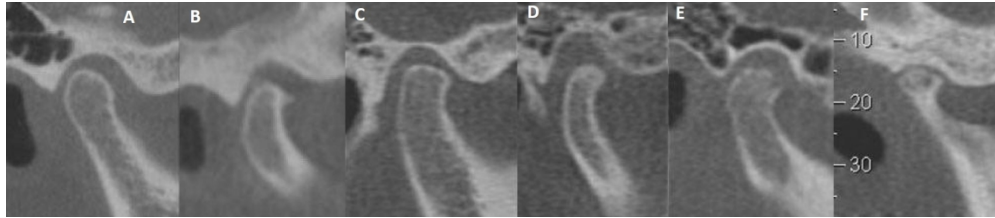


Figura 1: Cortes sagitales oblicuos de ATM en máxima intercuspidadación (MIC). La morfología del cóndilo se clasificó en A) sin cambios óseos; B) osetofito; C) aplanamiento; D) esclerosis; E) erosión y F) pseudodquiste. Imagen tomada de Dos Anjos Pontual ML, Freire JSL, Barbosa JMN, Frazão MAG, Dos Anjos Pontual A. Evaluation of bone changes in the temporomandibular joint using cone beam CT. Dentomaxillofacial Radiol. 2012;41(1):24-29. (10)

332x71mm (150 x 150 DPI)

Tabla 1: Resumen descriptivo de los papers seleccionados (n=18)

Autor y año	Objetivo	Metodología	Conclusiones
Habets y cols, 1988	Evaluar asimetría en pacientes con signos y síntomas de TTM, observados en una radiografía panorámica	Compararon mediciones verticales de cóndilo y rama de 92 pacientes asintomáticos y 60 sintomáticos, calculando la simetría entre ambos lados	Observaron que la altura del cóndilo era menor en pacientes sintomáticos así como mayor presencia de asimetría intra sujeto en pacientes en estos pacientes comparados con los controles. Concluyen que observar asimetrías en radiografías panorámicas puede ayudar a distinguir en el paciente el riesgo de desarrollar TTM
Koyama, Ishiyama y Hayashi, 2007	Evaluación y seguimiento de incidencia y cambios óseos condilares en paciente con TTM observados en TC	Se evaluaron 516 sujetos, 51 de ellos con seguimiento que se realizó entre los 3 y 18 meses. Se desarrollaron criterios de evaluación; tipo N - sin cambios óseos, tipo F - aplanamiento de superficies, tipo E - erosión superficial, tipo D - deformación, tipo S - deformación con erosión.	Se observaron cambios en estructura ósea condilar en un 63,7% de las articulaciones observadas. De las afectadas, según clasificación: tipo F 8%, tipo E 19%, tipo D 19% y tipo S 14%. De las articulaciones con seguimiento, se observó una tendencia a la progresión degenerativa, aumentando la proporción de tipo D y E.
Cevidanes y cols, 2009	Determinar las diferencias morfológicas entre articulaciones sanas y con OATM en modelos 3D tomados de CBCT	Compararon 20 sujetos clasificados en el grupo III según RDC/TMD y 40 controles asintomáticos	La morfología fue estadísticamente diferentes, los sujetos con OATM presentan medidas menores en promedio: 1.9 mm en la derecha y 2.3 mm en la izquierda, exhibiendo reabsorción anterior en el polo lateral
Paniagua y cols, 2011	Analizar los cambios de forma en reabsorción ósea en pacientes con OATM, en modelo 3D tomados de CBCT	Estudio longitudinal con 26 sujetos con OATM, con indicación de tratamiento ortodóncico-quirúrgico. El análisis de forma se realiza: Pretratamiento Posterior al uso de plano Al año post cirugía A 2 años posterior a cirugía	Tanto para el cóndilo derecho como en el izquierdo presentaron cambios remodelativos leves en el polo superior, al retiro del plano. Cambios regresivos moderados en el polo anterior y superior al año postcirugía y cambios severos a los dos años postcirugía comparados con el modelo inicial precirugía.
Anjos Pontual y cols, 2012	Determinar la prevalencia de cambios óseos degenerativos y movilidad de las ATMs en CBCT	Realizaron un estudio transversal con 319 sujetos para la evaluación imagenológica de ambas ATMs, analizando aplanamiento, erosión, osteofitos, esclerosis y pseudoquistes.	No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre ambas ATMs. Los cambios degenerativos son más prevalentes en mujeres y aumentan con la edad. No existe correlación entre grado de movilidad articular y cambios degenerativos.
Koos y cols, 2013	Evaluar cambios degenerativos e inflamatorios articulares comparando pacientes sanos y pacientes con artritis idiopática juvenil observados en CBCT y RM con contraste	Estudio transversal. 46 sujetos, 23 con artritis idiopática juvenil y 23 sanos Se evaluó el grado de destrucción articular (CBCT) e inflamación (RM). Las articulaciones fueron clasificadas en clases: A, sin cambios, B deformación y C destrucción. Además fueron subclasificadas según grado: I aplanamiento, II erosión y III osteofitos, y la severidad de cada grado en 1, 2 y 3.	En el grupo control, un 21% de las articulaciones presentaron cambios estructurales leves. Los cambios estructurales observados se concentraron principalmente en clases leves. En el grupo con artritis, un 83% de las articulares presentaron cambios estructurales avanzados, con mayor concentración en fases severas. No se observó una correlación estadísticamente significativa con edad ni sexo.
Lin y cols, 2013	Cuantificar tridimensionalmente la asimetría condilar para determinar el rol de su configuración mandibular observados en observados en modelos 3D obtenidos a partir de CBCT	Compararon la desviación mentoniana, las líneas medias dentales, la inclinación y la profundidad del plano oclusal evaluando el volumen, el área, la curvatura de superficie y la densidad ósea condilar	En pacientes con asimetría mandibular la morfología 3D condílea en el lado desviado difería del lado no desviado, indicando una asociación entre la función mandibular asimétrica y la remodelación articular. La incongruencia en el lado desviado resultó en una reducción de áreas de contacto y aumento en la tensión, con cambios en densidad ósea.
Schilling y cols, 2014	Investigar la confiabilidad del registro tridimensional y	Compararon 12 pacientes con EDATM y 12 controles ;	Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre pacientes con EDATM y

