

Das *Foramen mentale* oder «the crossroads of the mandible»

Eine anatomische und klinische Betrachtung

Schlüsselwörter: Anatomie, *Foramen mentale*, *Nervus mentalis*, Diagnostik

THOMAS VON ARX

Klinik für Oralchirurgie und
Stomatologie, ZMK Zahnmedizinische
Kliniken der Universität Bern

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. dent. T. von Arx
Klinik für Oralchirurgie und
Stomatologie, Zahnmedizinische
Kliniken der Universität Bern
Freiburgstrasse 7, 3010 Bern
Tel. 031 632 25 66
Fax 031 632 25 03
E-Mail: thomas.vonarx@zmk.unibe.ch

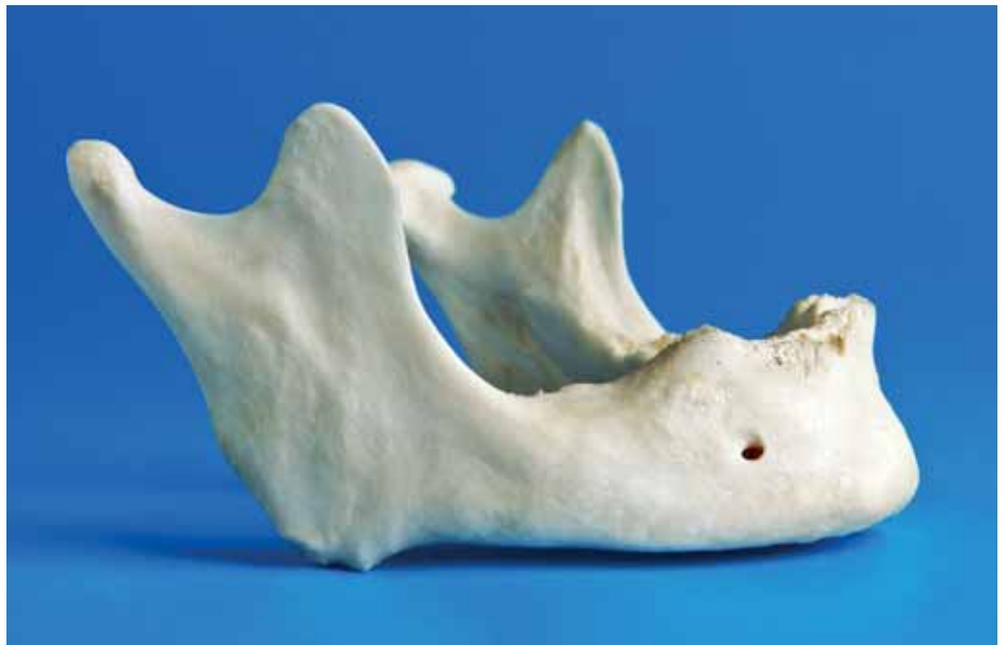


Bild oben: Unbezahnter Unterkiefer
mit prominentem *Foramen mentale*.

Zusammenfassung Das *Foramen mentale* ist eine prominente anatomische Struktur an der Aussenseite des Unterkiefers im Prämolarenbereich. Die Lage des *Foramen mentale* zu den Nachbarzähnen sowie das Vorhandensein akzessorischer Foramina sind individuell verschieden und möglicherweise ethnisch beeinflusst. Grosse klinische Bedeutung hat der *Nervus mentalis*, da eine Schädigung dieses

Nervs zu dauerhaften Sensibilitätsstörungen im Unterlippen-Kinn-Bereich führen kann. Eine exakte präoperative (Röntgen-)Diagnostik sowie die intraoperative Schonung des *Nervus mentalis* sind unumgänglich. Die vorliegende Übersichtsarbeit beschreibt die Anatomie des *Foramen mentale* und dessen klinische Relevanz anhand der neueren Literatur.

