



**Universidad
Europea** VALENCIA

Grado en ODONTOLOGÍA

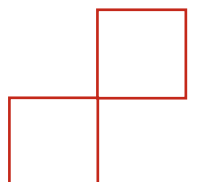
Trabajo Fin de Grado

Curso 2024-25

**COMPARACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS
OSSTELL Y PENGUIN: REVISIÓN SISTEMÁTICA.**

Presentado por: Thomas Loisel

Tutor: Zaraida Catala Oriola



AGRADECIMIENTOS

Me gustaría en primer lugar agradecer especialmente a mi tutora, la profesora Zaraida Catala Oriola. Me siento muy agradecido de haber recibido todos sus consejos a lo largo de todo este trabajo. Le agradezco todo el tiempo que ha dedicado para la elaboración de este trabajo.

A mis Padres François y Florence y a mi hermano Théo, les debo tanto. Gracias por darme la posibilidad de realizar estos estudios y la profesión de mis sueños. Son las personas más importantes en mi vida.

A todos mis abuelos y abuelas. Gracias por vuestro apoyo incondicional desde el inicio de estos estudios a pesar de toda la distancia que nos separa.

A mi mejor amigo de siempre Jérémy, gracias por todo el tiempo que pasamos juntos y por el apoyo continuo que me manifestaste a lo largo de todos mis estudios y de la realización de este trabajo. Cada una de las llamadas que realizamos fue muy importante para mí y las guardaré en un recuerdo eterno.

A todos ellos muchas gracias.

ÍNDICE

1. LISTADO DE SIMBOLOS Y SIGLAS.....	1
2. RESUMÉN.....	2
3. ABSTRACT.....	3
4. PALABRAS CLAVES.....	4
5. INTRODUCCIÓN.....	5
5.1 ESTABILIDAD EN IMPLANTOLOGÍA.....	5
5.2 MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA ESTABILIDAD IMPLANTARIA.....	6
6. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS.....	14
6.1 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	14
6.2 JUSTIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LOS ODS	15
6.3 HIPÓTESIS.....	15
7. OBJETIVOS.....	16
8. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
8.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	17
8.2 CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD.....	17
8.3 FUENTES DE INFORMACIÓN Y ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA DE DATOS.....	18
8.4 SELECCIÓN DE ESTUDIOS.....	19
8.5 EXTRACCIÓN DE DATOS.....	20
8.6 VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS ARTÍCULOS.....	21
8.7 SÍNTESIS DE DATOS.....	21
9. RESULTADOS.....	23
9.1 SELECCIÓN DE ESTUDIOS: DIAGRAMA DE FLOW CHART.....	23
9.2 CARACTERISTICAS DE LOS ESTUDIOS REVISADOS	25
9.3 EVALUACIÓN DEL RISO DE SESGO	27
9.4 SÍNTESIS DE DATOS.....	28
10. DISCUSIÓN.....	33
10.1 VALORES ISQ MEDIOS DE OSSTELL Y PENGUIN	33
10.2 VALORES ISQ EN FUNCIÓN DEL TIPO DE HUESO/MATERIAL ARTIFICIAL	34
10.3 VALORES ISQ EN FUNCIÓN DE LA LONGITUD DE IMPLANTE	35
10.4 VALORES ISQ EN FUNCION DEL DIÁMETRO DE IMPLANTE	36
10.5 LIMITACIONES DEL ESTUDIO	36
11. CONCLUSIONES.....	38
12. BIBLIOGRAFÍA.....	39
13. ANEXOS.....	43

1. LISTADO DE SIGLAS Y SIMBOLOS

- **BIC:** Bone Implant Contact
- **PTV:** Periotest Value
- **RFA:** Resonance Frequency Analysis
- **ISQ:** Implant Stability Quotient
- **ONU:** Organización de las Naciones Unidas
- **ODS:** Objetivos de desarrollo sostenible
- **T.L.:** Thomas LOISEL
- **Z.C.:** Zaraida CATALA ORIOLA

2. RESUMÉN

Introducción: En el tratamiento del edentulismo, el implante dental es una técnica ampliamente utilizada y predecible. Su éxito depende en gran medida de la estabilidad primaria y secundaria de estos implantes. Existen varios métodos que permiten evaluar y monitorizar la estabilidad implantaria entre los cuales el análisis de frecuencia de resonancia aparecido en la literatura en 1996 es uno de los más ampliamente utilizados. El objetivo de este trabajo es comparar la fiabilidad de los dispositivos Osstell y Penguin a la hora de medir la estabilidad primaria.

Material y métodos: Conforme a la guía PRISMA se realizó una búsqueda electrónica en las bases de datos PubMed, Scopus y Web of Science respecto a la fiabilidad de los dispositivos de RFA Osstell y Penguin. A continuación, se procedió a la selección de los artículos, extracción de datos y síntesis de datos. El riesgo de sesgo de los artículos incluidos al estudio fue analizado de manera individual siguiendo una guía modificada de ARRIVE y CONSORT.

Resultados: De los 20 artículos obtenidos con la búsqueda bibliográfica, 9 fueron incluidos en el estudio. Todos eran estudios in vivo, se utilizaron los dispositivos Penguin RFA, Osstell Mentor, Osstell ISQ, Osstell Beacon y Osstell IDx. Cuatro de estos artículos utilizaron hueso natural para colocar los implantes y los otros 5 utilizaron bloques artificiales. Los implantes colocados tenían longitudes de 8 al 13 mm y diámetros del 3 al 4.6 mm. La media de valores ISQ presentados en estos artículos fue para los dispositivos Osstell de 71 y para Penguin de 68.1. Respecto al tipo de hueso, se observaron coeficientes de correlación entre los 2 dispositivos de 99% en función del tipo de hueso y de 97% en función del material (artificial o natural). El coeficiente de correlación fue de 90% en función de la longitud de los implantes y de 92% en función de su diámetro.

Conclusiones: A pesar de las limitaciones de este estudio, los dispositivos Osstell y Penguin presentaron una diferencia en los valores ISQ estadísticamente observable pero clínicamente aceptable. Ambos dispositivos reaccionaron de manera similar a las diferentes situaciones inducidas por los diferentes tipos de hueso y materiales utilizados, las diferentes longitudes de implantes utilizadas y los diferentes diámetros.

3. ABSTRACT

Introduction: In the treatment of edentulism, dental implants are a widely used and predictable technique. Their success largely depends on the primary and secondary stability of these implants. Several methods allow for the evaluation and monitoring of implant stability, among which resonance frequency analysis (RFA), first reported in the literature in 1996, is one of the most widely used. The objective of this study is to compare the reliability of the Osstell and Penguin devices in measuring primary stability.

Material and Methods: Following the PRISMA guidelines, an electronic search was conducted in the PubMed, Scopus, and Web of Science databases regarding the reliability of the Osstell and Penguin RFA devices. Subsequently, article selection, data extraction, and data synthesis were carried out. The risk of bias in the included studies was individually analysed using a modified ARRIVE and CONSORT guideline.

Results: Out of the 20 different articles obtained through the literature search, 9 were included in the study. All were in vivo studies, and the devices used included Penguin RFA, Osstell Mentor, Osstell ISQ, Osstell Beacon, and Osstell IDx. Four of these articles used natural bone for implant placement, while the other five used artificial blocks. The implants placed had lengths ranging from 8 to 13 mm and diameters from 3 to 4.6 mm. The average ISQ values reported in these articles were 71 for the Osstell devices and 68.1 for the Penguin. Regarding bone type, correlation coefficients between the two devices were 99% depending on bone type and 97% based on the material used (artificial or natural). The correlation coefficient was 90% based on implant length and 92% based on implant diameter.

Conclusions: Despite the limitations of this study, the Osstell and Penguin devices showed a statistically observable but clinically acceptable difference in ISQ values. Both devices responded similarly to the different situations induced by the various bone types and materials used, as well as the different implant lengths and diameters.

4. PALABRAS CLAVE

- **Castellano:** “Implante dental”, “Análisis de la frecuencia de resonancia”, “ARF”, “Coeficiente de estabilidad implantaria”, “ISQ”, “Osstell”, “Penguin”, “Estabilidad primaria”.
- **English:** “Dental Implant”, “Resonance frequency analyse”, “RFA”, “Implant stability quotient”, “ISQ”, “Osstell”, “Penguin”, “Primary Stability”.

5. INTRODUCCIÓN

5.1 ESTABILIDAD EN IMPLANTOLOGÍA

En el tratamiento del paciente con edentulismo parcial o total, el empleo de los implantes dentales introducidos a la literatura en los años 70 por el Dr Per-Ingvar Brånemark es una técnica muy ampliamente difundida y predecible. Los implantes dentales aportan ventajas respecto a las prótesis fijas y removibles como el mantenimiento de hueso, una mayor estabilidad oclusal, mejor percepción oclusal, mayor eficiencia masticatoria, salud general, un éxito superior de los tratamientos, mayor fuerza de mordida y mejora de la nutrición y la fonética (1).

El éxito de los implantes dentales a largo plazo depende en gran medida de su estabilidad secundaria u osteointegración, que se define desde un punto de vista biomecánico como la conexión estructural y funcional entre el hueso neoformado y la superficie del implante. Se produce durante los 3-6 meses después de la cirugía de implantes tras mecanismos fisiológicos similares a la curación de una fractura ósea.

Cuando se lleva a cabo de forma correcta, se debe llevar a cabo un contacto hueso-implantes (BIC) de al menos un 60-70% (1). Una buena estabilidad primaria del implante tras la cirugía es imprescindible para que se realice la osteointegración puesto que los micro movimientos que puede sufrir el implante durante el proceso de curación pueden comprometerla. Con el paso de las semanas, la estabilidad primaria ira decreciendo mientras que la estabilidad secundaria aumentara. Se genera un punto de menor estabilidad a las 4 semanas de la cirugía (Fig 1.) (1-3).

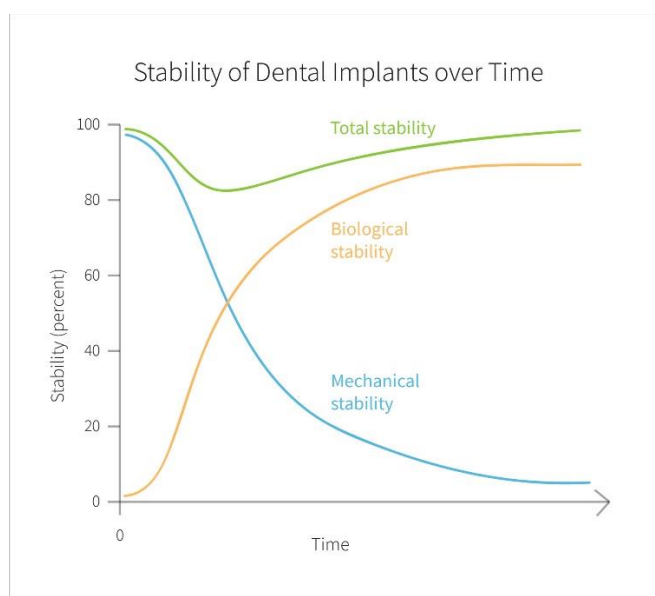


Figura 1: Gráfico de estabilidad de un implante (4)

La confección de prótesis sobre implantes se describe como el proceso de carga (5):

- **Carga convencional:** La carga se lleva a cabo a los 3-6 meses de la cirugía de implantes tras la cicatrización de los tejidos duros y blandos.
- **Carga inmediata:** Se conecta una prótesis normalmente provisional en el momento de la cirugía de implantes.
- **Carga precoz:** Carga a las 2-3 semanas de la cirugía después de comenzó de la osteogénia, pero sin haber logrado la osteointegración.
- **Carga tardía:** en casos de hueso con escasa calidad, la carga se realiza a los 6-9 meses.

Una medición fiable de la estabilidad primaria del implante por tanto es importante para elegir un protocolo de carga y predecir el pronóstico a corto plazo del implante.

5.2 MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA ESTABILIDAD IMPLANTARIA

5.2.1 El análisis histológico

Históricamente, el análisis histológico es el método Gold estándar en cuanto a su fiabilidad para medir la osteointegración. Sin embargo, este método es inviable en práctica clínica porque supone la realización de biopsias innecesarias siendo un método demasiado invasivo. Este método evalúa la osteointegración: no está indicado para evaluar la estabilidad primaria (6).

5.2.2 Análisis radiográfico

El análisis radiográfico es un método poco invasivo y utilizable en cualquier etapa de la cirugía hasta la osteointegración.

Se utilizan aletas de mordida para medir el mantenimiento el nivel de cresta ósea, signo de éxito del implante. Se toma en cuenta pérdidas óseas normales de 1.5mm durante la osteointegración y 0.1mm anuales.

Tiene limitaciones por las cuales no es fiable como método único de medición de la estabilidad: dificultad de reproducir y evaluar radiografías con una precisión correspondiente a los 0.1mm de cambios anuales considerados normales. Además, el valor promedio de 1.5mm de pérdida ósea normal observada durante la osteointegración es un valor sujeto a variaciones de un paciente a otro. Finalmente, únicamente los cambios radiográficos a nivel de cresta ósea solos no pueden ser un método preciso de medición de la estabilidad implantaria. Al basarse en cambios óseos en el tiempo, no un método de medición de la estabilidad primaria (7).

5.2.3 Prueba de percusión

La prueba de percusión se realiza mediante la percusión de la superficie del implante con el mango de un espejo después de su colocación para medir la estabilidad mecánica primaria o secundaria. Un sonido metálico es un signo de buena estabilidad implantaría.

Sin embargo, la prueba es dependiente del espejo utilizado para percutir y la subjetividad del operador y resulta dando una información cualitativa pobre sobre la estabilidad verdadera del implante (3,8).

5.2.4 Prueba de torque inverso o de remoción

Aplicación de un torque de desinserción en el momento de la carga para medir indirectamente el BIC (Fig 2, 3).

Un implante que rota bajo esta fuerza es considerado un fracaso y se retira. No es utilizado para medir la estabilidad primaria porque aún no hay osteointegración. En carga temprana con una osteointegración aun débil, puede romper el contacto.

Es un método fiable para saber si al final del periodo de osteointegración, esta existe o no. Sin embargo, el torque aplicado debe ser adaptado al tipo de hueso. La prueba por ser un método “todo o nada” no aporta información cuantitativa sobre el grado de osteointegración (7–9).



Figura 2: Prueba de torque inverso (8)



Figura 3: Llave dinamométrica (8)

5.2.5 Análisis del torque de fresado

Método desarrollado en 1994 por Johansson and Strid. Se basa en medir la cantidad de energía (en J/mm³) necesaria para la realización del fresado durante la cirugía de implante.

En efecto, el torque necesario para la realización del fresado tiene alta correlación con la calidad de hueso y es un valor más objetivo que la evaluación del operador.

Por tanto, es un método intraoperatorio fiable y no invasivo para medir la calidad y densidad del hueso y en consecuencia, la estabilidad primaria del implante.

Sin embargo, no puede aportar ninguna información sobre la evolución del implante durante la osteointegración y su uso para decidir del pronóstico o del protocolo de carga es limitado al día de la cirugía. Además, no aporta información sobre la calidad del hueso antes del fresado y no se ha identificado ningún valor umbral mínimo (7–10).

5.2.6 Periotest

El Periotest es un dispositivo electrónico desarrollado en primer lugar para averiguar la movilidad de un diente natural y se ha descrito en la literatura como un método fiable en la medición de la movilidad implantaria(7).

Incluye en una pieza de mano una cabeza que golpea el implante 16 veces en un tiempo de 4s. La respuesta del implante es registrada por un acelerómetro incluido en el cabezal de la pieza de mano (Fig 4, 5). A continuación, es reflejada en el Periotest Value (PTV), una escala graduada de -8 al +50) Según Mistry et al (8), el PTV se interpreta de la siguiente manera:

- - 8 a 0: Buena osteointegración, el implante puede cargarse
- +1 a +9: Requiere un examen clínico adicional, en muchos casos la carga no es posible
- +10 a +50: osteointegración insuficiente, no podemos cargar el implante

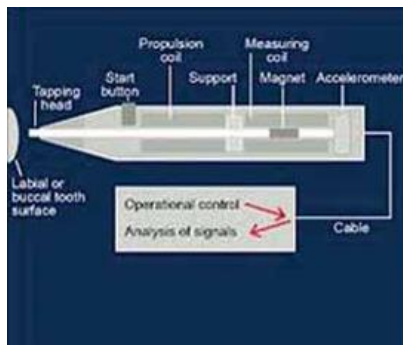


Figura 4: Estructura del Periotest (8)



Figura 5: Periotest (8)

Se ha demostrado que los valores de movilidad registrados por el Periotest reflejan fiablemente el espacio real implante – hueso y es sensible a las variaciones de densidad ósea. En consecuencia, es capaz de evaluar el BIC y la estabilidad implantaria sea primaria o secundaria (6–9).

No obstante, el método no está libre de limitaciones. En primer lugar, puesto que este ha sido desarrollado para medir la movilidad dentaria en dientes naturales, incluye una escala amplia del -8 al +50. Esta variabilidad de movilidad que podemos encontrar en dientes naturales no refleja la condiciones a las que nos enfrentamos en un implante dental. Consecuentemente, la escala no es perfectamente adaptada al objeto analizado y se genera una pérdida de sensibilidad.

Además, el PTV es muy sensible a variables dependientes del operador y la técnica de prueba como el punto golpeado y el eje del golpe. Durante procedimiento, el Periotest tiene que posicionarse perpendicular al eje axial golpeando en hacia la pared bucal y mantenerse fijo durante el procedimiento. En la práctica, son requerimientos fáciles de conseguir en la zona anterior pero más difíciles en dientes posteriores(7,8).

5.2.7 Análisis de la frecuencia de resonancia

El análisis de la frecuencia de resonancia (RFA) es una técnica no invasiva introducida a la literatura en 1996 por Meredith (2). Junto con el torque de inserción, es la técnica más ampliamente usada para averiguar la estabilidad de un implante. Permite al operador evaluar tanto la estabilidad primaria como secundaria de un implante con una lectura en sentido bucolingual o mesiodistal.

La técnica fue introducida como una técnica electrónica. Se atornillaba a la plataforma implante un transductor en forma de L. Este transductor tenía una conexión alámbrica con el dispositivo. El dispositivo era encargado de activar el transductor y analizar el resultado. El transductor tenía 2 elementos cerámicos. El primero era activado mediante la vibración con señal sinusoidal subiendo de 5kHz hasta 15kHz, el segundo servía de receptor. Al ser atornillado a la plataforma del implante, el transductor activado entrena la vibración del implante y el receptor registra la frecuencia en la que el implante entra en resonancia (7,9). Una mayor frecuencia de resonancia del implante implica un BIC mayor y supone una mayor estabilidad del implante. Los dispositivos más recientes de RFA han introducido la tecnología magnética en lugar de la técnica electrónica. Este cambio permite eliminar la conexión alámbrica entre el dispositivo y el transductor. Con la tecnología magnética, fijamos un transductor llamado el “Peg” a la cabeza del implante, este transductor es activado magnéticamente a una distancia de 3mm y a 90° mediante la sonda del dispositivo a frecuencias de 3.5kHz a 8.5kHz y produce la resonancia del implante (Fig 6,7) (9,10).

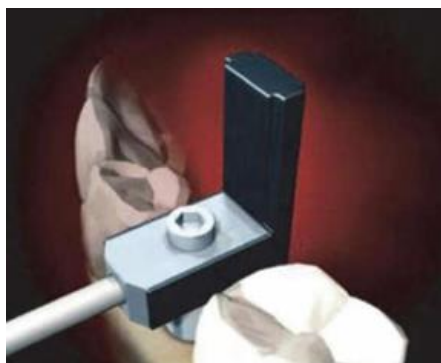


Figura 6: RFA electrónica (10)



Figura 7: RFA magnética (11)

Para facilitar la lectura de la frecuencia de resonancia del implante, Osstell ha introducido en sus dispositivos una escala graduada de 0 a 100 llamada el coeficiente de estabilidad (ISQ) (Fig. 8). A mayor ISQ, más estabilidad tendrá el implante. En efecto un ISQ de 70 y más indica un implante con buena estabilidad, un implante con un ISQ de 60 a 69 indica una estabilidad media y un ISQ de 60 o menos indica baja estabilidad (12).

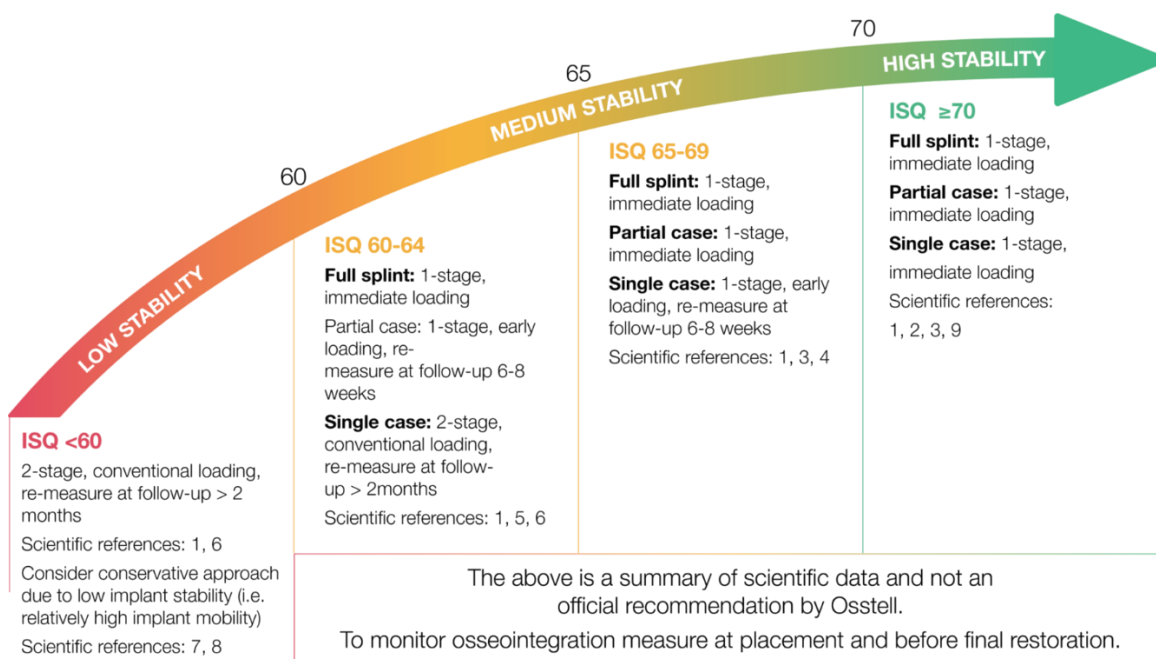


Figura 8: Escala ISQ (12)

El método RFA se utiliza para tomar decisiones sobre el protocolo de carga protética. Es necesario tener un ISQ de 60-70 para cargar el implante, sin embargo, un ISQ menor a 60 en estabilidad primaria no implica un riesgo elevado de fracaso del implante sino la necesidad de utilizar un protocolo de carga convencional después de la osteointegración(10).

