

TITULO: ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE PILARES ANGULADOS EN CORONAS INDIVIDUALES IMPLANTOSOPORTADAS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA.

TITLE: BIOMECHANICAL ANALYSIS OF ANGLED ABUTMENTS IN SINGLE IMPLANT-SUPPORTED CROWNS: A SYSTEMATIC REVIEW.

Autores

Lizeth Viviana Cala Salazar ¹, Wendy Paola Freyle Fuentes ¹, Santiago Ortiz Rojas¹, Eliana Del Pilar Ibarra Soler ², Sonia R. Unriza Puin ³

1.Odontólogos, Estudiantes de la Especialización en Prostodoncia, Institución Universitaria Colegios de Colombia - UNICOC, Bogotá.

2. Odontóloga, Especialista en Prostodoncia y Oclusión, Institución Universitaria Colegios de Colombia, UNICOC.

3. Odontóloga, Magister en Ciencias Odontológicas, Pontificia Universidad Javeriana, Universidad El Bosque.

TITULO: ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE PILARES ANGULADOS EN CORONAS INDIVIDUALES IMPLANTOSOPORTADAS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA.

RESUMEN:

Objetivo: Describir mediante una revisión sistemática el comportamiento biomecánico de pilares angulados para coronas individuales implantosoportadas.

Materiales y métodos: Se realizó una búsqueda electrónica en la base de datos Complementary Index, Dentistry & Oral Sciences Sources, Biomedical Index, BASE, EBSCOhost, MEDLINE entre los años 2010-2023 en idioma inglés; palabras utilizadas para la búsqueda: pilares angulados, implantes angulados, biomecánica, complicaciones, conexión al implante, conexión a corona. Cada estudio fue evaluado por 3 revisores con la aplicación de diferentes listas de chequeo para comprobar la calidad de la evidencia seleccionada. **Resultados:** La búsqueda arrojó un total de 195 artículos, de los cuales se seleccionaron 45 artículos por título y 30 por abstract, se realizó una lectura de texto completo y aplicación de las listas de chequeo a 18 artículos acordes a cada tipo de estudio quedando un total de 12, (11 estudios in vitro y 1 observacional). De los 12 estudios seleccionados 3 se enfocaban en estudios de análisis de tensión de implantes y pilares rectos y angulados, 3 mencionaban valores de tensión con pilares rectos y angulados posicionados en implantes asociados a diferentes calidades óseas, 4 estudiaban características y complicaciones en pilares rectos y angulados y 2 mencionaban las ventajas y desventajas del uso de pilares ángulados. **Conclusiones:** En el comportamiento biomecánico de pilares angulados se presenta transferencia de

tensiones a nivel del hueso crestral y de la interface pilar, tornillo e implante. El aumento de grado de angulación presenta mayores efectos nocivos. Si se controlan los factores oclusales, calidad y espesor del hueso periimplantar se disminuye la tensión y genera menor reabsorción ósea. El micromovimiento se incrementa con angulaciones mayores produciendo complicaciones mecánicas. En las restauraciones posteriores con pilares angulados la dirección de la fuerza es axial y la magnitud de la carga es mayor; en contraste con las restauraciones anteriores en donde la carga es oblicua o tangencial, siendo más nociva pese a que la magnitud de la carga es menor.

Palabras clave: Pilares angulados, biomecánica, complicaciones, implante angulado.

TITLE: BIOMECHANICAL ANALYSIS OF PROSTHETIC SOLUTIONS IN ANGLED IMPLANTS FOR SINGLE ANTERIOR AND POSTERIOR CROWNS: A SYSTEMATIC REVIEW.

ABSTRACT

Objective: To describe, through a systematic review, the biomechanical behavior of angles abutments for individual implant-supported crowns. **Materials and methods:** An electronic search was carried out in the database: Complementary Index, Dentistry & Oral Sciences Sources, Biomedical Index, BASE, EBSCOhost, MEDLINE between the years 2010-2023 in English; words used for the search: angled abutments, angled implants, biomechanics, complications, implant connection, crown connection. Each study was evaluated by 3 reviewers with the

application of different checklists to verify the quality of the selected evidence.

Results: The search yielded a total of 195 articles, of which 45 articles were selected by title and 30 by abstract, a full text was read and the checklists were applied to 18 articles according to each type of study, leaving a total of 12 articles (11 in vitro studies and 1 observational). Of the 12 selected studies, 3 focused on stress analysis studies of straight and angled implants and abutments, 3 mentioned stress values with straight and angled abutments positioned on implants associated with different bone qualities, 4 studied characteristics and complications in straight and angled abutments. angled and 2 mentioned the advantages and disadvantages of the use of angled abutments. **Conclusions:** In the biomechanical behavior of angled abutments there is stress transfer at the level of the crestal bone and the abutment, screw and implant interface. The increase in the degree of angulation presents greater harmful effects. If occlusal factors, quality and thickness of peri-implant bone are controlled, tension is reduced and less bone resorption is generated. Micromovement increases with greater angulations, producing mechanical complications. In posterior restorations with angled abutments, the direction of the force is axial and the magnitude of the load is greater; in contrast to the previous restorations where the load is oblique or tangential, being more harmful despite the fact that the magnitude of the load is less.

