

Revista Clínica de Periodoncia,  
Implantología y Rehabilitación Oral

**Tratamiento de Superficie utilizados en Microtornillos de  
Ortodoncia y su Efecto en la Estabilidad Primaria y  
Secundaria: Revisión Bibliográfica**

Journal:	<i>International Journal of Interdisciplinary Dentistry</i>
Manuscript ID	REVISTA-2020-0074.R2
Manuscript Type:	Reviews
Date Submitted by the Author:	14-Mar-2021
Complete List of Authors:	Rojas, Victor; Universidad de los Andes, Ortodoncia Damian, Fernanda; Practica privada Concha, Paz; Practica Privada
Keywords:	microtornillos, estabilidad primaria y secundaria, tratamiento de superficie

SCHOLARONE™  
Manuscripts

### Relevancia Clínica

Los microtornillos ortodóncicos son dispositivos de anclaje temporal utilizados cada vez con mayor frecuencia. Aumentan los límites de los tratamientos compensatorios en los pacientes, pero no siempre son totalmente estables, pudiendo fallar. Por esto, mejorar la estabilidad en la fase temprana de su instalación, aumentaría la confiabilidad del tratamiento, lo cual justifica científicamente la realización de esta revisión. Dentro de los resultados principales se obtuvo diferencias significativas entre distintos tratamientos de superficies. Como consecuencias prácticas el clínico podrá contar con herramientas que le permitan mejorar la estabilidad de los microtornillos de ortodoncia en sus tratamientos.

## Tratamiento de Superficie utilizados en Microtornillos de Ortodoncia y su Efecto en la Estabilidad Primaria y Secundaria: Revisión Bibliográfica

**Resumen:** Los microtornillos de ortodoncia corresponden a dispositivos de anclaje temporal que sirven como coadyuvantes en el tratamiento ortodóncico y cuyo uso se ha ido incrementando en el último tiempo. Las fallas de los microtornillos tienden a ocurrir durante la primera semana de inserción por lo que mejorar la estabilidad es un paso importante para mejorar la confiabilidad del tratamiento. Una posible solución a esto es modificar la superficie del microtornillo. **Objetivo:** Identificar en la literatura actual los tratamientos de superficie más utilizados que favorezcan la estabilidad primaria y secundaria en el éxito de los microtornillos en ortodoncia. **Material y método:** Se realizó una búsqueda en Pubmed y EBSCO con los términos en idioma inglés “*miniscrew*”/“*mini implant*” AND “*surface*”, “*treatment*” and “*stability*”. Se incluyeron los estudios realizados *in vivo* con el objetivo de comparar y/o evaluar el efecto de los tratamientos realizados en la superficie del microtornillo en el éxito o estabilidad de éste, artículos disponibles en inglés y español. Se excluyeron estudios realizados en implantes dentales y/o médicos, *in vitro*, estudios clínicos sin grupo control. **Resultados:** 25 publicaciones fueron utilizadas en la revisión, habiendo 11 tipos de tratamiento de superficie estudiados. La generación de matrices de nanotubos de óxido de titanio, fotofuncionalización mediada por rayos ultravioleta y anodizado de superficie evidenciaron aumento de la estabilidad de los microtornillos. El uso de técnicas convencionales: grabado ácido, arenado-grabado ácido, no es concluyente en cuanto a su efecto en la estabilidad. **Conclusión:** Hay escasa evidencia sobre los tratamientos de superficie

1  
2  
3 realizados en microtornillos de ortodoncia para la mejora de su estabilidad. Técnicas  
4 pioneras como la generación de matrices de nanotubos de óxido de titanio,  
5 fotofuncionalización mediada por rayos ultravioleta y anodizado de superficie  
6 evidenciaron aumento de la estabilidad de los microtornillos, siendo necesaria la  
7 replicación de los estudios en humanos. La utilización de técnicas convencionales  
8 tales como grabado ácido y arenado-grabado ácido, no es concluyente en cuanto a  
9 su efecto en la estabilidad de los microtornillos.  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18

19 **Palabras clave:** *miniscrew, mini implant, stability, surface treatment*  
20  
21  
22  
23

24 **Abstract:** Orthodontic miniscrews correspond to temporary anchoring devices that  
25 help as adjuvants in orthodontic treatment and whose use has been increasing in  
26 recent times. Miniscrew failures can vary during the first week of insertion, so  
27 improving stability is an important step to enhance treatment reliability. A possible  
28 solution to this issue is to modify the miniscrew surface. **Objective:** To identify in the  
29 current literature the most widely used surface treatments that favor the primary and  
30 secondary stability and success of orthodontic miniscrews. **Material and method:**  
31 A search was made in Pubmed and EBSCO with the English terms "miniscrew"/"mini  
32 implant" AND "surface", "treatment" and "stability". *In vivo* studies were included with  
33 the aim of comparing and/or evaluating the effect of the treatments performed on the  
34 miniscrew's surface on its success or stability, articles available in English and  
35 Spanish. Studies performed in dental and/or medical implants, *in vitro*, clinical  
36 studies without control group were excluded. **Results:** 25 publications were used in  
37 the review, with 11 types of surface treatment studied. The generation of titanium  
38 oxide nanotube matrices, ultraviolet-mediated photofunctionalization and surface  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3 anodizing proved an increase in the stability of the miniscrews. The use of  
4  
5 conventional techniques: acid etching, sandblasting-acid etching, is inconclusive as  
6  
7 to its effect on stability. **Conclusion:** There is little evidence of surface treatments  
8  
9 performed on orthodontic miniscrews to improve its stability. Pioneering techniques  
10  
11 such as the generation of titanium oxide nanotube matrices, ultraviolet-mediated  
12  
13 photofunctionalization and surface anodizing showed increased stability of the  
14  
15 miniscrews, requiring the replication on human studies. The use of conventional  
16  
17 techniques such as acid etching and acid sandblasting-etching is inconclusive as to  
18  
19 its effect on the stability of the miniscrews.  
20  
21  
22

23  
24 **Key words:** miniscrew, mini implant, stability, surface treatment  
25  
26  
27

---

## INTRODUCCIÓN

Los microtornillos ortodóncicos (MT) son dispositivos de anclaje temporal utilizados cada vez con mayor frecuencia en la ortodoncia actual. Estos dispositivos permiten evitar problemas como la pérdida de anclaje y/o la dependencia de la cooperación del paciente en el uso de elásticos u otros aparatos utilizados como métodos de anclaje tradicional<sup>(1)</sup>. El uso de los MT ha permitido aumentar los límites de los tratamientos compensatorios en los pacientes, sin embargo, tienen sus desventajas: no siempre son totalmente estables, e incluso pueden fallar y desinsertarse por completo<sup>(1)</sup>.

La falla de los MT tiende a ocurrir durante las primeras dos o tres semanas después de su inserción, con un porcentaje de éxito que oscila entre el 70-80%<sup>(2,3)</sup>. Por lo tanto, mejorar la estabilidad en la fase temprana de su instalación, sería un paso importante para aumentar la confiabilidad del tratamiento. **La estabilidad de los implantes se divide en dos fases:** La estabilidad primaria se establece por una retención netamente mecánica inicial producida por el contacto y fricción entre la superficie del microtornillo y el hueso, antes de producirse la oseointegración<sup>(4)</sup>. La estabilidad secundaria **se caracteriza por una unión biológica entre ambas superficies**, formándose hueso en la interfaz del microtornillo con el hueso, iniciándose en un tiempo aproximado de tres semanas, dependiendo de la retención mecánica y de la respuesta biológica del paciente<sup>(4)</sup>. En un metaanálisis de Labaye et al. (2014) las fallas reportadas con mayor frecuencia fueron producidas por movilidad, infección e inflamación<sup>(5)</sup>. Se sugiere una buena higiene oral y evitar el

1  
2  
3 cigarro<sup>(6)</sup> para prevenir la inflamación, infección y consecuente perimicroimplantitis,  
4  
5  
6 patología que conduce a una falla del 30%<sup>(7)</sup>.