Einleitung

Kenntnisse der Anatomie sind unabdingbar für die zahnärztliche Diagnostik und Therapie. Da die Wissensvermittlung in Anatomie früh im Studium erfolgt und der Student noch keine klinische Erfahrung hat, fehlt der Bezug von der Anatomie zur praktischen Tätigkeit. Umgekehrt werden wohl die meisten

Zahnärztinnen und Zahnärzte bei ihrer täglichen Arbeit auf klinische Ausbildung, Erfahrung und Fortbildungstätigkeit abstützen, wobei die Anatomie in allen drei Gebieten fast immer zu kurz kommt. Dieser Fortbildungsartikel soll Ihnen die Region des *Foramen mentale* aus klinischer und anatomischer Sicht vertrauter machen, sowie mit der aktuellen Literatur (ab 1990) eine Übersicht zum Thema geben.

Das *Foramen mentale* ist sowohl für die chirurgischen wie auch für die nicht chirurgischen Disziplinen der Zahnmedizin von grosser Bedeutung. Da das *Foramen mentale* prominent an der Aussenseite der *Mandibula* liegt, lässt es sich intraoperativ gut lokalisieren, birgt jedoch gleichzeitig das Risiko der Nervschädigung des *Nervus mentalis* (Abb. 1). Letztere kann zu verschiedenen Formen von Dysästhesien führen und mitunter den Patienten lebenslang beeinträchtigen. Nervschädigungen sind deshalb oft mit forensischen Problemen verbunden.

Im Gegensatz zu anderen *Foramina* der Kieferknochen ist das *Foramen mentale* radiologisch mit konventionellen Röntgenbildern und in der Panoramaschichtaufnahme in der Regel darstellbar (Abb. 2 und 3). Mit der heute verfügbaren digitalen Volumentomografie (DVT) lassen sich zudem die topografische Lage des *Foramen mentale* bezüglich Nachbarwurzeln oder angrenzender pathologischer Knochenveränderungen exakt darstellen und alle klinisch relevanten Distanzen ausmessen.

Das *Foramen mentale* dient zur anatomischen Abgrenzung der *Mandibula* in einen anterioren Teil und einen posterioren Teil des Unterkiefers. Weiter hat sich auch der Begriff «Interforaminalregion» etabliert, hauptsächlich in der dentalen Implantologie mit der Insertion von dentalen Implantaten im

anterioren Unterkiefer. Das *Foramen mentale* liegt zudem auf Höhe des Überganges des *Canalis mandibulae* in den *Canalis incisivus mandibulae* bzw. eines von lingual kommunizierenden Knochenkanals (deshalb «crossroads» im Titel). SOLAR ET AL. (1994) propagierten, dass das *Foramen mentale* in der Vertikalen die Grenze zwischen dem zahntragenden *Processus alveolaris* und dem basalen Körper der *Mandibula* darstellt. Bei hochgradiger Kammatrophie kann das *Foramen mentale* direkt auf dem verbleibenden Alveolarknochen liegen und muss bei mukosalen Inzisionen geschont werden.

Lage des *Foramen mentale*

Das *Foramen mentale* liegt an der Aussenseite des Unterkieferkörpers im Bereich der Prämolaren. Das *Foramen mentale* zeigt mit seiner Öffnung innerhalb der bukkalen Kortikalis nach oben und hinten (Abb. 4). In der Vertikalen findet sich das *Foramen mentale* beim bezahnten Erwachsenen etwa auf mittlerer Höhe der *Mandibula*, bei Kindern im unteren Drittel und bei unbezahnten Patienten im oberen Drittel. Bei seit vielen Jahren zahnlosen Patienten kann das *Foramen mentale* infolge vollständiger Höhenresorption des *Processus alveolaris* direkt auf dem Unterkieferkörper liegen (Abb. 5a, b). Entsprechende Vorsicht ist somit bei Kamminzisionen in Fällen mit vertikalem Knochenverlust im Unterkiefer-Prämolarenbereich angebracht. In ganz wenigen Fällen ist das *Foramen mentale* nicht angelegt (MANIKANDHAN ET AL. 2010, OLIVEIRA-SANTOS ET AL. 2011), und



Abb. 1 Intraoperative Darstellung des *Foramen mentale* (FM) vor Implantatinsertion im Unterkiefer rechts bei einer 45-jährigen Patientin



Abb. 2 Ausschnitt aus einer Panoramaschichtaufnahme eines 21-jährigen Patienten. Beidseits befindet sich das *Foramen mentale* (FM) unterhalb des zweiten Prämolaren (CM = *Canalis mandibulae*).



