

The Role Played by a Suspended External-Internal Suture in Reducing Marginal Flap Tension After Bone Reconstruction: A Clinical Prospective Cohort Study in the Maxilla

Luca De Stavola, Dr Med Dent, MOM1/Jochen Tunkel, Dr Med Dent, MOM2

Int J Oral Maxillofac Implants 2014;29:921-926.

キーワード：骨造成、内縫合、一次創傷治癒、創の劣開

目的：上顎骨増大術後のフラップ辺縁の緊張を緩和し、一次創傷治癒を促進する上で、懸垂外内縫合（SEI）が果たす役割を明らかにする。

要約

材料と方法：この臨床前向きコホート研究には、上顎にインプラントを埋入する前、またはインプラント埋入と同時に骨増生（骨誘導再生法または自家骨ブロック）を必要とする部分無歯顎患者 20 名が登録された。フラップの張力は、1g 以内の精度で測定できるダイナモメーターを用いて測定した。記録された力は、口腔前庭側の伸展性フラップが口蓋側の非伸展性フラップの端に到達するのに必要な力であった。フラップの張力は、骨膜切開剥離を行った後（縫合前；T1）、および SEI 縫合を行った後（T2）に記録した。最終的なフラップ辺縁の閉鎖は、水平マットレス縫合と単純縫合で行った。創傷治癒は 1、2、4、16 週目にモニターされ、「一次閉鎖が得られたもの」と、裂開やフラップ辺縁の壊死の結果として「治癒不全」に分類された。

結果 T1 で測定された平均フラップ張力は 32.9 ± 7.7 g であった。SEI 縫合後のフラップ辺縁の平均張力は 4.1 ± 1.5 g に減少した。初期張力と比較してフラップ辺縁の張力は 87.6% 減少した。すべての患者は問題なく治癒し、剥離やフラップ辺縁の壊死などの合併症は記録されなかった。

結論 SEI 縫合はフラップ辺縁の緊張を軽減し、創傷の一次治癒に決定的な役割を果たした。受動的創閉鎖（ひずみ < 5g）の場合、骨造成処置の種類（骨誘導再生法または自家骨ブロック）は創傷治癒の質に影響しないことが明らかになった。

インプラントによる補綴物は、多くの臨床医と患者にとって予測可能な治療法である。インプラントによる補綴物の機能的および審美的な結果は、無歯顎歯槽堤の寸法と密接な関係がある。水平および/または垂直方向の骨量が不十分な場合、補綴主導型のインプラントポジションを危うくしたり、場合によってはインプラントの埋入が不可能になることもある。このような状況では、元の歯槽堤の限られた容積を克服するために、骨造成を行う必要がある。骨誘導再生法（GBR）、仮骨延長術、自家骨ブロック（ABB）など、骨量を増加させるための多くの手法が文献に報告されている。これらの異なるアプローチはすべて、骨の成長を可能にするために一次創傷治癒を必要とする。初期の創傷合併症は、通常、硬組織増生がほとんど見られない。ここ数年、垂直性 GBR 術後の創合併症の発生は 0%~45%であるのに対し、ABB 術後は 0%~4%であると報告されている²。最近、

Burkhardt と Lang⁷ は、フラップの辺縁レベルの張力と治癒障害との関係を明らかにすることを目的とした研究を発表した。その結果、フラップ辺縁部の張力が最小 (5g 以下) であれば、創の一次閉鎖を妨げないことが明らかになった。加えられた張力が 5g を超えると、創の裂開のリスクは最小限にとどまり、25g を超えると創合併症のリスクが非常に高くなる。骨増生手術では、受動的フラップ閉鎖がこれらの手技の結果にとって重要であり、移植される量によって、フラップと縫合の管理が、選択した移植手技そのものよりも大きな役割を果たすことは明らかである。

以下の研究の目的は、上顎の骨増生術後のフラップ辺縁の緊張を緩和し、一次創傷治癒を促進する上で、懸垂式エクスターナル・インターナル (SEI) スーチャーが果たす役割を測定することである。