7  
8 El tratamiento de la superficie de los MT no es una idea nueva, varios métodos  
9  
10 han sido probados y reportados como exitosos en estudios en animales y humanos,  
11  
12 sin embargo, la mayoría de los estudios se han enfocado principalmente en mejorar  
13  
14 solo la calidad y velocidad de la oseointegración de los implantes dentales. Con la  
15  
16 creencia de que la topografía afecta directamente la retención y biocompatibilidad  
17  
18 del MT, varios métodos han sido probados incluyendo arenado, láser, grabado  
19  
20 ácido, recubrimiento con hidroxiapatita y anodizado<sup>(1)</sup>.

21  
22  
23  
24 La porosidad de la superficie de los implantes, parece ser el factor que maximiza  
25  
26 la formación de hueso, lo puede afectar la función celular, deposición y  
27  
28 mineralización de la matriz. Recientemente ha sido reportado el arenado de la  
29  
30 superficie del implante con *resorbable blasting media* (RBM) como partículas de  
31  
32 hidroxiapatita o fosfato de calcio. Este tratamiento se asocia con un mayor torque  
33  
34 de remoción y contacto de interfase con el hueso al compararlo con MT  
35  
36 maquinados, y pareciera tener un mayor beneficio en la formación de hueso y  
37  
38 estabilidad primaria del MT<sup>(8)</sup>.

39  
40  
41  
42 Es por ello que el objetivo de esta revisión bibliográfica es identificar en la  
43  
44 literatura actual los tratamientos de superficie que favorezcan la estabilidad primaria  
45  
46 y éxito de los microtornillos en ortodoncia.  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

## METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda en las bases de datos PubMed y EBSCO con los términos en idioma inglés “*miniscrew*”/“*mini implant*” AND “*surface*”, “*stability*” and “*treatment*”. Se filtraron los resultados por fecha desde enero 2008 a marzo 2020. Se leyeron los resúmenes, y se incluyeron los estudios realizados *in vivo* en microtornillos de ortodoncia (MT), y artículos disponibles en inglés y español. Fueron excluidos estudios realizados en implantes dentales y/o médicos, estudios *in vitro* y clínicos sin grupo control.

## RESULTADOS

La búsqueda realizada en PubMed arrojó 158 resultados, de los cuales 37 cumplían con los criterios de selección. EBSCO arrojó 13 resultados. Debido a publicaciones duplicadas, hubo un total de 29 archivos válidos. Tras la lectura completa, cuatro de ellos no tenían grupo control por lo que fueron descartados, obteniendo un total de 25 publicaciones a considerar. En ellas se investigaron 11 tratamientos de superficie diferentes. Los estudios incluidos fueron ensayos clínicos *in vivo*: tres en humanos y 22 en animales (Tabla 1).



## Tratamiento químico

### 1. Matrices de nanotubos de óxido de titanio

Jang et al. (2015) describió la anodización de matrices de nanotubos de óxido de titanio como capas columnares y porosas de titanio formadas de manera electroquímica en electrolitos fluorados, estas incrementan la rugosidad de la superficie de los MT. Microtornillos convencionales fueron tratados con anodizado de superficie a varios voltajes e inmersos en una solución electrolítica de etilenglicol con 0,5% de fluoruro de amonio a 60 voltios, 60 minutos. Posteriormente, se abrieron los nanotubos con ultrasonido y se sometió a 60 voltios, 15 minutos. **Se confirmó la formación de la microestructura con microscopía electrónica de barrido, encargada de dar la estabilidad inicial al MT.** Tras ocho semanas de instalados, el porcentaje de contacto microtornillo-hueso fue significativamente mayor en los MT con matrices de nanotubos de óxido de titanio respecto a los convencionales<sup>(9)</sup>. Jang et al. (2017) confirmó la capacidad de las matrices de nanotubos de óxido de titanio como dispensadores de fármacos, en este caso, ibuprofeno y factor de crecimiento óseo rhBMP-2. **La osteointegración histológica se evaluó ocho semanas (estabilidad secundaria) después de la implantación midiendo la relación de contacto implante-hueso (BIC).** El BIC aumentó significativamente en el grupo con nanotubos cargados con ibuprofeno, de **44,3% a 71,6% en promedio.** La rhBMP-2 no probó aumentar la estabilidad de los MT<sup>(10)</sup>.

## 2. Fotofuncionalización mediada por rayos ultravioleta

La fotofuncionalización mediada por rayos UV-A y UV-C puede utilizarse para envejecer la superficie de los MT de titanio aumentando su capacidad biológica que genera una superficie super-hidrofílica incrementando el reclutamiento y adhesión de células osteogénicas. Tabuchi et al. (2015) utilizó este método en los MT durante 12 minutos previamente a su instalación. Se observó mediante microscopio electrónico que los MT tratados con rayos UV tenían una morfología similar a los convencionales, pero mostraron super-hidrofilia, lo que permitió que la sangre de la médula ósea tuviera contacto inmediato con el MT. El torque de remoción a las tres semanas fue significativamente mayor en los MT tratados con rayos UV. Este método no aumenta la rugosidad de superficie, por lo que se evita las posibles fracturas del MT al retirar, favoreciendo la estabilidad secundaria, sin embargo, se encontró que el complejo microtornillo-hueso pareció producir falla en la interfase, no fractura cohesiva, pero sí afectando la estabilidad primaria<sup>(11)</sup>.

## 3. Tratamiento de superficie con láser

El láser utilizado en la superficie crea microporosidades en un patrón estrictamente regular, mejorando la dureza, rugosidad y resistencia a la corrosión. Kang et al. (2016) investigó el uso de láser de longitud de onda de 1064 nanómetros en MT de acero inoxidable. En microscopía electrónica, se comprobó que los MT tratados tenían una superficie con elevaciones esféricas y fusión extensa, por lo que a pesar de que la rugosidad estaba aumentada respecto al grupo control, se considera que el tratamiento con láser sigue manteniendo la superficie lisa. La

1  
2  
3 estabilidad primaria máxima se obtuvo de inmediato mediante la retención  
4 mecánica, principalmente del hueso cortical y se redujo gradualmente mientras se  
5 producía la remodelación ósea alrededor. A las ocho semanas se midió el torque de  
6 remoción y porcentaje de contacto entre microtornillo-hueso, no observándose  
7 diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. Se concluyó que el  
8 uso de láser no aumenta la estabilidad primaria de los MT<sup>(12)</sup>.  
9

#### 19 4. Anodizado de superficie

20 La anodización de superficie es una pasivación electrolítica, que aumenta el  
21 grosor de la capa de óxidos en la superficie de los metales. Karmarker et al. (2012)  
22 la utilizó para comprobar el aumento de la estabilidad primaria en los MT. La capa  
23 formada en la superficie contiene dióxido de titanio enriquecida en iones calcio y  
24 fósforo que ayuda a lograr una unión química entre el MT y hueso. A las seis  
25 semanas se midió el máximo torque de remoción, siendo mayor en los MT tratados  
26 con anodizado de superficie, habiendo una diferencia estadísticamente significativa  
27 respecto al control. La resistencia a la cizalla de la interfase microtornillo-hueso, fue  
28 significativamente mayor en el grupo anodizado. La superficie anodizada tiene más  
29 porosidades, creando un estrés desigual en el hueso periimplantario y una  
30 consecuente remodelación ósea diferencial, aumentando la traba mecánica<sup>(1)</sup>.  
31