Abb. 3 Ausschnitt aus einer Panoramaschichtaufnahme eines 18-jährigen Patienten. Die *Foramina mentalia* (FM) liegen in unmittelbarer Nähe der Wurzelspitzen der zweiten Prämolaren. Nach anterior zieht der *Canalis incisivus mandibulae* (*CIM) als Fortsetzung des *Canalis mandibulae* (CM).



Abb. 4 Typische Lage des *Foramen mentale* (FM) unterhalb des zweiten Prämolaren in einem Schädel unbekannter Herkunft. Oberhalb des FM findet sich ein akzessorisches *Foramen mentale* (AFM).

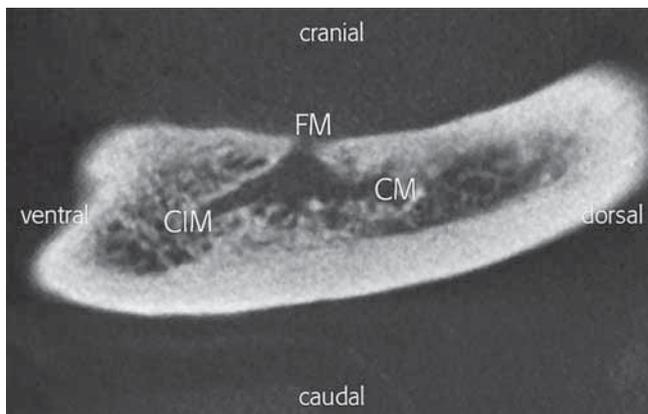


Abb. 5a Die sagittale DVT-Schicht des Unterkiefers links bei einer 63-jährigen Patientin zeigt die kammnahelie Lage des *Foramen mentale* (FM) (CM = *Canalis mandibulae*, CIM = *Canalis incisivus mandibulae*).

Tab. I Lagebestimmung des <i>Foramen mentale</i> bezüglich der Nachbarzähne (Studien ab 1990)									
Autor(en)	Studienmaterial	N	Lage des <i>Foramen mentale</i> (in %)						
			unter C*	zwischen C und PM ¹	unter PM ¹	zwischen PM ¹ und PM ²	unter PM ²	zwischen PM ² und M ¹	unter M ¹
SHANKLAND 1994	68 Unterkiefer (Inder)	136				6	77,6	11,9	4,5
AL JASSER & NWOKU 1998	397 Panoramaschichtaufnahmen (Saudis)	794		0,6	5,3	42,7	45,3	5,2	0,9
MOISEWITSCH 1998	55 Kadaver (weisse Nordamerikaner)	100		1	5	41	18	31	4
CUTRIGHT ET AL. 2003	76 Kadaver (Weisse)	keine Angaben			7	32	51	10	
	78 Kadaver (Schwarze)	keine Angaben				14	53	32	1
NEIVA ET AL. 2004	22 Kadaver (Kaukasier)	44				58	42		
GUPTA 2008	78 Schädel (Inder)	156			10,8	9,5	50	28,5	1,3
GUO ET AL. 2009	21 Kadaver (Chinesen)	42				11,9	73,8	14,3	
KQIKU ET AL. 2011 ^a	200 Kadaver (keine ethnischen Angaben)	400		0,3	1,5	37,8 + 5** + 20***	27,5	3 + 5****	
PRIA ET AL. 2011 ^b	500 digitale Panoramaschichtaufnahmen (keine ethnischen Angaben)	500 (nur rechte Seite untersucht)		4,6		55	33,2		
KALENDER ET AL. 2012	193 DVT (Türken)	386			4,8	59,8	30,4	4,2	0,3

* C = Caninus, PM¹ = erster Prämolare, PM² = zweiter Prämolare, M¹ = erster Molar
^a Diese Studie verwendete zusätzliche Klassifikationen für Positionen des *Foramen mentale* zwischen Zähnen: **distal von PM¹, ***mesial von PM², ****distal von PM²
^b In 7,2% war kein *Foramen mentale* radiologisch sichtbar.

trotzdem sind bei diesen Patienten keine Sensibilitätsausfälle im Unterlippen-Kinn-Bereich beschrieben worden (DA SILVA ET AL. 2011).