材料と方法

この臨床前向きコホート研究には、上顎にインプラントを埋入する前、または埋入と同時に骨増生処置を必要とする部分的無歯顎患者 20 名が登録された。組み入れ基準は、上顎にインプラントを最適な位置に埋入するために、水平および/または垂直方向の骨増生が必要な無歯顎スペースまたはスペースが存在することであった。顎堤の寸法を評価するために、術前に断面画像 (再フォーマットされたコンピューター断層撮影またはコーンビーム画像) を採取した。水平欠損は、歯槽堤の幅が 4mm 以下であり、近遠心骨ピークの骨レベルに対して垂直的な不一致がない場合に診断した。垂直欠損は、残存歯槽堤が既存の近遠心骨ピークよりも低い (少なくとも 2mm) 領域と定義した。すべての手術に共通する要素は、既存の歯槽堤の状態に関係なく、増大術の最後に一次創閉鎖のためのフラップの不動態化を達成することであったため、垂直欠損と水平欠損の両方が研究に含まれた。除外基準は、上顎にない骨欠損、腫瘍切除に起因する欠損、タバコの乱用 (1 日 10 本以上)、重篤な腎疾患および/または肝疾患、頭頸部領域における放射線治療の既往歴である、手術時に悪性腫瘍治療のための化学療法を受けたことがある、コントロールされていない糖尿病、残存歯列の活動性歯周病、治療部位の粘膜疾患、口腔衛生状態の不良、治療の遵守不足。患者には、手術方法と代替治療について十分な説明を行った。

フラップ張力の測定

フラップの張力は、1g=0.01N の感度を持つダイナモメーター (Micro-Line 20100、PESOLA 社製) を用いて測定した (図 1)。この測定器は、0~100g のレンジを持つ一般的なダイナモメーターであり、根面被覆術のフラップ張力を測定した別の研究で使用されたものと非常によく似ている。測定値はすべてグラム単位で四捨五入し、口腔前庭側 (伸展性) フラップが口蓋側 (非伸展性) フラップの縁に到達するのに必要なひずみ (グラム単位) を再測定した。最初の測定 (T1) は、骨膜が開放され、フラップが完全に不動態化していると臨床的に判断された後に行われ、2 回目の測定 (T2) は、SEI 縫合が適用された後に行われた (手術手技の詳細については、次のセクションを参照) (図 2)。

すべての手術と測定は、インプラント歯科と骨増生術 (LDS) の分野で十分な訓練を受けた口腔外科医 1 名によって行われた。測定の再現性は、内部縫合の前後に繰り返し測定を行い、クラス内相関係数を算出することで評価した。測定値のクラス内相関は 0.99

(95%信頼区間、0.997~1.00) であった。フラップ張力の患者内比較は、(同一患者における反復測定間の相関関係を考慮して) 対の t 検定を用いて行った。以前の研究で、フラップの張力はフラップの厚さよりも創傷の完全な安定性に重要な因子であることが実証されているため、厚さなどの初期の軟部組織の特性は記録しなかった⁷。



図1 1g 以内の感度を持つダイナモメーター (Micro-Line 20100、PESOLA)

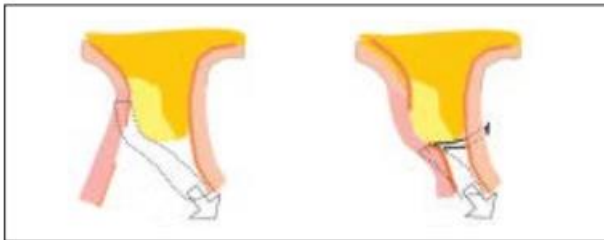


図2 口腔前庭側フラップにかかる負担を評価する際の臨床状況の模式図 (左：口腔前庭側、右：口蓋側)。

手術手技

歯槽頂切開は、歯槽頂よりわずかに口腔前庭側よりに開始した。フラップは、隣接する歯 (1 歯欠損および水平性骨欠損の場合) または欠損部位の 1~2 歯近心および遠心 (複数歯欠損または垂直性骨欠損の場合) に位置する切開を剥離することが特徴であった。フラップを全層弁として静かに持ち上げた後、メスで骨膜を鋭く切開した。フラップの深部血管網の完全性を可能な限り維持するため、メスは骨膜より深くない部分 (約 0.5~1mm) まで組織を切開した (図 1)。フラップは、組織に対して滑らかなインスツルメントを用い、残存する緊張部位を選択的に二等分または切断することにより伸長させた。隣在歯の咬合レベルを、フラップを伸展する際の基準点として使用した。