No obstante, la utilización de una evaluación clínica adicional del implante es aconsejada, sobre todo en protocolos de carga inmediata(7). También se utiliza como instrumento de diagnóstico para monitorizar implantes y averiguar el riesgo de fracaso. En efecto, un ISQ inferior a 55 o una pérdida de ISQ en el tiempo suponen la necesidad de tomar medidas ante el riesgo de fracaso del implante. Finalmente, El ISQ siendo una cifra objetiva es una herramienta útil en caso de reclamaciones por parte de los pacientes documentando la historia clínica (10).

Los factores que influyen en la técnica ARF pueden ser constantes (longitud, diámetro, superficie, sistema de implante, posición y cantiléver) o variables (Cantidad, calidad de hueso, efecto de la mucosa marginal, conexión del transductor, BIC,) (7,10).

Las limitaciones de los dispositivos son (10):

- El coste elevado de los dispositivos comparado con otros métodos de medición de la estabilidad implantaría. A este coste, es necesario añadir un coste adicional para los Peg que deben ser cambiados con cierta frecuencia.
- Los Transductores/Peg se asocian a cada sistema de implante.
- Los transductores/Peg atornillados no se utilizan en implantes con prótesis cementada.
- No se utiliza en implantes con un posicionamiento subcrestal.

Los dispositivos de RFA empezaron a ser comercializados con la aparición de Osstell en 1999. Hoy en día, dentro de las soluciones disponibles en el mercado encontramos el dispositivo Osstell y el dispositivo Penguin.

5.2.8 Análisis de la frecuencia de resonancia con el dispositivo Osstell

La historia de la casa comercial Osstell empieza en Suecia en 1999. Desde 2018, la marca forma parte del grupo W&H (13). La empresa a lo largo de su vida comercial presentó 5 generaciones de dispositivos basados en la técnica RFA (6,8–10,14).

La primera generación de productos Osstell salió al mercado en 2001 con producto llamado Osstell™. Este producto está basado en la tecnología electrónica alámbrica con transductor en L presentada por Meredith(2) e introduce la escala ISQ en la RFA (Fig. 6) (10). Después, apareció la segunda generación llamada Osstell AB.

La tercera generación (Osstell Mentor) y la cuarta generación (Fig. 10) (Osstell ISQ) son introducidas respectivamente en 2004 y 2009. Estas generaciones introducen la tecnología magnética con el transductor propio de la casa comercial Osstell: el SmartPeg (10).

En 2012, Herrero-Climent M. y cols. publicaron un ensayo clínico en 58 implantes distribuidos en 19 pacientes. Cada implante fue medido 6 veces en 2 SmartPegs diferentes. En este estudio, el sistema Osstell Mentor presentó una muy buena reproducibilidad y repetibilidad y se concluyó que era un instrumento muy fiable para la medición de la RFA en implantes dentales (15).

En 2014, Jaramillo R. y cols. publicaron un ensayo clínico comparativo en 58 implantes distribuidos en 15 pacientes. Cada implante fue medido 6 veces con cada aparato con 2 transductores diferentes. Concluyeron que los sistemas Osstell Mentor y Osstell ISQ mostraron resultados similares con excelente reproducibilidad y repetibilidad (16).

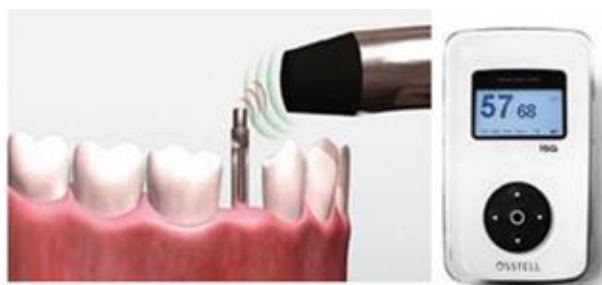


Figura 10: Osstell ISQ (9)

La quinta y última generación de Osstell salió al mercado en 2018 con el denominado Osstell Beacon (Fig. 11). Introduce una sonda inalámbrica en forma de bolígrafo y un software en la nube denominado Osstell Connect. Fue precedido por el dispositivo Osstell IDx que se diferencia por tener una sonda alámbrica con el resto de la unidad (14,17).



Figura 11: Osstell Beacon (14)

5.2.9 Análisis de la frecuencia de resonancia con el dispositivo Penguin

La historia del dispositivo Penguin empezó en 2015 con la creación del grupo Integration Diagnostics Sweden AB encargado de su comercialización. Es un dispositivo de RFA basado en la tecnología magnética que lleva una sonda en forma de bolígrafo inalámbrico y utiliza un transductor propio a la casa comercial denominado Multipeg.

Hoy en día, está disponible en 3 derivaciones:

El primer modelo es el PenguinRFA (Fig. 12). Este modelo es el que ha introducido el MultiPeg característico de Penguin.

El segundo modelo es el Penguin II. Respecto a su predecesor, trae un cambio de diseño y evoluciones encaradas a mejorar la comodidad de uso como una batería removible junto a una plataforma de carga, una nueva pantalla LED y el TestPeg.

El último modelo es el Penguin MDI. Este modelo de momento solo está disponible en el mercado estadounidense. Es un modelo diseñado para aplicar el RFA en implantes extracortos. Con este fin, utiliza una modificación de la escala ISQ llamada Mini Stability Coefficient (MSC). Esta escala también está graduada de 0 a 100 y es necesario un valor MSC mínimo de 65 a 70 para cargar el implante (18,19).

En 2018, Becker W. y cols. publicaron un estudio en el que se comparaba la fiabilidad clínica del dispositivo Penguin RFA respecto a Osstell (magnético) en una muestra de 38 implantes colocados en 30 pacientes. Se midió la estabilidad de los implantes al final de la cirugía de implante y después de la osteointegración (intervalo promedio de 144.1 días). En este estudio, se observó que el dispositivo Penguin, presentaba después de la osteointegración unos valores ligeramente más elevados que el dispositivo Osstell.



Figura 12: Penguin RFA (18)

6. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS

6.1 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Una suficiente estabilidad implantaría es un imprescindible para el éxito del implante a corto y a largo plazo. La ausencia de una buena estabilidad primaria al finalizar la cirugía supone que no se va a poder llevar a cabo la osteointegración generando la pérdida del implante a corto plazo. Además, es importante para los operadores clínicos obtener suficiente información sobre la estabilidad de un implante para averiguar si se le puede aplicar la carga protésica. Por tanto, la medición de la estabilidad implantaría con una técnica fiable y no invasiva es un proceso que debemos de implementar en los protocolos convencionales, de carga inmediata o temprana y en el monitoreado del implante en la fase de mantenimiento (1).

Entre las técnicas disponibles para averiguar la estabilidad implantaría, el análisis de la frecuencia de resonancia aparece como una de las técnicas más ampliamente aceptadas y difundidas por su buena reproducibilidad y facilidad de uso. Apareció en la literatura por primera vez en 1996 con N. Meredith. La empresa Osstell fue creada en 1999 y en 2001 comenzó a comercializar dispositivos RFA que han ido evolucionando hasta hoy (3,6,8). En 2011, Gupta y Padmanabhan publicaron un estudio en el que revisaron 49 estudios *in vitro* e *in vivo* que comparaban la RFA con otros métodos de medición de la estabilidad (Torque de inserción, torque inverso, Periotest, análisis radiográfico y análisis histológico) y discutían su fiabilidad. En este estudio, los dispositivos de RFA utilizados fueron los Osstell disponibles hasta esta fecha y las primeras generaciones introducidas a la literatura. Concluyeron que la RFA puede ser una herramienta diagnóstica no invasiva utilizable para detectar la estabilidad implantaría durante las fases de integración y en una rutina de mantenimiento (11).

En 2015, P. Satwalekar y cols. publicaron otra revisión en la que incluyeron 17 estudios con el objetivo de evaluar la fiabilidad de la RFA en la evaluación de la osteointegración. Estos estudios utilizaban como dispositivos los aparatos comercializados por Osstell de primera (Osstell) y segunda generación (Osstell Mentor y Osstell implant stability quotient). Concluyeron que la RFA es una herramienta diagnóstica fiable y no invasiva para medir la estabilidad implantaría durante la fase de curación y de mantenimiento (10).

Por tanto, a través de su apoyo bibliográfico y su amplia aceptación clínica, la RFA a través del dispositivo Osstell aparece ser una técnica fiable a la hora de medir la estabilidad implantaría.

La historia del dispositivo Penguin empezó en 2015 con la creación del grupo Integration Diagnostics Sweden AB encargado de su comercialización. Este dispositivo si está basado en la misma tecnología que Osstell, utiliza otro transductor llamado MultiPeg. Hoy en día, el apoyo que tiene en las bases de datos revisadas (PubMed,

Scopus y Web of Science) en cuanto a revisiones o revisiones sistemáticas es más escaso respecto al dispositivo de Osstell.

En 2023, Oliveros J.E. y cols. realizaron un estudio en el que se comparaba la estabilidad primaria de implantes cónicos y de paredes paralelas utilizando el torque de inserción y el RFA mediante los dispositivos Osstell y el Penguin. En este artículo, 60 implantes fueron posicionados en 17 pacientes y se observó una diferencia relevante entre los valores ISQ presentados por Osstell y Penguin, siendo el valor promedio de Osstell más elevado que el de Penguin (20).

Entonces, creemos justificada la realización de un trabajo que con el apoyo de la literatura publicada a fecha de hoy nos aporte una comparativa entre estas dos herramientas para averiguar si Penguin, aunque basado en la misma tecnología realmente tiene la misma fiabilidad que Osstell.

6.2 JUSTIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

En 2015, la ONU lanzó 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de cara al año 2030. Entre estos 17 objetivos, el objetivo numero 3 es el denominado “Salud y Bienestar”. Persigue la meta de mejorar la salud de las personas en el mundo a través del incremento de la accesibilidad a la atención sanitaria en el mundo como de la calidad y efectividad de los servicios proporcionados (21).

La salud bucodental al estar íntimamente relacionada con la salud general pertenece a los objetivos perseguidos a través del ODS 3. En efecto, el edentulismo de los pacientes es una discapacidad importante que afecta a la masticación y a la salud psicosocial de los mismos, jugando un papel destacable sobre los determinantes de la salud (22). Hoy en día, nos encontramos en un contexto de aumento de la prevalencia mundial de edentulismo parcial o total debido al envejecimiento de la población. En este contexto, el implante dental aparece como una solución viable y justificada para la mejora de la salud bucodental en el paciente edéntulo parcial o total (1).

Este estudio, al aportar una comparativa entre dos dispositivos dedicados a la medición de la estabilidad implantaria pretende facilitar los protocolos clínicos en implantología al aportar más seguridad a la hora de decidir de un protocolo de carga protética o de averiguar el pronóstico de un implante. Por tanto, se inscribe en las metas del objetivo 3 de desarrollo sostenible “Salud y Bienestar”.

6.3 HIPÓTESIS

La hipótesis de trabajo de nuestro estudio considera que el dispositivo Penguin conseguirá presentar resultados similares a los dispositivos Osstell a la hora de medir la estabilidad implantaria. En efecto son herramientas basadas en una misma tecnología comercializada en dispositivos diferentes.

7. OBJETIVOS

Objetivo general

1. Comparar la fiabilidad del dispositivo de análisis de la frecuencia de resonancia Penguin respecto al Osstell a la hora de medir la estabilidad de implantes dentales.

Objetivos específicos

1. Influencia del tipo de hueso o material artificial al medir la estabilidad primaria con los dispositivos Osstell y Penguin.
2. Influencia de la longitud del implante al medir la estabilidad primaria con los dispositivos Osstell y Penguin.
3. Influencia del diámetro del implante al medir la estabilidad primaria con los dispositivos Osstell y Penguin.

8. MATERIAL Y MÉTODOS

La revisión sistemática ha sido realizada acorde con los principios de la guía PRISMA 2020 (Preferred Reporting Item for Sistematic Reviews an Meta-Analyses) (23)

8.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Medline-Pubmed, Scopus y Web of Science para recopilar artículos *in vitro* que comparan la fiabilidad y la reproducibilidad de los resultados de los dispositivos Penguin y Osstell en la medición de la estabilidad primaria en implantología dental. Los artículos debían responder a la siguiente pregunta de investigación: **¿En implantes dentales colocados *in vitro*, el análisis de la frecuencia de resonancia con el dispositivo PenguinRFA nos aporta una medición de la estabilidad primaria más fiable que el análisis de la frecuencia de resonancia con un dispositivo Osstell?**

La pregunta se ha llevado a cabo mediante la metodología PICO detallada de la siguiente manera:

- **P (Población):** Implantes dentales colocados *in vitro* en hueso natural o artificial
- **I (Intervención):** Análisis de la frecuencia de resonancia mediante el dispositivo Penguin
- **C (Comparación):** Análisis de la frecuencia de resonancia mediante el dispositivo Osstell
- **O (variables de resultados):**
 - O1: Tipo de hueso o material utilizado,
 - O2: Longitud de los implantes,
 - O3: Diámetro de los implantes

8.2 CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD

Utilizamos los criterios de inclusión siguientes:

- 1) Estudios experimentales *in vitro*,
- 2) Publicados en inglés, español castellano o francés,
- 3) Antigüedad máxima de 10 años,
- 4) Mediciones de implantes dentales colocados *in vitro*/Ex vivo en bloques de hueso natural o de material artificial,
- 5) Mediciones con análisis de la frecuencia de resonancia de mismos implantes con los dispositivos Penguin y Osstell incluyendo datos comparativos entre ambos.
- 6) Estabilidad primaria medida mediante el ISQ,

- 7) Especifican la longitud y diámetro de los implantes utilizados

Utilizamos los criterios de exclusión siguientes:

- 1) Revisiones, series de casos, cartas y comentarios al editor, informes de expertos,
- 2) Ensayos clínicos *in vivo*
- 3) Ausencia de utilización del dispositivo Penguin o Osstell en la medición de la estabilidad de los implantes
- 4) Utilización de otro método que no sea el análisis de la frecuencia de resonancia,
- 5) Ausencia de información sobre el material utilizado para colocar los implantes, la longitud o el diámetro de los mismos.
- 6) Implantes colocados en otro material que el hueso natural o artificial
- 7) Las medidas obtenidas con Osstell y Penguin no se presentan por separado
- 8) Las medidas obtenidas por Osstell y Penguin no se encuentran clasificadas en función de la longitud/diámetro de implante y el material en el que son colocados los implantes.

8.3 FUENTES DE INFORMACIÓN Y ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA DE DATOS

La búsqueda bibliográfica ha sido realizada en las bases de datos Medline-Pubmed, Scopus y Web of Science con las palabras claves siguientes: "Dental implant", "oral implant", "dental implantation", "resonance frequency analysis", "RFA", "Penguin", "Osstell", "implant stability quotient", "ISQ", "primary stability", "reliability", "reproducibility". Utilizamos los operadores booleanos AND, OR y SAME y términos MeSH en la base de datos Pubmed.

Ecuación de búsqueda en Pubmed: ("Dental implants"[MeSH Terms] OR "Dental Implantation"[Mesh]) AND ("Resonance Frequency Analysis"[Mesh Terms] OR RFA[Title/Abstract]) AND (Osstell[Title/Abstract] OR "Osstell ISQ"[Title/Abstract] OR "Osstell Mentor"[Title/Abstract] OR "Osstell Beacon"[Title/Abstract] OR "Osstell IDx"[Title/Abstract]) AND (Penguin[Title/Abstract] OR "Penguin RFA"[Title/Abstract]) AND ("implant stability" OR ISQ OR "implant stability quotient" OR "Primary stability" OR Reliability[Title/Abstract] OR repeatability[Title/Abstract] OR Reproducibility[Title/Abstract] OR comfort[Title/Abstract])

Filtro: 10 años

Ecuación de búsqueda en Scopus: (TITLE-ABS-KEY ("Dental implant" OR "dental implants" OR implant OR "Oral implant" OR "oral implants" OR implantology OR "dental implantation") AND TITLE-ABS-KEY (("resonance frequency analysis" OR rfa) AND (penguin OR "Penguin RFA")) AND TITLE-ABS-KEY (osstell OR "Osstell ISQ" OR "Osstell Mentor" OR "Osstell Beacon" OR "Osstell IDx") AND TITLE-ABS-KEY (isq OR "implant stability quotient" OR "primary stability" OR reliability OR reproducibility OR repeatability OR comfort))

Filtro: 2014-2024

Ecuación de búsqueda en Web of Science: (Dental SAME implant) OR (Dental SAME implants) OR (Oral SAME implant) OR (Oral SAME implants) OR Implantology (Topic) and ("Resonance frequency analysis" OR "RFA") AND (Osstell OR "Osstell ISQ" OR "Osstell Mentor" OR "Osstell Beacon" OR "Osstell IDx") (Topic) AND (Penguin OR "Penguin RFA") (Topic) and ISQ OR (primary SAME stability) OR "implant stability quotient" OR Reliability OR repeatability OR reproducibility OR comfort (Topic).

Filtro: 2014-2024

Se completó con la revisión de las bibliografías proporcionadas por los artículos de la presente búsqueda. Los textos completos se han adquirido en la biblioteca virtual de la Universidad europea de Valencia o a través del sistema Mendeley.

8.4 SELECCIÓN DE ESTUDIOS

La selección de estudios ha sido realizada por 2 revisores (T.L. y Z.C.). Los desacuerdos entre los autores se resolvieron a través de la discusión.

En primer lugar, los estudios han sido seleccionados mediante la lectura de los títulos eliminando artículos cuyas temáticas no coinciden con los criterios de elección.

En segundo lugar, realizamos la selección mediante la lectura de los resúmenes. Cribamos los estudios en función del tipo de estudio, materiales y variables de resultado antes de pasar a la tercera etapa que es la lectura del texto completo.

Con la lectura del texto completo, seleccionamos los estudios relevantes para la extracción de datos y procedemos a la misma.

8.5 EXTRACCIÓN DE DATOS

Los estudios seleccionados en la etapa anterior se agruparon en una hoja Excel para proceder a la extracción de los datos y la comparación de los mismos.

En primer lugar, se han extraído las informaciones relevantes acerca del artículo es decir el autor, el año de publicación, el dispositivo exacto utilizado para Osstell o Penguin, el transductor utilizado, el tamaño de la muestra (número de implantes medidos), el número de mediciones realizadas en cada implante y el tipo de material en el que los implantes han sido colocados (hueso natural o artificial). Además, se registró la longitud de los implantes colocados. Finalmente, registramos el valor ISQ medio publicado en cada artículo. Se agruparon según la longitud de implante medido, el diámetro, y el tipo de material utilizado (tipo de hueso natural o artificial).

Variable general:

- **Estabilidad primaria registrada por el dispositivo Osstell y el dispositivo Penguin:** Se utilizó la escala ISQ de 0 a 100 utilizada por ambos dispositivos para registrar la frecuencia de resonancia de cada implante y por consecuencia su estabilidad primaria.

Variables específicas:

- **Tipo de hueso natural o artificial utilizado:** El tipo de hueso o material artificial (bloques de resina) utilizado, es una variable que puede influir en los valores ISQ registrados por los dos aparatos. Se agruparon los valores ISQ registrados en función de los materiales utilizados con el fin de identificar la correlación entre los valores indicados por Osstell y Penguin al cambiar esta variable.
- **Longitud de los implantes:** La longitud de los implantes colocados es una variable que puede influir en los valores ISQ registrados por los dos aparatos. Se agruparon los valores ISQ registrados en función de las longitudes de implante utilizadas con el fin de identificar la correlación entre los valores indicados por Osstell y Penguin al cambiar esta variable.
- **Diámetro de los implantes:** El diámetro de los implantes colocados es una variable que puede influir en los valores ISQ registrados por los dos aparatos. Se agruparon los valores ISQ registrados en función de los diámetros de implantes utilizados con el fin de identificar la correlación entre los valores indicados por Osstell y Penguin al cambiar esta variable.

8.6 VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS ARTÍCULOS

Utilizamos una escala de ARRIVE y COSORT modificada para la evaluación del riesgo de sesgo de cada artículo in vitro. La evaluación fue realizada en función de los siguientes parámetros (24):

- I- Estandarización del proceso de repartición de la muestra,
- II- Operador único,
- III- Descripción del cálculo del tamaño de la muestra,
- IV- Cegamiento del operador respecto al dispositivo utilizado,
- V- Calibración de los grupos (tamaño, materiales utilizados, implantes utilizados número y técnica de mediciones).

Si un parámetro es especificado claramente por el artículo, recibe una puntuación de 0, para este parámetro, si es especificado de manera insuficiente o no clara, recibe una puntuación de 1 para este parámetro, si la información es ausente, recibe una puntuación de 2.

Artículos con una puntuación total de 0 - 3 son clasificados como bajo riesgo de sesgo, artículos con una puntuación total de 4 - 7 son clasificados como riesgo moderado de sesgo y artículos con una puntuación de 8 – 10 son clasificados como riesgo alto de sesgo.

8.7 SÍNTESIS DE DATOS

Para sintetizar y comparar los resultados entre los estudios, se empezó por separarlos en función del dispositivo utilizado en dos grupos: Osstell y Penguin. A continuación, calculamos la media de las mediciones presentadas por ambos dispositivos. Puesto que el número total de mediciones en ambos grupos y en mismos implantes eran diferentes, se realizó un cálculo de media ponderada. Se sumó el valor ISQ medio publicado por cada artículo, se multiplicó por el número de mediciones realizadas y se dividió por el número total de mediciones realizadas.

Luego, se dividieron los resultados en grupos en función del tipo de hueso o material utilizado, la longitud de los implantes utilizados y el diámetro de los implantes utilizados. Debido a las diferencias de tamaño grupal dentro de estas variables, se calculó la media ponderada de los valores ISQ de Osstell y Penguin en cada grupo. Se multiplicaron los valores obtenidos en cada artículo por el número de mediciones realizadas, se sumó y se dividió el total por el número total de mediciones realizadas.