In der Sagittalen findet sich das *Foramen mentale* meist unterhalb des zweiten Prämolaren (in 18–78%) oder im Zwischenraum unterhalb der beiden Prämolaren (in 6–60%) (Tab. I). Einzelne Autoren berichten über eine relativ hohe Frequenz von etwa 30% der Lage des *Foramen mentale* zwischen dem zweiten Prämolaren und dem ersten Molaren (MOISEWITSCH 1998, CUTRIGHT ET AL. 2003, GUPTA 2008). In Ausnahmefällen

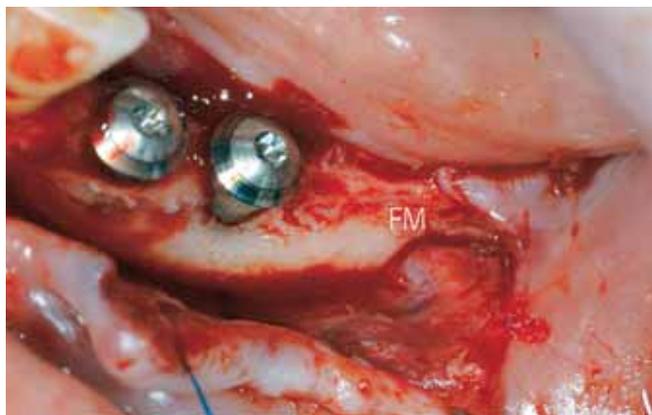


Abb. 5b Darstellung des *Foramen mentale* (FM) nach Aufklappung zur Implantatinsertion im linken Unterkiefer: die distale vestibuläre Entlastungsinzision liegt zu nahe am *Foramen mentale*.

wird eine Lage des *Foramen mentale* unterhalb der mesialen Wurzel des ersten Molaren beschrieben (SHANKLAND 1994, MOISEWITSCH 1998, CUTRIGHT ET AL. 2003, GUPTA 2008, SHAH ET AL. 2010, KALENDER ET AL. 2012). Eine Lage des *Foramen mentale* anterior des ersten Prämolaren, wie von PRIA ET AL. (2011) angegeben, muss mit Vorsicht betrachtet werden, da in jener Studie Panoramaschichtaufnahmen und nicht Kadaver analysiert wurden.

Vermessungen von Unterkieferkörpern ergeben je nach Studie eine durchschnittliche Distanz von 22,0–28,0 mm vom *Foramen mentale* bis zur Unterkiefermitte, von 12,0–15,6 mm vom *Foramen mentale* bis zum Unterrand der *Mandibula*, von 14,2 mm bis zum Oberrand der *Mandibula* sowie von 15,5–16,6 mm vom *Foramen mentale* bis zur Schmelzzementgrenze des nächstgelegenen Zahnes (Tab. II) (Abb. 6).

Bei zahnlosen Patienten können jedoch die Zähne nicht als intraorale Referenz zur Lokalisation des *Foramen mentale* beigezogen werden. Ebenso ist eine extraorale Lagebestimmung des *Foramen mentale* mittels Palpation schwierig und ungenau. Deshalb wurde in zwei Kadaverstudien die Lage des *Foramen mentale* zum *Cheilion* (Mundwinkel) vermessen. SONG ET AL. (2007) empfehlen bei fehlenden Prämolaren, das *Foramen mentale* 20 mm unterhalb des *Cheilion* und leicht medial (bis zu einer Fingerbreite) zu lokalisieren. GUO ET AL. (2008) nennen zur extraoralen Lagebestimmung des *Foramen mentale* eine vertikale Distanz von 24 mm und eine horizontale mediale Distanz von 3,6 mm vom *Cheilion* zum *Foramen mentale* (Abb. 7).