垂直および/または水平の骨移植 (GBR または ABB のいずれか) が行われ、臨床的にフラップが移植片の上に受動的に縫合されたとみなされた後、口腔前庭側のフラップの最初の張力測定を行い、記録した (T1)。この測定は、口腔前庭側の細長いフラップの端をダイナモメーターで直接引っ張り、基準空間点となる口蓋側フラップの端と物理的に接触させることで行った。フラップの歯冠側をダイナモメーターのフックに接続するために、4/0 絹糸を使用した (図 3) 8。フラップ伸長のための他の処置を避け、術者は SEI 縫合層を口腔前庭側フラップの内側 (図 4) と口蓋側フラップの全体の厚さに適用した (図 5)。これにより、口蓋側の線維性咀嚼歯肉がアンカーの役割を果たしながら、口腔前庭側のフラップが歯冠側にスライドするようになった。針は、口蓋側フラップの縁から 7~10mm 先端側に刺入した後、口腔前庭側に移動し、解放性骨膜切開の歯冠側の縁の骨膜に刺入し、再び口蓋側に移動して口蓋フラップ全体を通過させた。縫合糸を結んだ後、口腔前庭側フ

ラップが歯冠側にずれた。この時、口腔前庭側フラップの2回目の張力測定を行い、1回目の張力測定と同じ方法で記録した（T2）。フラップマージンの最終的な閉鎖は、多くの著者6,9が提唱しているように、水平マットレス縫合とシングルノットによって達成した（図5）。この表層縫合の目的は、口蓋側フラップと口腔前庭側フラップの間に少なくとも5mmの結合組織界面を形成することであった。特に、水平マットレス縫合のレベルをSEI縫合層に対して歯冠側に維持することに注意を払った。すべての症例で吸収性5/0縫合糸を使用した（RESORB、スウェーデン&マルティナ社製）。残存縫合糸は2週間後に除去した。創傷治癒は1、2、4、16週目にモニターされ、“一次創閉鎖が得られた創傷”または“創傷が損なわれた創傷”（裂開または辺縁フラップの壊死による）に分類された。瘻孔や感染などのその他の創傷合併症も記録したが、これは辺縁フラップ緊張の間接的な結果とみなした。