Key words: Angled abutments, biomechanics, complications, angled implant, tilted implant.

INTRODUCCIÓN

Los implantes dentales a lo largo de los años han sido altamente empleados por los odontólogos y cirujanos orales a fin de remplazar dientes perdidos devolviendo así la estética y función. Desde tiempos antiguos, la implantología ha sido ampliamente aplicada y con el pasar de los años los implantes dentales se han ido perfeccionando de manera considerable gracias a las diferentes investigaciones científicas y las necesidades vistas durante la práctica clínica. (1)

Desde los años 90's los sistemas de implantes y pilares protésicos buscaban la solución a las complicaciones estéticas y funcionales en rehabilitación protésica implanto soportada para lo que surgió el cambio de sitio de acceso del tornillo pasante o modificando el diseño de los pilares buscando diferentes mecanismos de retención de tal forma que los pilares protésicos angulados hoy en día permiten corregir la no axialidad de los implantes y a su vez contribuyen como alternativa restaurativa para evitar realizar procedimientos más invasivos, riesgosos y de alto costo permitiendo la posición angulada de los implantes y conectando con la rehabilitación protésica; Además, como lo señala la literatura, los pilares angulados pueden reducir y proporcionar una mejor distribución de tensión en el hueso circundante y un mejor comportamiento en rehabilitación tanto en sectores anteriores como posteriores; siendo necesario resaltar que el comportamiento biomecánico se altera cuando se aumentan los ángulos del pilar ya que esto genera mayor tensión en el hueso periimplantario y a su vez incrementa el micro movimiento bajo carga inmediata. (2) (3) (4)

En ese sentido, conocer el comportamiento biomecánico de las soluciones protésicas en implantes angulados es de vital importancia, ya que una adecuada elección de la angulación del pilar que corrige la no axialidad del implante conllevará al clínico a elegir la mejor opción restaurativa con relación a la interacción del componente biológico y protésico para corona única en el sector anterior y posterior a fin de evitar complicaciones y realizar tratamientos predecibles en el tiempo. Por lo tanto, el propósito de este estudio fue analizar el comportamiento biomecánico de pilares angulados en coronas individuales implantosportadas mediante una revisión sistemática.

METODOLOGÍA

Estrategias de Búsqueda:

Se realizó una búsqueda electrónica de estudios publicados entre 2010 a 2023, en las bases de datos: Complementary index, dentistry & oral sciences sources, Biomedical index, BASE, EBSCOhost, MEDLINE incluyendo estudios *In Vitro*, estudios observacionales. Los términos de búsqueda utilizados fueron: Angled Abutment angled prosthetic solution, angled prosthetic abutment, angulation abutment, biomechanical, biomechanics, screw restorations, or cemented restoration.

Se realizó una selección por títulos y abstract teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión en el estudio, luego se continuó con la lectura de texto completo eligiendo los artículos pertinentes para la consecución de los objetivos a los que se les aplicó el check list de CRISS para los estudios in vitro y el STARD para el estudio observacional.

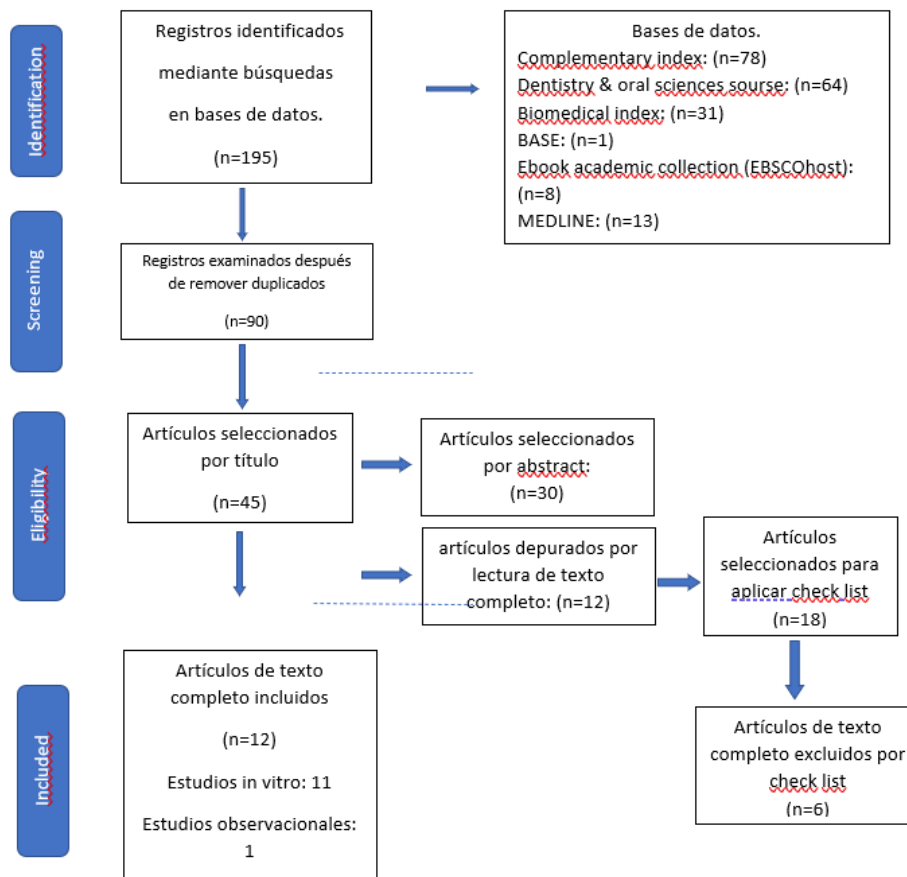


Figura 1. Diagrama de Flujo de la selección de artículos.