Grösse des *Foramen mentale*

In Kadaverstudien (PHILLIPS ET AL. 1990, BERGE & BERGMAN 2001, NEIVA ET AL. 2004) wurde die horizontale und vertikale Dimension des *Foramen mentale* vermessen (Tab. II). Dabei zeigen sich beträchtliche Unterschiede, sowohl für die Durchschnittswerte (2,4–4,6 mm für die horizontale Dimension, 1,8–3,5 mm für

die vertikale Dimension) wie auch für die Minimal- und Maximalwerte (0,5–7,3 bzw. 0,5–5,8 mm), was auf eine unterschiedliche Methodik schliessen lässt. Eine Studie hat die Grösse des *Foramen mentale* mittels Computertomografie ermittelt, wobei die Durchschnittsgrösse tendenziell kleiner war als in den genannten Kadaverstudien (HAKTANIR ET AL. 2010). Eine ganz neue Studie mittels DVT ergab eine durchschnittli-

Tab. II Messung verschiedener Distanzen (in Millimeter) vom *Foramen mentale* (FM) zu Umgebungsstrukturen bzw. von der Grösse des *Foramen mentale* (Studien ab 1990)

Autor(en)	Studienmaterial	N	FM bis Unterkiefermitte	FM bis Unterkieferrand	FM bis krestaler Alveolar-knochen	FM bis Schmelz-zementgrenze Nachbarzahn	FM horizontale Dimension	FM vertikale Dimension	FM allgemeine Grösse
PHILLIPS ET AL. 1990	75 Unterkiefer	150		rechts: 13,9* (10,9–16,4) links: 14,5* (11,7–15,8)			4,6 (2,4–7,3)	3,4 (2,1–5,8)	
MOISEWITSCH 1998	55 Schädel (weisse Nord-amerikaner)	100				16 (8–21)			
BERGE & BERGMAN 2001	100 Schädel	keine Angaben					2,43 (0,52–5,5)	1,76 (0,52–3)	
CUTRIGHT ET AL. 2003	76 Schädel (Weisse) 78 Schädel (Schwarze)	keine Angaben	22*	(20,1–23,5)					
SMAJILAGI & DILBEROVI 2004	20 Unterkiefer (Bosnier)	keine Angaben	rechts: 25,7 ±1,89 links: 24,8 ±1,99	rechts: 13,3 ±1,1 links: 14,6 ±1,33					
NEIVA ET AL. 2004	22 Schädel (Kaukasier)	44	27,6 ±2,3 (22–31)	12 ±1,7 (9–15)		15,5 ±2,4 (12–22)	3,59 ±0,8 (2–5,5)	3,47 ±0,71 (2,5–5,5)	
AGTHONG ET AL. 2005	110 Schädel (Asiaten)	104 rechts 99 links	rechts: 28,0* ±0,02 links: 27,8* ±0,02	rechts: 14,5* ±0,02 links: 14,4* ±0,01					
GUPTA 2008	78 Schädel (Inder)	156	25,8* ±5,0 (3,7–32,7)	13,2* ±3,8 (9,1–18)					
GUO ET AL. 2009	21 Kadaver (Chinesen)	42		15,6* ±1,74 (12,7–18,8)		16,6* ±2,53 (11,7–21,4)			
HAKTANIR ET AL. 2010	100 Patienten (Türken) (multi-detector CT)	200	24,9** ±1,9 (19,6–29,8)		14,2** ±2,0 (10,7–20,5)				2,6 ±0,6 (1,3–4,7)
PARNIA ET AL. 2012	96 Patienten (DVT)	192	rechts:** 25,9 ±4,8 links:** 24,9 ±4,7						
KALENDER ET AL. 2012	193 Patienten (Türken) (DVT)	386		12,4 ±1,7 (7,9–18,6)			3,4 (0,8–7)	3,7 (1–7)	