図3 患者No.8：T1におけるフラップ辺縁のひずみの測定。



図4a 患者番号13。口腔前庭側フラップが剥離、伸展されている（矢印）。この部位を水平GBRで治療し、同時に右側犬歯の位置にインプラントを埋入した。

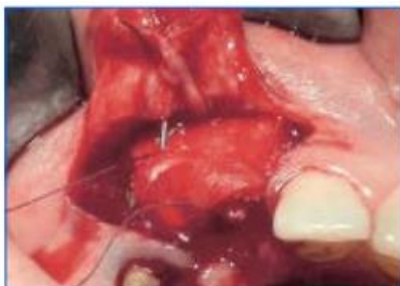


図4b 骨膜のある歯冠側の口腔前庭側フラップの内側のみを針で捕捉した。

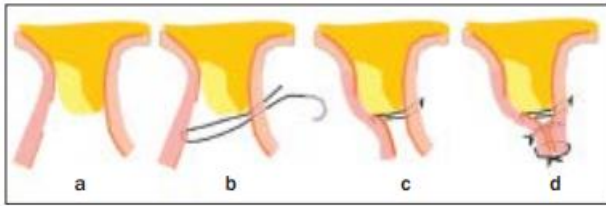


図5 縫合プロトコルの模式図（左：口腔前庭側、右：口蓋側）。

(a) 骨膜を剥離した後の口腔前庭側フラップ。

(b) 内縫合は口腔前庭側フラップの内側のみを縫合し、フラップの辺縁血管に対する「キラーループ効果」を回避する。

(c) 結び目を締めた後、口腔前庭側フラップは歯冠側にずれる。

(d) 水平マットレスと単純縫合で創を閉鎖する。

結果

本研究の患者は20例（男性8例、女性12例、平均年齢43.6歳、範囲20～67歳）で、連続登録された。14例では水平的な骨吸収がみられ（平均値 $3 \pm 0.65\text{mm}$ 、範囲2～4mm）、他の6例では垂直的な欠損の治療が必要であった（平均値 $4.16 \pm 1.32\text{mm}$ 、範囲2～6mm）。15症例がGBR法で、5症例がABB法で治療された。インプラントの同時埋入は、GBR15症例のうち12症例で行われた。ABBを行った症例は全て治療後にインプラント埋入を行った。残りの8人の患者には、骨造成の4ヵ月後にインプラントを挿入した。T1で測定されたフラップ張力の平均は $32.9 \pm 7.7\text{g}$ （中央値、32.0g）であった（表1、2；図6）。SEI縫合後、フラップ断端の張力は平均 $4.1 \pm 1.5\text{g}$ （中央値4.0g）まで減少した。フラップの張力（T2時点の測定値からT1時点の測定値を引いた値）の患者内差は-48～-16gで、平均値は-28.8g、中央値は-28.5gであった。これらの差は0から有意差を認め（ $P < 0.001$ ）、造成法による差はなかった（ABBの平均：-33.2g；GBRの平均：-27.3g； $P = 0.12$ ）。すべての患者は問題なく治癒した。全ての検査（1、2、4、16週）において、造成法およびインプラント埋入後の剥離や辺縁フラップの壊死などの合併症は記録されなかった。すべてのインプラントは問題なく治癒し、二次手術（アバットメント接続）でもオッセオインテグレーションを維持した。

Table 1 Descriptive Data Regarding Flap Strain at T1 and T2 and Clinical Factors

Patient no.	Strain at T1 (g)	Strain at T2 (g)	Primary wound healing?	Edentulous space (no. of elements)	Type and extent (mm) of defect	Augmentation technique	Simultaneous implantation?
1	54	6	Y	2	H 3 mm	GBR	Y
2	35	5	Y	3	H 3 mm	GBR	Y
3	23	7	Y	4	H 3 mm	GBR	Y
4	29	1	Y	4	V 4 mm	ABB	N
5	25	2	Y	4	H 3 mm	GBR	Y
6	45	4	Y	3	V 4 mm	ABB	N
7	34	3	Y	2	H 3 mm	GBR	Y
8	38	5	Y	2	H 3 mm	GBR	Y
9	20	2	Y	3	H 4 mm	GBR	Y
10	29	3	Y	4	V 4 mm	GBR	Y
11	37	5	Y	1	V 2 mm	GBR	Y
12	33	4	Y	1	H 2 mm	GBR	N
13	31	5	Y	1	H 3 mm	GBR	Y
14	34	4	Y	2	V 6 mm	ABB	N
15	36	3	Y	2	V 5 mm	ABB	N
16	39	5	Y	3	H 2 mm	ABB	N
17	30	4	Y	4	H 3 mm	GBR	N
18	29	5	Y	2	H 4 mm	GBR	Y
19	26	6	Y	3	H 3 mm	GBR	Y
20	30	3	Y	4	H 2 mm	GBR	N

H = horizontal; V = vertical; ABB = autogenous bone block; GBR = guided bone regeneration.