Finalmente, se utilizó la función de cálculo del programa Excel para calcular en cada grupo el coeficiente de correlación lineal de Pearson y las discrepancias entre Osstell y

Penguin conforme va cambiando el tipo de hueso/material utilizado, la longitud de implante o el diámetro de implante (25).

9. RESULTADOS

9.1 SELECCIÓN DE ESTUDIOS: DIAGRAMA DE FLOW CHART

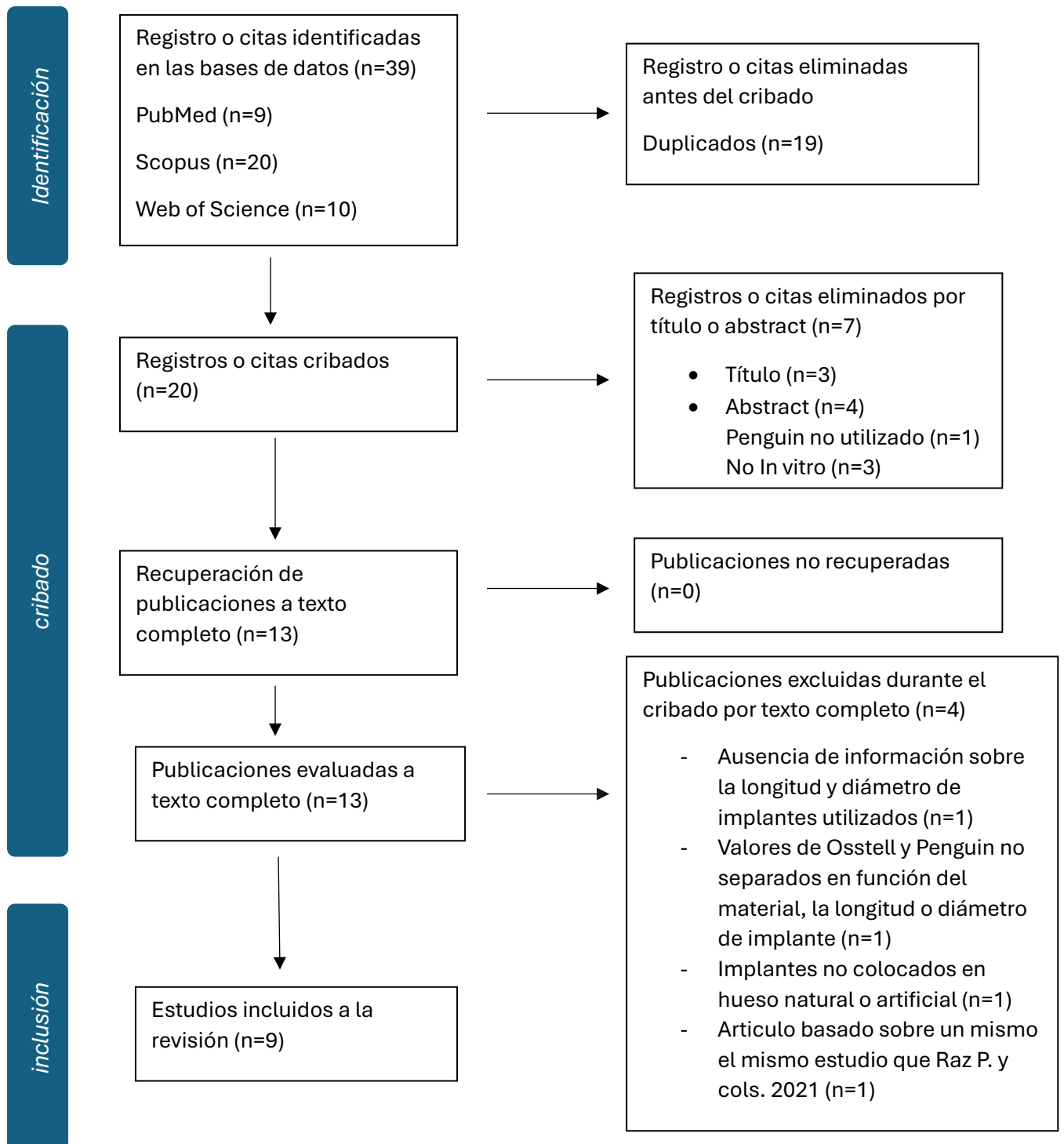


Figura 13: Diagrama de flujo de búsqueda y proceso de selección de los artículos

Después de la búsqueda en las plataformas digitales, se obtuvo un total de 39 resultados de los cuales 9 pertenecían a PubMed, 20 a Scopus, y 10 a Web of Science. Después de la eliminación de los resultados duplicados, nos encontramos con 20 resultados para el cribado por título y abstract. 7 de estos resultados fueron eliminados. 3 mediante lectura del título (26–28), y 4 después de la lectura del abstract. De estos 4 resultados: 3 se han eliminado porque no eran estudios in vitro (29–31) y 1 porque no se utilizaba el dispositivo Penguin (32). (Fig. 1)

Por tanto, los 13 resultados remanentes se han recuperado a texto completo para el cribado. De estos 13 artículos hemos eliminado 4: uno por ausencia de información sobre la longitud y/o el diámetro de los implantes utilizados (33), uno porque no separaba los valores de Osstell y Penguin en función del material, longitud o diámetro de implante (34), uno porque los implantes eran colocados en diferentes materiales al hueso natural o artificial (35) y uno porque estaba basado en el mismo estudio que otro artículo ya incorporado al estudio generando duplicado de resultados (36). En la tabla 1 se especifican los motivos de exclusión de los diferentes artículos (Fig. 1).

En la presente revisión sistemática, los autores obtuvieron un grado de acuerdo completo respecto a la selección de los artículos.

Tabla 1: Artículos excluidos de la presente revisión sistemática y motivo de la exclusión

Autor/año	Revista	Motivo de exclusión
Díaz-Castro C. y cols. 2019 (34)	Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal	Valores de Osstell y Penguin no separados en función del material, la longitud o diámetro de implante
Norton MR. 2019 (33)	International Journal of Oral & Maxillofacial	Ausencia de información sobre la longitud y diámetro de implantes utilizados
Kuzu TE y cols. 2023 (32)	Cumhuriyet Dental Journal	Penguin no utilizado
Raz P. y cols. 2022 (36)	Materials	Artículo basado sobre el mismo estudio que Raz P. y cols. 2021 (duplicado de resultados)
De Elio Oliveros J. y cols. 2023 (29)	The Journal of oral implantology	No in vitro
Becker B. y cols. 2018 (30)	Clinical Implant Dentistry and Related Research	No in vitro
Brouwers JEIG. y cols. 2021(31)	Clinical Implant Dentistry and Related Research	No in vitro
Buyukguclu G. y cols. 2018 (35)	Implant dentistry	Implantes no colocados en hueso natural o artificial

9.2 CARACTERISTICAS DE LOS ESTUDIOS REVISADOS

De los nueve estudios in vitro seleccionados para la revisión, siete artículos se centraban directamente en realizar una comparación de los dispositivos Penguin y Osstell. (37–43).

Un artículo no se centraba directamente en establecer una comparación entre los dos dispositivos, sino que utilizaba medidas realizadas con Osstell y Penguin en una misma muestra de implantes para establecer la fuerza mínima necesaria para unir el transductor al implante de manera que las medidas sean fiables. También quería comprobar la fiabilidad de las medidas cuando este transductor se une al implante de forma manual. En este artículo, decidimos descartar las medidas obtenidas con fuerzas de unión no fiable e incluir solo las medidas consideradas como relevantes (44).

El último artículo incluido en el estudio hacía incidencia en la influencia de la presencia de hueso cortical y en el diseño de implante (implante cónico o de paredes paralelas) sobre la estabilidad primaria. Todos los grupos se han incluido en las medias (45).

Los dispositivos de RFA utilizados en estos estudios fueron para Penguin el Penguin RFA (37–45). Para Osstell se utilizaron los dispositivos Osstell IDx (41,45), Osstell ISQ (37,42,43), Osstell Beacon (38,41) y Osstell Mentor (39). Dos de los estudios incluidos especificaron utilizar un dispositivo Osstell sin nombrar un modelo en particular (40,44).

El número total de mediciones realizadas fue de 2638 para Penguin y de 3278 para Osstell. Esta discrepancia entre los dos dispositivos se explica por el uso de dos dispositivos Osstell en el artículo de Dicker B. y cols. 2020 contra un dispositivo Penguin. Debido a esta diferencia, se decidió ponderar las medias al número de mediciones realizadas.

Cuatro de los artículos seleccionados utilizaron hueso natural para colocar los implantes (36,38,42,43). De estos artículos, dos utilizaron hueso tipo I y III (42,43), uno utilizó hueso tipo II (39). En el último artículo, no se pudo especificar cuántos implantes habían sido colocados en cada tipo de hueso porque se utilizó una mandíbula entera de cerdo (38). En los cinco artículos restantes, los implantes se colocaron en bloques de hueso artificial. Cuatro artículos utilizaron bloques de Poliuretano (37,40,44,45), el último artículo optó por bloques de la marca fracaso. Las densidades de los bloques elegidos eran similares al hueso tipo I (37), tipo II (41), tipo III (41,44,45) y tipo IV (37). En uno de los artículos, no se pudo encontrar la densidad del bloque utilizado (40). En total, se realizaron con Osstell 204 medidas en hueso/bloques de tipo I, 940 en hueso/bloques de tipo II, 1240 en hueso/bloques tipo III, 144 en hueso/bloques tipo IV y 750 en densidades no identificadas. Con Penguin se realizaron 204 medidas en hueso/bloques tipo I, 620 en hueso/bloques tipo II, 920 en hueso/bloques tipo III, 144 en hueso/bloques tipo IV y 750 en hueso/bloques de densidad no identificada.

Con Osstell, se realizaron 144 medidas en longitudes de 8 mm (37), 1720 en longitudes de 10 mm (39,41,45), 400 en longitudes de 11 mm (40,42,44), 480 en longitudes de 11.5 mm (40), 390 en longitudes de 12 mm (38,43), y 144 en 13 mm (37). Con Penguin, se realizaron 144 medidas en implantes de 8 mm, 1080 en implantes de 10 mm, 400 en implantes de 11 mm, 480 en implantes de 11.5 mm, 390 en implantes de 12 mm y 144 en implantes de 13 mm.

Con Osstell, se realizaron 720 medidas en implantes de 3 mm de diámetro (40), 940 en implantes de 3.5 mm (41–43), 588 en implantes de 3.75 mm (37,39,43), 1000 en implantes de 4 mm (41,44,45) y 30 en implantes de 4.6 mm (38). Con Penguin se realizaron 720 medidas en implantes de 3 mm, 620 en implantes de 3.5 mm, 588 en implantes de 3.75mm, 680 en implantes de 4 mm y 30 en implantes de 13 mm.

Los datos relacionados con las características de los artículos son reportados en la tabla 2.

Tabla 2: Características de los artículos cribados

Artículo	Dispositivos utilizados	Número de mediciones por dispositivos	Hueso/bloque	Longitud y diámetro (mm)
Chavarri-Prado D. y cols. 2020 (45)	Osstell IDx Penguin RFA	320	Poliuretano tipo III	10/4
Raz P. y cols. 2021 (37)	Osstell ISQ Penguin RFA	288	Poliuretano Tipo I y IV	8/3,75 13/3,75
Blazquez-Hiranejos M. y cols. 2021 (38)	Osstell Beacon Penguin RFA	30	Hueso Natural (tipo variables)	12/4,6
Koyuncuoglu CZ. Y cols. 2020 (39)	Osstell Mentor Penguin RFA	120	Hueso natural tipo II	10/3.75
Romanos GE. Y cols. 2019 (40)	Osstell Penguin RFA	720	Poliuretano	11/3 11,5/3
Pelegri A. y cols. 2022 (44)	Osstell Penguin RFA	40	Poliuretano Tipo III	11/4
Dicker B. y cols. 2020 (41)	Osstell Beacon Osstell IDx Penguin RFA	640	Bloques Frasco tipo II y III	10/3.5 10/4
Bural C. y cols. 2020 (42)	Osstell ISQ Penguin RFA	120	Hueso natural tipo I y III	11/3,5
Herrero-Climent M. y cols. 2019 (43)	Osstell ISQ Penguin RFA	360	Hueso natural tipo II y III	12/3,5 12/3.75

9.3 EVALUACION DEL RIESGO DE SESGO

En esta selección de artículos, según la escala modificada Arrive and Consort, 6 artículo tuvieron un riesgo de sesgo bajo, 3 tuvieron un riesgo de sesgo moderado y ninguno obtuvo un riesgo de sesgo alto.

La tabla 3 detalla el riesgo de sesgo obtenido por cada artículo y la tabla 4 la proporción de artículos correspondiente a cada apartado de la escala.

En la presente revisión sistemática, los autores obtuvieron un grado de acuerdo completo respecto a la evaluación del riesgo de sesgo.

Tabla 3: Escala Arrive and Consort aplicada a cada artículo

Artículo	Estandarización del proceso de repartición de la muestra	Operador único	Descripción del cálculo del tamaño de la muestra	Cegamiento del operador	Calibración de los grupos	Total
Chavarri-Prado D. y cols. 2020	0	2	2	2	0	6
P. Raz Y cols. 2021	0	0	2	1	0	3
M. Blazquez-Hinarejos y cols. 2021	0	2	0	0	0	2
Koyuncuoglu CZ y cols. 2020	0	2	0	2	0	4
GE. Romanos y cols. 2019	0	0	0	2	0	2
A. Pelegri y cols. 2020	0	2	2	2	0	6
B. Diker y cols. 2022	0	0	0	2	0	2
C. Bural y cols. 2020	0	0	0	0	0	0
M. Herrero-climent y cols. 2019	0	0	0	2	0	2

Tabla 4: Distribución de los artículos por apartado de evaluación (%)

Apartado	Alto	Confuso	Bajo
Estandarización del proceso de repartición de la muestra	0	0	100
Operador único	45	0	55
Descripción del cálculo del tamaño de la muestra	33	0	67
Cegamiento del operador	67	11	22
Calibración de los grupos	0	0	100

9.4 SÍNTESIS DE DATOS

9.4.1 Valores ISQ medios de Osstell y Penguin

El primer valor que se obtuvo de los artículos fue el valor ISQ medio obtenido por Osstell y Penguin independientemente del diseño de implante o del tipo de hueso.

En este estudio, el valor ISQ promedio ponderado en función del número de mediciones realizadas fue de 71 para los dispositivos Osstell y de 68.1 para el dispositivo Penguin. Es una discrepancia estadísticamente observable pero clínicamente poco significativa a la hora de averiguar la estabilidad de un implante. Estas medias se obtuvieron con una Desviación estándar de 4.89 para el dispositivo Osstell y de 5.31 para el Penguin.

En cuanto a las diferencias observadas entre Osstell y Penguin, se observó una diferencia media entre los dos dispositivos de 1.67. Esta media se calculó con una desviación estándar de 1.06.

La Tabla 5 presenta todos los datos extraídos relacionados con los valores medios de Osstell y Penguin en este estudio siendo m(O) el número de mediciones realizadas con Osstell y m(P) el número de mediciones realizadas con Penguin.

Tabla 5: Valores promedios de Osstell y Penguin

Articulo	OSSTELL	PENGUIN	m(O)	m(P)	Discrepancia
Chavarri-Prado D. y Cols. 2020 (45)	65,67	64,91	320	320	0,76
P. Raz Y cols. 2021 (37)	65,08	63,95	288	288	1,13
M. Blazquez-Hinarejos y cols. 2021 (38)	61,4	64,7	30	30	-3,3
Koyuncuoglu CZ y cols. 2020 (39)	77,6	78,05	120	120	-0,45
GE. Romanos y cols. 2019 (40)	66,3117	61,68167	720	720	4,63
A. Pelegri y cols. 2020 (44)	71,45	73,05	40	40	-1,6
B. Diker y cols. 2022 (41)	76,1725	75,95	1280	640	0,2225
C. Bural y cols. 2020 (42)	75,855	74,01	120	120	1,845
M. Herrero-climent y cols. 2019 (43)	68,4	67,35	360	360	1,05
Valores promedios ponderados	71,001	68,06816	x	x	1,665277778
Desviación estándar	4,88743	5,306996	x	x	1,062037037

9.4.2 Valores ISQ separados en función del tipo de hueso o del material artificial

En segundo lugar, se dividieron los artículos en función de material utilizado para colocar los implantes y en función del tipo de hueso utilizado. Para los bloques de Poliuretano, se clasificaron en un tipo u otro de hueso en función de la densidad indicada por los autores.

En el hueso tipo I, se observó cierta discrepancia entre los implantes colocados en hueso natural o en material artificial. El valor ISQ medio en hueso natural fue de 78 para Osstell y de 75.575 para Penguin mientras que, en Poliuretano, el valor medio fue de 69.8 para Osstell y de 69.1 para Penguin. Independientemente del material utilizado (natural o artificial) el valor medio de Osstell para el hueso tipo I fue de 72.24 y el de Penguin fue de 71.

Para el hueso tipo II, también se observó cierta discrepancia entre material artificial y hueso natural, pero en este caso, los valores del material artificial eran superiores. Osstell presentó valores de 78.33 en el bloque frasaco y una media de 72.62 en el hueso natural. En el caso de Penguin, observamos valores ISQ de 78.275 en el frasaco y de 71.98 en hueso natural. Los valores promedios fueron de 76.51 para Osstell y de 75.42 para Penguin.

En el hueso tipo III, se observó menos discrepancia entre los diferentes tipos de material, excepto para el poliuretano sin cortical. En ausencia de capa cortical tiene valores ISQ aproximados al tipo IV. Con Osstell, los valores obtenidos en poliuretano con cortical eran de 71.38, y sin cortical de 60. En frasaco eran de 74.02 y en hueso natural de 68.04. Para Penguin, los valores fueron de 72.08 en poliuretano con cortical y de 58 sin cortical. En el bloque frasaco, eran de 73.63 y en hueso natural, de 72. Independientemente del material utilizado (natural o artificial) los valores medios fueron de 70.62 para Osstell y de 69.26 para Penguin.

En el hueso tipo IV, solo hubo mediciones en poliuretano. Los valores fueron de 60.29 para Osstell y de 58.77 para Penguin.

En dos de los artículos revisados, no se indicó el tipo de hueso utilizado (38,40). En el primero, distribuyeron los implantes en mandíbulas de cerdo sin poder saber cuántos implantes fueron colocados en cada tipo de hueso. En el segundo, se utilizó un bloque de poliuretano sin especificar su densidad. En estos artículos, Osstell presentó valores de 66.31 en poliuretano sin cortical y de 61.4 en hueso natural y Penguin valores de 61.68 en poliuretano sin cortical y de 64.7 en hueso natural.

Las tablas 6 y 7 muestran respectivamente los valores ISQ obtenidos por Osstell y Penguin en función del tipo de hueso.

Tabla 6: ISQ de Osstell en función del tipo de hueso

Osstell (ISQ)	Poliuretano con cortical	Poliuretano sin cortical	Frasaco	Hueso natural	Media ponderada
Tipo I	69,8375	x	x	78	72,23823529
Tipo II	x	x	78,3275	72,62	76,50595745
Tipo III	71,378	59,96	74,015	68,04125	70,61991935
Tipo IV	60,285	x	x	x	60,285
No indicado	x	66,3116667	x	61,4	65,92800032

Tabla 7: ISQ de Penguin en función del tipo de hueso

Penguin (ISQ)	Poliuretano con cortical	poliuretano sin cortical	Frasaco	Hueso natural	media ponderada
Tipo I	69,095	x	x	75,575	71,0008824
Tipo II	x	x	78,275	71,98	75,4225806
Tipo III	72,082	57,98	73,625	69,37375	69,2640217
Tipo IV	58,7725	x	x	x	58,7725
No indicado	x	61,6816667	x	64,7	61,8024

Con estos valores independientemente de la densidad de los bloques artificiales y del tipo de hueso natural, se obtuvo para Osstell valores medios de 67.65 en poliuretano con cortical, de 65,16 en poliuretano sin cortical, de 76.17 en los bloques frasaco y de 70.85 en hueso natural.

Las tablas 8 y 9 muestran los valores obtenidos por Osstell y Penguin en función del material utilizado.

Tabla 8: ISQ de Osstell en función del material

Osstell (ISQ)	Poliuretano con cortical	Poliuretano sin cortical	Frasaco	Hueso natural
Tipo I	69,8375	x	x	78
Tipo II	x	x	78,3275	72,62
Tipo III	71,378	59,96	74,015	68,04125
Tipo IV	60,285	x	x	x
No indicado	x	66,3116667	x	61,4
Media ponderada	67,65008197	65,15681821	76,1725	70,8538095

Tabla 9: ISQ de Penguin en función del material

Penguin (ISQ)	Poliuretano con cortical	poliuretano sin cortical	Frasaco	Hueso natural
Tipo I	69,095	x	x	75,575
Tipo II	x	x	78,275	71,98
Tipo III	72,082	57,98	73,625	69,37375
Tipo IV	58,7725	x	x	x
No indicado	x	61,6816667	x	64,7
media ponderada	67,27319672	61,0086364	75,95	70,887619

En poliuretano, se observó una discrepancia de 0.38 entre los dos dispositivos cuando se trataba de poliuretano con cortical, y una más elevada de 4.15 cuando carecía de cortical. En bloques frasaco, mostraron una discrepancia de 0.225 y en hueso natural de 0.034. La discrepancia media fue de 1.2.

Ambos dispositivos presentaron en función del tipo de hueso un excelente coeficiente de correlación de Pearson de 97.3%.

La tabla 10 muestra las discrepancias observadas y el coeficiente de correlación

Tabla 10: Discrepancias entre Osstell y Penguin en función del material/tipo de hueso

Discrepancias (Material)	Poliuretano con cortical	Poliuretano sin cortical	Frasaco	Hueso natural	media
	0,376885246	4,148181818	0,2225	0,03380952	1,195344147
Discrepancias (Tipo de hueso)	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Media
	1,237352941	1,083376802	1,35589762	1,5125	1,29728184
Coeficiente de correlación	Tipo/Densidad*	Material			
	0,999970281	0,973170197			

* No incluye los artículos con tipo de hueso o densidad de material no indicado

9.4.3 ISQ medido con Osstell y Penguin en función de la longitud de implante

En tercer lugar, se separaron los artículos en función de la longitud de los implantes utilizados y se calculó la media de los valores ISQ presentados por ambos aparatos en función de esta longitud.