* Messungen von/zu der Mitte des *Foramen mentale*

** Messungen vom/zum mesialen Rand des *Foramen mentale*

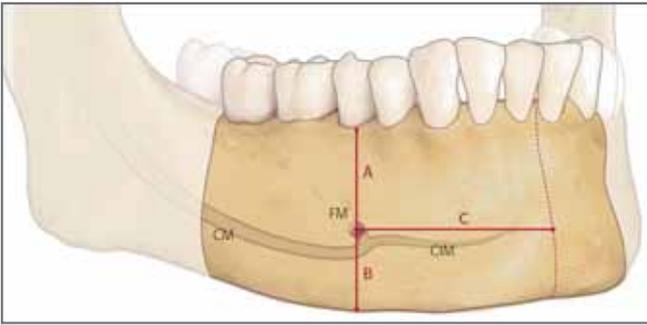


Abb. 6 Grafische Darstellung der Lage des *Foramen mentale* (FM) unterhalb des zweiten Prämolaren mit Einzeichnung typischer Messstrecken (A = Distanz FM zum Oberrand der Mandibula, B = Distanz FM zum Unterrand der Mandibula, C = Distanz FM zur Unterkiefermitte) (CM = *Canalis mandibulae*, CIM = *Canalis incisivus mandibulae*)

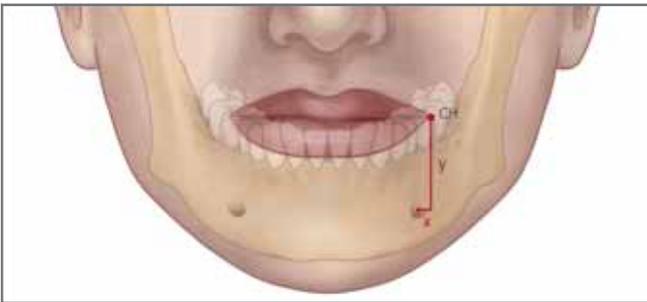


Abb. 7 Grafische Darstellung der extraoralen Lagebestimmung des *Foramen mentale* in Bezug zum Cheilion (CH) (y = vertikale Referenzdistanz, x = horizontale Referenzdistanz)

che Grösse des *Foramen mentale* von 3,4 mm (horizontale Dimension) bzw. 3,7 mm (vertikale Dimension) (KALENDER ET AL. 2012).

Linguale Lage des *Foramen mentale*

CLAEYS & WACKENS (2005) berichteten über einen doppelt angelegten *Canalis mandibulae* mit paarig angelegtem *Foramen mandibulae* als Ursprung. Der höhere der beiden Kanäle zog nach lingual und hatte eine anteriore Öffnung (linguales *Foramen mentale*!) mesial des zweiten Prämolaren an der lingualen Kortikalis. Der tiefere der beiden Kanäle zog zum «normal» auf der bukkalen Seite des Unterkiefers gelegenen *Foramen mentale*. In einem anderen Fallbericht mittels multi-slice CT wurde über eine andere Variante einer lingualen Lage des *Foramen mentale* berichtet (NEVES ET AL. 2010). Dabei fanden die Autoren auf Höhe des *Foramen mentale* einen vom Mandibularkanal zusätzlich nach lingual abzweigenden Knochenkanal mit lingualen *Foramen mentale*. Nach Meinung der Autoren handelt es sich dabei nicht um eine Öffnung eines nutritiven Kanals, einerseits wegen der Grösse der Öffnung und andererseits wegen der breiten Kommunikation zum Mandibularkanal.

Akzessorisches *Foramen mentale*

Bezüglich der Häufigkeit akzessorischer *Foramina mentalia* (AFM) scheint es ethnische Unterschiede zu geben (Tab. III). HANIHARA & ISHIDA (2001) fanden in Schädeln von 81 verschiedenen Populationen die höchste Frequenz für AMF in Zentralasien (bis 32%) und in Afrika südlich der Sahara (bis 29%), in Osteuropa hingegen <5%. Andere Autoren fanden in Schädeln von präkolumbianischen Nazca-Indianern AFM in 9%, in Schädeln