FIGURA 2: ECUACIONES DE BUSQUEDA

("angled abutments" OR "Angled prosthetic solution" OR "Angled prosthetic abutment" OR "Angulation abutment") AND (Biomechanical OR Biomechanics) AND ("Angled implant" OR "Implant angulation")
("Complications" OR "failiture") AND ("angled abutments" OR "angulation abutment") AND ("screw restorations" OR "cemented restorations")
("angled implants" OR "angulation abutment") AND ("single crown" OR "angled prothesis") AND ("screw restorations" OR "cemented restorations")
("angled abutments" OR "Angled prosthetic solution") AND ("single crown" OR "angled prothesis") AND ("Biomechanical OR Biomechanics")
("angled implants" OR "angulation abutment") AND ("dental prothesis" OR "screw restorations" OR "cemented restorations")
("complications" IN "angled abutments") AND ("biomechanical behavior" OR "complications angled abutments")

RESULTADOS

Selección de los Estudios:

Se revisaron estudios desde el año 2010 hasta el 2023 encontrando un total de 195 artículos en las bases de datos de búsqueda; se eliminaron 90 por duplicado de los cuales se seleccionaron 45 por título y 30 por abstract, se depuraron 12 artículos al realizar la lectura de texto completo quedando 18 estudios a los que se les aplicaron los check list excluyendo 6 por calidad metodológica para un total de 12 estudios seleccionados. Estudios in vitro (11), estudio observacional (1). **(Figura 1).**

Características de los Estudios:

De los 12 artículos seleccionados, 4 eran estudios de análisis de tensión de pilares angulados, 4 mencionaban valores de tensión con pilares angulados asociados a diferentes calidades óseas, 6 estudiaban características y complicaciones en pilares angulados.

Análisis de tensión de pilares angulados.

Los estudios de distribución de tensiones y deformación bajo fuerzas funcionales axiales y oblicuas en pilares angulados se evidencian en la **Tabla 1.**

Mahmut y colaboradores en un estudio *In-Vitro* realizado en el año 2020 evaluó la deformación y tensión mínima y máxima sobre una corona en zirconio y el pilar protésico aplicando una carga en el eje vertical de 250 N, de este análisis los autores refieren una deformación para la corona en zirconio utilizando pilar recto (0°)

máxima de 3.976mm y al utilizar un pilar angulado de (20°) máxima de 0.00090159mm considerándose una deformación menor en la corona de zirconio utilizando pilar angulado; con respecto al pilar, refirieron la tensión mínima y máxima la cual para el pilar 0° oscilaba en un máximo 0.013462 - 0.016059 y para pilar angulado de 20° en un máximo de 0.961486mm - 0.26808mm en donde las mayores tensiones se encontraron en la conexión pilar- implante. (5)

Ismail H y colaboradores en el año 2021 en su estudio *In-Vitro* analizaron las distribuciones de tensión en el implante y sus componentes con pilares con base de titanio, cerámico y en aleación de titanio en diferentes angulaciones y la distribución de tensión en el hueso simulado para lo cual señalaron que, al aplicar una carga de 100 N la tensión máxima ejercida sobre el implante se dio con el uso de pilares angulados a 25° siendo igual para el pilar de cerámica y titanio con 667Mpa e inferior para el pilar con base de titanio a 25° con 561Mpa; ya para el pilar de 17° la tensión máxima fue de 588Mpa con pilar de titanio presentando valores muy aproximados al pilar de cerámica y la tensión en el pilar con base de titanio fue 507Mpa razón por la cual los autores concluyen que los pilares de base de titanio presentan valores de tensión y deformación para 17° y 25° inferiores y aún menor para el de base de titanio a 17° considerándose así valores de tensión más bajos en los componentes del implante. (4)

En 2018 Mohammad E y colaboradores investigaron la distribución de la tensión y fatiga, utilizando FEA tridimensional en implantes rectos y angulados en combinación con pilares rectos y angulados (20°) bajo cargas de masticación a 100N y obtuvieron que para el implante vertical con pilar recto la tensión máxima calculada fue de 28.02Mpa, el implante vertical con pilar angulado 47.06Mpa,

implante angulado con pilar recto fue de 59.73Mpa y para el implante angulado con pilar angulado fue de 64.18Mpa por lo cual concluyen que la tensión máxima se dio en el implante angulado con pilar angulado; sin embargo, presentaba una mejor distribución de tensión ante cargas siendo distribuidas en el implante a diferencia del implante angulado con pilar recto en donde la tensión se generó en el hueso cortical. (6)