	métodos de superposición para la evaluación de la morfología condilar de la ATM mediante CBCT.	La evaluación longitudinal fue realizada con los 12 pacientes con EDATM pre y posquirúrgicos mediante la construcción de modelos 3D de superficie condilar. Las comparaciones se realizaron mediante análisis de forma.	los controles, consistentemente localizadas en los polos medial y lateral. Concluyen que el registro condilar interindividual y las evaluaciones longitudinales son confiables y pueden usarse para cuantificar diferencias óseas sutiles en la morfología condilar tridimensional.
Schiffman y cols, 2014	Revisar y realizar recomendaciones consensuadas, para la determinación de nuevos algoritmos de diagnóstico del Eje I y nuevos instrumentos del Eje II para la clínica e investigación en TTM	Se realizaron talleres y simposios de revisión y consenso mediante un proceso estructurado formal entre miembros del "International RDC/TMD Consortium Network" y "Orofacial Pain Special Interest Group" y se genera un nuevo protocolo de DC/TMD basado en evidencia.	Concluyen que nuevo protocolo DC/TMD es apropiado para su uso en entornos clínicos y de investigación puesto que el uso de instrumentos más completos aumentan la detección de patologías en los Ejes I y II. Los instrumentos validados permiten la identificación de pacientes con una mayor variedad de presentaciones en TTM tanto las simples como las más complejas.
Larheim y cols, 2015	Realizar una actualización de la imagenología de ATM usando CBCT	Revisión de la literatura.	El CBCT en la evaluación de ATM constituye una alternativa rentable y dosis efectiva a la TC, puede ser más sensible a artefactos de movimiento sin embargo es superior a la radiología convencional y a la RM en la evaluación de anomalías óseas, para evaluación de actividad inflamatoria y anomalías de tejidos blandos la RM es el método de elección.
Cevitanes y cols, 2015	Investigar las variaciones morfológicas de cóndilos de sujetos con EDATM por medio de superposición de imágenes de modelos 3D tomados en CBCT	Compararon 3 grupos de pacientes: 69 sujetos con larga data de EDATM, 15 sujetos con diagnóstico inicial de OATM y 7 sujetos sanos.	El test DiPromPerm utilizado por los autores permite evaluar a través de biomarcadores de imagen, los cóndilos de manera cuantitativa, permitiendo clasificaciones las EDATM de manera estadística. Observaron que los pacientes con EDATM tienen medidas de volumen condilar en promedio menores que los sujetos sanos, excepto en el polo anterior.
Gomes y cols, 2015	Evaluar en variaciones morfológicas de OATM con un enfoque estadístico de las imágenes volumétricas a partir de CBCT	Estudio transversal con 7 sujetos sanos, 15 sujetos con OATM inicial y 69 sujetos con OATM de larga data. Se generaron modelos 3D de cada articulación. Se utilizó el software SPHARM-PDM. Se calcularon los patrones de variación entre los cóndilos de los 3 grupos, indicando áreas de reabsorción, de proliferación y/o sin cambios. Se realizó un agrupamiento jerárquico basados en la similitud morfológica condilar.	Los cóndilos con OATM tuvieron en promedio menor tamaño en todas las dimensiones, especialmente en zona superior, y excepto en superficie anterior y polo medial donde se observó aposición reparativa. En los cóndilos con OATM inicial se observó un marcado aplanamiento en el polo lateral condilar. Los sujetos con OATM de evolución prolongada presentan cambios morfológicos marcados. Se provee un índice diagnóstico preliminar de cambios osteoarticulares 3D en la morfología condilar mandibular, que podría ser un primer paso para un diagnóstico más certero de esta condición.
Kim y cols, 2016	Evaluar el volumen y la posición de las estructuras de la ATM en pacientes con asimetría facial en modelo 3D tomados en TC	Compararon 32 sujetos asimétricos y 34 sujetos simétricos como grupo control	Los volúmenes tanto del cóndilo como de la fosa y del espacio articular del lado más pequeño fueron estadísticamente significativos en el grupo de estudio. Señalan que para evaluar asimetría hay que considerar las características de la fosa, la altura, el ancho y la posición del cóndilo.
Nitzan y cols, 2016	Evaluar clínica y radiográficamente el resultado a largo plazo de artrocentesis en pacientes con OATM sintomática que no responden a terapias no quirúrgicas	Es un estudio de cohorte retrospectivo, analizaron datos demográficos, clínicos y radiológicos en pacientes con OATM sintomática no respondedores a intervenciones no quirúrgicas y que se	Para la mayoría de los pacientes estudiados, la artrocentesis ofreció resultados favorables a largo plazo. La severidad de los hallazgos clínicos y radiológicos preoperatorios no predice el éxito de la artrocentesis. La falta de correlación hallazgos clínicos-radiológicos niega el uso de la clasificación de Wilkes quien establece que la severidad de signos