Table 1 Descriptive Data Regarding Flap Strain at T1 and T2 and Clinical Factors

表1 T1 および T2 におけるフラップのひずみと臨床的要因に関する記述的データ

Table 2 Descriptive Data of Flap Strain at T1 and T2 (in Grams)

Time	Mean (SD)	Median	Range
T1	32.9 (7.7)	32.0	20.0–54.0
T2	4.1 (1.5)	4.0	1.0–7.0

表2 T1 および T2 におけるフラップひずみの記述的データ（単位：グラム）

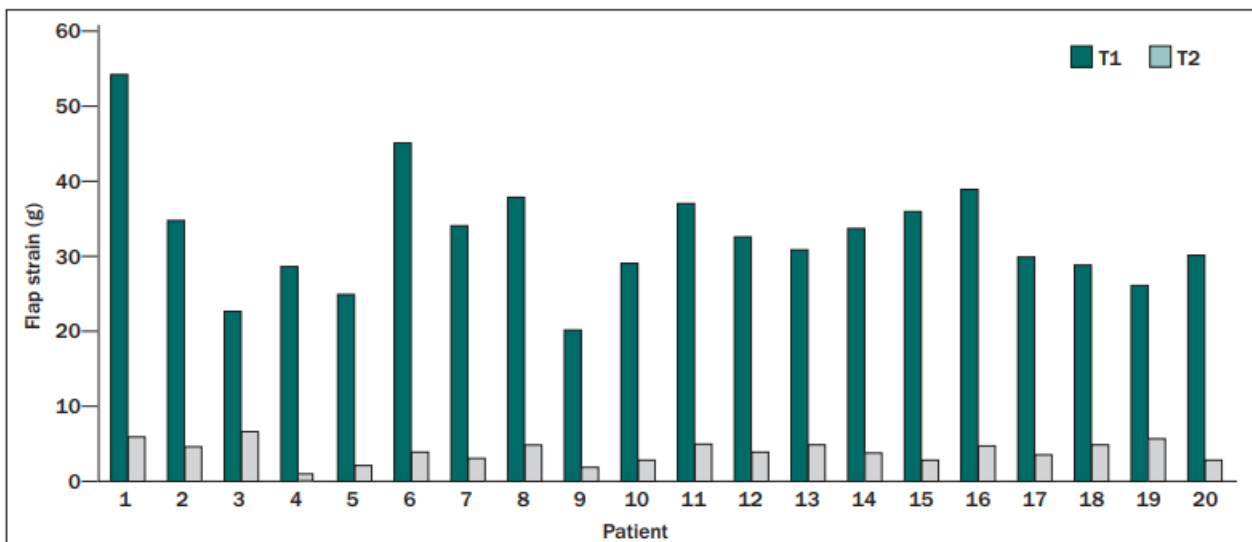


図6 全患者の T1 と T2 におけるフラップのひずみ値。

考察

治癒初期の裂開によって、造成法の結果を危うくする可能性がある。Storgard Jensen と Terheyden による総説 3 によると、水平骨増生術に関連する平均合併症率は 12.2% である（メンブレンを適用しない場合の 9.4% から、移植片の上に非吸収性メンブレンを適応した場合の 23.6% の範囲）。垂直性 GBR の場合、裂開の発生率は 45% に達する 10。1 さらに、垂直的な骨増生にチタンメッシュを使用した場合、30% の症例で創部裂開を伴うことが報告されている 11。Storgard Jensen と Terheyden によると 3、垂直的な骨造成の補填材として、粒子状ではなく骨ブロックを使用することは、治癒合併症のリスクが高いことと関連しているようである（それぞれ 29.8% 対 21.9%）。著者らは、ブロック移植片がその形状のために組織にかかる張力を増大させるためであるとしている。しかしながら、すべての研究者が、早期の創傷合併症は骨の再生に多大な悪影響を及ぼすため、避けなければならないという意見に同意している。さらに、創部を縫合する前のフラップがテンションフリーで適合する必要があることがしばしば強調される。これに反して術部の非一時治癒の発生率が高いことが報告されている。これらの否定的な結果は、2 つの要因が関係していると思われる：第一に、創閉鎖時のフラップの張力、第二に、フラップが下層の移植片に接着するのに必要な時間である。後者は最終的なフラップの端にかかる負担にも影響するはずである。フラップの安定性に関して、この研究では SEI 縫合糸の適用によりフラップの張力が平均 32.9g から平均 4.1g に減少したことが示された。この結果は、前庭側フラップの辺縁血管の "キラーループ効果"（水平マットレス縫合と関連している）を促進することなく得られた。実際、水平マットレス縫合はフラップの厚さ全体を巻き込み、テンション下ではフラップ断端で虚血を促進する可能性がある。組織の損傷はフラップ断端の壊死を引き起こし、創傷の裂開を促進する可能性がある。浮腫によるフラップ断端の張力上昇の可能性を避けるため n、ここで述べた手技では SEI 縫合を採用した。この縫合は、前庭側フラップの厚さ全体ではなく、骨膜層のみに関与していた。