Los valores indicados para Osstell fueron de 63.32 para implantes de 8 mm, 74.32 para implantes de 10 mm, 70.15 para implantes de 11 mm, 65.93 para implantes de 11.5,

66.89 para implantes de 12 mm y 66.8 para implantes de 13 mm. Para Penguin, los valores indicados eran de 61.77 para implantes de 8 mm, 72.91 para implantes de 10 mm, 66.4 para implantes de 11 mm, 61.77 para implantes de 11.5 mm, 67.15 para implantes de 12 mm y 66.1 para implantes de 13 mm.

Las discrepancias observadas en los grupos de 8 mm, 10 mm, 11 mm, 11.5 mm, 12 mm y 13 mm fueron respectivamente de 1.55, 1.41, 3.73, 4.16, 0.25 y 0.70. La discrepancia media observada fue de 1.97. Ambos aparatos presentaron un coeficiente de correlación alto de 90.8%.

La tabla 11 Muestra los valores ISQ obtenidos en función de la longitud de implante.

Tabla 11: ISQ obtenidos con Osstell y Penguin en función de la longitud de implante

Longitud de implante (mm)	8	10	11	11,5	12	13	Media
Osstell (ISQ)	63,32	74,3181395	70,1465	65,93	66,89231	66,8025	x
Penguin (ISQ)	61,7725	72,9122222	66,414	61,7675	67,14615	66,1	x
Discrepancias	1,5475	1,40591731	3,7325	4,1625	0,253846	0,7025	1,967461
Coeficiente de correlación	0,9083134						

9.4.4 ISQ medido con Osstell y Penguin en función del diámetro de implante

Finalmente, se separaron los resultados en función del diámetro de los implantes utilizados. Debido al amplio número de diámetros utilizados en los artículos, se decidió agruparlos en rangos de diámetro. Los grupos así creados son [3-3.5], [3.5-3.75], [3.75-4] y >4 mm.

Los valores indicados por Osstell fueron 69.51 para el grupo [3-3.5], 68.38 para el grupo [3.5-3.75], 73.11 para el grupo [3.75-4] y 61.4 para el grupo de >4 mm. Con Penguin, los valores indicados fueron 66.89 para el grupo [3-3.5], 67.68 para el grupo [3.5-3.75], 70.86 para el grupo [3.75-4] y 64.7 para el grupo de >4 mm.

Las discrepancias observadas de un aparato a otro fueron de 2.63 para el grupo [3-3.5], 0.69 para el grupo [3.5-3.75], 2.25 para el grupo [3.75-4] y 3.3 para el grupo de implantes >4 mm. La discrepancia media fue de 2.22 y se observó un buen coeficiente de correlación de 92.6%.

La tabla 12 muestra los valores obtenidos en función del diámetro de implante.

Tabla 12: ISQ de Osstell y Penguin en función del diámetro de los implantes

Diámetro de implante (mm)	[3-3,5]	[3,5-3,75]	[3,75-4]	>4	Media
Osstell (ISQ)	69,51416	68,375918	73,1108	61,4	x
Penguin (ISQ)	66,88672	67,684694	70,8570588	64,7	X
Discrepancias	2,62744	0,6912245	2,25374118	3,3	2,2181015
Coeficiente de correlación	0,926959				

10. DISCUSIÓN

El presente estudio revisa la evidencia científica disponible en la literatura para determinar la fiabilidad de los dispositivos RFA. Con este fin, se han revisado artículos que aportaban datos comparativos entre Penguin y Osstell. El objetivo de estos artículos era observar si existe una diferencia entre los valores medios proporcionados por los dos aparatos. A continuación, se han separado los datos en función del material o tipo de hueso en el que eran colocados los implantes, de la longitud de los implantes y de su diámetro para determinar si aparecían discrepancias entre ambos aparatos al cambiar estos valores.

10.1 VALORES ISQ MEDIOS DE OSTELL Y PENGUIN

Los valores presentados por Osstell y Penguin en este estudio fueron respectivamente de 71 y de 68.1, la diferencia de 2.9 que existe en estos valores medios es una diferencia estadísticamente destacable pero clínicamente aceptable.

Puesto que aparecían diferentes condiciones en cuanto al tipo de hueso y al diseño de los implantes de un artículo a otro (Tabla 2), se observó cierta discrepancia de los valores ISQ entre un artículo y otro dentro de un mismo grupo. Para el grupo Osstell, el valor mínimo observado fue de 61.4 (38) y el valor máximo de 77.6 (39). La desviación estándar respecto a la media aritmética en este grupo fue de 4.89. En el grupo Penguin, el valor mínimo observado fue de 61.68 (40) mientras que el valor máximo observado fue de 78.05 (39). La desviación estándar respecto a la media aritmética en el grupo Penguin fue de 5.3.

Esta discrepancia fue menos importante cuando comparamos los valores obtenidos por Osstell y Penguin dentro de mismos artículos a excepción de los artículos de Romanos GE. y cols. 2019 (40) y de Blazquez-Hinarejos M. y cols. 2021 (38) que obtuvieron respectivamente diferencias entre Osstell y Penguin de 4.63 y de 3.3. En el primero, es el dispositivo Osstell el que presentó el valor ISQ más alto mientras que en el segundo, es el dispositivo Penguin quien lo presentó. Se observó una discrepancia mínima de 0.22 en el artículo de Diker B. y cols. 2022 (41). La discrepancia media fue de 1.67 y la desviación estándar de 1.06.

En el estudio de Romanos GE. y cols. 2019 (40), no existía en el mercado un MultiPeg (transductor propio del dispositivo Penguin) compatible con los implantes utilizados. Por lo tanto, como no se podía conectar el transductor a los implantes, los autores tuvieron que utilizar el dispositivo Penguin con el SmartPeg (transductor propio de los dispositivos Osstell). Este factor podría explicar la discrepancia más elevada observada entre Osstell y Penguin en este estudio. En el estudio de Herrero-Climent y cols. 2019, se concluyó que, si ambos dispositivos presentan valores fiables y comparables, es recomendado el uso de cada dispositivo con su transductor propio, es decir el SmartPeg para Osstell y el MultiPeg para Penguin.

El artículo de Blazquez-Hinarejos M. y cols. 2021 (38) es el estudio incluido que presentó la muestra más pequeña de la presente revisión. Se utilizaron 30 implantes que solo se midieron 1 vez cada uno con cada dispositivo. Por tanto, los resultados de este estudio al tratarse de una muestra más pequeña y realizar menor número de mediciones, presentan mayor tasa de error que cuando se utilizan muestras más grandes y mayor número de mediciones.

10.2 VALORES ISQ EN FUNCION DEL TIPO DE HUESO/MATERIAL ARTIFICIAL

En la presente revisión sistemática, hubo valores medios para Osstell de 72.2 en tipo I, 76.51 en tipo II, 70.62 en tipo III y 60.29 en tipo IV. Para Penguin, los valores fueron de 71 en tipo I, 75.42 en tipo II, 69.26 en tipo III y 58,78.

Los resultados observados aparecen más predecibles cuando los implantes eran colocados en hueso natural (39,42,43), en efecto, en hueso natural, cuando más denso era el hueso, más alto era el valor ISQ. Esta relación no se ha observado en material artificial. En el estudio de Diker y cols. 2022 (41), los valores presentados en un bloque frasaco de densidad comparable al tipo II y III fueron muy elevados respecto a los valores observados en Poliuretano y en hueso natural: respectivamente 78.33 contra 74.02 con Osstell y 78.26 contra 73.63 con Penguin. Al contrario, en un bloque de poliuretano de densidad comparable al tipo I, Raz y cols. 2021 (37) observaron un valor ISQ más bajo de lo esperado: 69.84 con Osstell y 69.1 con Penguin. Este valor muy alto en frasaco tipo II y bajo en poliuretano tipo I conduce a unas medias bastante superiores en hueso tipo II respecto al tipo I. En hueso natural, se observó un ISQ en tipo I superior al tipo II, respectivamente 75.58 y 71.78. En el estudio de Raz y cols. 2021 (37), se utilizaron dos modelos de implantes con conexiones diferentes. El primer modelo tenía conexiones cónicas mientras que el segundo tenía un hexágono interno. Estas diferentes conexiones tuvieron una influencia relevante sobre los valores ISQ indicados por ambos dispositivos (Osstell y Penguin). Esta influencia se observó tanto en el tipo I como en el tipo IV y tanto con implantes de 8 mm como implantes de 13 mm y siempre se manifestó valores ISQ muy inferiores para el hexágono interno respecto a la conexión cónica. En el bloque de densidad similar al tipo I, para implantes de 8 mm Osstell presentó un valor de 72.13 con la conexión cónica y de 64.88 con el hexágono interno, Penguin presentó valores de 72.86 para implantes de conexión cónica y de 61.72 para implantes de hexágono interno. Para implantes de 13 mm, los valores fueron respectivamente de 73.38 y 68.96 con para Osstell y de 74.47 y 67.33 con Penguin. Futuros estudios serían necesarios para investigar más en profundidad la influencia de los sistemas de conexión de los implantes con la RFA.

No obstante, Osstell y Penguin reaccionaron de manera similar en cada uno de los materiales en los cuales se habían colocado los implantes. En poliuretano, se observó una discrepancia de 0.38 entre los dos dispositivos cuando era con cortical y cuando carecía de la misma, se observó una discrepancia más elevada de 4.15. En bloques frasaco, se observó una discrepancia de 0.225 y en hueso natural de 0.034. La

discrepancia media fue de 1.2. El artículo que presentó la mayor discrepancia entre Osstell y Penguin fue el estudio de de Romanos GE. y cols. 2019 (40) en el que se realizaron un total de 720 medidas en poliuretano sin cortical. Esta discrepancia aumentada puede explicarse por la utilización de otro transductor diferente al MultiPeg que normalmente se utiliza para Penguin. En el artículo de Chávarri-Prado D y cols. 2020, en el que también se utilizó poliuretano sin cortical, Osstell presentó un valor medio de 59.96 y Penguin de 57.98 (45).

También presentaron resultados muy similares en función del tipo de hueso de 1.24 en hueso tipo I, 1.08 en hueso tipo II, 1.36 en tipo III y 1.51 en tipo IV Para una discrepancia media de 1.2 entre Osstell y Penguin. Tampoco se observan variaciones en las diferencias entre Osstell y Penguin a medida que va cambiando el tipo de hueso.

10.3 VALORES ISQ EN FUNCION DE LA LONGITUD DEL IMPLANTE

En este estudio, el grupo de 10 mm mostró el valor ISQ medio más alto con un 74.32 para Osstell y 72.91 para Penguin. El valor más bajo se observó en el grupo de 8 mm para Osstell con un 63.32 y de 11.5 mm para Penguin con un 61.77. No se pudo observar la relación causal normalmente observada mostrando un aumento de los valores ISQ mientras aumenta la longitud de implante. Esto se puede explicar debido al tamaño reducido de la muestra de artículos, los diferentes grupos de longitudes de implantes no se estudiaron en las diferentes densidades óseas en cada grupo de longitud. Estas diferentes densidades de hueso se observan no solo de un grupo a otro sino también dentro de cada grupo generando un cálculo de medias a partir de valores más o menos diferentes de un grupo a otro. Por ejemplo, en el grupo de 10 mm, se observa un valor ISQ mínimo de 65.67 para Osstell y 64.91 para Penguin (45), mientras que el valor máximo llega a 77.6 para Osstell y 78.05 para Penguin (39).

Cada dispositivo presentó valores similares al cambiar a las longitudes de los implantes de 8 a 10, 12, o 13 mm. Sin embargo, discrepancias superiores fueron observadas entre Osstell y Penguin en los grupos de 11 y 11.5 mm con respectivamente diferencias de 3.73 y de 4.16. Estas discrepancias se ven principalmente relacionadas en el estudio de Romanos y cols. 2019 (40). Las discrepancias superiores observadas en este artículo respecto a los demás pueden ser debidas a la ausencia de un MultiPeg (Peg propio al dispositivo Penguin) adaptado al sistema de implantes utilizados. Por tanto, los autores tuvieron que utilizar con el Penguin otro Peg que sí adaptaba a este implante y los valores presentados por Penguin se ven significativamente inferiores a los de Osstell. En los otros estudios utilizando implantes de 11 mm(42,44), se observaron diferencias de 1.6 y de 1.85 que corresponden con la diferencia media de 1.97. Las discrepancias observadas en los grupos de 8 mm, 10 mm, 12 mm y 13 mm fueron respectivamente de 1.55, 1.41, 0.25 y 0.70.

10.4 VALORES ISQ EN FUNCION DEL DIAMETRO DEL IMPLANTE

Los valores indicados por Osstell fueron 69.51 para el grupo [3-3.5], 68.38 para el grupo [3.5-3.75], 73.11 para el grupo [3.75-4] y 61.4 para el grupo de >4 mm. Con Penguin, los valores indicados fueron 66.89 para el grupo [3-3.5], 67.68 para el grupo [3.5-3.75], 70.86 para el grupo [3.75-4] y 64.7 para el grupo de >4 mm.

El grupo de implantes superiores a 4 mm presentó valores inferiores a los demás, aunque por su diámetro superior, se deberían de esperar unos valores más altos. El único artículo que pertenecía a este grupo era el de Blazquez-Hinarejos M. y cols. 2021 (38). Con 30 mediciones realizadas en implantes de 4.6 mm (38), este artículo tuvo la muestra más pequeña de esta revisión y por tanto, fue el más susceptible de error de manipulación. Los implantes se habían distribuido en 3 mandíbulas de cerdo, por tanto, se trabajó con diferentes densidades óseas sin poder determinar cuántos implantes habían sido colocados en cada tipo de hueso. Al incluir solo este estudio en términos de diámetro, también fue el grupo con la mayor discrepancia entre Osstell y Penguin.

10.5 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

La primera limitación de este estudio es la falta de datos clínicos *in vivo* que permiten hacer una comparación de los dispositivos Osstell y Penguin. La fase de búsqueda bibliográfica de esta revisión se enfrentó a cierta falta de estudios clínicos comparativos ya que, de todos los resultados obtenidos, únicamente 3 eran estudios *in vivo*. Por tanto, con el fin de homogeneizar la muestra, se decidió excluir estos artículos e incluir únicamente artículos *in vitro* en la muestra. Futuras investigaciones *in vivo* podrían ser de interés para determinar la aplicación clínica de los resultados obtenidos en esta revisión a la hora de medir la estabilidad primaria o también de determinar la estabilidad a más largo plazo.

En 2023, De Elio Ovivero J. y cols. realizaron un estudio en 17 pacientes en el que utilizaron Osstell y Penguin para comparar los valores ISQ de implantes con paredes paralelas e implantes cónicos. Se midieron 60 implantes (30 por grupo) en sentido bucolingual y mesiodistal y se obtuvo para Osstell un valor ISQ medio de 78.76 y para Penguin un valor medio de 77.58. Este dato comparativo coincide con los datos obtenidos en la presente revisión.

En 2021, Brouwer J. y cols. realizaron un estudio clínico en 28 pacientes tratados con injerto después de la extracción. Se colocaron los implantes después de un periodo 10 semanas y se midió el ISQ con Osstell y Penguin el día de la cirugía, a los 10 días, a las 7 semanas y a las 17 semanas. Los implantes se midieron en las dos direcciones. En este estudio Osstell obtuvo valores medios de 77.55 a T0, 79 a T1, 79.95 a T2 y 82.95 a T3. Penguin obtuvo valores medios de 76.65 a T0, 78.3 a T1, 78.65 a T2 y de 82.6 a T3. Este dato comparativo coincide con los resultados de esta revisión.

En 2018, Becker W. y cols. realizaron un estudio clínico en 30 pacientes (38 implantes) en el que se compararon los valores ISQ al realizar la RFA con Osstell y con Penguin. En

este estudio, el valor ISQ presentado por Osstell fue de 74.4 mientras que el valor medio de Penguin fue de 75.4. Este dato comparativo coincide con los resultados de esta revisión.

La segunda limitación observada en esta revisión, se observó en los estudios *in vitro* incluidos en el estudio. Presentaron cierta falta de homogeneidad a nivel de los materiales y métodos empleados. En cuanto a los materiales, 4 artículos utilizaron hueso natural y 5 utilizaron un hueso artificial. En lo que se refiere a las longitudes de los implantes, variaron de los 8 mm a los 13 mm y el diámetro, varió de los 3 mm a los 4.6 mm.

También se observaron diferencias en cuanto a los implantes utilizados. Se utilizaron los modelos cónicos: Klockner essential(43,45), Klockner Vega(43,45), Klockner KL (43), Seven® new design MIS® Implant,(37), C1 MIS(37), BioHorizons(38), Nobel active(40), Astratech TX profil (40), IntraOss (44), Neosse Proactive (41), e implantes de paredes paralelas: Eztec implants-Zimmer (40), Neosse Proactive (41,42).

En ciertos estudios, unos dispositivos no han sido utilizados con su transductor propio en todas las medidas (37,40,41,45)

A nivel de los métodos, los implantes se pueden medir en sentido bucolingual, mesiodistal o ambos(38,39,41,42). Algunos no indicaron el sentido de la medición (37,40,43–45). En 2010, Jong-Chul P. y cols. realizaron un estudio en 50 pacientes y 71 implantes para comparar los valores obtenidos al medir los implantes en sentido bucolingual y mesiodistal con un Osstell Mentor. En este estudio, no se observaron diferencias significativas al medir el ISQ en los diferentes sentidos, pero hubo diferencias en los valores más altos y bajos en los diferentes puntos de medida (46).

11. CONCLUSIONES

Conclusión general

1. El dispositivo Penguin, presentó valores similares con el dispositivo Osstell y por tanto la fiabilidad de ambos dispositivos es comparable. Se observó que, si ambos dispositivos tenían diferencias, Osstell solía dar con más frecuencia los valores más altos.

Conclusiones específicas

1. Ambos dispositivos presentaron valores ISQ similares al cambiar el material en el que se habían colocado los implantes y a la densidad del mismo.
2. Ambos dispositivos presentaron valores ISQ similares al cambiar la longitud de los implantes
3. Ambos dispositivos presentaron valores ISQ similares al cambiar el diámetro de los implantes

12. BIBLIOGRAFÍA

1. Randolph Resnik. Misch's Contemporary Implant Dentistry E-Book : Misch's Contemporary Implant Dentistry E-Book [Internet]. Vol. 4th edition. St. Louis: Mosby; 2021
2. Meredith N. Assessment of implant stability as a prognostic determinant. The International journal of prosthodontics. 1999 Feb ; 11(5).
3. Sennerby L, Meredith N. Implant stability measurements using resonance frequency analysis: Biological and biomechanical aspects and clinical implications. Periodontology 2000. 2008 Jun 1;47(1):51-66-66.
4. How to Determine Osseointegration Before Final Restoration - Osstell® [Internet]. Disponible en: <https://www.osstell.com/es/news/how-to-determine-the-degree-of-osseointegration-before-final-restoration/>
5. Cooper LF, De Kok IJ, Rojas-Vizcaya F, Pungpapong P, Chang SH. The immediate loading of dental implants. Compend Contin Educ Dent. 2007;28(4).
6. Kastala V. Methods to measure implant stability. Journal of Dental Implants. 2018;8(1):3.
7. Atsumi M, Park SH, Wang /Hom-Lay. Methods Used to Assess Implant Stability: Current Status. 2007.
8. Mistry G, Shetty O, Shetty S, Singh R. Measuring implant stability: A review of different methods. Journal of Dental Implants. 2014;4(2):165.
9. Swami V, Vijayaraghavan V, Swami V. Current trends to measure implant stability. J Indian Prosthodont Soc. 1 de abril de 2016 [citado 21 de enero de 2025];16(2):124-30.
10. Satwalekar P, Nalla S, Reddy R, Chowdary SG. Clinical evaluation of osseointegration using resonance frequency analysis. The Journal of the Indian Prosthodontic Society. 2015 ;15(3):192.
11. Gupta RK, Padmanabhan T V. Resonance frequency analysis. Vol. 22, Indian Journal of Dental Research. 2011. p. 567-73.
12. La escala ISQ - Osstell® [Internet]. Disponible en: <https://www.osstell.com/es/clinical-guidelines/la-escala-isq/>
13. Nuestra historia - Osstell® [Internet]. Disponible en: <https://www.osstell.com/es/nuestra-historia/>
14. Products - Osstell® [Internet]. Disponible en: <https://www.osstell.com/es/products/>
15. Herrero-Climent M, Albertini M, Rios-Santos JV, Lázaro-Calvo P, Fernández-Palacín A, Bullon P. Resonance frequency analysis-reliability in third generation instruments: Osstell mentor®. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 1 de septiembre de 2012 ;17(5).

16. Jaramillo R, Santos R, Lázaro P, Romero M, Rios-Santos J V., Bullón P, et al. Comparative analysis of 2 resonance frequency measurement devices: Osstell Mentor and Osstell ISQ. *Implant Dent.* 2014;23(3):351-6.
17. Diker B, Diker N, Tak Ö. Comparison of Reliability of 3 Resonance Frequency Analysis Devices: An In Vitro Study. *J Oral Implantol.* 1 de febrero de 2022;48(1):9-14.
18. Penguin RFA - Penguin Instruments [Internet]. Disponible en: <https://penguininstruments.com/penguin-rfa/>
19. Penguin MDI by Shatkin F.I.R.S.T. | Shatkin F.I.R.S.T.® [Internet]. Disponible en: <https://shatkinfirst.com/penguin-mdi-by-shatkin-f-i-r-s-t/>
20. de Elío Oliveros J, Gago García A, López Sacristán H, Truchuelo Díez P, Barrilero Martín C, del Canto Díaz M, et al. Insertion Torque and Resonance Frequency Analysis in Tapered and Parallel Dental Implants. *Journal of Oral Implantology.* 1 de agosto de 2023;49(4):347-54.
21. Salud - Desarrollo Sostenible [Internet]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/health/>
22. De U, Médicas C, Serafín «dr, De R, Ruiz» Z, Santiago JM, et al. CARTA AL EDITOR Impacto del desdentamiento en la salud general Impact of edentulism on general health. Vol. 21. 2017.
23. Yepes-Nuñez JJ, Urrútia G, Romero-García M, Alonso-Fernández S. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev Esp Cardiol.* 1 de septiembre de 2021;74(9):790-9.
24. Astudillo-Rubio D, Delgado-Gaete A, Bellot-Arcís C, Montiel-Company JM, Pascual-Moscardó A, Almerich-Silla JM. Mechanical properties of provisional dental materials: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 1 de febrero de 2018;13(2):e0193162.
25. Coeficiente de correlación | Introducción a la estadística | JMP [Internet]. Disponible en: https://www.jmp.com/es_cl/statistics-knowledge-portal/what-is-correlation/correlation-coefficient.html
26. Sartoretto SC, Calasans-Maia J, Resende R, Câmara E, Ghiraldini B, Bezerra FJB, et al. The Influence of Nanostructured Hydroxyapatite Surface in the Early Stages of Osseointegration: A Multiparameter Animal Study in Low-Density Bone. *Int J Nanomedicine* [Internet]. 2020;15:8803 – 8817.
27. Kuzu TE, Öztürk K, Gürkan CA, Üşümez A, Yay A, Göktepe Ö. Effect of Photobiomodulation Therapy on Peri-Implant Bone Healing in Extra-Short Implants in a Rabbit Model: A Pilot Study. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2022;40(6):402 – 409.
28. Dhahi AY, Bede SY, Khachadourian H. Reliability of the multipeg™ transducer in measuring dental implant stability by using a resonance frequency analysis device (Osstell®): An observational clinical study. *Journal of Baghdad College of Dentistry.* 2023;35(3):58 – 66.

