

# Intraosseous anastomosis in the maxillary sinus

L. F. RODELLA<sup>1</sup>, M. LABANCA<sup>1, 2</sup>, R. BONINSEGNA<sup>1</sup>,  
G. FAVERO<sup>1</sup>, M. TSCHABITSCHER<sup>3</sup>, R. REZZANI<sup>1</sup>

**Aim.** During sinus-lift surgery, certain intraosseous vessels may be accidentally cut and this cause bleeding complications in approximately 20% of osteotomies. Therefore, understanding vascular details of the maxilla is very important for the surgeon. Here, we have given an anatomical overview of maxillary sinus vascularization through anatomical dissection. We have analyzed the distribution, localization and distance from the alveolar ridge of intraosseous branches of the maxillary artery found during sinus lift surgery.

**Methods.** Fifty-six maxillary bone doors were made bilaterally in twenty-eight unfixated cadavers; the doors were made between the first molar and the second molar (24 doors) or between the first and the second premolar (32 doors).

**Results.** Intraosseous arteries were found in 37 maxillary bones (66%). The average height of the artery from the alveolar crest was  $13 \pm 3.2$  mm in the distal doors and  $18 \pm 6.1$  mm in the mesial doors. Generally, the intraosseous maxillary branches ran caudo-rostrally; but in five maxillae, we found two parallel arteries, while in three cases the maxillary artery ran vertically. No differences were found between the left and right side.

**Conclusion.** The risk of vascular damage in

*Acknowledgments.*—The authors thanks Dr Elisa Borsani for the help in manuscript preparation and Dr Robert Coates for his review of the English.

Received on January 11, 2010.

Accepted for publication on May 27, 2010.

Corresponding author: Prof. L. F. Rodella, Department of Biomedical Sciences and Biotechnologies, Division of Human Anatomy, University of Brescia, Viale Europa 11, 25123 Brescia, Italy. E-mail: address: rodella@med.unibs.it

<sup>1</sup>Department of Biomedical Sciences  
and Biotechnologies  
Division of Human Anatomy  
University of Brescia, Brescia, Italy  
<sup>2</sup>Department of Dentistry  
University "Vita e Salute"  
San Raffaele, Milan, Italy  
<sup>3</sup>Institute of Anatomy, University of Vienna  
Vienna, Austria

sinus floor elevation surgery is a real problem for the oral surgeon. Detailed anatomical knowledge about sinus vascularization is very important to reduce the risk of vascular damage and bleeding. In addition the visualization of sinus anastomosis by radiology and less invasive surgery, such as piezo-surgery, could be helpful.

Key words: Anastomosis, surgical - Surgery, oral - Osteotomy - Maxillary Sinus.

Sinus floor elevation is carried out to allow dental implants in the atrophic maxilla.<sup>1</sup> The insertion of dental implants after maxillary sinus floor elevation have high survival rate and low incidence of surgical complications,<sup>2</sup> such as perforation of the Schneiderian membrane, which occurs in 7-44% of patients.<sup>3-5</sup>

Several techniques have been used for sinus elevation;<sup>6, 7</sup> including the use of

osteotomes.<sup>8,9</sup> Nevertheless, more common approaches are the Caldwell-Luc modified technique<sup>10</sup> and hydraulic methods have been proposed.<sup>11,12</sup> The Caldwell-Luc modified technique consists of preparing a door in the lateral wall of the sinus followed by maxilla removal and detaching and elevating the Schneiderian membrane.<sup>13</sup>

Before planning the sinus floor elevation, the surgeon must consider the most common anatomical variations and pathologies, such as sinus septa, membrane inflammation and the vascularisation.<sup>14-16</sup>