32 Choi et al. (2012) analizó cuantitativamente los cambios en la rugosidad de la  
33 superficie de los MT (superficie mecanizada frente a superficie oxidada anódica)  
34 utilizando tanto microscopía electrónica de barrido (SEM) como microscopía de  
35 fuerza atómica (AFM). En todos los MT, se aplicó una fuerza de ortodoncia  
36 inmediatamente después de la colocación y se continuó durante 12 semanas. Las  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57

mediciones realizadas demostraron que todos los parámetros de rugosidad de la superficie de los bordes de los MT con anodizado utilizados se redujeron significativamente en comparación con los no utilizados<sup>(13)</sup>. **No se logró un efecto en la estabilidad secundaria como se esperaba.**

### **5. APH (Anodizado de superficie, precalcificación y calor)**

La aleación de titanio es utilizada en la fabricación de MT, caracterizándose por tener fuerza y resistencia al calor, pero liberar iones de vanadio y aluminio, lo que causa hipersensibilidad y citotoxicidad. Oh-E et al. (2014) quiso mejorar la biocompatibilidad y capacidad de oseointegración de los MT, con anodizado de superficie a 20 voltios por 60 minutos en solución de agua, glicerol y fluoruro de amonio, 30 ciclos de precalcificación cíclica, para cargar la matriz con partículas de calcio y fósforo, y calor a 500°C. Los MT tratados con APH tenían mayor torque de remoción, hidrofilia y bioactividad a las tres y seis semanas que los convencionales. La hidrofilia implica una mayor humectabilidad, es decir, una reacción celular aumentada. Al observar los MT tratados con APH, presentaron fallas cohesivas con neoformación ósea, estando el MT cubierto casi completamente por hueso neoformado. El tratamiento con APH **provee una superficie bioactiva induciendo una oseointegración temprana<sup>(14)</sup>, que a su vez propicia a una estabilidad secundaria por las características ya descritas.**

### **6. RBM (Resorbable blasting media)**

Gansukh et al. (2016) realizó el arenado con RBM sobre la superficie de MT utilizando ácido nítrico y fosfato de calcio. Hubo una diferencia estadísticamente

1  
2  
3 significativa en los torques de inserción y remoción obtenidos a las **dos semanas** de  
4 la implantación, siendo mayores en el grupo tratado con RBM. No hubo diferencias  
5 en el porcentaje de contacto microtornillo-hueso. Existió una mayor remodelación  
6 con mayor cantidad de osteoblastos y osteoclastos en el hueso circundante a los  
7 MT convencionales, presentando reabsorción ósea temprana que disminuye la  
8 estabilidad. Los MT tratados con RBM preservaron el hueso laminar en etapas  
9 tempranas del tratamiento, siendo un apoyo a la estabilidad inicial<sup>(8)</sup>.

10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19 Kim & Kim (2016), utilizó arenado con fosfato de calcio y RBM en los dos tercios  
20 superiores de MT y los instaló junto a MT con grabado ácido y maquinados-  
21 convencionales. A la cuarta y octava semana el grupo tratado mostró mayor torque  
22 de remoción, estadísticamente significativo respecto a los demás. Los MT tratados  
23 con RBM en los dos tercios superiores tienen una **mayor estabilidad secundaria**<sup>(15)</sup>.

## 32 33 **7. Grabado ácido**

34  
35 Lemes-Vilani et al. (2015) estudió el grabado ácido con ácido nítrico,  
36 hidroclorhídrico y sulfúrico en la superficie de MT. Tras tres semanas, el porcentaje  
37 de éxito del grupo con grabado ácido fue mayor al porcentaje de éxito de los MT  
38 maquinados, con un 88,8% y 77,7% respectivamente. Los MT con grabado ácido  
39 tuvieron un mayor torque de remoción y menor movilidad asesorada con *periotest*  
40 (instrumento usado para la medición de la oseointegración de implantes dentales),  
41 aun así, no hubo una significancia estadística con respecto a los maquinados<sup>(16)</sup>

42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100  
101  
102  
103  
104  
105  
106  
107  
108  
109  
110  
111  
112  
113  
114  
115  
116  
117  
118  
119  
120  
121  
122  
123  
124  
125  
126  
127  
128  
129  
130  
131  
132  
133  
134  
135  
136  
137  
138  
139  
140  
141  
142  
143  
144  
145  
146  
147  
148  
149  
150  
151  
152  
153  
154  
155  
156  
157  
158  
159  
160  
161  
162  
163  
164  
165  
166  
167  
168  
169  
170  
171  
172  
173  
174  
175  
176  
177  
178  
179  
180  
181  
182  
183  
184  
185  
186  
187  
188  
189  
190  
191  
192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199  
200  
201  
202  
203  
204  
205  
206  
207  
208  
209  
210  
211  
212  
213  
214  
215  
216  
217  
218  
219  
220  
221  
222  
223  
224  
225  
226  
227  
228  
229  
230  
231  
232  
233  
234  
235  
236  
237  
238  
239  
240  
241  
242  
243  
244  
245  
246  
247  
248  
249  
250  
251  
252  
253  
254  
255  
256  
257  
258  
259  
260  
261  
262  
263  
264  
265  
266  
267  
268  
269  
270  
271  
272  
273  
274  
275  
276  
277  
278  
279  
280  
281  
282  
283  
284  
285  
286  
287  
288  
289  
290  
291  
292  
293  
294  
295  
296  
297  
298  
299  
300  
301  
302  
303  
304  
305  
306  
307  
308  
309  
310  
311  
312  
313  
314  
315  
316  
317  
318  
319  
320  
321  
322  
323  
324  
325  
326  
327  
328  
329  
330  
331  
332  
333  
334  
335  
336  
337  
338  
339  
340  
341  
342  
343  
344  
345  
346  
347  
348  
349  
350  
351  
352  
353  
354  
355  
356  
357  
358  
359  
360  
361  
362  
363  
364  
365  
366  
367  
368  
369  
370  
371  
372  
373  
374  
375  
376  
377  
378  
379  
380  
381  
382  
383  
384  
385  
386  
387  
388  
389  
390  
391  
392  
393  
394  
395  
396  
397  
398  
399  
400  
401  
402  
403  
404  
405  
406  
407  
408  
409  
410  
411  
412  
413  
414  
415  
416  
417  
418  
419  
420  
421  
422  
423  
424  
425  
426  
427  
428  
429  
430  
431  
432  
433  
434  
435  
436  
437  
438  
439  
440  
441  
442  
443  
444  
445  
446  
447  
448  
449  
450  
451  
452  
453  
454  
455  
456  
457  
458  
459  
460  
461  
462  
463  
464  
465  
466  
467  
468  
469  
470  
471  
472  
473  
474  
475  
476  
477  
478  
479  
480  
481  
482  
483  
484  
485  
486  
487  
488  
489  
490  
491  
492  
493  
494  
495  
496  
497  
498  
499  
500  
501  
502  
503  
504  
505  
506  
507  
508  
509  
510  
511  
512  
513  
514  
515  
516  
517  
518  
519  
520  
521  
522  
523  
524  
525  
526  
527  
528  
529  
530  
531  
532  
533  
534  
535  
536  
537  
538  
539  
540  
541  
542  
543  
544  
545  
546  
547  
548  
549  
550  
551  
552  
553  
554  
555  
556  
557  
558  
559  
560  
561  
562  
563  
564  
565  
566  
567  
568  
569  
570  
571  
572  
573  
574  
575  
576  
577  
578  
579  
580  
581  
582  
583  
584  
585  
586  
587  
588  
589  
590  
591  
592  
593  
594  
595  
596  
597  
598  
599  
600  
601  
602  
603  
604  
605  
606  
607  
608  
609  
610  
611  
612  
613  
614  
615  
616  
617  
618  
619  
620  
621  
622  
623  
624  
625  
626  
627  
628  
629  
630  
631  
632  
633  
634  
635  
636  
637  
638  
639  
640  
641  
642  
643  
644  
645  
646  
647  
648  
649  
650  
651  
652  
653  
654  
655  
656  
657  
658  
659  
660  
661  
662  
663  
664  
665  
666  
667  
668  
669  
670  
671  
672  
673  
674  
675  
676  
677  
678  
679  
680  
681  
682  
683  
684  
685  
686  
687  
688  
689  
690  
691  
692  
693  
694  
695  
696  
697  
698  
699  
700  
701  
702  
703  
704  
705  
706  
707  
708  
709  
710  
711  
712  
713  
714  
715  
716  
717  
718  
719  
720  
721  
722  
723  
724  
725  
726  
727  
728  
729  
730  
731  
732  
733  
734  
735  
736  
737  
738  
739  
740  
741  
742  
743  
744  
745  
746  
747  
748  
749  
750  
751  
752  
753  
754  
755  
756  
757  
758  
759  
760  
761  
762  
763  
764  
765  
766  
767  
768  
769  
770  
771  
772  
773  
774  
775  
776  
777  
778  
779  
780  
781  
782  
783  
784  
785  
786  
787  
788  
789  
790  
791  
792  
793  
794  
795  
796  
797  
798  
799  
800  
801  
802  
803  
804  
805  
806  
807  
808  
809  
810  
811  
812  
813  
814  
815  
816  
817  
818  
819  
820  
821  
822  
823  
824  
825  
826  
827  
828  
829  
830  
831  
832  
833  
834  
835  
836  
837  
838  
839  
840  
841  
842  
843  
844  
845  
846  
847  
848  
849  
850  
851  
852  
853  
854  
855  
856  
857  
858  
859  
860  
861  
862  
863  
864  
865  
866  
867  
868  
869  
870  
871  
872  
873  
874  
875  
876  
877  
878  
879  
880  
881  
882  
883  
884  
885  
886  
887  
888  
889  
890  
891  
892  
893  
894  
895  
896  
897  
898  
899  
900  
901  
902  
903  
904  
905  
906  
907  
908  
909  
910  
911  
912  
913  
914  
915  
916  
917  
918  
919  
920  
921  
922  
923  
924  
925  
926  
927  
928  
929  
930  
931  
932  
933  
934  
935  
936  
937  
938  
939  
940  
941  
942  
943  
944  
945  
946  
947  
948  
949  
950  
951  
952  
953  
954  
955  
956  
957  
958  
959  
960  
961  
962  
963  
964  
965  
966  
967  
968  
969  
970  
971  
972  
973  
974  
975  
976  
977  
978  
979  
980  
981  
982  
983  
984  
985  
986  
987  
988  
989  
990  
991  
992  
993  
994  
995  
996  
997  
998  
999  
1000