29. de Elío Oliveros J, Gago García A, López Sacristán H, Truchuelo Díez P, Barrilero Martín C, Del Canto Díaz M, et al. Insertion Torque and Resonance Frequency Analysis in Tapered and Parallel Dental Implants. *J Oral Implantol*. 1 de agosto de 2023;49(4):347-54.
30. Becker W, Hujoel P, Becker BE. Resonance frequency analysis: Comparing two clinical instruments. *Clin Implant Dent Relat Res*. 1 de junio de 2018;20(3):308-12.
31. Brouwers JEIG, Buis S, de Groot PG, de Laat B, Remijn JA. Resonance frequency analysis with two different devices after conventional implant placement with ridge preservation: A prospective pilot cohort study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 1 de octubre de 2021;23(5):789-99.
32. Kuzu TE, Öztürk K. Determination of the Effect of Periimplantitis-Induced Bone Defects on Implant Stability by Resonance Frequency Analysis Method: An Ex-Vivo Study; [Peri-İmplantitise Bağlı Kemik Defektlerinin İmplant Stabilitesi Üzerine Etkisinin Rezonans Analiz Yöntemiyle Belirlenmesi: Ex-Vivo Çalışma]. *Cumhuriyet Dental Journal*. 2023;26(3):276 – 280.
33. Norton MR. Resonance frequency analysis: Agreement and correlation of implant stability quotients between three commercially available instruments. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*. 2019;34(1):215 – 222.
34. Carmen Díaz-Castro M, Falcao A, López-Jarana P, Falcao C, Ríos-Santos JV, Fernández-Palacín A, et al. Repeatability of the resonance frequency analysis values in implants with a new technology. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 1 de septiembre de 2019;24(5):e636-42.
35. Buyukguclu G, Ozkurt-Kayahan Z, Kazazoglu E. Reliability of the osstell implant stability quotient and penguin resonance frequency analysis to evaluate implant stability. *Implant Dent*. 2018;27(4):429-33.
36. Raz P, Meir H, Levartovsky S, Sebaoun A, Beitlitum I. Primary Implant Stability Analysis of Different Dental Implant Connections and Designs—An In Vitro Comparative Study. *Materials*. 2022;15(9).
37. Raz P, Meir H, Levartovsky S, Peleg M, Sebaoun A, Beitlitum I. Reliability and correlation of different devices for the evaluation of primary implant stability: An in vitro study. *Materials*. 2021;14(19).
38. Blazquez-Hinarejos M, Saka-Herrán C, Díez-Alonso V, Ayuso-Montero R, Velasco-Ortega E, Lopez-Lopez J. Reliability and agreement of three devices for measuring implant stability quotient in the animal ex vivo model. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021;11(8).
39. Koyuncuoglu CZ, Demir B. Comparison of Measurements of Implant Stability by Two Different Radio Frequency Analysis Systems: An In Vitro Study. *J Adv Oral Res*. 2020;11(2):202 – 207.
40. Romanos GE, Bastardi DJ, Kakar A, Moore R, Delgado-Ruiz RA, Javed F. In vitro comparison of resonance frequency analysis devices to evaluate implant stability of narrow diameter implants at varying drilling speeds in dense artificial bone blocks. *Clin Implant Dent Relat Res*. 1 de octubre de 2019;21(5):1023-7.

41. Diker B, Diker N, Tak Ö. Comparison of Reliability of 3 Resonance Frequency Analysis Devices: An In Vitro Study. *Journal of Oral Implantology*. 1 de febrero de 2022;48(1):9-14.
42. Bural C, Dayan C, Geçkili O. Initial stability measurements of implants using a new magnetic resonance frequency analyzer with titanium transducers: An ex vivo study. *Journal of Oral Implantology*. 1 de febrero de 2020;46(1):35-40.
43. Herrero-Climent M, Falcão A, López-Jarana P, Díaz-Castro CM, Ríos-Carrasco B, Ríos-Santos JV. In vitro comparative analysis of two resonance frequency measurement devices: Osstell implant stability coefficient and Penguin resonance frequency analysis. *Clin Implant Dent Relat Res*. 1 de diciembre de 2019;21(6):1124-31.
44. Pelegri A, Kubo F, Salatti D, Teixeira M, Moshaverinia A, Moy P. Can Finger-Generated Force Be Used Reliably to Connect the Transducer for Resonance Frequency Analysis in Determining Implant Stability? *Int J Oral Maxillofac Implants*. noviembre de 2020;35(6):1141-8.
45. Chávarri-Prado D, Brizuela-Velasco A, Diéguez-Pereira M, Pérez-Pevida E, Jiménez-Garrudo A, Viteri-Agustín I, et al. Influence of cortical bone and implant design in the primary stability of dental implants measured by two different devices of resonance frequency analysis: An in vitro study. *J Clin Exp Dent*. 2020;12(3):e242 – e248.
46. Park JC, Kim HD, Kim SM, Kim MJ, Lee JH. A comparison of implant stability quotients measured using magnetic resonance frequency analysis from two directions: A prospective clinical study during the initial healing period. *Clin Oral Implants Res*. junio de 2010;21(6):591-7.

13. ANEXOS

Tabla 1: Resumen de las búsquedas de cada una de las bases de datos

Bases de datos	Búsqueda	Numero de artículos	Fecha
PubMed	("Dental implants"[MeSH Terms] OR "Dental Implantation"[Mesh]) AND (("Resonance Frequency Analysis"[Mesh Terms] OR RFA[Title/Abstract]) AND (Osstell[Title/Abstract] OR "Osstell ISQ"[Title/Abstract] OR "Osstell Mentor"[Title/Abstract] OR "Osstell Beacon"[Title/Abstract] OR "Osstell IDx"[Title/Abstract]) AND (Penguin[Title/Abstract] OR "Penguin RFA"[Title/Abstract])) AND ("implant stability" OR ISQ OR "implant stability quotient" OR "Primary stability" OR Reliability[Title/Abstract] OR repeatability[Title/Abstract] OR Reproducibility[title/Abstract] OR comfort[Title/Abstract])	9	14/12/2024
Scopus	(TITLE-ABS-KEY ("Dental implant" OR "dental implants" OR implant OR "Oral implant" OR "oral implants" OR implantology OR "dental implantation") AND TITLE-ABS-KEY (("resonance frequency analysis" OR rfa) AND (penguin OR "Penguin RFA")) AND TITLE-ABS-KEY (osstell OR "Osstell ISQ" OR "Osstell Mentor" OR "Osstell Beacon" OR "Osstell IDx") AND TITLE-ABS-KEY (isq OR "implant stability quotient" OR "primary stability" OR reliability OR reproducibility OR repeatability OR comfort))	20	14/12/2024
Web of Science	(Dental SAME implant) OR (Dental SAME implants) OR (Oral SAME implant) OR (Oral SAME implants) OR Implantology (Topic) and ("Resonance frequency analysis" OR "RFA") AND (Osstell OR "Osstell ISQ" OR "Osstell Mentor" OR "Osstell Beacon" OR "Osstell IDx") (Topic) AND (Penguin OR "Penguin RFA") (Topic) and ISQ OR (primary SAME stability) OR "implant stability quotient" OR Reliability OR repeatability OR reproducibility OR comfort (Topic).	10	14/12/2024

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	Home page
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	2-3
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	14-15
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	16
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	17-18
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	18
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	18-19
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	19
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	20
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	20
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics,	20

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
		funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	21
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	21-22
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	21-22
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	21-22
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	21-22
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	21-22
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	
RESULTS			

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	23
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	24
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	25-26
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	27
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	28
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	28-32
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	28-32
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	
DISCUSSION			

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	33-36
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	36-37
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	36-37
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	
OTHER INFORMATION			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	

GUIA PRISMA 2020

COMPARACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS OSSTELL Y PENGUIN: REVISIÓN SISTEMÁTICA.

Autores:

Thomas Loisel¹, Zaraida Catala Oriola²

¹ Estudiante de 5to año del Grado de Odontología en la Universidad Europea de Valencia, España

² DDS, PhD. Profesora asociada. Departamento de Odontología. Universidad Europea de Valencia, España

Correspondencia:

Thomas LOISEL

Universidad Europea de Valencia.

Faculty of Health Sciences. Department of Dentistry

thomasloisel1@gmail.com

Paseo de la Alameda, , Valencia. Spain

Resumen

Introducción: En el tratamiento del edentulismo, el implante dental es una técnica ampliamente utilizada y predecible. Su éxito depende en gran medida de la estabilidad primaria y secundaria de estos implantes. Existen varios métodos que permiten evaluar y monitorizar la estabilidad implantaria entre los cuales el análisis de frecuencia de resonancia aparecido en la literatura en 1996 es uno de los más ampliamente utilizados. El objetivo de este trabajo es comparar la fiabilidad de los dispositivos Osstell y Penguin a la hora de medir la estabilidad primaria.

Material y métodos: Conforme a la guía PRISMA se realizó una búsqueda electrónica en las bases de datos PubMed, Scopus y Web of Science respecto a la fiabilidad de los dispositivos de RFA Osstell y Penguin. A continuación, se procedió a la selección de los artículos, extracción de datos y síntesis de datos. El riesgo de sesgo de los artículos incluidos al estudio fue analizado de manera individual siguiendo una guía modificada de ARRIVE y CONSORT.

Resultados: De los 20 artículos diferentes obtenidos con la búsqueda bibliográfica, 9 fueron incluidos al estudio. Todos eran estudios in vivo, se utilizó los dispositivos Penguin RFA, Osstell Mentor, Osstell ISQ, Osstell Beacon y Osstell IDx. 4 de estos artículos utilizaron hueso natural para colocar los implantes y los otros 5 utilizaron bloques artificiales. Los implantes colocados tenían longitudes de 8 al 13 mm y diámetros del 3 al 4.6 mm. La media de valores ISQ presentados en estos artículos fue para los dispositivos Osstell de 71 y para Penguin de 68.1. Respecto tipo de hueso, se observó coeficientes de correlación entre los 2 dispositivos de 99% en función del tipo de hueso y de 97% en función del material (artificial o natural). El coeficiente de correlación fue de 90% en función de la longitud de los implantes y de 92% en función de su diámetro.

Conclusiones: A pesar de las limitaciones de este estudio, los dispositivos Osstell y Penguin presentaron una diferencia en los valores ISQ estadísticamente observable pero clínicamente aceptable. Ambos dispositivos reaccionaron de manera similar a las diferentes situaciones inducidas por los diferentes tipos de hueso y materiales utilizados, las diferentes longitudes de implantes utilizadas y los diferentes diámetros.

Palabras claves: “Implante dental”, “Análisis de la frecuencia de resonancia”, “ARF”, “Coeficiente de estabilidad implantaria”, “ISQ”, “Osstell”, “Penguin”, “Estabilidad primaria”.

Introducción:

El éxito de los implantes dentales a largo plazo depende en gran medida de su estabilidad secundaria u osteointegración, que se define desde un punto de vista biomecánico como la conexión estructural y funcional entre el hueso neoformado y la superficie del implante. Una correcta estabilidad primaria del implante post cirugía es una condición imprescindible para lograr esta conexión. Por tanto, Una medición fiable de la estabilidad primaria del implante por tanto es importante para elegir un protocolo de carga y predecir el pronóstico a corto plazo del implante (1-3). El análisis de la frecuencia de resonancia (RFA) es una técnica no invasiva introducida a la literatura en 1996 por Meredith (2). Junto con el torque de inserción, es la técnica más ampliamente usada para averiguar la estabilidad de un implante. Permite al operador evaluar tanto la estabilidad primaria como secundaria de un implante con una lectura en sentido bucolingual o mesiodistal. La historia de la casa comercial Osstell empieza en Suecia en 1999. Desde 2018, la marca forma parte del grupo W&H. La empresa a lo largo de su vida comercial presentó 5 generaciones de dispositivos basados en la técnica RFA (4, 6-9). La historia del dispositivo Penguin empezó en 2015 con la creación del grupo Integration Diagnostics Sweden AB encargado de su comercialización. Es un dispositivo de RFA basado en la tecnología magnética que lleva una sonda en forma de bolígrafo inalámbrico y utiliza un transductor propio a la casa comercial denominado MulTipeg. Hoy en día, está disponible en 3 derivaciones.

En 2011, Gupta y Padmanabhan publicaron un estudio en el que revisaron 49 estudios *in vitro* e *in vivo* que comparaban la RFA con dispositivos Osstell, con otros métodos de medición de la estabilidad (Torque de inserción, torque inverso, Periotest, análisis radiográfico y análisis histológico) Concluyeron que la RFA puede ser una herramienta diagnóstica no invasiva utilizable para detectar la estabilidad implantaria durante las fases de integración y en una rutina de mantenimiento (9). En 2023, Oliveros J.E. y cols. realizaron un estudio en el que se comparaba la estabilidad primaria de implantes cónicos y de paredes paralelas utilizando el torque de inserción y el RFA mediante los dispositivos Osstell y el Penguin. En este artículo, 60 implantes fueron posicionados en 17 pacientes y se observó una diferencia relevante entre los valores ISQ presentados por Osstell y Penguin, siendo el valor promedio de Osstell más elevado que el de Penguin (10). Entonces, creemos justificada la realización de un trabajo que con el apoyo de la literatura publicada a fecha de hoy nos aporte una comparativa entre estas dos herramientas para averiguar si Penguin aunque basado en la misma tecnología realmente tiene la misma fiabilidad que Osstell. El objetivo de la presente revisión sistemática fue comparar la fiabilidad de los dispositivos Osstell y Penguin a la hora de medir la estabilidad primaria de implantes. En un segundo tiempo, se centró en averiguar si al cambiar los materiales en los que se colocan los implantes (hueso natural o artificial), la longitud y el diámetro de los implantes, los dispositivos indican mismos valores ISQ.

Material y métodos:

La revisión sistemática ha sido realizada acorde con los principios de la guía PRISMA 2020 (Preferred Reporting Item for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (11).

- **Pregunta PICO**

La Búsqueda se ha llevado a cabo mediante la pregunta PICO siguiente: **¿En implantes dentales colocados *in vitro*, el análisis de la frecuencia de resonancia con el dispositivo PenguinRFA nos aporta una medición de la estabilidad primaria más fiable que el análisis de la frecuencia de resonancia con un dispositivo Osstell?**

- P (Población): Implantes dentales colocados *in vitro* en hueso natural o artificial
- I (Intervención): Análisis de la frecuencia de resonancia mediante el dispositivo Penguin
- C (Comparación): Análisis de la frecuencia de resonancia mediante el dispositivo Osstell
- O (variables de resultados):
 - O1: Tipo de hueso o material utilizado,
 - O2: Longitud de los implantes,
 - O3: Diámetro de los implantes

- **Criterios de elegibilidad**

Utilizamos los criterios de inclusión siguientes: Estudios experimentales *in vitro*, publicados en inglés, español castellano o francés. Antigüedad máxima de 10 años. Mediciones de implantes dentales colocados *in vitro*/Ex vivo en bloques de hueso natural o de material artificial. Mediciones con análisis de la frecuencia de resonancia de mismos implantes con los dispositivos Penguin y Osstell incluyendo datos comparativos entre ambos. Estabilidad primaria medida mediante el ISQ. Especifican la longitud y diámetro de los implantes utilizados

Utilizamos los criterios de exclusión siguientes: Revisiones, series de casos, cartas y comentarios al editor, informes de expertos, Ensayos clínicos *in vivo*. Ausencia de utilización del dispositivo Penguin o Osstell en la medición de la estabilidad de los implantes, utilización de otro método que no sea el análisis de la frecuencia de resonancia, ausencia de información sobre el material utilizado para colocar los implantes, la longitud o el diámetro de los mismos. Implantes colocados en otro material que el hueso natural o artificial, Las medidas obtenidas con Osstell y Penguin no se presentan por separado. Las medidas obtenidas por Osstell y Penguin no se encuentran clasificadas en función de la longitud/diámetro de implante y el material en el que son colocados los implantes.

- **Fuentes de información y estrategia de búsqueda**

La búsqueda bibliográfica ha sido realizada en las bases de datos Medline-Pubmed, Scopus y Web of Science con las palabras claves siguientes: “Dental implant”, “oral implant”, “dental implantation”, “resonance frequency análisis”, “RFA”, “Penguin”, “Osstell”, “implant stability quotient”, “ISQ”, “primary stability”, “reliability”, “reproducibility”. Utilizamos los operadores booleanos AND, OR y SAME y términos MeSH en la base de datos Pubmed.

La búsqueda en PubMed fue la siguiente: ("Dental implants"[MeSH Terms] OR "Dental Implantation"[Mesh]) AND (("Resonance Frequency Analysis"[Mesh Terms] OR RFA[Title/Abstract]) AND (Osstell[Title/Abstract] OR "Osstell ISQ"[Title/Abstract] OR "Osstell Mentor"[Title/Abstract] OR "Osstell Beacon"[Title/Abstract] OR "Osstell IDx"[Title/Abstract])) AND (Penguin[Title/Abstract] OR "Penguin RFA"[Title/Abstract])) AND ("implant stability" OR ISQ OR "implant stability quotient" OR "Primary stability" OR Reliability[Title/Abstract] OR repeatability[Title/Abstract] OR Reproducibility[Title/Abstract] OR comfort[Title/Abstract])

- **Selección de artículos**

La selección de estudios ha sido realizada por 2 revisores (T.L. y Z.C.). Los desacuerdos entre los autores se resolvieron a través de la discusión. En primer lugar, los estudios han sido seleccionados mediante la lectura de los títulos eliminando artículos cuyas temáticas no coinciden con los criterios de elección. En segundo lugar, realizamos la selección mediante la lectura de los resúmenes. Cribamos los estudios en función del tipo de estudio, materiales y variables de resultado antes de pasar a la tercera etapa que es la lectura del texto completo. Con la lectura del texto completo, seleccionamos los estudios relevantes para la extracción de datos y procedemos a la misma.

- **Extracción de datos**

En primer lugar, se han extraído las informaciones relevantes acerca del artículo es decir el autor, el año de publicación, el dispositivo exacto utilizado para Osstell o Penguin, el transductor utilizado, el tamaño de la muestra (número de implantes medidos), el número de mediciones realizadas en cada implante y el tipo de material en el que los implantes han sido colocados (hueso natural o artificial). Además, se registró la longitud de los implantes colocados. Finalmente, registramos el valor ISQ medio publicado en cada artículo. Se agruparon según la longitud de implante medido, el diámetro, y el tipo de material utilizado (tipo de hueso natural o artificial).

- **Valoración de la calidad**

Utilizamos una escala de ARRIVE y COSORT modificada para la evaluación del riesgo de sesgo de cada artículo in vitro. La evaluación fue realizada en función de los siguientes parámetros (12). Si un parámetro es especificado claramente por el artículo, recibe una

puntuación de 0, para este parámetro, si es especificado de manera insuficiente o no clara, recibe una puntuación de 1 para este parámetro, si la información es ausente, recibe una puntuación de 2. Artículos con una puntuación total de 0 - 3 son clasificados como bajo riesgo de sesgo, artículos con una puntuación total de 4 - 7 son clasificados como riesgo moderado de sesgo y artículos con una puntuación de 8 – 10 son clasificados como riesgo alto de sesgo.

- **Síntesis de datos**

Con el fin de resumir las variables y compara los dispositivos, primero, se agruparon los datos en función del dispositivo utilizado sin tomar en cuenta las variables como el bloque utilizado o el diseño de implante. Se procedió al cálculo de las medias ponderadas de los valores ISQ presentados por ambos dispositivos y se calculó las diferencias y derivación estándar. Luego, se separó los datos en función de los bloques utilizados, la longitud de implante y el diámetro de implante y se procedió al cálculo de las medias ponderadas y del coeficiente de correlación de Pearson entre los dos dispositivos.

Resultados:

- **Selección de estudios**

Después de la búsqueda en las plataformas digitales, se obtuvo un total de 39 resultados de los cuales 9 pertenecían a PubMed, 20 a Scopus, y 10 a Web of Science. Después de la eliminación de los resultados duplicados, nos encontramos con 20 resultados para el cribado por título y abstract. 7 de estos resultados fueron eliminados. 3 mediante lectura del título (13-15), y 4 después de la lectura del abstract. De estos 4 resultados: 3 se han eliminado porque no eran estudios in vitro (16-18) y 1 porque no se utilizaba el dispositivo Penguin (19). (Fig. 1). Por tanto, los 13 resultados remanentes se han recuperado a texto completo para el cribado. De estos 13 artículos hemos eliminado 4: uno por ausencia de información sobre la longitud y/o el diámetro de los implantes utilizados (20), uno porque no separaba los valores de Osstell y Penguin en función del material, longitud o diámetro de implante (21), uno porque los implantes eran colocados en diferentes materiales al hueso natural o artificial (22), y uno porque estaba basado en el mismo estudio que otro artículo ya incorporado al estudio generando duplicado de resultados (23). En la tabla 1 se especifican los motivos de exclusión de los diferentes artículos (Fig. 1). En la presente revisión sistemática, los autores obtuvieron un grado de acuerdo completo respecto a la selección de los artículos.