Several arteries originating from the maxillary artery, such as the superior and posterior alveolar arteries, the infra-orbital artery and the nasal arteries supply maxillary sinus are very important in sinus augmentation surgery.<sup>6,17</sup> During the creation of the door in the lateral wall of the sinus, some intraosseous arteries may be cut and this causes bleeding complications in approximately 20% of osteotomies.<sup>18,19</sup> Knowledge of vascular details of the maxilla is very important for the surgeon. Studies concerning vessels supplying this region have been made by several authors.<sup>20-23</sup> In all these studies, the authors give an anatomical overview of maxillary sinus vascularization through anatomical dissection describing the presence of intraosseous anastomosis for the mesial and distal superior alveolar arteries. In addition, one of these studies, using a radiological approach, describes the presence of intraosseous anastomosis in patients.<sup>20</sup>

Our aim was to evaluate the distribution of maxillary intraosseous vessels present in the sinus wall involved in the osteotomy of unfixed cadavers, mimicking the real situation in patients.

### Materials and methods

Twenty-eight unfixed edentulous Caucasian cadavers (20 women and 8 men) aged between 58 and 78 years were used. The carotid arteries were isolated, then the internal carotid arteries were ligated and the external carotid arteries were injected with a solution of red silicon to identify vessels better.

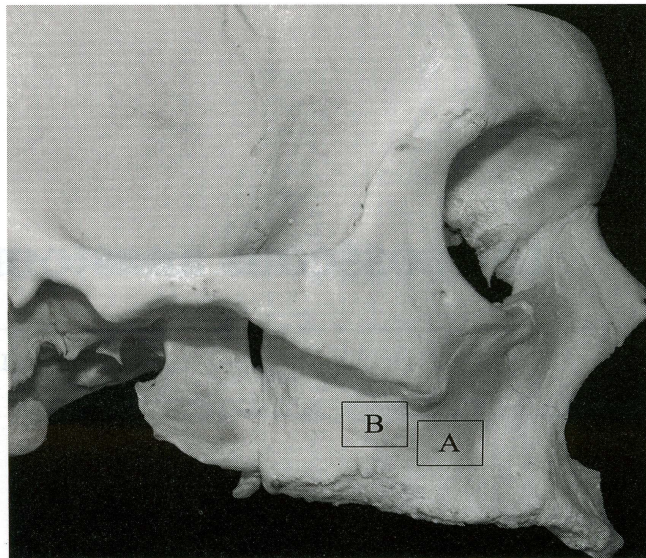


Figure 1.—Osteotomy area. A) distal osteotomy; B) mesial osteotomy MAND: mandible; MAX: maxilla.

A total of fifty-six maxillary bone doors were made bilaterally reproducing the surgical approach in patients. During the sinus lift surgical procedure, the conventional rotary diamond burs were used to prepare a door (about 1×1 cm) in the lateral wall of the sinus. The bone was removed and the Schneiderian membrane was detached and then elevated. In order to obtain two different access areas, the doors were made in two different positions: the first distal one, was between the first molar and the second molar area (24 doors) and the other mesial one, was made between the first and the second premolar (32 doors) (Figure 1). The distribution, localization and the distance from alveolar ridge from the intraosseous anastomosis were all measured.

### Results

The intraosseous arteries were found in 37 maxillary bones, representing 66% of the analyzed sinuses. In the distal access 20 intraosseous arteries were found, while there were 17 in the mesial access. These values were analyzed separately, and were respectively 83% and 53% of the maxillae studied.