Amir M y colaboradores en el año 2022 en su estudio *In-Vitro* buscaban mediante DIC y FEA investigar el efecto del pilar híbrido en angulación de 0° y 15° sobre la distribución de tensión de un implante maxilar unitario haciendo énfasis en la tensión del implante, las bases de titanio y el tornillo de fijación; encontrando que, al aplicar una carga de 150 N la tensión en el implante con pilar híbrido recto fue de 38.7Mpa y en implante con pilar híbrido angulado de 62,9Mpa y la tensión en el pilar híbrido recto fue de 26.6Mpa y con pilar híbrido angulado de 71.4Mpa; ya para el tornillo de fijación la tensión con pilar recto fue de 27,8Mpa y con pilar angulado de 69,8Mpa por lo que evidencian que al utilizar un pilar híbrido angulado para corregir la inclinación del implante se genera una mayor tensión en todo el componente. (7)

Tabla 1. Análisis de tensión de pilares angulados.

<u>Autor/ Año</u>	<u>Cantidad de carga aplicada</u>	<u>Valores de tensión</u>		
		Pilar recto	Pilar angulado	
Mahmut S. 2020	250 N	0.016059 mm	20°	0.026808 mm

Ismail H. 2021	100 N	N/R	17°	507 Mpa
			25°	561 Mpa
Mohammad E. 2018	100 N	28.02 Mpa 59.73 Mpa	20°	64.18 Mpa
Amir M. 2022	150 N	Implante 38.7 Mpa Pilar 26.6 Mpa Tornillo de fijación 27,8 Mpa	15°	Implante 62.9 Mpa Pilar 62,9 Mpa Tornillo de fijación 69,8 Mpa

Valores de tensión con pilares angulados asociados a diferentes calidades óseas.

Se evidencio que 5 de los artículos seleccionados presentaban valores de tensión al utilizar pilares angulados posicionados en implantes y se asociaban a la distribución de tensión y estrés en diferentes calidades óseas como se señalan en la **Tabla 2**.

G. Arun y colaboradores en el año 2012 en su estudio in vitro compararon las tensiones generadas en diferentes calidades óseas (D1, D2, D3, D4) con pilares rectos y angulados mediante FEA determinando que, en pilares rectos se presentaron mayores valores de estrés en Von Misses en hueso D4 (15.696Mpa) en cortical y D3 (13.126Mpa) en vestibular y lingual, mientras que en pilares angulados en hueso D4 se presentó mayor tensión en cortical (20,832Mpa) y D3 en cortical lingual de (2.545Mpa) por lo que indican que, en caso de ser necesario

utilizar un pilar angulado debe existir buen espesor de cortical y mejor calidad ósea.

(8)

Vikas y colaboradores en el año 2021 realizaron un estudio donde evaluaron los valores de tensión en maxilar anterior en hueso tipo (D2 cortical de 2mm espesor y D3 cortical de 1 mm espesor), para implantes cónicos con diferente tipo de rosca (triangular, cuadrado y contrafuerte) con pilares angulados a 15° y 25° y analizaron la distribución de tensión en hueso cortical, esponjoso y cuerpo del implante bajo carga axial y no axial de 178N, refiriendo para un pilar angulado a 25° en carga axial de 25Mpa para el hueso cortical y para el hueso esponjoso de 8Mpa. Ya para pilar de 15° en hueso cortical una tensión de 20Mpa y en hueso esponjoso de 4Mpa. En cuanto a la carga no axial al aumentar el ángulo del pilar las tensiones y deformaciones fueron mayores por lo que indicaron que, el mejor comportamiento fue en hueso D2 y D3 con roscas cuadradas al usar pilar de 15° y con pilar de 25° la rosca contrafuerte mostro menor concentración de tensión. (9)

Sumedha K. y colaboradores en el año 2021 evaluaron la distribución de tensiones generadas en el maxilar anterior bajo carga axial y oblicua de 178N en pilares de titanio y zirconio a angulaciones de 0, 15 y 25 grados, donde los autores evidenciaron que en pilares 0° se generó una mayor tensión en hueso cortical de (28.7Mpa en la cortical P con pilar de titanio), en pilar angulado de 15° de (33.89Mpa en la cortical P con pilar en zirconio) y en pilar de 25° (27.38Mpa en la cortical P con pilar en zirconio) presentado mayor tensión en la cortical palatina para las diferentes angulaciones con pilar de zirconio. (10)

Mohammad E y colaboradores también refieren el comportamiento implante - hueso después de aplicadas las cargas y tensiones evaluando la tensión máxima en la interfaz hueso – implante indicando que al utilizar un implante angulado con pilar recto se alcanza una tensión de 88Mpa, y al utilizar un implante angulado con pilar angulado, la tensión máxima reportada era de 58Mpa con valores de estrés máximos que ocurren en la interfaz del hueso cortical y el implante mientras que en el hueso esponjoso el estrés fue más bajo.

Tabla 2. Valores de tensión con pilares angulados asociados a diferentes calidades óseas.