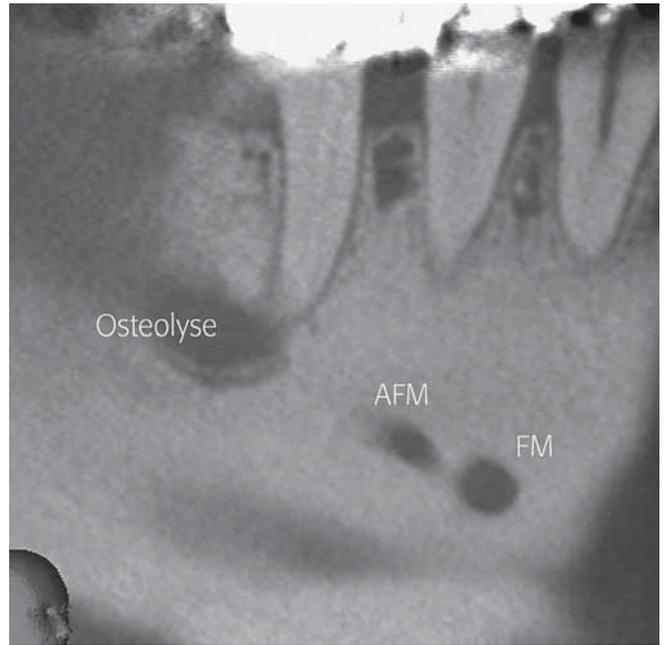


Abb. 8a Die sagittale DVT-Schicht zeigt ein akzessorisches *Foramen mentale* (AFM) posterior vom *Foramen mentale* (FM) im Unterkiefer rechts bei einem 57-jährigen Patienten.

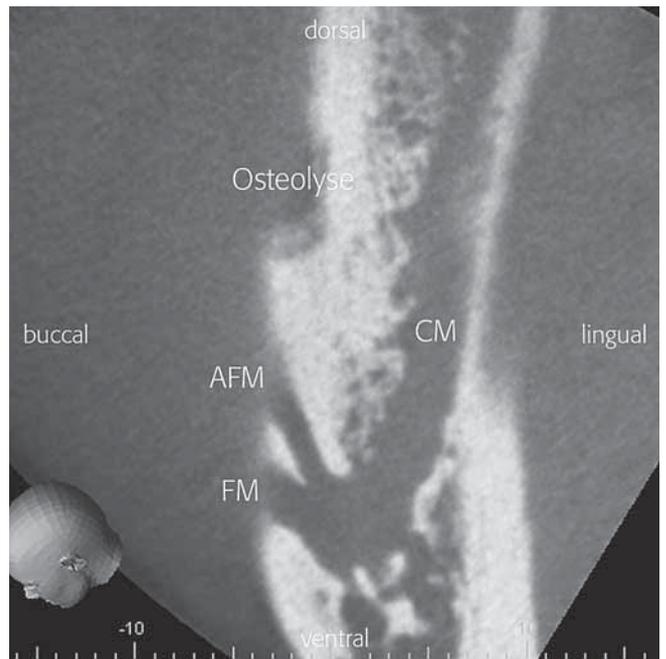


Abb. 8b In der axialen Schichtaufnahme sind die beiden vom *Canalis mandibulae* (CM) bogenförmig nach hinten abzweigenden Kanäle zum *Foramen mentale* (FM) bzw. zum akzessorischen *Foramen mentale* (AFM) gut sichtbar.

von Indern und weissen Amerikanern aus dem 20. Jahrhundert hingegen nur in 1,5% bzw. 1,4% (SAWYER ET AL. 1998).

Aktuelle Studien evaluierten die Häufigkeit von AFM mittels DVT (NAITOH ET AL. 2009, OLIVEIRA-SANTOS ET AL. 2011, KALENDER ET AL. 2012) und CT (HAKTANIR ET AL. 2010). Die Inzidenz betrug zwischen 2,5 und 6,5% bezüglich analysierter Unterkieferseiten und zwischen 4 und 11,9% bezüglich der untersuchten Patienten. Die häufigste Lokalisation des AFM zum eigentlichen *Foramen mentale* wurde je nach Studie sehr unterschiedlich angegeben. Die durchschnittliche Distanz vom AFM zum *Foramen mentale* betrug 2–6,3 mm (Abb. 8a, b, c). Dreifach- oder

Tab. III Häufigkeit, Grösse, Distanzen und Lage akzessorischer Foramina mentalia (AFM) (Studien ab 1990)