		sometieron a artrocentesis.	clínicos van correlacionados con los radiológicos
Tamimi y cols, 2018	Analizar la anatomía, función, crecimiento y desarrollo de la ATM y cómo los cambios en el crecimiento pueden afectar la morfología craneofacial.	Revisión de la literatura. Se muestran y analizan imágenes en CBCT y RM.	La ATM es una estructura compleja relacionada mental y funcionalmente con el resto del complejo craneomandibular. La clave de la correcta interpretación imagenológica de la ATM reside en un conocimiento y comprensión exhaustivo de su anatomía y de su función/disfunción.
Hilgenberg-Sydney y cols, 2018	Evaluar la validez del diagnóstico imagenológico en TC y CBCT en pacientes con EDA comparados con criterios clínicos	Revisión sistemática	Concluyen que eo CBCT es válida para evaluar la progresión en el tiempo de la EDA, sin embargo no debe usarse como examen de rutina en pacientes sanos.
Ribera y cols, 2019	Desarrollar un análisis de variabilidad de la forma que permita estadiar los cambios óseos en EDATM, lo llamaron "Deep learning neural network"	Tomaron una muestra de 259 CBCT y sometieron al test a 34 modelos 3D, los cuales fueron clasificado en 6 grupos	Concluyeron que utilizar "Deep learning neural network" es el método mas preciso para clasificar la EDATM en base a metodología 3D
Gumussoy y Duman, 2019	Evaluar la utilidad del análisis óseo microestructural 3D en pacientes con EDATM	Seleccionaron 147 CBCT de ATM en 88 pacientes y los agruparon en tres grupos de acuerdo a la clasificación de MUI en 1990. Grupo 0: control Grupo 1: cambios erosivos leves Grupo 2: cambios erosivos severos.	La dimensión fractal 3D en cada CBCT condilar y arrojó un índice más bajo junto con la observación de cambios más severos en el grupo 2. Siendo las diferencias estadísticamente significativas para cada grupo. Este estudio preliminar puede ser de utilidad para mejorar la capacidad diagnóstica del cone beam en pacientes con EDATM