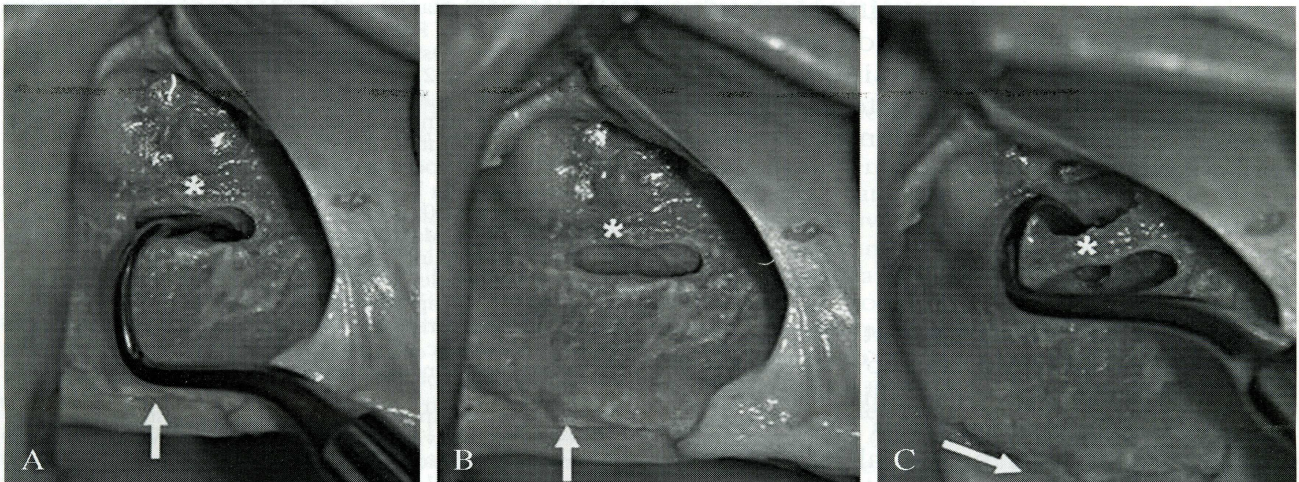


Figure 2.—Red silicon injected in the lateral wall of right maxilla. \*Vessel; arrow: alveolar ridge.

The intraosseous vessels generally ran caudo-rostrally and the average height of the artery from the alveolar ridge was  $13 \pm 3.2$  mm in the distal doors and  $18 \pm 6.1$  mm in the mesial doors (Figure 2). We found two parallel arteries in five cases and in three maxillae vessels run vertically. Four parallel arteries were found in the distal access and one in the mesial access, whereas vessels running vertically were found both in the mesial and in the distal access.

No statistical differences were found between the right and left side. Nevertheless, in the same cadavers, the presence of the anastomosis in the surgical window in one side was not related to the presence of the vessel in the contro-lateral maxilla. No differences were found between men and women.

### Discussion

The risk of vascular damage in sinus floor elevation surgery is a real problem in oral surgery. Indeed, excessive bleeding, even originating from small arteries, could reduce the visibility of the operating field thus limiting the surgeon's ability to operate.<sup>19</sup> So, even if there are several techniques to control bleeding, it is important to know the exact course of local vessels.

In this work, we found intraosseous anas-

tomosis in 66% of the maxillae, prevalently in the distal maxilla, suggesting that the risk of vascular damage in sinus elevation surgery involved mainly the first molar area.

Previous anatomical studies on fixed material showed intraosseous anastomosis in all samples examined.<sup>21, 23</sup> This does not contradict our results, because we did not make an extensive anatomical dissection, but we reproduced the surgical approach only considering vessels present in the surgical field. We did not exclude the presence of anastomosis in all subjects, but more probably they were in areas not involved in sinus surgery. In addition, the distance from the alveolar ridge to the anastomosis was  $13 \pm 3.2$  mm in the distal doors and  $18 \pm 6.1$  mm in the mesial doors and it was slightly less than those reported in previous studies. This is probably due to the fact that our study was made on edentulous cadavers in which there is a physiological alveolar bone re-absorption. Nevertheless, our data are consistent with radiological results obtained in patients undergoing sinus augmentation surgery<sup>18</sup> that, more probably, had bone re-absorption as in our cadavers.

Moreover, according to other authors, we also observed anastomosis in the soft tissues, but we did not investigate these vessels since it was in the flap of the soft tissue not involved in osteotomy.

Furthermore, our data are consistent with

previous computerized tomographic studies showing that vessels were radiographically identified in about 54% of sinuses.<sup>18</sup> This would suggest that an accurate radiological analysis is very useful to plan sinus elevation surgery.