- **Características de los estudios**

De los nueve estudios in vitro seleccionados para la revisión, siete artículos se centraban directamente en realizar una comparación de los dispositivos Penguin y Osstell (24-30). Un artículo no se centraba directamente en establecer una comparación entre los dos

dispositivos, sino que utilizaba medidas realizadas con Osstell y Penguin en una misma muestra de implantes para establecer la fuerza mínima necesaria para unir el transductor al implante. En este artículo, decidimos descartar las medidas obtenidas con fuerzas de unión no fiable e incluir solo las medidas consideradas como relevantes (44). El ultimo articulo incluido en el estudio hacía incidencia en la influencia de la presencia de hueso cortical y en el diseño de implante (implante cónico o de paredes paralelas) sobre la estabilidad primaria. Todos los grupos se han incluido en las medias (32).

El número total de mediciones realizadas fue de 2638 para Penguin y de 3278 para Osstell. Esta discrepancia entre los dos dispositivos se explica por el uso de dos dispositivos Osstell en el artículo de Dicker B. y cols. 2020 (28), contra un dispositivo Penguin. Debido a esta diferencia, se decidió ponderar las medias al número de mediciones realizadas. Los datos relacionados con las características de los artículos son reportados en la tabla 1.

- **Evaluación del riesgo de sesgo**

En esta selección de artículos, según la escala modificada Arrive and Consort, 6 articulo tuvieron un riesgo de sesgo bajo, 3 tuvieron un riesgo de sesgo moderado y ninguno obtuvo un riesgo de sesgo alto. En la presente revisión sistemática, los autores obtuvieron un grado de acuerdo completo respecto a la evaluación del riesgo de sesgo (Fig. 2).

- **Síntesis de datos**

VALORES ISQ MEDIOS DE OSSTELL Y PENGUIN

El primer valor que se obtuvo de los artículos fue el valor ISQ medio obtenido por Osstell y Penguin independientemente del diseño de implante o del tipo de hueso. Los valores presentados por Osstell y Penguin en este estudio fueron respectivamente de 71 y de 68.1, la diferencia de 2.9 que existe en estos valores medios es una diferencia estadísticamente destacable pero clínicamente aceptable. La Tabla 2 presenta todos los datos extraídos relacionados con los valores medios de Osstell y Penguin en este estudio siendo m(O) el número de mediciones realizadas con Osstell y m(P) el número de mediciones realizadas con Penguin.

VALORES ISQ EN FUNCION DEL TIPO DE HUESO/MATERIAL ARTIFICIAL

En la presente revisión sistemática, hubo valores medios para Osstell de 72.2 en tipo I, 76.51 en tipo II, 70.62 en tipo III y 60.29 en tipo IV. Para Penguin, los valores fueron de 71 en tipo I, 75.42 en tipo II, 69.26 en tipo III y 58,78. Se observaron diferencias muy limitadas entre Osstell y Penguin respecto al tipo de hueso con una diferencia media de 1.3, pero en cada tipo de hueso podemos observar que es siempre el dispositivo Osstell el que obtuvo el valor más elevado. Independientemente de la densidad de los bloques

artificiales y del tipo de hueso natural, Los valores presentados por Osstell y Penguin también fueron similares (Tab. 3).

VALORES ISQ EN FUNCION DE LA LONGITUD Y DEL DIAMETRO DEL IMPLANTE

Cuando se separó los datos en función de la longitud de los implantes y de su diámetro, se observó que los dispositivos Osstell y Penguin presentaron resultados similares con discrepancias bajas entre un dispositivo y otro y buenos coeficientes de correlación de respectivamente 90% y 92%. La tabla 4 resume los valores ISQ encontrados en función de la longitud y del diámetro de implante.

Discusión:

VALORES ISQ MEDIOS DE OSSTELL Y PENGUIN

Puesto que aparecían diferentes condiciones en cuanto al tipo de hueso y al diseño de los implantes de un artículo a otro (Tabla 2), se observó cierta discrepancia de los valores ISQ entre un artículo y otro dentro de un mismo grupo. Para el grupo Osstell, el valor mínimo observado fue de 61.4 (25), y el valor máximo de 77.6 (26). La desviación estándar respecto a la media aritmética en este grupo fue de 4.89. En el grupo Penguin, el valor mínimo observado fue de 61.68 (27) mientras que el valor máximo observado fue de 78.05 (26). La desviación estándar respecto a la media aritmética en el grupo Penguin fue de 5.3. Esta discrepancia fue menos importante cuando comparamos los valores obtenidos por Osstell y Penguin dentro de mismos artículos a excepción de los artículos de Romanos GE. y cols. 2019 (26) y de Blazquez-Hinarejos M. y cols. 2021 (25) que obtuvieron respectivamente diferencias entre Osstell y Penguin de 4.63 y de 3.3. En el primero, es el dispositivo Osstell el que presentó el valor ISQ más alto mientras que en el segundo, es el dispositivo Penguin quien lo presentó. Se observó una discrepancia mínima de 0.22 en el artículo de Diker B. y cols. 2022 (28). La discrepancia media fue de 1.67 y la desviación estándar de 1.06.

En el estudio de Romanos GE. y cols. 2019 (27), no existía en el mercado un MultiPeg (transductor propio del dispositivo Penguin) compatible con los implantes utilizados. Por lo tanto, como no se podía conectar el transductor a los implantes, los autores tuvieron que utilizar el dispositivo Penguin con el SmartPeg (transductor propio de los dispositivos Osstell). Este factor podría explicar la discrepancia más elevada observada entre Osstell y Penguin en este estudio. En el estudio de Herrero-Climent y cols. 2019, se concluyó que, si ambos dispositivos presentan valores fiables y comparables, es recomendado el uso de cada dispositivo con su transductor propio, es decir el SmartPeg para Osstell y el MultiPeg para Penguin. El artículo de Blazquez-Hinarejos M. y cols. 2021 (25) es el estudio incluido que presento la muestra más pequeña de la presente revisión. Se utilizaron 30 implantes que solo se midieron 1 vez cada uno con cada dispositivo. Por tanto, los resultados de este estudio son entre los más susceptible de esta revisión a algún error de manipulación.

El dispositivo Penguin, presentó valores similares con el dispositivo Osstell y por tanto la fiabilidad de ambos dispositivos es comparable.

VALORES ISQ EN FUNCION DEL TIPO DE HUESO/MATERIAL ARTIFICIAL

En la presente revisión sistemática, hubo valores medios para Osstell de 72.2 en tipo I, 76.51 en tipo II, 70.62 en tipo III y 60.29 en tipo IV. Para Penguin, los valores fueron de 71 en tipo I, 75.42 en tipo II, 69.26 en tipo III y 58,78. Se observaron diferencias muy limitadas entre Osstell y Penguin respecto al tipo de hueso con una diferencia media de 1.3, pero en cada tipo de hueso podemos observar que es siempre el dispositivo Osstell el que obtuvo el valor más elevado. Osstell y Penguin ambos reaccionaron de manera similar a cada uno de los materiales en los cuales se habían colocado los implantes. En poliuretano, se observó una discrepancia de 0.38 entre los dos dispositivos cuando era con cortical. cuando era sin cortical, se observó una discrepancia más elevada de 4.15. En bloques frasco, mostraron una discrepancia de 0.225 y en hueso natural de 0.034. La discrepancia media fue de 1.2. El artículo que tuvo más influencia sobre la media de valores ISQ en poliuretano sin cortical con su total de 720 medidas realizadas con cada dispositivo fue el estudio de de Romanos GE. y cols. 2019 (27).

Ambos dispositivos presentaron valores ISQ similares al cambiar el material en el que se habían colocado los implantes y a la densidad del mismo.

VALORES ISQ EN FUNCION DE LA LONGITUD Y DEL DIAMETRO DEL IMPLANTE

En este estudio, el grupo de 10 mm mostró el valor ISQ medio más alto con un 74.32 para Osstell y 72.91 para Penguin. El valor más bajo se observó en el grupo de 8 mm para Osstell con un 63.32 y de 11.5 mm para Penguin con un 61.77. No se pudo observar la relación causal normalmente observada mostrando un aumento de los valores ISQ mientras aumenta la longitud de implante. Esto se puede explicar por la variedad de materiales y densidades de hueso observadas entre los grupos y dentro de cada grupo. Cada dispositivo presentó valores similares al cambiar a las longitudes de los implantes de 8 a 10, 12, o 13 mm. Sin embargo, discrepancias superiores fueron observadas entre Osstell y Penguin en los grupos de 11 y 11.5 mm con respectivamente diferencias de 3.73 y de 4.16. Estas discrepancias se ven principalmente relacionadas en el estudio de Romanos y cols. 2019 (27).

El grupo de implantes superiores a 4 mm presentó valores inferiores a los demás, aunque por su diámetro superior, se debería de esperar unos valores más altos. El único artículo que permanencia a este grupo era el de Blazquez-Hinarejos M. y cols. 2021 (25). Al incluir solo este artículo, también fue el grupo con la mayor discrepancia entre Osstell y Penguin.

Ambos dispositivos presentaron valores ISQ similares al cambiar la longitud y el diámetro de los implantes

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

La primera limitación de este estudio es la falta de datos clínicos *in vivo* que permiten hacer una comparación de los dispositivos Osstell y Penguin. La fase de búsqueda bibliográfica de esta revisión se enfrentó a cierta falta de estudios clínicos comparativos ya que, de todos los resultados obtenidos, únicamente 3 eran estudios *in vivo* en condiciones clínicas. Por tanto, con el fin homogeneizar la muestra, se decidió excluir estos artículos e incluir únicamente artículos *in vitro* en la muestra. Por tanto, futuras investigaciones *in vivo* podrían ser bienvenidas para determinar la aplicación clínica de los resultados obtenidos en esta revisión a la hora de medir la estabilidad primaria o también de determinar la estabilidad a más largo plazo. En 2023, De Elio Ovivero J. y cols. (16) realizaron un estudio en 17 pacientes en el que utilizaron Osstell y Penguin para comparar los valores ISQ de implantes de paredes paralelas con implantes cónicos. Se midieron 60 implantes (30 por grupos) en sentido bucolingual y mesiodistal y se obtuvo para Osstell Un valor ISQ medio de 78.76 y para Penguin un valor medio de 77.58. Este dato comparativo coincide con los datos obtenidos en la presente revisión. En 2021, Brouwer J. y cols. (18) realizaron un estudio clínico en 28 pacientes tratados con injerto después de la extracción. Se colocaron los implantes después de un periodo 10 semanas y se midieron los implantes con Osstell y Penguin al momento de la colocación, a los 10 días y a las 7 semanas y a las 17 semanas. Los implantes se midieron en las dos direcciones. En este estudio Osstell obtuvo valores medios de 77.55 a T0, 79 a T1, 79.95 a T2 y 82.95 a T3. Penguin obtuvo valores medios de 76.65 a T0, 78.3 a T1, 78.65 a T2 y de 82.6 a T3. Este dato comparativo coincide con los resultados de esta revisión. En 2018, Becker W. y cols. (17) realizar un estudio clínico en 30 pacientes (38 implantes) en el que se comparó los valores ISQ al realizar la RFA con Osstell y con Penguin. En este estudio, el valor ISQ presentado por Osstell fue de 74.4 mientras que el valor medio de Penguin fue de 75.4. Este dato comparativo coincide con los resultados de esta revisión.

La segunda limitación observada en esta revisión se observó en los estudios *in vitro* incluidos en el estudio. Presentaron cierta falta de homogeneidad a nivel de los materiales y métodos empleados. En cuanto a los materiales, 4 artículos utilizaron hueso natural y 5 utilizaron un hueso artificial. En lo que se refiere a las longitudes de los implantes, variaron de los 8 mm a los 13 mm y el diámetro, varió de los 3 mm a los 4.6 mm. En ciertos estudios, unos dispositivos no han sido utilizados con su transductor propio en todas las medidas (24, 27, 28, 32). A nivel de los métodos, los implantes se pueden medir en sentido bucolingual, mesiodistal o ambos (25, 26, 28, 29). Algunos no indicaron el sentido (24, 27, 30-32). En 2010, Jong-Chul P. y cols. Realizaron un estudio en 50 pacientes y 71 implantes para comparar los valores obtenidos al medir los implantes en sentido bucolingual y mesiodistal con un Osstell Mentor. En este estudio, no se observaron diferencias significativas al medir el ISQ en los diferentes sentidos, pero hubo diferencias en los valores más altos y bajos en los diferentes puntos de medida (33).

Bibliografía:

1. Meredith N. Assessment of implant stability as a prognostic determinant. *The International journal of prosthodontics*. 1999 Feb ; 11(5).
2. Sennerby L, Meredith N. Implant stability measurements using resonance frequency analysis: Biological and biomechanical aspects and clinical implications. *Periodontology* 2000. 2008 Jun 1;47(1):51-66–66.
3. Cooper LF, De Kok IJ, Rojas-Vizcaya F, Pungpapong P, Chang SH. The immediate loading of dental implants. *Compend Contin Educ Dent*. 2007;28(4).
4. Kastala V. Methods to measure implant stability. *Journal of Dental Implants*. 2018;8(1):3.
5. Atsumi M, Park SH, Wang /Hom-Lay. *Methods Used to Assess Implant Stability: Current Status*. 2007.
6. Mistry G, Shetty O, Shetty S, Singh R. Measuring implant stability: A review of different methods. *Journal of Dental Implants*. 2014;4(2):165.
7. Swami V, Vijayaraghavan V, Swami V. Current trends to measure implant stability. *J Indian Prosthodont Soc*. 1 de abril de 2016 ;16(2):124-30.
8. Satwalekar P, Nalla S, Reddy R, Chowdary SG. Clinical evaluation of osseointegration using resonance frequency analysis. *The Journal of the Indian Prosthodontic Society* . 2015;15(3):192.
9. Gupta RK, Padmanabhan T V. Resonance frequency analysis. Vol. 22, *Indian Journal of Dental Research*. 2011. p. 567-73.
10. de Elío Oliveros J, Gago García A, López Sacristán H, Truchuelo Díez P, Barrilero Martín C, del Canto Díaz M, et al. Insertion Torque and Resonance Frequency Analysis in Tapered and Parallel Dental Implants. *Journal of Oral Implantology*. 1 de agosto de 2023;49(4):347-54.
11. Yepes-Nuñez JJ, Urrútia G, Romero-García M, Alonso-Fernández S. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev Esp Cardiol*. 1 de septiembre de 2021;74(9):790-9.
12. Astudillo-Rubio D, Delgado-Gaete A, Bellot-Arcís C, Montiel-Company JM, Pascual-Moscardó A, Almerich-Silla JM. Mechanical properties of provisional dental materials: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 1 de febrero de 2018;13(2):e0193162.
13. Sartoretto SC, Calasans-Maia J, Resende R, Câmara E, Ghiraldini B, Bezerra FJB, et al. The Influence of Nanostructured Hydroxyapatite Surface in the Early Stages of Osseointegration: A Multiparameter Animal Study in Low-Density Bone. *Int J Nanomedicine*. 2020;15:8803 – 8817.
14. Kuzu TE, Öztürk K, Gürkan CA, Üşümez A, Yay A, Göktepe Ö. Effect of Photobiomodulation Therapy on Peri-Implant Bone Healing in Extra-Short Implants in a Rabbit Model: A Pilot Study. *Photobiomodul Photomed Laser Surg*. 2022;40(6):402 – 409.
15. Dhahi AY, Bede SY, Khachadourian H. Reliability of the multipeg™ transducer in measuring dental implant stability by using a resonance frequency analysis device (Osstell®): An observational clinical study. *Journal of Baghdad College of Dentistry*. 2023;35(3):58 – 66.
16. de Elío Oliveros J, Gago García A, López Sacristán H, Truchuelo Díez P, Barrilero Martín C, Del Canto Díaz M, et al. Insertion Torque and Resonance Frequency Analysis in Tapered and Parallel Dental Implants. *J Oral Implantol*. 1 de agosto de 2023;49(4):347-54.

17. Becker W, Hujoel P, Becker BE. Resonance frequency analysis: Comparing two clinical instruments. *Clin Implant Dent Relat Res*. 1 de junio de 2018;20(3):308-12.
18. Brouwers JEIG, Buis S, de Groot PG, de Laat B, Remijn JA. Resonance frequency analysis with two different devices after conventional implant placement with ridge preservation: A prospective pilot cohort study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 1 de octubre de 2021;23(5):789-99.
19. Kuzu TE, Öztürk K. Determination of the Effect of Periimplantitis-Induced Bone Defects on Implant Stability by Resonance Frequency Analysis Method: An Ex-Vivo Study; [Peri-İmplantitise Bağlı Kemik Defektlerinin İmplant Stabilitesi Üzerine Etkisinin Rezonans Analiz Yöntemiyle Belirlenmesi: Ex-Vivo Çalışma]. *Cumhuriyet Dental Journal*. 2023;26(3):276 – 280.
20. Norton MR. Resonance frequency analysis: Agreement and correlation of implant stability quotients between three commercially available instruments. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*. 2019;34(1):215 – 222.
21. Carmen Díaz-Castro M, Falcao A, López-Jarana P, Falcao C, Ríos-Santos JV, Fernández-Palacín A, et al. Repeatability of the resonance frequency analysis values in implants with a new technology. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 1 de septiembre de 2019;24(5):e636-42.
22. Buyukguclu G, Ozkurt-Kayahan Z, Kazazoglu E. Reliability of the osstell implant stability quotient and penguin resonance frequency analysis to evaluate implant stability. *Implant Dent*. 2018;27(4):429-33.
23. Raz P, Meir H, Levartovsky S, Sebaoun A, Beitlitum I. Primary Implant Stability Analysis of Different Dental Implant Connections and Designs—An In Vitro Comparative Study. *Materials*. 2022;15(9).
24. Raz P, Meir H, Levartovsky S, Peleg M, Sebaoun A, Beitlitum I. Reliability and correlation of different devices for the evaluation of primary implant stability: An in vitro study. *Materials*. 2021;14(19).
25. Blazquez-Hinarejos M, Saka-Herrán C, Diez-Alonso V, Ayuso-Montero R, Velasco-Ortega E, Lopez-Lopez J. Reliability and agreement of three devices for measuring implant stability quotient in the animal ex vivo model. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021;11(8).
26. Koyuncuoglu CZ, Demir B. Comparison of Measurements of Implant Stability by Two Different Radio Frequency Analysis Systems: An In Vitro Study. *J Adv Oral Res*. 2020;11(2):202 – 207.
27. Romanos GE, Bastardi DJ, Kakar A, Moore R, Delgado-Ruiz RA, Javed F. In vitro comparison of resonance frequency analysis devices to evaluate implant stability of narrow diameter implants at varying drilling speeds in dense artificial bone blocks. *Clin Implant Dent Relat Res*. 1 de octubre de 2019;21(5):1023-7.
28. Diker B, Diker N, Tak Ö. Comparison of Reliability of 3 Resonance Frequency Analysis Devices: An In Vitro Study. *Journal of Oral Implantology*. 1 de febrero de 2022;48(1):9-14.
29. Bural C, Dayan C, Geçkili O. Initial stability measurements of implants using a new magnetic resonance frequency analyzer with titanium transducers: An ex vivo study. *Journal of Oral Implantology*. 1 de febrero de 2020;46(1):35-40.
30. Herrero-Climent M, Falcão A, López-Jarana P, Díaz-Castro CM, Ríos-Carrasco B, Ríos-Santos JV. In vitro comparative analysis of two resonance frequency measurement devices: Osstell implant stability coefficient and Penguin

- resonance frequency analysis. Clin Implant Dent Relat Res. 1 de diciembre de 2019;21(6):1124-31.
31. Pelegri A, Kubo F, Salatti D, Teixeira M, Moshaverinia A, Moy P. Can Finger-Generated Force Be Used Reliably to Connect the Transducer for Resonance Frequency Analysis in Determining Implant Stability? Int J Oral Maxillofac Implants. noviembre de 2020;35(6):1141-8.
 32. Chávarri-Prado D, Brizuela-Velasco A, Diéguez-Pereira M, Pérez-Pevida E, Jiménez-Garrudo A, Viteri-Agustín I, et al. Influence of cortical bone and implant design in the primary stability of dental implants measured by two different devices of resonance frequency analysis: An in vitro study. J Clin Exp Dent. 2020;12(3):e242 – e248.
 33. Park JC, Kim HD, Kim SM, Kim MJ, Lee JH. A comparison of implant stability quotients measured using magnetic resonance frequency analysis from two directions: A prospective clinical study during the initial healing period. Clin Oral Implants Res. junio de 2010;21(6):591-7.