Fernandes et al. (2017) realizó en MT pulido de superficie con 0,05 microlitros de  
alúmina y agitación magnética, en una disolución de ácido sulfúrico y nítrico,  
seguido de pasivación en ácido nítrico. **Después de una semana** la disminución del

1  
2  
3 torque de remoción en relación al torque de inserción para el MT sin tratamiento de  
4 superficie (16,29%) fue mayor que la del implante tratado (3,45%). El torque de  
5 inserción y remoción fue mayor en el grupo tratado con ácido. El microscopio  
6 electrónico de barrido mostró una capa mineralizada de Ca/P con osteoblastos  
7 extendidos adherida a la superficie porosa de los MT tratados a las cuatro semanas,  
8 y neoformación de hueso a las ocho semanas. Se concluyó que el tratamiento de  
9 superficie con ácido modifica la morfología de la superficie, mejora la estabilidad  
10 mecánica y la biocompatibilidad. El tratamiento con ácido mejoró la estabilidad  
11 primaria y secundaria<sup>(17)</sup>.

12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24 Park et al. (2018) realizó un estudio en 40 pacientes mayores de 13 años en  
25 tratamiento ortodóncico que debían tener todas las piezas dentarias erupcionadas,  
26 a excepción del tercer molar, y necesidad de instalación de MT en ambas  
27 hemiarquadas por un tiempo mayor a seis meses, entre segundo premolar y primer  
28 molar para retracción en masa, luego de fase de alineación y nivelación. Para  
29 evaluar la estabilidad primaria se midió el par máximo de inserción en forma de  
30 valores de movilidad inmediatamente después de la inserción y 6 meses después.  
31 Se consideró como éxito la ausencia de movilidad clínica mayor a un milímetro, esto  
32 ocurrió en un 91,8% de los MT con tratamiento de superficie y en 85,7% de los  
33 maquinados. Si bien la diferencia no fue estadísticamente significativa en la  
34 estabilidad primaria según el tratamiento de la superficie y la mandíbula, el grabado  
35 ácido facilita la retención de las células sanguíneas y osteogénicas, mejorando la  
36 biocompatibilidad y estabilidad secundaria<sup>(18)</sup>.

## 8. ECG (Grabado ácido e inmersión en cloruro de calcio)

La contaminación durante algunos tratamientos de superficie puede afectar la energía superficial y la hidrofilia. Jang et al. (2018) investigó la efectividad clínica del grabado ácido e inmersión en cloruro de calcio para prevenir la contaminación de superficie en MT. Luego de instalar, se midió el torque de remoción a las semanas uno, cuatro y siete, resultando mayor en todas las mediciones, en ambos grupos de MT tratados con grabado ácido, siendo superior en el grupo con inmersión en cloruro de calcio. Esta diferencia fue estadísticamente significativa únicamente en la semana uno, respecto al grupo control. Se concluye que el grabado ácido aumenta la rugosidad de superficie, y la solución de cloruro de calcio previene la contaminación, indicador de que puede mejorar la reacción ósea en fase temprana y prevenir la pérdida de MT, **favoreciendo la estabilidad primaria**<sup>(19)</sup>.

## 9. Ozonoterapia

Yücesoy et. al (2019), estudió este método en tibias de conejos, dividiéndolos en tres grupos: control, fotobiomodulación y ozonoterapia. En todos los grupos los implantes se cargaron con 500 gr a las cero, cuatro y ocho semanas. Aunque los grupos de fotobiomodulación y ozonoterapia no revelaron puntuaciones significativamente más altas en los implantes de MT cargados inmediatamente, estos tratamientos fueron significativamente más efectivos cuando se cargaron después de cuatro u ocho semanas de oseointegración<sup>(20)</sup>, **viéndose favorecida su estabilidad secundaria por sobre la primaria con estos métodos.**

## Tratamiento físico - químico

### 1. Arenado y grabado ácido SAE/SLA

La técnica de arenado con agentes abrasivos y posterior grabado ácido es utilizada para aumentar la rugosidad de la superficie. Maino et al. (2017) utilizó la técnica en MT y a las doce semanas midió el torque de remoción, arrojando resultados mayores en los MT tratados. **La estabilidad secundaria una vez más se vio favorecida:** en microscopía óptica y electrónica se observó gran cantidad de hueso y matriz extracelular con cristales de calcio alrededor de los MT tratados y una mínima en los maquinados. El tipo de superficie no mostró promover directamente una mayor formación de hueso alrededor de los MT<sup>(21)</sup>.

Mo et al. (2010) utilizó la técnica en MT, que fueron retirados durante la etapa temprana de la curación (tercer día y una semana), y cuando ya existía oseointegración (seis y diez semanas), midiendo el torque de remoción, significativamente mayor en el grupo tratado, mostrando mayor estabilidad y tolerancia a la aplicación de fuerzas desde el tercer día de medición<sup>(22)</sup>.

Kim et al. (2009) luego de **ocho semanas** desde la instalación de MT, midió el torque máximo y momento angular de la remoción, obteniéndose valores aumentados en los MT que recibieron tratamiento de superficie, con respecto a los maquinados. No hubo una diferencia estadísticamente significativa. Se concluye que esta técnica aumenta la energía total necesaria para la remoción **proporcionando mayor estabilidad secundaria**<sup>(23)</sup>.