### Conclusions

This study showed that there was intraosseous anastomosis in 66% of the maxillae; moreover, the possibility of finding intraosseous anastomosis was greater in the distal maxilla than in the mesial maxilla, suggesting that the risk of vascular damage in this area is higher. Furthermore, since patients for sinus elevation surgery have alveolar atrophy that reduces the distance from anastomosis vessels to alveolar ridge; this should be taken in account during surgery. Finally an accurate radiological analysis together with the use of a less invasive surgery, such as piezoelectric surgery<sup>[24]</sup>, could be useful to reduce the vascular risk.

### References

- Misch CE. Maxillary sinus augmentation for endosteal implants: organized alternative treatment plans. *Int J Oral Implantol* 1987;4:49-58.
- Pjetursson BE, Tan WC, Zwahlen M, Lang NP. A systematic review of the success of sinus floor elevation and survival of implants inserted in combination with sinus floor elevation. *J Clin Periodontol* 2008;35:216-40.
- Khoury F. Augmentation of the sinus floor with mandibular bone block and simultaneous implantation: a 6-year clinical investigation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:557-64.
- Schwartz-Arad D, Herzberg R, Dolev E. The prevalence of surgical complications of the sinus graft procedure and their impact on implant survival. *J Periodontol* 2004;75:511-6.
- Zijdeveld SA, van den Bergh JP, Schulten EA, ten Bruggenkate CM. Anatomical and surgical findings and complications in 100 consecutive maxillary sinus floor elevation procedures. *J Oral Maxillofac Surg* 2008;66:1426-38.
- Kaufman E. Maxillary sinus elevation surgery: an overview. *J Esthet Restor Dent* 2003; 15:272-82.
- Millstein P. Osteotome sinus elevation. *J Mass Dent Soc* 2006;55:42.
- Emmerich D, Att W, Stappert C. Sinus floor elevation using osteotomes: a systematic review and meta-analysis. *J Periodontol* 2005;76:1237-51.
- Li TF. Sinus floor elevation: a revised osteotome technique and its biological concept. *Compend Contin Educ Dent* 2005;26:619-20.
- Tatum H Jr. Maxillary and sinus implant reconstructions. *Dent Clin North Am* 1986;30:207-29.
- Soltan M, Smiler DG. Antral membrane balloon elevation. *J Oral Implantol* 2005;31:85-90.
- Vitkov L, Gellrich NC, Hannig M. Sinus floor elevation via hydraulic detachment and elevation of the Schneiderian membrane. *Clin Oral Implant Res* 2005;16:615-21.
- Lundgren S, Andersson S, Gualini F, Sennerby L. Bone reformation with sinus membrane elevation; a new surgical technique for maxillary sinus floor augmentation. *Clin Implant Dent Relat Res* 2004;6:165-73.
- Bergh van den JPA, Bruggenkate ten CM, Disch FJM, Tuinzing DB. Anatomical aspects of sinus floor elevations. *Clin Oral Implant Res* 2000;11:256-65.
- Ella B, Noble Rda C, Lauverjat Y, Sedarat C, Zwetyenga M, Siberchicot F, et al. Septa within the sinus: effect on elevation of the sinus floor. *Brit J Oral Max Surg* 2008; 46:464-7.
- Selcuk A, Ozcan KM, Akdogan O, Bilal N, Dere H. Variations of maxillary sinus and accompanying anatomical and pathological structures. *J Craniofac Surg* 2008;19:159-64.
- Wallace SS. Maxillary sinus augmentation: evidence-based decision making with a biological surgical approach. *Compend Contin Educ Dent* 2006;27:662-8.
- Elian N, Wallace S, Cho SC, Jalbout ZN, Froum S. Distribution of the maxillary artery as it relates to sinus floor augmentation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:784-7.
- Flanagan D. Arterial supply of maxillary sinus and potential for bleeding complication during lateral approach sinus elevation. *Implant Dent* 2005;14:336-8.
- Ella B, Sedarat C, Noble Rda C, Normand E, Lauverjat Y, Siberchicot F, Caix P, Zwetyenga N. Vascular connections of the lateral wall of the sinus: surgical effect in sinus augmentation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008;23:1047-52.
- Rosano G, Taschieri S, Gaudy JF, Del Fabbro M. Maxillary sinus vascularization: a cadaveric study. *J Craniofac Surg* 2009;20:940-3.
- Solar P, Geyerhofer U, Traxler H, Windisch A, Ulm C, Watzek G. Blood supply to the maxillary sinus relevant to sinus floor elevation procedures. *Clin Oral Implants Res* 1999;10:34-44.
- Traxler H, Windisch A, Geyerhofer U, Surd R, Solar P, Firbas W. Arterial blood supply of the maxillary sinus. *Clin Anat* 1999;12:417-21.
- Labanca M, Azzola F, Vinci R, Rodella LF. Piezoelectric surgery: twenty years of use. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2008;46:265-9.