<u>Autor/ año</u>	<u>Hueso cortical</u>		<u>Hueso esponjoso</u>	
	<u>Pilar recto</u>	<u>Pilar angulado</u>	<u>Pilar recto</u>	<u>Pilar angulado</u>
Vikas A. 2021	N/R	15° 20Mpa 25° 25Mpa	N/R	15° 4Mpa 25° 8Mpa
G. Arun. 2012	15.696Mpa	20.832Mpa	4.033Mpa	13.022Mpa
Summeda K. 2021	28.7 Mpa cortic al palatina	15° (30.89 Mpa cortical V) (33.80 Mpa cortic al P) 25°(21.74 Mpa cortic al V) (27.38 Mpa cortical P)	N/R	N/R

Mohammad E. 2018	Implante recto – pilar recto 32.29Mpa	Implante angulado - pilar angulado 58,26mpa	N/R	Implante vertical con pilar angulado 37.8 Mpa
	Implante angulado – pilar recto 88.04 Mpa			

Características de complicaciones técnicas en pilares angulados.

Con relación a las complicaciones generadas con el uso de pilares angulados se tuvieron en cuenta (6) artículos representados en la Tabla 3.

Shaffer y colaboradores en el año 2015 informaron de la relación de falla del tornillo asociados a la angulación del pilar, el tipo de prótesis y la presencia o no de pilar intermedio de los cuales tuvieron en cuenta 267 pacientes, evaluando un total de 971 implantes de hexágono externo con un tiempo de implantados de al menos un año y observaron que la falla se presentó en el tornillo protésico para 238 coronas unitarias siendo el 8,82% y del 10,1% en 773 prótesis múltiples, reportando a su vez que de los 912 pilares el 9,34% fracasaron y de los 59 pilares que estaban angulados la tasa de fracaso fue del 15,25% por lo cual los autores concluyeron que, a mayor ángulo del pilar más fue el aumento en porcentaje de la relación de falla del tornillo protésico. (11)

Sousa y colaboradores en el año 2019 en su estudio *In-Vitro* evaluaron el aflojamiento del torque, la carga máxima de fractura bajo compresión y la concentración de tensión de pilares rectos y angulados para implantes de cono morse en el que por medio de FEA analizaron 80 implantes de los cuales 40

recibieron pilar recto y 40 pilar angulado y se instalaron con un torque de 20 Ncm y evaluaron el envejecimiento aplicando una carga de 200 N tanto para 20 con pilar recto como para 20 con pilar angulado a 15° dejando 20 y 20 para cada grupo de pilar para comparación en donde ante los ciclos de fatiga de los pilares con aflojamiento del tornillo para pilar angulado fue de 63.7% y para pilar recto de 85.7%. En cuanto a la resistencia ante carga de compresión refirieron mejor comportamiento de pilares rectos en comparación con pilares angulados con una significancia de 355.63 y 245.50 respectivamente en donde la mayor concentración de estrés biomecánico se presentó a nivel cervical sin exceder 110Mpa. (12)

Ahmed y colaboradores en el año 2018 evaluaron la pérdida de torque en diferentes angulaciones del pilar (0,15 y 25 grados) y la altura del cuello del pilar (2mm- 4mm) con el aflojamiento del tornillo midiendo el torque antes y después de la carga cíclica dinámica. En el grupo III la angulación del pilar a 25 grados y altura del cuello de 4mm presentaron valores de hasta (42,8%) con relación al porcentaje de pérdida de torque. (13)

Ellakwa y colaboradores en el año 2011 reportaron con relación a la resistencia, modo de fractura y distribución de tensiones en pilares preangulados en comparación con pilares rectos en coronas de espesor de 0,4mm 0,6mm y 0,8 mm que, en angulaciones de 15° con una aplicación de fuerza de 525,625N se presentaba modo de falla de fractura severa que involucraba la corona y la supraestructura mientras que, en las muestras realizadas a 30° se obtuvieron fallas

de fractura de la corona desde la línea media hasta fractura de más de la mitad de la corona a diferentes fuerzas aplicadas. (14)

Chun-Yeo Ha y colaboradores en 2011 realizaron una investigación de tres tipos de pilares conectados a dos tipos de diseño de unión pilar-implante, cuyos implantes fueron posicionados a 15° en ángulo labial en maxilar anterior y compararon los valores de torsión de extracción de pilares de los tornillos conectados a implantes con conexión interna y externa ante carga cíclica dinámica para lo cual formaron 6 grupos que se distribuyeron de la siguiente manera: 10 implantes hexágono externo con 10 pilares rectos, 10 implantes de hexágono externo con 10 pilares angulados a 15°, 10 implantes de hexágono externo con 10 pilares ucla rectos; por otro lado, 10 implantes de hexágono interno con 10 pilares rectos, 10 implantes de hexágono interno con 10 pilares angulados a 17° y 10 implantes de hexágono interno con 10 pilares ucla y encontraron que el grupo de pilares angulados presentaron remoción de torque mayor de máximo 24.50 Ncm para implante hexágono externo con pilar de 15° y en implante de hexágono interno con pilar de 17° de 23.50Ncm siendo significativamente más alto en comparación con los pilares rectos y ucla con los diferentes tipos de plataforma del implante. (15)

Tabla 3. Características de complicaciones técnicas en pilares angulados.