骨膜は薄い、コラーゲン線維が密に詰まった非常に抵抗力のある組織で、フラップの張力を吸収することができる。辺縁フラップの血管形成の大部分は関与しておらず、キラーループ効果は認められなかった。表層縫合（水平マットレス縫合と単純縫合）には最小限の力（4.1g）しかかけなかったため、最初の治癒段階で引張強さに耐える必要がない水密なフラップが保証された。Burkhardt と Lang が発表したデータ 7 によると、創傷にかかる応力が低いと、創傷が一次的に閉鎖する可能性が高く、この研究では 100% であった。著者らにとって特に興味深く驚きであったのは、フラップが安定しているという臨床的主観的感覚と、フラップ断端にかかる応力の実際の客観的測定値（T1 平均 32.9g）との間に大きな乖離があるという証拠であった。このような臨床的感覚と客観的現実との不一致は、骨造成術終了時の受動的創閉鎖が報告されているにもかかわらず、受動的縫合に関する客観的データが報告されていない、つまり受動的縫合と考えられるフラップがおそらくそうでなかった場合に、文献に見られる創部裂開の高い発生率を説明するかもしれない。これは、根面被覆術におけるフラップの張力を評価するために計画された以前の無作為化試験と一致しており、臨床的には完全に解放されたと判断されたフラップにも張力が残存していることが示された 8。

フラップの張力に影響する因子としてのフラップの安定性に関して、Werfully ら 12 名は、異なる基材に対するフラップの接着性の違いを明確に示した。イヌを対象としたこの研究により、すべての治癒期間において、フラップと骨との界面におけるフラップの引張

強さは、フラップと象牙質との界面における引張強さの少なくとも2倍であることが明らかになった（治癒7日後：それぞれ5.08N対1.82N）。つまり、軟組織は象牙質よりもはるかに強く、素早く骨と接着することができる。この違いについて著者らは、片方は下層にある血餅とフラップの関係が良好であった結果であると説明している。もう片方では骨があるため、血餅と象牙質の界面はあまり安定しなかったようである。これらの所見を骨造成に当てはめると、治癒初期にフラップ断端にかかるストレスを軽減するための重要な要因は、血餅とその上のフラップが移植片材料に接着する能力であると考えられる。移植片材料が反対側の界面として存在する場合、血餅とフラップ複合の界面の安定性は最適ではないという結論は妥当である。この事実は、骨造成に伴う合併症の発生率の高さを部分的に裏付けているのかもしれない。フラップが不安定な場合、縫合ラインは傷部の密閉性を維持するための主要な要因である。

フラップ断端にかかる張力がわずか（5g以上）であっても、創傷が開く可能性があることを忘れてはならない7。最小限のフラップ張力（平均値4.1g）を辺縁創縫合前、SEI縫合後に測定したこの研究の結果は、BurkhardtとLangの報告と一致している7。この論文で述べられているSEI縫合は、T1時の張力が32.9gからT2時の張力が4.1gに減少した（辺縁ひずみが87.6%減少）ことから、合併症なしに治癒するための決定的な因子であると思われる。