Chaddad et al. (2008) instaló MT como dispositivo de anclaje temporal en humanos de 13 a 65 años. Controló a los pacientes a los siete, catorce, treinta,



1  
2  
3 sesenta y 150 días. El 93,5% de los MT tratados con arenado-grabado ácido fueron  
4 exitosos frente a un 82,5% de los MT maquinados. Esta diferencia no fue  
5 estadísticamente significativa<sup>(24)</sup>. Las características de la superficie no parecen  
6 influir en las tasas de supervivencia de los MT cargados inmediatamente.  
7

8  
9  
10  
11  
12 Calderón et al. (2011) estudió la estabilidad de los MT tratados con arenado y  
13 grabados con ácido en pacientes en tratamiento de ortodoncia, a quienes realizó  
14 radiografías oclusales mensualmente por un período de seis meses. El 65% de los  
15 MT, después de haber sido cargados, mostraron hasta 1 grado de desplazamiento,  
16 mientras que el 35% mostró un desplazamiento  $\geq 2^\circ$ . La modificación de la superficie  
17 del MT con SAE/SLA ofrece un buen anclaje óseo para fines de ortodoncia<sup>(25)</sup>.  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27

28  
29  
30 Cho et al. (2013) comparó la estabilidad secundaria de los MT con implantación  
31 de iones de plasma y arenado y grabado ácido en maxilares de perros *Beagles*. Se  
32 aplicaron 250 - 300 gr. de fuerza de resortes helicoidales de Ni-Ti durante dos  
33 períodos: 12 y tres semanas. No se observaron diferencias significativas en la tasa  
34 de contacto implante-hueso, torque de inserción, movilidad, relación volumen óseo  
35 y el número de osteoblastos entre ambos grupos<sup>(26)</sup>. Sin verse afectada ni su  
36 estabilidad primaria ni secundaria. Oh-E et al. (2014) tratando la superficie de los  
37 MT con APH que proporciona una superficie bioactiva para inducir una  
38 osteointegración temprana que si bien contribuye a mejorar la estabilidad  
39 secundaria, también conduce a una mejor estabilidad inicial, formando una interfaz  
40 biocompatible que convierte a la aleación en un material excelente para minitornillos  
41 osteointegrados<sup>(14)</sup>.  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3 Oh-N et al. (2014) experimentó con conejos sanos y diabéticos, indicando que en  
4 pacientes diabéticos se precisa potenciar la estabilidad de los MT. A las cuatro  
5 semanas, equivalente a tres meses en humanos, se midió la energía total de  
6 remoción y momento del torque máximo de remoción. Fue significativamente mayor  
7 en los MT tratados con arenado-grabado ácido, los que también tuvieron un mayor  
8 porcentaje de contacto entre microtornillo-hueso, pero sin significancia estadística  
9 respecto a los valores obtenidos en los MT maquinados, ni entre conejos sanos y  
10 diabéticos. Sin embargo, determinaron que la diabetes mellitus tipo 1 y el método  
11 de tratamiento de la superficie sí afectaron la estabilidad primaria de los MT<sup>(27)</sup>.  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23

24 Sirisa Ard et al. (2015) observó que el porcentaje de contacto microtornillo-hueso  
25 disminuyó en los MT convencionales desde el día cero a la semana ocho, mientras  
26 que en los tratados con arenado-grabado ácido, aumentó. El torque de remoción  
27 fue mayor en los tratados, no siendo una diferencia estadísticamente significativa  
28 respecto al grupo control, por lo tanto, la preparación de la superficie con SLA no  
29 aumenta la estabilidad primaria ni secundaria de los MT<sup>(28)</sup>.  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37

38 Yadav et al. (2015) estudió los MT en las tibias y fémures de conejos blancos  
39 machos adultos, trató los MT con grabado ácido hidro-clorhídrico por sí solo,  
40 arenado con alúmina de 50 micrómetros y arenado-grabado ácido. Los conejos se  
41 sacrificaron después de ocho semanas y se midió el torque de remoción y el  
42 contacto entre el hueso y el implante. En los MT tratados con grabado ácido observó  
43 una superficie isotrópica rugosa, mientras que los que recibieron ambos métodos la  
44 superficie mostró una rugosidad aumentada y uniforme. La rugosidad de la  
45 superficie y la humectabilidad de los MT influyen en su respuesta biológica. También  
46 evidenciaron con significancia estadística, mayor torque de remoción y porcentaje  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3 de contacto microtornillo-hueso, mayor hidrofilia, representada por mayor  
4 humectabilidad y ángulo de contacto, necesaria para la adsorción de proteínas y  
5 adhesión celular<sup>(29)</sup>.  
6  
7

8  
9  
10 Espinar-Escalona et al. (2016) realizó tratamiento de los MT con ácido  
11 fluorhídrico y partículas de alúmina de 600 micrómetros con el fin de aumentar su  
12 estabilidad secundaria durante el tratamiento de ortodoncia. La rugosidad y el  
13 porcentaje de contacto microtornillo-hueso, a las diez semanas, fue mayor en los  
14 MT tratados con ambos métodos. El torque de remoción fue significativamente  
15 mayor en el grupo tratado con arenado-grabado ácido<sup>(30)</sup>.  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25

## 26 **2. Arenado con partículas grandes y grabado alcalino**

27  
28 Chang et al. (2009) acreditó que además de la técnica de arenado-grabado ácido,  
29 es posible como alternativa el arenado con partículas grandes y grabado alcalino  
30 SL/NaOH. Se implantaron MT en la tibia de los conejos y se sacrificaron a las dos,  
31 cuatro, ocho y doce semanas. Los MT tratados con arenado-grabado alcalino y  
32 ácido, obtuvieron mayor porcentaje de contacto microtornillo-hueso, al compararlos  
33 con los maquinados. El torque de remoción en el grupo tratado con arenado-  
34 grabado alcalino aumentó después de dos semanas, alcanzando una diferencia  
35 significativa con los grupos SLA después de 12 semanas del proceso curativo,  
36 siendo el grabado alcalino una alternativa válida al grabado ácido para el tratamiento  
37 de superficies y aumento en la estabilidad primaria y secundaria<sup>(31)</sup>.  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

## DISCUSIÓN

Los tratamientos de superficie utilizados en MT han sido investigados los últimos diez años. Hay un total de 11 técnicas estudiadas en esta revisión. Si bien, algunas mostraron una mejoría en la estabilidad de los MT instalados en huesos de animales<sup>(1,8,14,15,17,18,22,23,27)</sup>, no hay evidencia sólida de que conduzcan a un mayor éxito en los MT instalados. La comparación entre técnicas ha sido escasamente estudiada y no es posible compararlas entre ellas, ya que, se realizaron en distintas condiciones y tiempos experimentales, y no hay una estandarización en los materiales utilizados, **sin embargo, a pesar de** presentar cada estudio distintas condiciones para valorar la estabilidad de los MT, **los parámetros a evaluar se repitieron en la mayoría** siendo las más utilizadas la medición del torque de remoción<sup>(17,18)</sup> y porcentaje de contacto entre microtornillo-hueso<sup>(9,12,27,29)</sup>. Hay escasa evidencia de los tratamientos de superficie de MT instalados en huesos maxilares de humanos en tratamiento ortodóncico, 22 de 25 estudios fueron realizados en animales, principalmente en la tibia o fémur.