<u>Autor/ Año</u>	<u>Tipo de complicación</u>	
	<u>Pilares rectos</u>	<u>Pilares angulados</u>
Shaffer M, cols 2018	Falla de tornillo protésico 9.43%	Falla en tornillo protésico 15.25%

SousaM, cols 2019	Torque y estabilidad de aflojamiento del tornillo protésico 85.7%	Torque y estabilidad de aflojamiento del tornillo protésico 63.7%
Ahmed Y, cols 2018	Perdida de torque del tornillo 2,3%	Perdida de torque del tornillo • 15° 22,8% • 25° 42,8%
Ellakwa, cols 2011	Fuerza de fractura y modo de falla 1668.75N: Fractura mínima capaz de ser restaurada	Fuerza de fractura y modo de falla • 15°: Carga de 525,625N más de la mitad de la corona perdida • 30°: Fractura severa de la corona
Chun- Yeo, cols 2011	Valores de remoción de torque en hexágono interno 14,50 Ncm	Valores de remoción de torque • Hexágono interno 17°: 23.50 Ncm
Paulino M, cols 2019	Aflojamiento del tornillo 83,5% sin envejecimiento	Aflojamiento del tornillo 15° sin envejecimiento 72,9%

DISCUSIÓN

Cuando se colocan implantes con ciertos grados de angulación de manera no intencional ya sea por una inadecuada planificación de la terapia implantológica y protésica o de manera intencional para evitar procedimientos quirúrgicos adicionales o estructuras anatómicas; existen soluciones protésicas que permiten lograr el paralelismo deseado. (4)

La literatura es clara sobre el comportamiento biomecánico en pilares rectos; sin embargo, la corrección de angulación del implante es posible con el empleo de pilares angulados, solución protésica que genera en el clínico cierta incertidumbre con respecto al comportamiento biomecánico y sus posibles repercusiones clínicas. (4) (19)

Los pilares angulados corrigen la no axialidad de los implantes en diferentes grados y existen diferencias reportadas en la literatura en cuanto a su comportamiento a nivel de la cresta periimplantar y la distribución de tensión en todo el componente corona-pilar-implante-hueso. (20) La estimación de la tasa de éxito de la terapia implantológica reportada por Mohammad et al., (21) con pilares angulados oscila entre 75-95% a los 10 años sin considerarse un efecto sobre la supervivencia del implante a largo plazo.

Esta revisión de la literatura consolida la información disponible sobre diferentes variables importantes con relación a la biomecánica, supervivencia y tipo de falla a

tener en cuenta para la elección y toma de decisión en la rehabilitación protésica con pilares angulados en implantes no axiales y en general los datos indican que dependiendo de los grados de angulación se pueden generar complicaciones biológicas y/o mecánicas.

El comportamiento biomecánico se analiza a partir de la carga axial, oblicua y en primera medida esta revisión consideró el análisis de tensión en pilares angulados en implantes posicionados de forma no axial por lo que los estudios refieren que a mayor ángulo de inclinación del pilar se presenta mayor tensión en la corona y el hueso circundante como lo corrobora Mahmut et al., (5) al considerar que los pilares rectos generan tensiones inferiores en comparación con pilares angulados; sin embargo, reportan que el uso de pilares angulados no genera una disminución en la vida útil lo que es también aceptado por Mohammad et al., (21) quien informa que la angulación de los implantes en comparación con la angulación del pilar genera mayor tensión en todo el componente y en este sentido, la angulación de los pilares son una alternativa favorable para corregir el disparalelismo de los implantes siendo así que Cavallaro et al., (18) refiere que un aumento de angulación del pilar genera un aumento en la tensión distribuida hacia el hueso sin superar el límite de tolerancia fisiológica.

Sin embargo Ahmed et al., (13) considera diferentes situaciones clínicas como la carga fuera del eje del implante haciendo énfasis en que, con el empleo de pilares angulados se genera una tensión y deformación significativa y la magnitud de tensión aumentara tres veces o más considerando que lo verdaderamente

importante es eliminar fuerzas oclusales excesivas y fuera del eje en restauraciones implantosoportadas a lo que Mohammad et al., (21) respalda al informar en su estudio que la angulación del pilar para corregir la no axialidad del implante no es muy crítico en situaciones normales pero en situaciones de sobrecarga masticatoria o bruxismo el aumento del nivel de estrés puede conducir a condiciones más críticas.

Ahmed et al., (13) describe que las fuerzas oclusales y laterales pueden aumentar en los pilares angulados creando una fuerza torsional generando perdida y/o aflojamiento del tornillo. Por otro lado, cualquier dirección de la carga q no sea en eje axial puede magnificar el estrés en la cresta ósea y en la interfase hueso-implante. El área de contacto entre las roscas del tornillo y el pilar por el aumento de la angulación del pilar disminuye el área de fricción y como consecuencia genera perdida de retención en el tornillo.

Por otro lado, Mahmut et al., (22) respalda en su estudio que al aplicar carga en la cúspide funcional en el modelo tridimensional con el uso de pilares rectos y angulados, la mayor tensión se genera en el pilar recto en comparación con el angulado y Sumeda et al., (10) afirma que la angulación de 15° y 25° generan una variación de 1.5mm y 2.5mm respectivamente en la corrección oclusal de la restauración final.

Según Ellakwa et al., (14) por razones biomecánicas los implantes con pilares angulados son ideales y se prefieren por razones estéticas y funcionales por la

ubicación de la restauración, considerando que después de 30° de angulación se generan sobrecargas y falla en la restauración cerámica.