一次創傷治癒は、実施された特定の骨造成法（GBR法またはABB法）に関係なく、すべての患者で達成されたことに留意しなければならない。この事実は、創部合併症の発生率に影響する主な要因は、特定の骨造成法よりもむしろ、フラップ断端の張力であると考えられるという、他の著者ら7が発表したデータと一致している。本研究で上顎欠損のみを対象としたのは、1つのフラップ（前庭側）のみが伸展可能であり、テンションを伴わない創閉鎖が可能であったためである。しかしながら、この臨床前向きコホート研究で報告された良好な結果は、ランダム化前向き臨床試験によって検証されるべきである。なぜなら本研究では、手術手技と測定は同じオペレーターによって行われたため、今後の研究では、手術手技を盲検化し、十分な訓練を受けた臨床医がフラップの張力を記録するようにすべきである。

結論

フラップの安定化の臨床的主観的評価は、フラップの辺縁に存在する客観的ひずみ（本研究では平均32.9g）を過小評価する結果になるかもしれない。この研究では、懸垂外内縫合を適用することで、フラップ断端の張力ストレスを平均4.1g（フラップ縁の張力87.6%減少）まで減少させることになり、一次創傷治癒を阻害する可能性あるこの広範な張力を緩和した。残存する断端へのひずみが非常に少なくフラップが受動的に縫合された後も、骨造成法（GBRまたはABB）は創傷治癒に影響を及ぼさなかったようである。文献に報告されているデータと比較して、これらの主義は治癒の初期および後期における合併症の発生率を劇的に減少させ、一次創傷閉鎖率100%をもたらした。

翻訳:浦安ブランドENTALクリニック 高橋彩子

REFERENCES

1. Donos N, Mardas N, Chadha V. Clinical outcomes of implants following lateral bone augmentation: Systematic assessment of available options (barrier membranes, bone grafts, split osteotomy). *J Clin Periodontol* 2008;35(suppl 8):173 - 202.
2. Rocchietta I, Fontana F, Simion M. Clinical outcomes of vertical bone augmentation to enable dental implant placement: A systematic review. *J Clin Periodontol* 2008;35(suppl 8):203 - 215.
3. Storgard Jensen S, Terheyden H. Bone augmentation procedures in localized defects in the alveolar ridge: Clinical results with different bone grafts and bone-substitute materials. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24(suppl):218 - 236.
4. Lang NP, Hämmelerle C, Bragger U, Lehmann B, Nyman SR. Guided tissue regeneration in jawbone defects prior to implant placement. *Clin Oral Implants Res* 1994;5:92 - 97.
5. Proussaefs P, Lozada J. The use of intraorally harvested autogenous block grafts for vertical alveolar ridge augmentation: A human study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:351 - 363.
6. Simion, M, Jovanovic SA, Trisi P, Scarano A, Piattelli A. Vertical ridge augmentation around dental implants using a membrane technique and autogenous bone or allografts in humans. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1998;18:9 - 23.
7. Burkhardt R, Lang NP. Role of flap tension in primary wound closure of mucoperiosteal flaps: A prospective cohort study. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:50 - 54.
8. Pini Prato G, Pagliaro U, Baldi C, et al. Coronally advanced flap procedure for root coverage. Flap with tension versus flap without tension: A randomized controlled clinical study. *J Periodontol* 2000;71:188 - 201.
9. Tinti C, Parma Benfenati S. Vertical ridge augmentation: Surgical protocol and retrospective evaluation of 48 consecutively inserted implants. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1998;18(5):434 - 443.
10. Merli M, Mignai M, Esposito M. Vertical ridge augmentation with autogenous bone grafts: Resorbable barriers supported by osteosynthesis plates versus titanium-reinforced barriers. A preliminary report of a blinded, randomized controlled clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:373 - 382.
11. Rocuzzo M, Ramieri G, Bunino M, Berrone S. Autogenous bone graft alone or associated with titanium mesh for vertical alveolar ridge augmentation: A controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:286 - 294.
12. Werfully S, Areibi G, Toner M, et al. Tensile strength, histological and immunohistochemical observations of periodontal wound healing in the dog. *J Periodontal Res* 2002;37:366 - 374.