**Actualmente, la mayoría de los MT disponibles no presentan tratamiento superficial<sup>(32)</sup> y sigue siendo controversial cuál es el mejor. Yadav et al. (2015) determinó que la mayor estabilidad de la superficie rugosa de los implantes se podría deber a la trabazón mecánica, aumento del contacto o la vinculación modificada, o una combinación de estos, pero sigue siendo controvertida y desconocida<sup>(29)</sup>. El torque de remoción es una prueba dinámica de la relación**

1  
2  
3 tridimensional (3D) entre el microimplante y el hueso, por el contrario, la medición  
4 del BIC es un parámetro estático bidimensional<sup>(29)</sup>, por lo tanto, más investigación  
5 es necesaria para determinar exactamente los parámetros que evalúen la relación  
6 de la estructura ósea con el microtornillo adyacente.  
7  
8  
9

10  
11  
12 Si bien la estabilidad primaria se puede ver favorecida por alguno de los métodos  
13 estudiados, se ve igual de influenciada por otros factores, como la madurez y calidad  
14 del hueso en el que se coloca el MT, el grosor de la cortical, las micro vibraciones  
15 que induce el operador, la inflamación de los tejidos y el procedimiento de carga,  
16 entre otros<sup>(32)</sup>. En cambio, la estabilidad secundaria, que se inicia aproximadamente  
17 a las 3 semanas después de la colocación del microtornillo y aumenta a medida que  
18 comienza la remodelación o cicatrización ósea, se ve mucho más favorecida por las  
19 técnicas estudiadas. Es por esto que la mayoría de las técnicas tienen un mayor  
20 impacto en la estabilidad secundaria, buscando aumentar la durabilidad del MT en  
21 su sitio a largo plazo y traer beneficios clínicos<sup>(32)</sup>. Sin embargo, Cho et al. (2013)  
22 evidenció en su estudio que la estabilidad inicial es un factor clave que puede afectar  
23 el éxito terapéutico, ayuda a prevenir la movilidad dentro de los límites fisiológicos  
24 y, en consecuencia, ayudar a la formación de hueso nuevo en la interfaz  
25 microtornillo-hueso<sup>(26)</sup>, por lo tanto, sigue siendo de vital importancia la estabilidad  
26 primaria. A su vez Kim & Kim (2016) concluyó en su ensayo que la mayor parte del  
27 calcio y el fósforo detectados en los MT híbridos (tratados con CA/P y RBM) se  
28 derivaron del hueso original y no del hueso recién formado, demostrando así la gran  
29 importancia de la calidad del hueso en el que se coloca el MT para su estabilidad  
30 primaria<sup>(15)</sup>.  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3 Espinar-Escalona et al. (2016) trató la superficie del MT con grabado ácido que  
4 puede ayudar al anclaje temporal de los MT de titanio, representando un paso  
5 adelante en la dirección de reducir el tiempo previo a la carga de los MT al  
6 incrementar su estabilidad durante el tratamiento de ortodoncia, sin inducir fractura  
7 ósea y destrucción tisular durante la remoción<sup>(30)</sup>. Choi et al. (2012) corroboró en su  
8 experimento, que el tiempo de cicatrización de los MT sin tratamiento superficial es  
9 más largo que el de los implantes con superficies tratadas. En las superficies lisas,  
10 los procesos biológicos en la interfase ósea del implante son más lentos y las  
11 propiedades de la capa oxidada de titanio nativo tardan más en verse afectadas.  
12 Para minimizar el tiempo de mineralización, se lleva a cabo un tratamiento de  
13 superficie de titanio para acelerar la formación de micro-adherencias entre el  
14 implante y el hueso, sin embargo, para maximizar las ventajas del tratamiento de  
15 superficie en MT los cambios de superficie deben ser mínimos después de la  
16 colocación<sup>(13)</sup>.

17  
18  
19 Lemes-Vilani et al. (2015) al tratar la superficie de los MT con ácido nítrico,  
20 hidroclorhídrico y sulfúrico, determinó que todos los grupos presentaron una  
21 adecuada estabilidad primaria, sin embargo, se vio enfrentado al gran dilema de la  
22 “carga inmediata”, pero al comparar su resistencia al ser sometidos a tratamiento  
23 superficial en cinco períodos de carga diferentes encontraron tasas de éxito  
24 similares en todos los períodos, lo que sugiere que los MT pueden cargarse de  
25 inmediato de manera segura<sup>(16)</sup>. Mo et al. (2010) también determinó que para carga  
26 inmediata los MT tratados con SAE pueden proporcionar una retención más estable  
27 que los mecanizados, contribuyendo a la estabilidad primaria de estos<sup>(22)</sup>.

1  
2  
3       Fernandes et al. (2017) en su tratamiento con ácido propuesto para los MT  
4 también deja ver una mejora de la estabilidad primaria, demostrándose mediante la  
5 inserción de torsiones o incluso la torsión medida una semana después de la  
6 implantación. Este período no es suficiente para que los tejidos locales cicatricen y,  
7 por lo tanto, proporcionen algún tipo de segunda cristalización (oseointegración)<sup>(17)</sup>.  
8 Quien también logró una mejoría en la estabilidad primaria del MT fue Jang et al.  
9 (2018) quien trató los MT con una solución de cloruro de calcio mejorando la  
10 reacción ósea inicial al evitar la contaminación de la superficie del MT<sup>(19)</sup>. Oh-N et  
11 al. (2014) concluyó que a pesar que la diabetes mellitus tipo 1 afecta la estabilidad  
12 primaria del MT, al ser tratado en su superficie con SLA el paciente diabético  
13 muestra resultados similares a los del paciente sano en su estabilidad primaria<sup>(27)</sup>.  
14  
15

16       Algunos tratamientos mencionados también favorecieron la estabilidad  
17 secundaria, que se caracteriza por una osteointegración que aumenta con el tiempo  
18 y compensa la pérdida de estabilidad primaria a partir de la semana tres  
19 aproximadamente. Suele en muchos casos ser medida a través del BIC 3D  
20 (volumen de microtornillo-hueso), un enfoque alternativo útil para estimar la  
21 estabilidad secundaria de los MT. Aunque si bien Kang et al. (2015) determinó que  
22 en el tratamiento de superficie de los MT con láser aumentó significativamente la  
23 rugosidad, no se logró mejorar el 3D BIC<sup>(12)</sup>. La falla en el estudio de Kang et al.  
24 (2015) se explicaría porque una respuesta ósea óptima puede ser inducida por la  
25 rugosidad moderada ( 1 a 2  $\mu\text{m}$ ), sin embargo, en este estudio, incluso la superficie  
26 tratada con láser se consideraría una superficie lisa (inferior a 0,5  $\mu\text{m}$ ), por lo que  
27 los autores refieren que sería adecuado aumentar aún más la rugosidad para  
28 mejorar la retención mecánica primaria<sup>(12)</sup>.  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3 Si bien Jang et al. (2018) con su tratamiento de superficie RBM propuesto  
4 demostró proporcionar estabilidad temprana del MT alrededor de la segunda  
5 semana después de la inserción, la estabilidad de la superficie mecanizada puede  
6 disminuir en etapas tempranas a causa de la reabsorción ósea, aunque podría  
7 recuperarse posteriormente por aposición de hueso nuevo<sup>(19)</sup>.  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16

## 17 **CONCLUSIÓN**

18  
19 Hay escasa evidencia sobre los tratamientos de superficie realizados en MT para  
20 la mejora de su estabilidad. Técnicas pioneras como la generación de matrices de  
21 nanotubos de óxido de titanio, fotofuncionalización mediada por rayos ultravioleta y  
22 anodizado de superficie evidenciaron aumento de la estabilidad de los MT, siendo  
23 necesaria la replicación de los estudios en humanos.  
24  
25  
26  
27  
28  
29

30  
31 La utilización de técnicas convencionales tales como grabado ácido y arenado-  
32 grabado ácido, no es concluyente en cuanto a su efecto en la estabilidad de los MT.  
33 El estudio de las técnicas para tratar la superficie de los MT debe continuar, a modo  
34 de hallar métodos que permitan la mejora de la estabilidad, para así realizar  
35 tratamientos de ortodoncia más eficientes.  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60