Financiamiento: ninguno declarado

Conflicto de interés: ninguno declarado

Tabla 1: Características de los estudios revisados

Artículo	Dispositivos utilizados	Número de mediciones por dispositivos	Hueso/bloque	Longitud y diámetro (mm)
Chavarri-Prado D. y cols. 2020 (32)	Osstell IDx Penguin RFA	320	Poliuretano tipo III	10/4
Raz P. y cols. 2021 (24)	Osstell ISQ Penguin RFA	288	Poliuretano Tipo I y IV	8/3,75 13/3,75
Blazquez-Hiranejos M. y cols. 2021 (25)	Osstell Beacon Penguin RFA	30	Hueso Natural (tipo variables)	12/4,6
Koyuncuoglu CZ. Y cols. 2020 (26)	Osstell Mentor Penguin RFA	120	Hueso natural tipo II	10/3.75
Romanos GE. Y cols. 2019 (27)	Osstell Penguin RFA	720	Poliuretano	11/3 11,5/3
Pelegri A. y cols. 2022 (31)	Osstell Penguin RFA	40	Poliuretano Tipo III	11/4
Dicker B. y cols. 2020 (28)	Osstell Beacon Osstell IDx Penguin RFA	640	Bloques Frasco tipo II y III	10/3.5 10/4
Bural C. y cols. 2020 (29)	Osstell ISQ Penguin RFA	120	Hueso natural tipo I y III	11/3,5
Herrero-Climent M. y cols. 2019 (31)	Osstell ISQ Penguin RFA	360	Hueso natural tipo II y III	12/3,5 12/3.75

Tabla 2: Valores promedios de Osstell y Penguin

Articulo	OSSTELL	PENGUIN	m(O)	m(P)	Discrepancia
Chavarri-Prado D. y Cols. 2020 (32)	65,67	64,91	320	320	0,76
P. Raz Y cols. 2021 (24)	65,08	63,95	288	288	1,13
M. Blazquez-Hinarejos y cols. 2021 (25)	61,4	64,7	30	30	-3,3
Koyuncuoglu CZ y cols. 2020 (26)	77,6	78,05	120	120	-0,45
GE. Romanos y cols. 2019 (27)	66,3117	61,68167	720	720	4,63
A. Pelegrine y cols. 2020 (31)	71,45	73,05	40	40	-1,6
B. Diker y cols. 2022 (28)	76,1725	75,95	1280	640	0,2225
C. Bural y cols. 2020 (29)	75,855	74,01	120	120	1,845
M. Herrero-climent y cols. 2019 (30)	68,4	67,35	360	360	1,05
Valores promedios ponderados	71,001	68,06816	x	x	1,665277778
Desviación estándar	4,88743	5,306996	x	x	1,062037037

Tabla 3: ISQ en función del material y tipo de hueso

ISQ EN FUNCION DEL MATERIAL Y TIPO DE HUESO	Poliuretano con cortical	poliuretano sin cortical	Frasaco	Hueso natural	media ponderada
Penguin					
Tipo I	69,095	x	x	75,575	71,0008824
Tipo II	x	x	78,275	71,98	75,4225806
Tipo III	72,082	57,98	73,625	69,37375	69,2640217
Tipo IV	58,7725	x	x	x	58,7725
No Tipo/Densidad indicado	x	61,6816667	x	64,7	61,8024
media ponderada	67,27319672	61,0086364	75,95	70,887619	x
Osstell					
Tipo I	69,8375	x	x	78	72,2382353
Tipo II	x	x	78,3275	72,62	76,5059574
Tipo III	71,378	59,96	74,015	68,04125	70,6199194
Tipo IV	60,285	x	x	x	60,285
No tipo/densidad indicados	x	66,3116667	x	61,4	65,9280003
media ponderada	67,65008197	65,1568182	76,1725	70,8538095	x
Discrepancias (Material)	Poliuretano con cortical 0,376885246	poliuretano sin cortical 4,14818182	Frasaco 0,2225	Hueso natural 0,03380952	media 1,19534415
Discrepancias (Tipo de hueso)	Tipo I 1,237352941	Tipo II 1,0833768	Tipo III 1,35589762	Tipo IV 1,5125	Media 1,29728184
Coeficiente de correlacion O+P	Tipo/densidad* 0,999970281	Material 0,9731702			

**No incluye los datos con tipo de hueso no indicado*

Tabla 4: ISQ en función de la longitud y diámetro de implante

Diametro de implante (mm)	[3-3,5]	[3,5-3,75]	[3,75-4]	>4	Media		
Ostell (ISQ)	69,51415663	68,37591837	73,1108	61,4	x		
Penguin (ISQ)	66,88671642	67,68469388	70,8570588	64,7	x		
Discrepancias	2,627440208	0,69122449	2,25374118	3,3	2,218101469		
Coeficiente de correlacion O+P	0,926958724						
Longitud de implante (mm)	8	10	11	11,5	12	13	Media
Osstell (ISQ)	63,32	74,31813953	70,1465	65,93	66,89230769	66,8025	x
Penguin (ISQ)	61,7725	72,91222222	66,414	61,7675	67,14615385	66,1	x
Discrepancias	1,5475	1,405917313	3,7325	4,1625	0,253846154	0,7025	1,967460578
Coeficiente de correlacion	0,908313443						

Figura 1: Diagrama de Flujo de selección de estudios

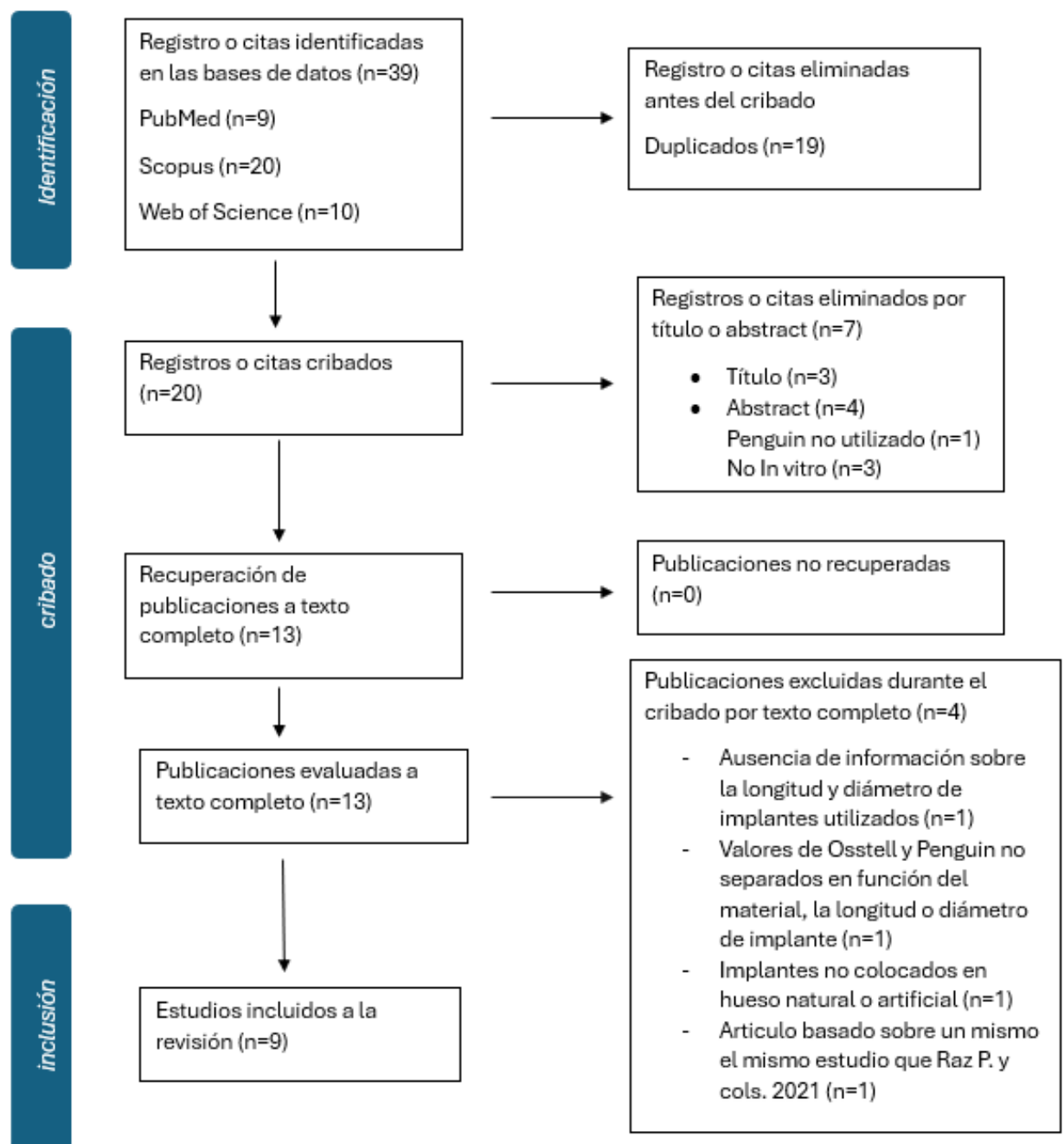
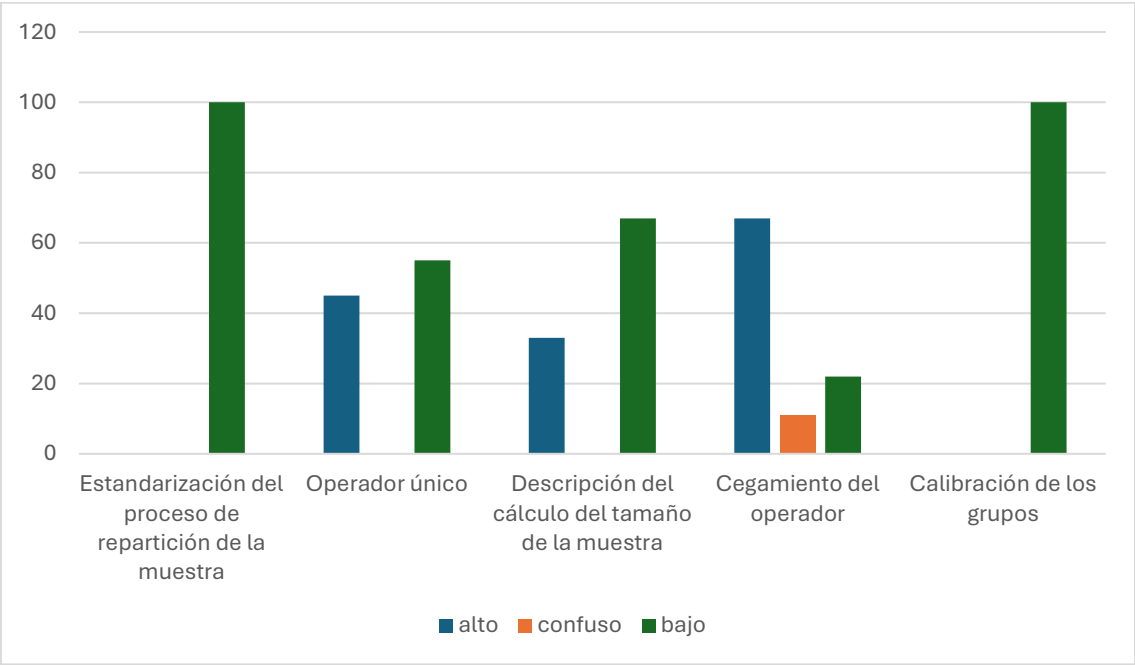


Figura 2: Distribución de los artículos por apartado de evaluación (%)



COMPARISON OF OSSTELL AND PENGUIN DEVICES: SYSTEMATIC REVIEW

Authors:

Thomas Loisel¹, Zaraida Catala Oriola²

¹ Fifth-year Dental Student, European University of Valencia, Spain

² DDS, PhD. Associate Professor, Department of Dentistry, European University of Valencia, Spain

Correspondence:

Thomas LOISEL

European University of Valencia

Faculty of Health Sciences, Department of Dentistry

thomasloisel1@gmail.com

Paseo de la Alameda, Valencia, Spain

Abstract:

Introduction: In the treatment of edentulism, dental implants are a widely used and predictable technique. Their success largely depends on the primary and secondary stability of these implants. Several methods allow for the evaluation and monitoring of implant stability, among which resonance frequency analysis (RFA), first reported in the literature in 1996, is one of the most widely used. The objective of this study is to compare the reliability of the Osstell and Penguin devices in measuring primary stability.

Material and Methods: Following the PRISMA guidelines, an electronic search was conducted in the PubMed, Scopus, and Web of Science databases regarding the reliability of the Osstell and Penguin RFA devices. Subsequently, article selection, data extraction, and data synthesis were carried out. The risk of bias in the included studies was individually analysed using a modified ARRIVE and CONSORT guideline.

Results: Out of the 20 different articles obtained through the literature search, 9 were included in the study. All were in vivo studies, and the devices used included Penguin RFA, Osstell Mentor, Osstell ISQ, Osstell Beacon, and Osstell IDx. Four of these articles used natural bone for implant placement, while the other five used artificial blocks. The implants placed had lengths ranging from 8 to 13 mm and diameters from 3 to 4.6 mm. The average ISQ values reported in these articles were 71 for the Osstell devices and 68.1 for the Penguin. Regarding bone type, correlation coefficients between the two devices were 99% depending on bone type and 97% based on the material used (artificial or natural). The correlation coefficient was 90% based on implant length and 92% based on implant diameter.

Conclusions: Despite the limitations of this study, the Osstell and Penguin devices showed a statistically observable but clinically acceptable difference in ISQ values. Both devices responded similarly to the different situations induced by the various bone types and materials used, as well as the different implant lengths and diameters.

Keywords: “Dental Implant”, “Resonance frequency analyse”, “RFA”, “Implant stability quotient”, “ISQ”, “Osstell”, “Penguin”, “Primary Stability”.

Introduction:

The long-term success of dental implants largely depends on their secondary stability or osseointegration, which is biomechanically defined as the structural and functional connection between newly formed bone and the surface of the implant. Proper primary stability of the implant immediately after surgery is an essential condition for achieving this connection. Therefore, a reliable measurement of the implant's primary stability is important in selecting an appropriate loading protocol and predicting the short-term prognosis of the implant (1–3).

Resonance Frequency Analysis (RFA) is a non-invasive technique introduced into the literature in 1996 by Meredith (2). Alongside insertion torque, it is the most widely used technique to determine implant stability. It allows the clinician to assess both primary and secondary stability of an implant with readings taken in either buccolingual or mesiodistal directions.

The history of the Osstell brand began in Sweden in 1999. Since 2018, the brand has been part of the W&H Group. Over the years, the company has launched five generations of RFA-based devices (4, 6–9). The Penguin device was introduced in 2015 with the creation of Integration Diagnostics Sweden AB, the company responsible for its distribution. It is an RFA device based on magnetic technology, featuring a wireless pen-shaped probe and using a proprietary transducer called the Multipeg. Today, it is available in three versions.

In 2011, Gupta and Padmanabhan published a study reviewing 49 in vitro and in vivo studies comparing RFA using Osstell devices with other implant stability measurement methods (insertion torque, reverse torque, Periotest, radiographic analysis, and histological analysis). They concluded that RFA can be a useful non-invasive diagnostic tool for detecting implant stability during the integration phases and in routine maintenance (9).

In 2023, Oliveros J.E. and colleagues conducted a study comparing the primary stability of tapered and parallel-walled implants using insertion torque and RFA through the Osstell and Penguin devices. In that study, 60 implants were placed in 17 patients, and a relevant difference was observed in the ISQ values reported by Osstell and Penguin, with Osstell presenting higher average values than Penguin (10).

Therefore, we believe that a study supported by the current literature is justified to provide a comparison between these two tools in order to determine whether Penguin, although based on the same technology, truly has the same reliability as Osstell. The objective of this systematic review was to compare the reliability of the Osstell and Penguin devices in measuring primary implant stability. Additionally, it aimed to determine whether differences in materials (natural or artificial bone), implant length, and implant diameter influence the ISQ values reported by each device.

Material and Methods:

The systematic review was conducted in accordance with the principles of the PRISMA 2020 guidelines (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (11).

- **PICO Question**

The search was guided by the following PICO question: In dental implants placed in vitro, does resonance frequency analysis using the PenguinRFA device provide a more reliable measurement of primary stability than resonance frequency analysis using an Osstell device?

- P (Population): Dental implants placed in vitro in natural or artificial bone
- I (Intervention): Resonance frequency analysis using the Penguin device
- C (Comparison): Resonance frequency analysis using the Osstell device
- O (Outcome variables):
 - O1: Type of bone or material used
 - O2: Length of the implants
 - O3: Diameter of the implants

- **Eligibility Criteria**

Inclusion criteria: In vitro experimental studies. Published in English, Spanish (Castilian), or French. Published within the last 10 years. Measurements of dental implants placed in vitro/ex vivo in natural bone blocks or artificial material. Measurements using resonance frequency analysis with both Penguin and Osstell devices, including comparative data between them. Primary stability measured using ISQ values. Specification of implant length and diameter

Exclusion criteria: Reviews, case series, letters and editorials, expert opinion reports, in vivo clinical trials. Studies not using either the Penguin or Osstell devices to measure implant stability. Use of a method other than resonance frequency analysis. Lack of information about the material in which the implants were placed, or lack of data on implant length or diameter. Implants placed in materials other than natural or artificial bone. ISQ values from Osstell and Penguin not reported separately. ISQ values not categorized by implant length, diameter, or material in which implants were placed.

- **Information Sources and Search Strategy**

The literature search was conducted in the Medline-PubMed, Scopus, and Web of Science databases using the following keywords: *“Dental implant”, “oral implant”, “dental implantation”, “resonance frequency analysis”, “RFA”, “Penguin”, “Osstell”, “implant stability quotient”, “ISQ”, “primary stability”, “reliability”, “reproducibility”*.

Boolean operators **AND**, **OR**, and **SAME** were used, as well as MeSH terms in the PubMed database.

The PubMed search strategy was as follows: ("Dental implants"[MeSH Terms] OR "Dental Implantation"[MeSH]) AND (("Resonance Frequency Analysis"[MeSH Terms] OR RFA[Title/Abstract]) AND (Osstell[Title/Abstract] OR "Osstell ISQ"[Title/Abstract] OR "Osstell Mentor"[Title/Abstract] OR "Osstell Beacon"[Title/Abstract] OR "Osstell IDx"[Title/Abstract]) AND (Penguin[Title/Abstract] OR "Penguin RFA"[Title/Abstract])) AND ("implant stability" OR ISQ OR "implant stability quotient" OR "Primary stability" OR Reliability[Title/Abstract] OR repeatability[Title/Abstract] OR Reproducibility[Title/Abstract] OR comfort[Title/Abstract])

- **Study Selection**

Study selection was carried out by two reviewers (T.L. and Z.C.). Disagreements between the authors were resolved through discussion. First, studies were screened by title, with irrelevant topics being excluded. Second, the abstracts were reviewed, and studies were filtered based on study type, materials, and outcome variables. The third stage involved reading the full text of the remaining articles. Based on the full-text review, relevant studies were selected for data extraction.

- **Data Extraction**

First, relevant information was extracted from each article, including the author, year of publication, the exact Osstell or Penguin device used, the transducer used, the sample size (number of implants measured), the number of measurements per implant, and the type of material in which the implants were placed (natural or artificial bone). Additionally, the length of the placed implants was recorded. Finally, the average ISQ value reported in each article was collected. The data were grouped according to implant length, diameter, and the type of material used (natural or artificial bone).

- **Quality Assessment**

A modified ARRIVE and CONSORT scale was used to assess the risk of bias in each in vitro study. Evaluation was based on the following parameters (12): If a parameter was clearly reported in the article, it received a score of 0. If it was insufficiently or unclearly reported, it received a 1. If the information was absent, it received a 2.

Articles with a total score of 0–3 were classified as low risk of bias, those with 4–7 as moderate risk, and those with 8–10 as high risk of bias.

- **Data Synthesis**

To summarize the variables and compare the devices, the data were first grouped based on the device used, without considering variables such as the type of block or implant design. Weighted averages of the ISQ values presented by both devices were calculated, along with the differences and standard deviation. The data were then separated according to the type of block used, implant length, and implant diameter. Weighted

means and Pearson correlation coefficients between the two devices were calculated for each subgroup.

Results:

• Study Selection

Following the database search, a total of 39 results were obtained: 9 from PubMed, 20 from Scopus, and 10 from Web of Science. After removing duplicates, 20 results remained for screening by title and abstract. Seven of these were excluded: three based on the title (13–15), and four after reviewing the abstract. Among those four, Three were excluded because they were not in vitro studies (16–18), One was excluded for not using the Penguin device (19) (see Fig. 1).

The remaining 13 studies were retrieved in full-text for further screening. Of these, 4 were excluded: One due to a lack of information on implant length and/or diameter (20), one for not separating Osstell and Penguin values based on material, length, or implant diameter (21), one for using materials other than natural or artificial bone (22), one because it duplicated data from another included study (23).

Table 1 specifies the reasons for exclusion of each article (Fig. 1). In this systematic review, the authors reached full agreement on the selection of included studies.

• Study Characteristics

Of the nine in vitro studies selected for review, seven directly focused on comparing the Penguin and Osstell devices (24–30). One article did not directly compare the two devices but used ISQ measurements from both on the same implant sample to determine the minimum force required to attach the transducer to the implant. In this study, only the reliable measurements (with sufficient coupling force) were included (44).

The final article examined the influence of cortical bone presence and implant design (tapered vs. parallel-walled) on primary stability. All groups in this study were included in the ISQ mean calculations (32).

The total number of measurements was 2,638 for Penguin and 3,278 for Osstell. This discrepancy is due to the use of two Osstell devices versus one Penguin device in the study by Dicker B. et al., 2020 (28). Because of this difference, the means were weighted based on the number of measurements performed. Data on study characteristics are presented in Table 1.

• Risk of Bias Assessment

According to the modified ARRIVE and CONSORT scale, 6 articles were classified as having a low risk of bias, and 3 as having a moderate risk of bias. No article was considered to have a high risk of bias. The authors reached full agreement in the risk of bias evaluation (Fig. 2).

- **Data Synthesis**

MEAN ISQ VALUES OF OSSTELL AND PENGUIN

The first values extracted from the articles were the mean ISQ values obtained by Osstell and Penguin, regardless of implant design or bone type. The ISQ values presented by Osstell and Penguin in this study were 71 and 68.1, respectively. The 2.9-point difference between these average values is statistically significant but clinically acceptable. Table 2 presents all extracted data related to the mean ISQ values of Osstell and Penguin in this study, with $m(O)$ representing the number of measurements performed with Osstell, and $m(P)$ the number performed with Penguin.

ISQ VALUES ACCORDING TO BONE TYPE / ARTIFICIAL MATERIAL

In this systematic review, the mean ISQ values for Osstell were: 72.2 in Type I bone, 76.51 in Type II, 70.62 in Type III, 60.29 in Type IV. For Penguin, the values were: 71 in Type I, 75.42 in Type II, 69.26 in Type III, 58.78 in Type IV

There were very limited differences between Osstell and Penguin with respect to bone type, with an average difference of 1.3. However, in each bone type, Osstell consistently recorded the higher value. Regardless of the density of artificial blocks or the type of natural bone, the values recorded by Osstell and Penguin were also similar. Table 3 summarize all the data according the bone type and material used.

ISQ VALUES ACCORDING TO IMPLANT LENGTH AND DIAMETER

When the data were broken down based on implant length and diameter, Osstell and Penguin showed similar results, with low discrepancies between devices and strong Pearson correlation coefficients of 90% for implant length and 92% for implant diameter. Table 4 summarizes the ISQ values found according to implant length and diameter.

Discussion:

AVERAGE ISQ VALUES OF OSSTELL AND PENGUIN

Since different conditions were observed regarding bone type and implant design from one article to another (Table 2), some discrepancies in ISQ values were noted between articles within the same group. For the Osstell group, the minimum observed value was 61.4 (25), and the maximum was 77.6 (26). The standard deviation from the arithmetic mean in this group was 4.89. In the Penguin group, the minimum value was 61.68 (27), and the maximum was 78.05 (26). The standard deviation in the Penguin group was 5.3. This discrepancy was less significant when comparing ISQ values from Osstell and Penguin within the same articles, except for the studies by Romanos GE et al. 2019 (26) and Blazquez-Hinarejos M. et al. 2021 (25), which showed differences of 4.63 and 3.3, respectively. In the first case, Osstell recorded the highest ISQ value, while in the second,

Penguin did. The smallest discrepancy observed was 0.22 in the study by Diker B. et al. 2022 (28). The average discrepancy was 1.67, with a standard deviation of 1.06.