Con relación a los resultados del análisis de los valores de tensión al usar pilares angulados asociados a diferentes calidades óseas, la literatura señala que los pilares rectos ante cargas generan una distribución de tensiones a lo largo del eje del implante sin embargo, para pilares angulados lo reportado es un aumento en la distribución de tensión y deformación a nivel de la cresta ósea.

Mohammad et al., (21) compara un implante recto con pilar angulado y un implante angulado con pilar angulado concluyendo que todas las tensiones se generan en el hueso cortical además, el máximo estrés sobre el implante fue encontrado en la primera rosca y Doriggati et al., (17) afirma que la angulación de pilar aumenta la tensión distribuida hacia el hueso y el implante por lo tanto, la calidad ósea en el maxilar anterior es más susceptible a presentar pérdida en la cortical y es consecuente con lo reportado por Sumeda et al., (10) en su estudio en donde concluye que ante cargas no axiales el aumento en el ángulo del pilar genera un incremento en la concentración de tensión en el cuello del implante e nivel de la cortical palatina.

Por otro lado, Vikas et al., (9) indica que la tensión y deformación con pilares angulados es mayor en el hueso esponjoso y menor en el hueso cortical a lo que G.arun et al., (8) considera indispensable contar con buena calidad ósea cuando se utilizan pilares angulados; verificando los resultados de los estudios analizados en donde no solo influye el ángulo del pilar sino el tipo de hueso donde se realizará la

terapia implantológica. Sumeda et al., (10) en contraste afirma que los pilares angulados aumentan el estrés al hueso adyacente pero no necesariamente resulta en una reabsorción ósea.

En cuanto a las fallas mecánicas presentadas al utilizar pilares angulados Sousa et al., reporta que ante carga cíclica de fatiga se presenta una pérdida de la precarga por la fuerza residual compresiva generando mayor aflojamiento del tornillo en pilares angulados en comparación con pilares rectos y esto se asocia a que los pilares angulados presentan menor resistencia a la compresión. Shaffer et al., (23) afirma que a mayor ángulo del pilar aumenta la falla en el tornillo pasante por fuerzas de compresión cíclicas adicionalmente Ahmed et al., (24) lo asocia a la longitud de la altura gingival del pilar; considerando el pilar recto tiene mejor comportamiento biomecánico con respecto al torque y pruebas de envejecimiento.

Las fallas reportadas a nivel del tornillo pasante del pilar angulado también han sido asociadas al aplicar cargas axiales compresivas a lo largo del eje del implante repercutiendo en una fuerza de torsión con un riesgo de aflojamiento, fractura del tornillo y/o micromovimientos como lo reporta Schäffer et al., (23) considerando que una angulación del pilar de 15 a 25 grados aumenta el nivel de micromovimientos en un 30% lo que para Chun yeo et al., ese micromovimiento se transfiere al tornillo afectando el torque.

Con respecto al comportamiento biomecánico con pilares angulados en anterior y posterior, es similar; sin embargo se debe tener en consideración la dirección y

magnitud de fuerza ya que en coronas con pilares angulados en posteriores en condiciones normales la fuerza es axial y se distribuye uniformemente mientras que en anteriores la fuerza generada es más oblicua siendo así que en dichas circunstancias es indispensable contar con una buena calidad ósea como lo indica G.arun et al., (8) considerando que la pérdida ósea sería mayor a nivel de la cortical vestibular en donde las fuerzas se dirigen al área opuesta de la dirección de la carga del pilar.

CONCLUSIONES

- En el comportamiento biomecánico de pilares con diferentes grados de angulación se presenta transferencia de tensiones a nivel del hueso crestal y de la interface pilar, tornillo e implante.
- Al aumentar los grados de angulación, aumenta tres veces la magnitud de la tensión transferida; los valores mayores a 25° de angulación presentan mayores efectos nocivos.
- Si se controlan los factores oclusales, calidad y espesor del hueso periimplantar opuesto a la dirección de la carga; se disminuye la tensión y genera menor reabsorción ósea.
- El micromovimiento de la conexión pilar implante, se incrementa con una angulación mayor a 25° produciendo aflojamiento y/o fractura del tornillo, y mayor a 30° reduce la resistencia a la fractura de las estructuras de recubrimiento.
- Las restauraciones en la región posterior con pilares angulados la dirección de la fuerza es axial y la magnitud de la carga es mayor; en contraste con las restauraciones en la región anterior que su carga es más oblicua o tangencial, siendo esta más nociva pese a que la magnitud de la carga es menor.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Guguloth H, Duggineni CR, Chitturi RK, Sujesh M, Ravvali T, Amiti RR. Correlation between abutment angulation and off-axial stresses on biomechanical behavior of titanium and zirconium implants in the anterior maxilla: A three-dimensional finite element analysis study. J Indian Prosthodont Soc. 2019 Oct 1;19(4):353–61.
2. Lemus Cruz Leticia María, Almagro Urrutia Zoraya, Claudia León Castell Alumna. Origen y evolucion de los implantes dentales. Rev haban cienc méd. 2009 Nov 8(4).
3. Loos LG. A fixed prosthodontic technique for mandibular osseointegrated titanium implants. J Prosthet Dent. 1986 Feb;55(2):232-42.
4. Korkmaz IH, Kul E. Investigation of the Type of Angled Abutment for Anterior Maxillary Implants: A Finite Element Analysis. J Prosthodont. 2022 Oct 1;31(8):689–96.
5. Ozdogan MS, Gokce H, Sahin I. Effect of straight and angled abutments on the strain on a zirconia crown and implant in the mandibular second molar region: A fea-based study. Mater Tehnol. 2020;54(2):251–7.
6. Physics B. ce us pt. 2018;
7. Demachkia AM, Sichi LGB, Rodrigues JVM, Junior LN, Araújo RM De, Ramos NDC, et al. Implant-Supported Restoration with Straight and Angled Hybrid Abutments: Digital Image Correlation and 3D-Finite Element Analysis. Eur J Gen Dent. 2022;11(1):23–31.
8. Kumar GA, Mahesh B, George D. Three dimensional finite element analysis