## Anastomosi intraossee a livello del seno mascellare

Il rialzo del seno mascellare viene effettuato al fine di permettere l'inserimento di impianti endossei a livello dell'osso mascellare atrofico<sup>1</sup>; tale operazione chirurgica ha un'elevata percentuale di successo ed una scarsa incidenza di complicazioni<sup>2</sup>, tra cui la perforazione della membrana di Schneider, che avviene nel 7-44% dei pazienti sottoposti a rialzo di seno<sup>3-5</sup>.

Numerose tecniche sono utilizzate al fine di effettuare il rialzo di seno<sup>6-9</sup>; gli approcci chirurgici più utilizzati sono il metodo modificato di Caldwell-Luc<sup>10</sup> ed i metodi idraulici<sup>11, 12</sup>. Il metodo modificato di Caldwell-Luc consiste nel preparare una botola ossea a livello della parete vestibolare del seno mascellare e quindi scollare ed elevare la membrana di Schneider<sup>13</sup>.

Per poter pianificare correttamente il rialzo di seno, i chirurghi orali devono tenere in considerazione le varianti anatomiche più comuni e le possibili variabili e patologie correlate a tale area chirurgica (setti del seno mascellare, infiammazione della membrana di Schneider, vascolarizzazione, ecc)<sup>14-16</sup>.

Il seno mascellare è irrorato da numerose arterie che originano dall'arteria mascellare, come le arterie alveolari superiori e posteriori, l'arteria infraorbitaria e le arterie nasali. Per questo motivo risulta importante conoscere il loro decorso al fine di effettuare un corretto approccio chirurgico per il rialzo del seno<sup>6, 17</sup>. Durante la creazione della botola a livello della parete del seno, alcune arterie intraossee possono essere tagliate o danneggiate. Tali complicazioni causano emorragia nel 20% delle osteotomie<sup>18, 19</sup> per cui una buona conoscenza sulla vascolarizzazione di tale area chirurgica risulta fondamentale per il chirurgo orale. Numerosi studi riguardano la vascolarizzazione del seno mascellare<sup>20-23</sup>. In tutti questi studi, gli autori forniscono dettagli sulla vascolarizzazione del seno mascellare ottenuti da osservazioni effettuate durante dissezioni anatomiche. Questi studi hanno confermato la presenza di anastomosi intraossee a livello mesiale e distale delle arterie alveolari superiori. In aggiunta, tali anastomosi intraossee sono state osservate anche attraverso analisi radiologica<sup>20</sup>.

Lo scopo del nostro studio è stato quello di valutare la distribuzione e la localizzazione dei vasi intraossei mascellari a livello della parete del seno mimando, su cadavere, la reale situazione di un'operazione chirurgica di rialzo di seno.