## REFERENCIAS

1. Karmarker S, Yu W, Kyung H-M. Effect of surface anodization on stability of orthodontic microimplant. *Korean J Orthod.* febrero de 2012;42(1):4-10.
2. Baek S-H, Kim B-M, Kyung S-H, Lim JK, Kim YH. Success Rate and Risk Factors Associated with Mini-Implants Reinstalled in the Maxilla. *Angle Orthod.* septiembre de 2008;78(5):895-901.
3. Wu T-Y, Kuang S-H, Wu C-H. Factors Associated With the Stability of Mini-Implants for Orthodontic Anchorage: A Study of 414 Samples in Taiwan. *J Oral Maxillofac Surg.* agosto de 2009;67(8):1595-9.
4. Atsumi, M, Park S, Wang S. Methods uses to Assess Implant Stability. *Int J Oral Maxillofac Implants.* septiembre de 2007; 22(5):743-54
5. Labaye PG, Villena RH, García MAP, Castaño NE, Martínez AB. Microtornillos: una revisión. *Av En Periodoncia E Implantol Oral.* 2014;26(1):25-38.
6. Alkadhimi A, Al-Awadhi EA. Miniscrews for orthodontic anchorage: a review of available systems. *J Orthod.* abril de 2018;45(2):102-14.
7. Abraham S, Paul M. Micro implants for orthodontic anchorage: A review of complications and management. *J Dent Implants.* julio de 2013;3(2):165-165.
8. Gansukh O, Jeong J-W, Kim J-W, Lee J-H, Kim T-W. Mechanical and Histological Effects of Resorbable Blasting Media Surface Treatment on the Initial Stability of Orthodontic Mini-Implants [Internet]. *BioMed Research*

- 1  
2  
3 International. 2016 [citado 10 de marzo de 2020]. Disponible en:  
4  
5 <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2016/7520959/>  
6  
7  
8 9. Jang I, Shim S-C, Choi D-S, Cha B-K, Lee J-K, Choe B-H, et al. Effect of TiO<sub>2</sub>  
9  
10 nanotubes arrays on osseointegration of orthodontic miniscrew. *Biomed*  
11  
12 *Microdevices*. agosto de 2015;17(4):1-7.  
13  
14  
15 10. Jang I, Choi D-S, Lee J-K, Kim W-T, Cha B-K, Choi W-Y. Effect of drug-loaded  
16  
17 TiO<sub>2</sub> nanotube arrays on osseointegration in an orthodontic miniscrew: an in-  
18  
19 vivo pilot study. *Biomed Microdevices*. diciembre de 2017;19(4):1-7.  
20  
21  
22 11. Tabuchi M, Ikeda T, Nakagawa K, Hirota M, Park W, Miyazawa K, et al.  
23  
24 Ultraviolet photofunctionalization increases removal torque values and  
25  
26 horizontal stability of orthodontic miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*.  
27  
28 agosto de 2015;148(2):274-82.  
29  
30  
31 12. Kang H-K, Chu T-M, Dechow P, Stewart K, Kyung H-M, Liu SS-Y. Laser-treated  
32  
33 stainless steel mini-screw implants: 3D surface roughness, bone-implant  
34  
35 contact, and fracture resistance analysis. *Eur J Orthod*. abril de 2016;38(2):154-  
36  
37 62.  
38  
39  
40 13. Choi S-H, Cha J-Y, Joo U-H, Hwang C-J. Surface changes of anodic oxidized  
41  
42 orthodontic titanium miniscrew. *Angle Orthod*. mayo de 2012;82(3):522-8.  
43  
44  
45 14. Oh E-J, Nguyen T-DT, Lee S-Y, Jeon Y-M, Bae T-S, Kim J-G. Enhanced  
46  
47 compatibility and initial stability of Ti6Al4V alloy orthodontic miniscrews  
48  
49 subjected to anodization, cyclic precalcification, and heat treatment. *Korean J*  
50  
51 *Orthod*. septiembre de 2014;44(5):246-53.  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

15. Kim H-Y, Kim S-C. Bone cutting capacity and osseointegration of surface-treated orthodontic mini-implants. *Korean J Orthod.* noviembre de 2016;46(6):386-94.
16. Vilani GNL, Ruellas AC de O, Elias CN, Mattos CT, Vilani GNL, Ruellas AC de O, et al. Stability of smooth and rough mini-implants: clinical and biomechanical evaluation - an in vivo study. *Dent Press J Orthod.* octubre de 2015;20(5):35-42.
17. Fernandes DJ, Marques RG, Elias CN. Influence of acid treatment on surface properties and in vivo performance of Ti6Al4V alloy for biomedical applications. *J Mater Sci Mater Med.* octubre de 2017;28(10):1-11.
18. Park H-J, Choi S-H, Choi YJ, Park Y-B, Kim K-M, Yu H-S. A prospective, split-mouth, clinical study of orthodontic titanium miniscrews with machined and acid-etched surfaces. *Angle Orthod.* diciembre de 2018;89(3):411-7.
19. Jang T-H, Park J-H, Moon W, Chae J-M, Chang N-Y, Kang K-H. Effects of acid etching and calcium chloride immersion on removal torque and bone-cutting ability of orthodontic mini-implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* julio de 2018;154(1):108-14.
20. Yücesoy, Türker, Dilara Seker E, Cenkci E, Yay A, Alkan A. Histologic and Biomechanical Evaluation of Osseointegrated Miniscrew Implants Treated with Ozone Therapy and Photobiomodulation at Different Loading Times. *diciembre de 2019;34(6):1337-45.*
21. Maino BG, Di Blasio A, Spadoni D, Ravanetti F, Galli C, Cacchioli A, et al. The integration of orthodontic miniscrews under mechanical loading: a pre-clinical study in rabbit. *Eur J Orthod.* octubre de 2017;39(5):519-27.

- 1  
2  
3 22. Mo S-S, Kim S-H, Kook Y-A, Jeong D-M, Chung K-R, Nelson G. Resistance to  
4 Immediate Orthodontic Loading of Surface-Treated Mini-Implants. *Angle*  
5 *Orthod.* octubre de 2009;80(1):123-9.  
6  
7  
8  
9  
10 23. Kim S-H, Lee S-J, Cho I-S, Kim S-K, Kim T-W. Rotational Resistance of  
11 Surface-Treated Mini-Implants. *Angle Orthod.* julio de 2009;79(5):899-907.  
12  
13  
14 24. Chaddad K, Ferreira AndréFH, Geurs N, Reddy MS. Influence of Surface  
15 Characteristics on Survival Rates of Mini-Implants. *Angle Orthod.* enero de  
16 2008;78(1):107-13.  
17  
18  
19  
20  
21 25. Calderón JH, Valencia RM, Casasa AA, Sánchez MA, Espinosa R, Ceja I.  
22 Biomechanical Anchorage Evaluation of Mini-Implants Treated With  
23 Sandblasting and Acid Etching in Orthodontics. *Implant Dent.* agosto de  
24 2011;20(4):273-9.  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31 26. Cho Y-C, Cha J-Y, Hwang C-J, Park Y-C, Jung H-S, Yu H-S. Biologic stability  
32 of plasma ion-implanted miniscrews. *Korean J Orthod.* junio de 2013;43(3):120-  
33 6.  
34  
35  
36  
37  
38 27. Oh N-H, Kim E-Y, Paek J, Kook Y-A, Jeong D-M, Cho I-S, et al. Evaluation of  
39 Stability of Surface-Treated Mini-Implants in Diabetic Rabbits. *Int J Dent*  
40 [Internet]. 2014 [citado 10 de marzo de 2020]; Disponible en:  
41 <https://www.hindawi.com/journals/ijd/2014/838356/>  
42  
43  
44  
45  
46  
47 28. Sirisa-Ard A, Michael SNW, Ahmed K, Dunstan CR, Pearce SG, Bilgin AA, et al.  
48 Histomorphological and torque removal comparison of 6 mm orthodontic  
49 miniscrews with and without surface treatment in New Zealand rabbits. *Eur J*  
50 *Orthod.* diciembre de 2015;37(6):578-83.  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