of stress distribution around implant with straight and angled abutments in different bone qualities. *J Indian Prosthodont Soc.* 2013;13(4):466–72.

9. Attargekar V, Galagali G, Reddy Es, Nidawani P, Harsha R, Naik S. Evaluation of stress distribution in maxillary anterior bone from three different tapered implant thread designs with two angulated abutments: A 3-dimensional finite element analysis study. *J Dent Implant.* 2021;11(1):53.
10. Kapoor S, Rodrigues S, Mahesh M, Shetty T, Pai U, Saldanha S, et al. Evaluation of Stress Generated with Different Abutment Materials and Angulations under Axial and Oblique Loading in the Anterior Maxilla: Three-Dimensional Finite Element Analysis. *Int J Dent.* 2021;2021.
11. Morsch CS, Rafael CF, Dumes JFM, Juanito GMP, de Souza JGO, Bianchini MA. Failure of prosthetic screws on 971 implants. *Brazilian J Oral Sci.* 2015;14(3):195–8.
12. Sousa M, Tribst J, de Oliveira Dal Piva A, Borges A, de Oliveira S, César da Cruz P. Capacity to Maintain Placement Torque at Removal, Single Load-to-Failure, and Stress Concentration of Straight and Angled Abutments. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2019;39(2):213–8.
13. El-Sheikh MAY, Mostafa TMN, El-Sheikh MM. Effect of different angulations and collar lengths of conical hybrid implant abutment on screw loosening after dynamic cyclic loading. *Int J Implant Dent.* 2018;4(1).
14. Ellakwa A, Raj T, Deeb S, Ronaghi G, Martin FE, Klineberg I. Influence of implant abutment angulations on the fracture resistance of overlaying CAM-milled zirconia single crowns. *Aust Dent J.* 2011;56(2):132–40.
15. Ha C-Y, Lim Y-J, Kim M-J, Choi J-H. The influence of abutment angulation on

screw loosening of implants in the anterior maxilla. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2010;26(1):45–55. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21365037>

16. Carpena ALM de M, de Azevedo Kinalski M, Bergoli CD, dos Santos MBF. Novel bendable abutments as a solution to correct unfavorable implant inclination. A clinical report. *J Esthet Restor Dent*. 2020;32(8):757–62.
17. de Avila ÉD, de Molon RS, de Barros-Filho LAB, de Andrade MF, Mollo F de A, de Barros LAB. Correction of Malpositioned Implants through Periodontal Surgery and Prosthetic Rehabilitation Using Angled Abutment. *Case Rep Dent*. 2014;2014:1–9.
18. Cavallaro J, Greenstein G. Angled implant abutments: A practical application of available knowledge. *J Am Dent Assoc*. 2011;142(2):150–8.
19. Malchiodi L, Moro T, Cattina DP, Cucchi A, Ghensi P, Nocini PF. Implant rehabilitation of the edentulous jaws: Does tilting of posterior implants at an angle greater than 45° affect bone resorption and implant success?: A retrospective study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2018 Oct 1;20(5):867–74.
20. Turkyilmaz I. Restoring severely angled implants with custom abutments and a screw-retained fixed dental prosthesis. Vol. 14, *Journal of Dental Sciences*. Association for Dental Sciences of the Republic of China; 2019. p. 107–8.
21. Shahverdi MEI, Nakhodchi S, Sharifi Kia D. Fatigue life prediction and stress distribution of straight and angled abutments using numerical techniques. *Biomed Phys Eng Express*. 2018 Apr 6;4(3).
22. Ozdogan MS, Gokce H, Sahin I. Effect of straight and angled abutments on the strain on a zirconia crown and implant in the mandibular second molar

region: A fea-based study. Mater Tehnol. 2020;54(2):251–7.

23. Morsch CS, Rafael CF, Dumes JFM, Juanito GMP, de Souza JGO, Bianchini MA. Failure of prosthetic screws on 971 implants. Brazilian J Oral Sci. 2015;14(3):195–8.
24. El-Sheikh MAY, Mostafa TMN, El-Sheikh MM. Effect of different angulations and collar lengths of conical hybrid implant abutment on screw loosening after dynamic cyclic loading. Int J Implant Dent. 2018 Dec;4(1).