TTM, Trastornos Temporomandibulares, ATM, Articulación Temporomandibular; OATMD, Osteoartritis Temporomandibular; EDATM, Enfermedad Degenerativa Articular Temporomandibular; TC, Tomografía Computarizada; CBCT, Cone beam Computer Tomography; RM, Resonancia Magnética; RDC/TMD, Research diagnostic criteria/Temporomandibular disorders; DC/TMD, diagnostic criteria/Temporomandibular disorders; SPHARM-PDM, The 3-D shape correspondence analysis

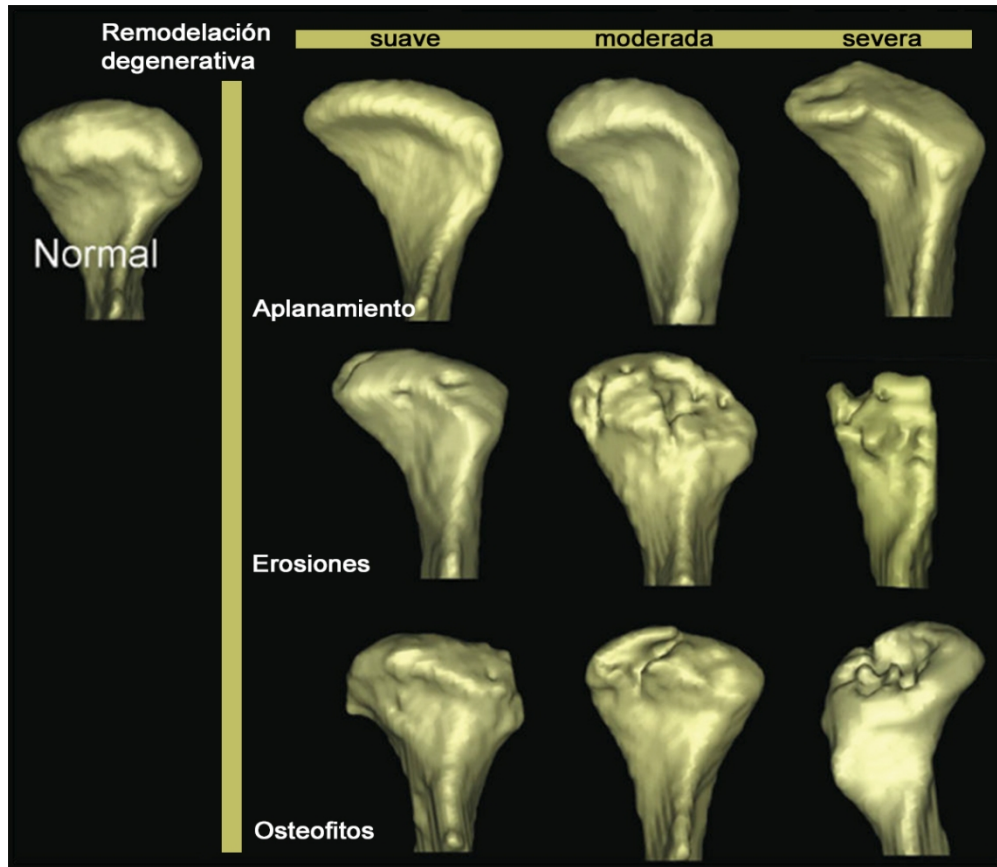
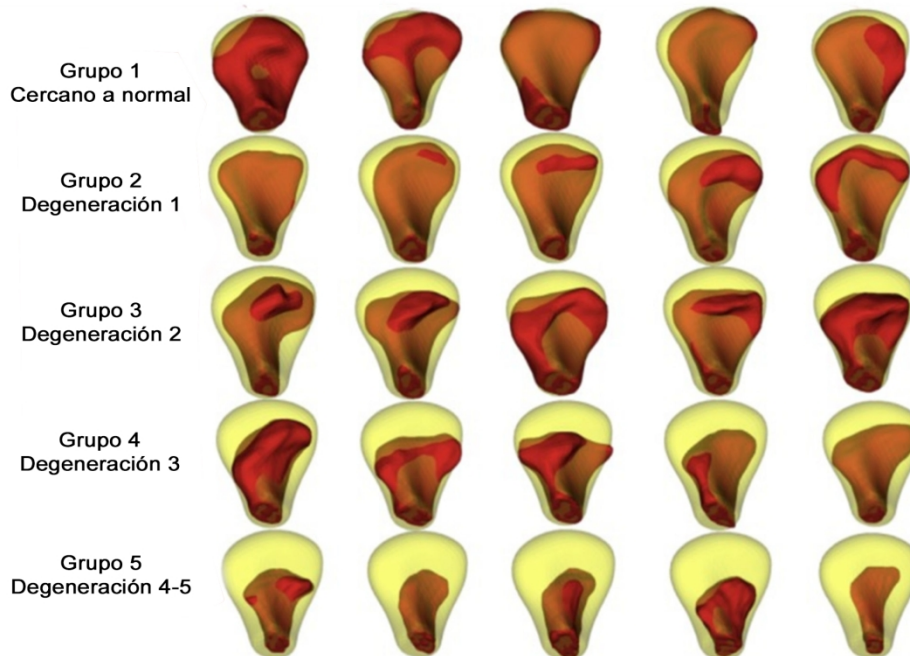


Figura 2: Se muestra la asociación de la forma condilar asociada a los cambios. el eje vertical describe progresión (aplanamiento, erosiones y osteofitos) de los cambios degenerativos, mientras que el eje horizontal representa la severidad. Imagen tomada de Cevidanes LH, Walker DG, Styner M, Lim PF. Condylar Resorption in Patients With Tmd. Craniofacial growth Ser. 2009;46:147-157. (19)

423x365mm (72 x 72 DPI)



29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Figura 3: Se muestra en amarillo el promedio de volumen del grupo control y en Rojo el volumen superpuesto de la graduación de la pérdida de volumen condilar y su clasificación: G1: cercano a lo sano, G2: Degeneración 1, G3: Degeneración 2, G4: Degeneración 3 y G5: Degeneración 4-5. Imagen tomada de Ribera NT, de Dumast P, Yatabe M, et al. Shape variation analyzer: a classifier for temporomandibular joint damaged by osteoarthritis. Proc SPIE Int Soc Opt Eng. 2019;10950:1095021.(26)

177x124mm (300 x 300 DPI)