### Materiali e metodi

In questo studio sono stati utilizzati 28 cadaveri edentuli non fissati (20 donne e 8 uomini) con età compresa tra i 58 ed i 78 anni. Le arterie carotidee sono state isolate. Quindi, dopo aver legato le arterie carotidee interne è stata iniettata nelle carotidi ester-

ne una soluzione di silicone rosso per facilitare l'identificazione dei vasi sanguigni.

Successivamente, durante la procedura di rialzo di seno sono state eseguite 56 botole ossee (1 x 1 cm) bilaterali a livello dell'osso mascellare, utilizzando una fresa rotante diamantata. L'osso è stato rimosso e la membrana di Schneider è stata scollata e quindi elevata. Le botole sono state ricavate in due differenti aree del mascellare: a livello distale, tra il primo ed il secondo molare (24 botole ossee) ed a livello mesiale, tra il primo ed il secondo premolare (32 botole ossee), ottenendo così due differenti aree d'accesso chirurgico (Figura 1). È stata quindi analizzata la distribuzione e la localizzazione dei vasi intraossei e la distanza tra il margine alveolare e le anastomosi intraossee.

### Risultati

Le arterie intraossee sono state osservate in 37 mascelle, quindi nel 66% circa dei cadaveri analizzati. In particolare, si sono osservate 20 arterie intraossee a livello distale e 17 a livello mesiale. Tali vasi intraossei sono quindi presenti per l'83% a livello distale e per il 53% a livello mesiale.

I vasi intraossei, solitamente, decorrono paralleli al margine alveolare ad una distanza media da quest'ultimo di  $13 \pm 3,2$  mm a livello distale e di  $18 \pm 6,1$  mm a livello mesiale (Figura 2). Sono state inoltre osservate due arterie parallele in cinque mascelle e in tre casi si è evidenziato un vaso con decorso verticale; in particolare, quattro arterie parallele sono state osservate a livello dell'accesso distale ed una a livello mesiale.

Non si sono osservate differenze statisticamente significative tra il lato destro e quello sinistro dell'osso mascellare. Inoltre, nello stesso cadavere, la presenza di anastomosi a livello del campo operatorio di un lato non è correlato alla presenza di anastomosi intraossee a livello controlaterale. Non si sono osservate differenze tra uomini e donne.

### Discussione

Il rischio di danni vascolari durante l'approccio chirurgico di rialzo di seno è un problema attuale nell'ambito della chirurgia orale. Un eccessivo sanguinamento, anche se originato da piccole arteriole, può ridurre la visibilità del campo operatorio aumentando così il rischio d'insorgenza di complicazioni<sup>[19]</sup>; per cui, nonostante esistano numerose tecniche per il controllo del sanguinamento, risulta importante conoscere il decorso dei vasi sanguigni presenti nel campo operatorio.

In questo studio sono state osservate anastomosi nel 66% dei mascellari, prevalentemente a livello distale (83%). Tali risultati suggeriscono che il rischio di danno vascolare durante l'operazione di rialzo di seno coinvolge prevalentemente l'area limitrofa al primo molare.

Studi anatomici precedentemente condotti su cadaveri fissati hanno dimostrato la presenza di anastomosi intraossee in tutti i soggetti studiati<sup>21, 23</sup>. Tali dati non sono in contrapposizione ai nostri, in quanto nel nostro studio non sono state effettuate dissezioni anatomiche estese, ma solo in aree limitate in modo da riprodurre le stesse condizioni dell'approccio chirurgico di rialzo di seno analizzando così solo i vasi che decorrono in tale campo operatorio. Non si esclude perciò la presenza di anastomosi in tutti i soggetti, ma molto probabilmente esse sono localizzate in aree non coinvolte nel campo chirurgico del rialzo di seno. Inoltre, abbiamo evidenziato che la distanza tra il margine alveolare e le anastomosi è di  $13\pm 3,2$  mm a livello distale e di  $18\pm 6,1$  a livello mesiale, mentre in altri studi sono riportati valori maggiori. Tale discrepanza è probabilmente dovuta al fatto che il nostro studio è stato effettuato su cadaveri edentuli in cui è evidente un riassorbimento alveolare correlato all'edentulia stessa. Il nostro studio è comunque confermato da dati radiologici ottenuti da altri Autori su pazienti sottoposti a rialzo di seno<sup>18</sup> che, probabilmente, mostrano il medesimo riassorbimento alveolare presente nei cadaveri edentuli da noi utilizzati.