- 1  
2  
3 29. Yadav S, Upadhyay M, Roberts WE. Biomechanical and histomorphometric  
4 properties of four different mini-implant surfaces. Eur J Orthod. diciembre de  
5 2015;37(6):627-35.  
6  
7  
8  
9  
10 30. Espinar-Escalona E, Bravo-Gonzalez L-A, Pegueroles M, Gil FJ. Roughness  
11 and wettability effect on histological and mechanical response of self-drilling  
12 orthodontic mini-implants. Clin Oral Investig. junio de 2016;20(5):1115-20.  
13  
14  
15  
16  
17 31. Chang C-S, Lee T-M, Chang C-H, Liu J-K. The effect of microrough surface  
18 treatment on miniscrews used as orthodontic anchors. Clin Oral Implants Res.  
19 octubre de 2009;20(10):1178-84.  
20  
21  
22  
23  
24 32. Tabassum A, Meijer GJ, Wolke JGC, Jansen JA. Influence of the surgical  
25 technique and surface roughness on the primary stability of an implant in  
26 artificial bone with a density equivalent to maxillary bone: a laboratory study.  
27 Clin Oral Implants Res. abril de 2009;20(4):327-32.  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

**Tabla 1:** Publicaciones incluidas, tratamientos de superficie realizados, tipo de microtornillo y lugar de instalación.

Publicación	Tratamiento de superficie investigado	Nº total de microtornillos utilizados	Tipo de microtornillo instalado	Lugar de instalación	Tiempo al momento de medición
Karmarker et al. (2012)	Anodizado de superficie	36	1,3x6,0 mm Aleación Titanio	Tibia conejo	6 semanas
Gansukh et al. (2016)	<i>Resorbable blasting media</i> (RBM)	96	1,6x6,0 mm Aleación Titanio	Tibia de conejo neozelandés	2 semanas
Jang et al. (2015)	Matrices de nanotubos de óxido de titanio	8	Autoclavable, 1,6x6,0 mm Aleación Titanio	Pierna de conejo neozelandés	8 semanas
Jang et al. (2017)	Matrices de nanotubos de óxido de titanio: 1) Cargadas con ibuprofeno 2) Cargadas con factor de crecimiento óseo RhBMP2	24	Autoclavable, 1,6x6,0 mm Aleación Titanio	Tibia de conejo neozelandés	8 semanas
Tabuchi et al. (2015)	Fotofuncionalización mediada por rayos ultravioleta	No especifica	Autoclavable, 1,4x6,0 mm Aleación Titanio	Fémur de Rata <i>Sprague-Dawley</i>	3 semanas
Kang et al. (2015)	Láser de 1064 nanómetros	48 (24 <i>in vivo</i> )	1,2-1,3x6,0 mm Acero inoxidable	Maxilares perros <i>Beagle</i>	8 semanas

Choi et al. (2012)	Anodizado de superficie	8	1,5x7,0 mm Aleación Titanio	Mandíbula perros <i>Beagle</i>	12 semanas
Oh-E et al. (2014)	Anodizado de superficie, precalcificación y calor (APH)	32	1,4x4,0 mm Aleación Titanio	Tibia de rata <i>Wistar</i>	3 y 6 semanas
Kim & Kim (2016)	1) <i>Resorbable blasting media</i> (RBM) 2) Grabado ácido (hidroclorhídrico y nítrico)	96	Autoclavable, 1,6x6,0 mm Aleación Titanio	Tibia de conejo neozelandés	4 y 8 semanas
Lemes-Vilani et al. (2015)	Grabado ácido (hidroclorhídrico, sulfúrico y nítrico)	36	1,5x6,0 mm Aleación Titanio	Maxilares de perros <i>Mongrel</i>	16 semanas
Fernandes et al. (2017)	Grabado ácido (Sulfúrico y nítrico)	48	Autoclavable 1,5x6,0 mm Aleación Titanio	Tibia de conejo neozelandés	4 y 8 semanas
Park et al. (2018)	Grabado ácido	98	Autoclavable 1,6x6,0 mm Aleación Titanio	Entre premolar y primer molar de maxilar y mandíbula de humanos	Inmediatamente después y a los 6 meses

Jang et al. (2018)	1) Grabado ácido (hidroclorhídrico y nítrico) 2) Grabado ácido e inmersión en cloruro de calcio ECG	126	Autoclavable 1,4x6,0 mm Aleación Titanio	Tibia de conejo neozelandés	1, 4 y 7 semanas
Yücesoy et al. (2019)	1) Ozonoterapia 2) Fotobiomodulación	18	1,8x8,0 mm Titanio puro	Tibia de conejo neozelandés Oryctolagus Cuniculus L.	0, 4 y 8 semanas
Maino et al. (2017)	Arenado y grabado ácido SAE	64	1,5x6,5 mm Aleación Titanio	Tibia de conejo neozelandés	12 semanas
Mo et al. (2010)	Arenado y grabado ácido SAE	340	1,8x9,5 mm Aleación Titanio	Tibia de conejo	3 días, 1, 6 y 10 semanas
Kim et al. (2009)	Arenado con grano grande y grabado ácido SLA	96	1,8x8,5 mm Aleación Titanio	Maxilares perros <i>Beagle</i>	8 semanas
Chaddad et al. (2008)	Arenado con grano grande y grabado ácido SLA	32	Autoperforante 1,8x8,5–9,5 mm Titanio puro	Entre premolar y primer molar de maxilar y mandíbula de humanos	7, 14, 30, 60 y 150 días
Calderón et al. (2011)	Arenado y grabado ácido	24	Autoperforante 3M Unitek - IMTEC Ortho 6,0, 8,0 y 10,0 mm	Humanos	6 meses



1 2 3 4 5 6 7 8 9	Cho et al. (2013)	1) Iones plasma 2) Grabado ácido (SLA)	32	Autoperforante 1,45x6,0 mm	Maxilar y mandíbula de perros <i>Beagles</i>	3 y 12 semanas
10 11 12 13 14 15 16 17	Oh-N et al. (2014)	Arenado con grano grande y grabado ácido SLA	48	Autoperforante 1,8x8,5 mm Aleación Titanio	Tibia de conejo neozelandés sano y diabético	4 semanas
18 19 20 21 22 23 24	Sirisa Ard et al. (2015)	Arenado con grano grande y grabado ácido SLA	47	Autoclavable 1,5x6,0 mm Aleación Titanio	Fémur de conejo neozelandés	0 y 8 semanas
25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38	Yadav et al. (2015)	1) Arenado con grano grande y grabado ácido SLA 2) Grabado ácido 3) Arenado grano grande Alúmina	128	Autoclavable 1,6x6,0 mm Aleación Titanio	Tibia y fémur de conejo neozelandés	8 semanas
39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60	Espinar- Escalona et al. (2016)	1) Arenado con grano grande y grabado ácido SLA 2) Grabado ácido 3) Arenado grano grande Alúmina	20	Autoclavable 2,0x9,0 mm Titanio puro	Fémur de conejo neozelandés	10 semanas

1						
2						
3						
4	Chang et al.	1) Arenado con	144	1,3x8,0 mm	Tibia de conejo	2, 4 , 8 y 12
5	(2009)	grano grande y		Aleación Titanio	neozelandés	semanas
6		grabado ácido				
7		SLA				
8		2) Arenado con				
9		grano grande y				
10		grabado alcalino				
11		SL/NaOH				
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						