In the study by Romanos GE et al. 2019 (27), no MultiPeg (Penguin's dedicated transducer) compatible with the implants used was available on the market. As a result, since the transducer could not be connected to the implants, the authors had to use the Penguin device with a SmartPeg (Osstell's transducer). This factor may explain the higher discrepancy observed in that study. In the study by Herrero-Climent et al. 2019, it was concluded that although both devices provide reliable and comparable values, it is recommended that each device be used with its own dedicated transducer, namely the SmartPeg for Osstell and the MultiPeg for Penguin. The article by Blazquez-Hinarejos M. et al. 2021 (25) had the smallest sample size in this review. Thirty implants were used, each measured only once with each device. Therefore, this study's results are among the most susceptible to manipulation errors.

The Penguin device showed values similar to those of Osstell, suggesting that both devices have comparable reliability.

ISQ VALUES ACORDING TO BONE TYPE OR MATERIAL USED

In this systematic review, Osstell showed average values of 72.2 for type I, 76.51 for type II, 70.62 for type III, and 60.29 for type IV bone. For Penguin, the values were 71 for type I, 75.42 for type II, 69.26 for type III, and 58.78 for type IV. Very limited differences were observed between Osstell and Penguin regarding bone type, with an average difference of 1.3, but in each bone type, Osstell consistently reported higher values. Both Osstell and Penguin responded similarly to the materials in which the implants were placed.

In polyurethane, a discrepancy of 0.38 was observed between the two devices when cortical bone was present. When there was no cortical bone, the discrepancy was higher, reaching 4.15. In Frasco blocks, the discrepancy was 0.225, and in natural bone, 0.034. The average discrepancy was 1.2. The article that most influenced the average ISQ values in polyurethane without cortical bone, with 720 measurements per device, was the study by Romanos GE et al. 2019 (27).

Both devices showed similar ISQ values depending on the material in which the implants were placed and its density.

ISQ VALUES ACORDING TO IMPLANT LENGTH AND DIAMETER

In this study, the 10 mm group showed the highest average ISQ value, with 74.32 for Osstell and 72.91 for Penguin. The lowest value was observed in the 8 mm group for Osstell (63.32) and in the 11.5 mm group for Penguin (61.77). The usual causal relationship in which ISQ values increase with implant length was not observed. This may

be explained by the variety of materials and bone densities both between and within the groups.

Each device showed similar values when the implant lengths were changed to 8, 10, 12, or 13 mm. However, larger discrepancies between Osstell and Penguin were found in the 11 mm and 11.5 mm groups, with differences of 3.73 and 4.16, respectively. These discrepancies were mainly related to the study by Romanos et al. 2019 (27).

The group of implants with diameters greater than 4 mm showed lower ISQ values than other groups, although higher values would normally be expected due to the larger diameter. The only article in this group was that by Blazquez-Hinarejos M. et al. 2021 (25), which also showed the greatest discrepancy between Osstell and Penguin.

Both devices showed similar ISQ values when implant length and diameter were changed.

STUDY LIMITATIONS

The first limitation of this study is the lack of in vivo clinical data that would allow for a direct comparison between Osstell and Penguin. The literature search for this review revealed a limited number of comparative clinical studies, with only three in vivo clinical studies found. To ensure homogeneity of the sample, these articles were excluded in favor of in vitro studies. Therefore, future in vivo research would be useful to assess the clinical applicability of the results obtained in this review for measuring primary stability or longer-term implant stability.

In 2023, De Elio Ovivero J. et al. (16) conducted a study involving 17 patients, using Osstell and Penguin to compare ISQ values between parallel-walled and conical implants. Sixty implants (30 per group) were measured in the buccolingual and mesiodistal directions. Osstell showed an average ISQ value of 78.76, while Penguin showed an average value of 77.58. This comparative data is consistent with the results of the present review.

In 2021, Brouwer J. et al. (18) conducted a clinical study on 28 patients treated with grafts after extraction. Implants were placed after a 10-week healing period and were measured with Osstell and Penguin at the time of placement, at 10 days, at 7 weeks, and at 17 weeks. Implants were measured in both directions. In this study, Osstell showed average values of 77.55 at T0, 79 at T1, 79.95 at T2, and 82.95 at T3. Penguin showed values of 76.65 at T0, 78.3 at T1, 78.65 at T2, and 82.6 at T3. These results are consistent with those of this review.

In 2018, Becker W. et al. (17) conducted a clinical study on 30 patients (38 implants), comparing ISQ values obtained using RFA with Osstell and Penguin. In this study, Osstell presented an average ISQ value of 74.4, while Penguin showed a value of 75.4. These results are also consistent with the findings of this review.

The second limitation observed in this review relates to the in vitro studies included. They showed a certain degree of heterogeneity in terms of materials and methods. Four articles used natural bone and five used artificial bone. Implant lengths ranged from 8

mm to 13 mm, and diameters ranged from 3 mm to 4.6 mm. In some studies, devices were not always used with their dedicated transducers (24, 27, 28, 32). Regarding methodology, implants were measured in the buccolingual, mesiodistal, or both directions (25, 26, 28, 29). Some studies did not specify the direction of measurement (24, 27, 30–32).

In 2010, Jong-Chul P. et al. conducted a study on 50 patients and 71 implants to compare ISQ values obtained by measuring in the buccolingual and mesiodistal directions using an Osstell Mentor. No significant differences were observed between the directions, but variations in maximum and minimum values were noted depending on the measurement points (33).

References:

1. Meredith N. Assessment of implant stability as a prognostic determinant. *The International journal of prosthodontics*. 1999 Feb ; 11(5).
2. Sennerby L, Meredith N. Implant stability measurements using resonance frequency analysis: Biological and biomechanical aspects and clinical implications. *Periodontology* 2000. 2008 Jun 1;47(1):51-66–66.
3. Cooper LF, De Kok IJ, Rojas-Vizcaya F, Pungpapong P, Chang SH. The immediate loading of dental implants. *Compend Contin Educ Dent*. 2007;28(4).
4. Kastala V. Methods to measure implant stability. *Journal of Dental Implants*. 2018;8(1):3.
5. Atsumi M, Park SH, Wang /Hom-Lay. *Methods Used to Assess Implant Stability: Current Status*. 2007.
6. Mistry G, Shetty O, Shetty S, Singh R. Measuring implant stability: A review of different methods. *Journal of Dental Implants*. 2014;4(2):165.
7. Swami V, Vijayaraghavan V, Swami V. Current trends to measure implant stability. *J Indian Prosthodont Soc*. 1 de abril de 2016 ;16(2):124-30.
8. Satwalekar P, Nalla S, Reddy R, Chowdary SG. Clinical evaluation of osseointegration using resonance frequency analysis. *The Journal of the Indian Prosthodontic Society* . 2015;15(3):192.
9. Gupta RK, Padmanabhan T V. Resonance frequency analysis. Vol. 22, *Indian Journal of Dental Research*. 2011. p. 567-73.
10. de Elío Oliveros J, Gago García A, López Sacristán H, Truchuelo Díez P, Barrilero Martín C, del Canto Díaz M, et al. Insertion Torque and Resonance Frequency Analysis in Tapered and Parallel Dental Implants. *Journal of Oral Implantology*. 1 de agosto de 2023;49(4):347-54.
11. Yepes-Nuñez JJ, Urrútia G, Romero-García M, Alonso-Fernández S. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev Esp Cardiol*. 1 de septiembre de 2021;74(9):790-9.
12. Astudillo-Rubio D, Delgado-Gaete A, Bellot-Arcís C, Montiel-Company JM, Pascual-Moscardó A, Almerich-Silla JM. Mechanical properties of provisional dental materials: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 1 de febrero de 2018;13(2):e0193162.

13. Sartoretto SC, Calasans-Maia J, Resende R, Câmara E, Ghiraldini B, Bezerra FJB, et al. The Influence of Nanostructured Hydroxyapatite Surface in the Early Stages of Osseointegration: A Multiparameter Animal Study in Low-Density Bone. *Int J Nanomedicine*. 2020;15:8803 – 8817.
14. Kuzu TE, Öztürk K, Gürkan CA, Üşümez A, Yay A, Göktepe Ö. Effect of Photobiomodulation Therapy on Peri-Implant Bone Healing in Extra-Short Implants in a Rabbit Model: A Pilot Study. *Photobiomodul Photomed Laser Surg*. 2022;40(6):402 – 409.
15. Dhahi AY, Bede SY, Khachadourian H. Reliability of the multipeg™ transducer in measuring dental implant stability by using a resonance frequency analysis device (Osstell®): An observational clinical study. *Journal of Baghdad College of Dentistry*. 2023;35(3):58 – 66.
16. de Elío Oliveros J, Gago García A, López Sacristán H, Truchuelo Díez P, Barrilero Martín C, Del Canto Díaz M, et al. Insertion Torque and Resonance Frequency Analysis in Tapered and Parallel Dental Implants. *J Oral Implantol*. 1 de agosto de 2023;49(4):347-54.
17. Becker W, Hujoel P, Becker BE. Resonance frequency analysis: Comparing two clinical instruments. *Clin Implant Dent Relat Res*. 1 de junio de 2018;20(3):308-12.
18. Brouwers JEIG, Buis S, de Groot PG, de Laat B, Remijn JA. Resonance frequency analysis with two different devices after conventional implant placement with ridge preservation: A prospective pilot cohort study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 1 de octubre de 2021;23(5):789-99.
19. Kuzu TE, Öztürk K. Determination of the Effect of Periimplantitis-Induced Bone Defects on Implant Stability by Resonance Frequency Analysis Method: An Ex-Vivo Study; [Peri-İmplantitise Bağlı Kemik Defektlerinin İmplant Stabilitesi Üzerine Etkisinin Rezonans Analiz Yöntemiyle Belirlenmesi: Ex-Vivo Çalışma]. *Cumhuriyet Dental Journal*. 2023;26(3):276 – 280.
20. Norton MR. Resonance frequency analysis: Agreement and correlation of implant stability quotients between three commercially available instruments. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*. 2019;34(1):215 – 222.
21. Carmen Díaz-Castro M, Falcao A, López-Jarana P, Falcao C, Ríos-Santos JV, Fernández-Palacín A, et al. Repeatability of the resonance frequency analysis values in implants with a new technology. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 1 de septiembre de 2019;24(5):e636-42.
22. Buyukguclu G, Ozkurt-Kayahan Z, Kazazoglu E. Reliability of the osstell implant stability quotient and penguin resonance frequency analysis to evaluate implant stability. *Implant Dent*. 2018;27(4):429-33.
23. Raz P, Meir H, Levartovsky S, Sebaoun A, Beitlitum I. Primary Implant Stability Analysis of Different Dental Implant Connections and Designs—An In Vitro Comparative Study. *Materials*. 2022;15(9).
24. Raz P, Meir H, Levartovsky S, Peleg M, Sebaoun A, Beitlitum I. Reliability and correlation of different devices for the evaluation of primary implant stability: An in vitro study. *Materials*. 2021;14(19).
25. Blazquez-Hinarejos M, Saka-Herrán C, Díez-Alonso V, Ayuso-Montero R, Velasco-Ortega E, Lopez-Lopez J. Reliability and agreement of three devices for measuring implant stability quotient in the animal ex vivo model. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021;11(8).

26. Koyuncuoglu CZ, Demir B. Comparison of Measurements of Implant Stability by Two Different Radio Frequency Analysis Systems: An In Vitro Study. *J Adv Oral Res.* 2020;11(2):202 – 207.
27. Romanos GE, Bastardi DJ, Kakar A, Moore R, Delgado-Ruiz RA, Javed F. In vitro comparison of resonance frequency analysis devices to evaluate implant stability of narrow diameter implants at varying drilling speeds in dense artificial bone blocks. *Clin Implant Dent Relat Res.* 1 de octubre de 2019;21(5):1023-7.
28. Diker B, Diker N, Tak Ö. Comparison of Reliability of 3 Resonance Frequency Analysis Devices: An In Vitro Study. *Journal of Oral Implantology.* 1 de febrero de 2022;48(1):9-14.
29. Bural C, Dayan C, Geçkili O. Initial stability measurements of implants using a new magnetic resonance frequency analyzer with titanium transducers: An ex vivo study. *Journal of Oral Implantology.* 1 de febrero de 2020;46(1):35-40.
30. Herrero-Climent M, Falcão A, López-Jarana P, Díaz-Castro CM, Ríos-Carrasco B, Ríos-Santos JV. In vitro comparative analysis of two resonance frequency measurement devices: Osstell implant stability coefficient and Penguin resonance frequency analysis. *Clin Implant Dent Relat Res.* 1 de diciembre de 2019;21(6):1124-31.
31. Pelegri A, Kubo F, Salatti D, Teixeira M, Moshaverinia A, Moy P. Can Finger-Generated Force Be Used Reliably to Connect the Transducer for Resonance Frequency Analysis in Determining Implant Stability? *Int J Oral Maxillofac Implants.* noviembre de 2020;35(6):1141-8.
32. Chávarri-Prado D, Brizuela-Velasco A, Diéguez-Pereira M, Pérez-Pevida E, Jiménez-Garrudo A, Viteri-Agustín I, et al. Influence of cortical bone and implant design in the primary stability of dental implants measured by two different devices of resonance frequency analysis: An in vitro study. *J Clin Exp Dent.* 2020;12(3):e242 – e248.
33. Park JC, Kim HD, Kim SM, Kim MJ, Lee JH. A comparison of implant stability quotients measured using magnetic resonance frequency analysis from two directions: A prospective clinical study during the initial healing period. *Clin Oral Implants Res.* junio de 2010;21(6):591-7.

Funding: None declared

Conflict of interest: None declared

Table 1: Study Characteristics

Study	Device	Measurements	Bone/Blocs	Implant length/diameter (mm)
Chavarri-Prado D. y cols. 2020 (32)	Osstell IDx Penguin RFA	320	Polyurethane type III	10/4
Raz P. y cols. 2021 (24)	Osstell ISQ Penguin RFA	288	Polyurethane type I and IV	8/3,75 13/3,75
Blazquez-Hiranejos M. y cols. 2021 (25)	Osstell Beacon Penguin RFA	30	Natural bone	12/4,6
Koyuncuoglu CZ. Y cols. 2020 (26)	Osstell Mentor Penguin RFA	120	Natural bone type II	10/3.75
Romanos GE. Y cols. 2019 (27)	Osstell Penguin RFA	720	Polyurethane	11/3 11,5/3
Pelegri A. y cols. 2022 (31)	Osstell Penguin RFA	40	Polyurethane Type III	11/4
Dicker B. y cols. 2020 (28)	Osstell Beacon Osstell IDx Penguin RFA	640	Frasaco blocs type II and III	10/3.5 10/4
Bural C. y cols. 2020 (29)	Osstell ISQ Penguin RFA	120	Natural bone type I and III	11/3,5
Herrero-Climent M. y cols. 2019 (31)	Osstell ISQ Penguin RFA	360	Natural bone type II and III	12/3,5 12/3.75

Table 2: Mean ISQ values of Osstell and Penguin

Study	OSSTELL	PENGUIN	m(O)	m(P)	Differences
Chavarri-Prado D. y Cols. 2020 (32)	65,67	64,91	320	320	0,76
P. Raz Y cols. 2021 (24)	65,08	63,95	288	288	1,13
M. Blazquez-Hinarejos y cols. 2021 (25)	61,4	64,7	30	30	-3,3
Koyuncuoglu CZ y cols. 2020 (26)	77,6	78,05	120	120	-0,45
GE. Romanos y cols. 2019 (27)	66,3117	61,68167	720	720	4,63
A. Pelegrine y cols. 2020 (31)	71,45	73,05	40	40	-1,6
B. Diker y cols. 2022 (28)	76,1725	75,95	1280	640	0,2225
C. Bural y cols. 2020 (29)	75,855	74,01	120	120	1,845
M. Herrero-climent y cols. 2019 (30)	68,4	67,35	360	360	1,05
Mean values	71,001	68,06816	x	x	1,665277778
standard deviation	4,88743	5,306996	x	x	1,062037037

Table 3: Mean ISQ values according to bone type and material used

<i>ISQ according to bone type and material used</i>	Polyurethane with cortical	polyurethane without cortical	Frasaco	Natural bone	Mean value
Penguin					
Type I	69,095	x	x	75,575	71,0008824
Type II	x	x	78,275	71,98	75,4225806
Type III	72,082	57,98	73,625	69,37375	69,2640217
Type IV	58,7725	x	x	x	58,7725
No type/density indicated	x	61,6816667	x	64,7	61,8024
Mean value	67,27319672	61,0086364	75,95	70,887619	x
Osstell					
Type I	69,8375	x	x	78	72,2382353
Type II	x	x	78,3275	72,62	76,5059574
Type III	71,378	59,96	74,015	68,04125	70,6199194
Type IV	60,285	x	x	x	60,285
No type/density indicated	x	66,3116667	x	61,4	65,9280003
Mean value	67,65008197	65,1568182	76,1725	70,8538095	x
Differences (Material)	Poliuretano con cortical 0,376885246	poliuretano sin cortical 4,14818182	Frasaco 0,2225	Hueso natural 0,03380952	media 1,19534415
Differences (Bone type)	Tipo I 1,237352941	Tipo II 1,0833768	Tipo III 1,35589762	Tipo IV 1,5125	Media 1,29728184
Correlation coefficient	Tipo/densidad* 0,999970281	Material 0,9731702			

**No incluye los datos con tipo de hueso no indicado*

Table 4: ISQ according to implant length and diameter

implant diameter (mm)	[3-3,5]	[3,5-3,75]	[3,75-4]	>4	Media		
Ostell (ISQ)	69,51415663	68,37591837	73,1108	61,4	x		
Penguin (ISQ)	66,88671642	67,68469388	70,8570588	64,7	x		
Differences	2,627440208	0,69122449	2,25374118	3,3	2,218101469		
Correlation coefficient	0,926958724						
Implant lenght (mm)	8	10	11	11,5	12	13	Media
Osstell (ISQ)	63,32	74,31813953	70,1465	65,93	66,89230769	66,8025	x
Penguin (ISQ)	61,7725	72,91222222	66,414	61,7675	67,14615385	66,1	x
Differences	1,5475	1,405917313	3,7325	4,1625	0,253846154	0,7025	1,967460578
Correlation coefficient	0,908313443						

Figure 1: study selection Flow chart diagram

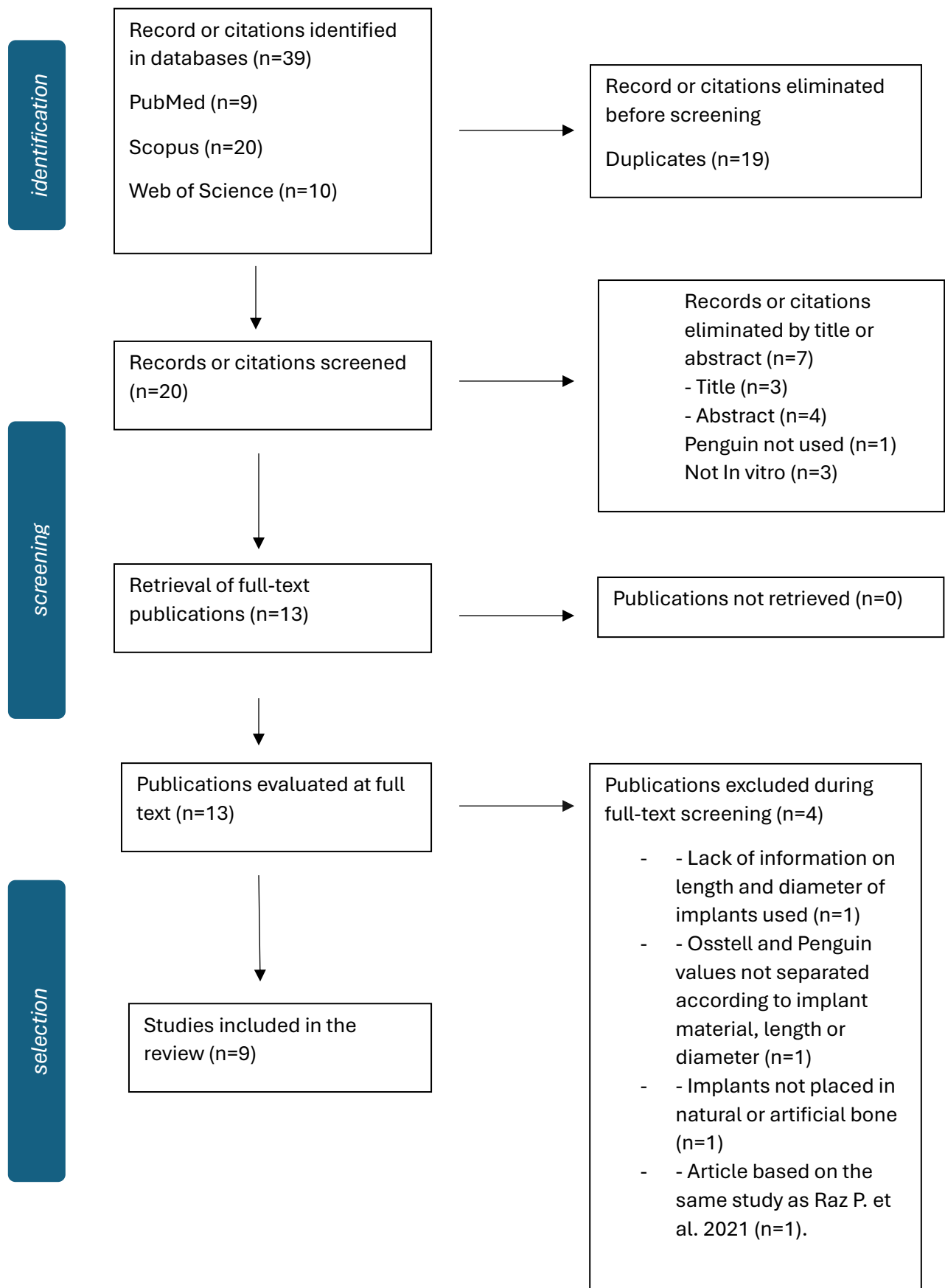


Figure 2: risk of bias study distribution by item