In accordo con precedenti risultati, abbiamo inoltre osservato anastomosi presenti a livello dei tessuti molli, ma queste non sono state riportate nel nostro studio in quanto localizzate in aree non coinvolte nell'approccio chirurgico di rialzo di seno.

I nostri risultati sono inoltre paragonabili a quelli di altri studi di tomografia computerizzata in cui si sono osservati vasi intraossei nel 54% dei seni mascellari<sup>18</sup>. Un'accurata analisi radiologica appare quindi di notevole utilità al fine di pianificare al meglio l'approccio chirurgico di rialzo di seno mascellare, diminuendo così il rischio d'insorgenza di complicazioni durante l'intervento.

### Conclusioni

Questo studio evidenzia la presenza di anastomosi intraossee nel 66% dei mascellari; tali anastomosi risultano maggiormente presenti a livello distale rispetto a quello mesiale, suggerendo quindi che il rischio di danno vascolare o di emorragie è maggiore in tali

zone. Risulta quindi importante considerare, prima dell'approccio chirurgico di rialzo di seno, la vascolarizzazione del seno mascellare ricordando che la distanza tra anastomosi e margine alveolare può risultare ridotta in base al grado di atrofia alveolare. Infine, un'accurata analisi radiologica correlata ad una chirurgia meno invasiva, come tramite la piezo-chirurgia<sup>24</sup> può aiutare a limitare l'insorgenza di complicanze durante l'intervento.

### Riassunto

**Obiettivo.** Durante il rialzo di seno mascellare, alcuni vasi intraossei possono essere accidentalmente danneggiati o tagliati. Dal momento che tale complicanza avviene nel 20% delle osteotomie è di notevole importanza una corretta ed ampia conoscenza del decorso dei vasi sanguigni a livello dell'osso mascellare. In questo studio abbiamo analizzato la distribuzione, la localizzazione delle anastomosi intraossee e la distanza dal margine alveolare dei vasi intraossei, mimando l'approccio chirurgico del grande rialzo di seno mascellare con accesso vestibolare.

**Metodi.** Sono stati eseguiti 56 accessi bilaterali in 28 mascellari di cadaveri non fissati; gli accessi sono stati effettuati sia tra il primo ed il secondo molare (24) che tra il primo ed il secondo premolare (32).

**Risultati.** Le arterie intraossee sono state osservate in 37 ossa mascellari (66%). La media della distanza tra i vasi intraossei ed il margine alveolare è di  $13\pm 3,2$  mm a livello distale e di  $18\pm 6,1$  mm a livello mesiale. Le arterie intraossee decorrono solitamente postero-anteriormente; in cinque mascellari sono state osservate due arterie parallele, mentre in tre mascellari l'arteria intraossea decorreva verticalmente. Non si sono osservate differenze tra il lato destro e quello sinistro.

**Conclusioni.** Il rischio di danno vascolare durante l'approccio chirurgico del rialzo di seno mascellare è un problema attuale nell'ambito della chirurgia orale. Un'accurata conoscenza della vascolarizzazione del seno mascellare è fondamentale per diminuire il rischio di danno vascolare e quindi di emorragia. Inoltre, la valutazione della anastomosi intraossee attraverso analisi radiologiche e l'utilizzo di tecniche chirurgiche meno invasive, come la piezo-chirurgia, può aiutare a limitare l'insorgenza di complicanze intraoperatorie.

Parole chiave: Anastomosi, chirurgia - Chirurgia orale - Osteotomia - Seno mascellare.