Autor(en)	Studienmaterial	N	Häufigkeit	Grösse/Distanzen	Lage
SHANKLAND 1994	68 Unterkiefer (Inder)	136	6,6%		
SAWYER ET AL. 1998	Schädel (aus dem 20. Jahrhundert): 234 Inder, 166 schwarze Amerikaner, 255 weisse Amerikaner, 50 präkolumb. Schädel (Nazca-Indianer)	468 (Inder) 332 (schwarze Amerikaner) 510 (weisse Amerikaner) 100 (Nazca-Indianer)	Inder: 1,5% schwarze Amerikaner: 5,7% weisse Amerikaner: 1,4% Nazca-Indianer: 9%		
AGTHONG ET AL. 2005	110 Schädel (Asiaten)	220	1,8%		
KATAKAMI ET AL. 2008	Keine Angaben (DVT)	Analyse von 17 AFM in 16 Patienten	Keine Angaben	horizontale Grösse: 1,6 mm (0,7–2,6 mm) vertikale Grösse: 1,2 mm (0,5–2,2 mm) Mediane horizontale Distanz zum <i>Foramen mentale</i> : 2,0 mm (0–7,4 mm) Mediane vertikale Distanz zum <i>Foramen mentale</i> : 0,5 mm (0–3,6 mm)	41% dorsal zum <i>Foramen mentale</i> , 29% kaudal zum <i>Foramen mentale</i> , 12% dorso-kaudal zum <i>Foramen mentale</i>
NAITOH ET AL. 2009	157 Patienten (Japaner) (DVT)	314	Seiten: 4,1% Patienten: 7%	Grösse: 1,9 ± 0,6 mm (1,1–2,9) Fläche: 1,7 mm ² ± 1,5 mm ² Distanz zum <i>Foramen mentale</i> : 6,3 mm ± 1,5 mm (4,5–9,6 mm)	60% AMF lagen dorso-kaudal zum <i>Foramen mentale</i>
HAKTANIR ET AL. 2010	100 Patienten (Türken) (multi-detector CT)	200	Seiten: 2,5% Patienten: 4%	Grösse: 1,3 mm (0,7–2,0 mm) Distanz zur Unterkiefermitte: 27,2 mm (24,5–30,4 mm) Distanz zum Alveolar-kamm: 13,4 mm (9,4–16,6 mm)	3 × akzessorisches Foramen unilateral 1 × akzessorisches Foramen bilateral
OLIVEIRA-SANTOS ET AL. 2011	285 Patienten (277 Kaukasier) (CBCT)	570	Seiten: 5,1% Patienten: 9,4%	Grösse: 1,95 mm ± 0,75 mm (1,03–3,29 mm)	25 unilateral cases (1 case with 2 AFM on same side) 2 bilateral cases
KALENDER ET AL. 2012	193 Patienten (Türken)	386	Seiten: 6,5% Patienten: 11,9%	Grösse vertikal: 1,4 mm (0,8–2,4 mm) Grösse horizontal: 1,6 mm (0,8–3 mm) Distanz zum <i>Foramen mentale</i> : 5,3 mm ± 4,4 mm (1,3–15,4 mm) Distanz zum UK-Rand: 10,7 mm ± 2,3 mm (7,5–20,6 mm)	AMF mainly located anteroinferior (37%) and posteroinferior (22,2%) to <i>Foramen mentale</i>

Tab. IV Häufigkeit und Ausdehnung des «Anterior Loop» des Canalis mentalis (Studien ab 1990)				
Autor(en)	Studienmaterial	N	Loop (in %)	Ausdehnung des Loop nach anterior
ARZOUAMAN ET AL. 1993	25 Unterkiefer (Sondierung des <i>Canalis mentalis</i>)	keine Angaben	100%	6,95 mm
	25 Unterkiefer (Panoramaschichtaufnahmen)	keine Angaben	keine Angaben	2,75 mm (ohne radioopaken Marker) 4,64 mm (mit radioopakem Marker)
BAVITZ ET AL. 1993	24 Kadaver (anatomische Präparation)	47 (24 bezahnt, 23 unbezahnt)	keine Angaben	bezahnt: $0,2 \pm 0,3$ mm (0–1,0 mm) unbezahnt: 0 ± 0 mm
	24 Kadaver (Einzelzahnrontgenbilder)	35 (15 bezahnt, 20 unbezahnt)	54,3%	bezahnt: $2,5 \pm 2,6$ mm (0–7,5 mm) unbezahnt: $0,6 \pm 0,8$ mm (0–2,0 mm)
SOLAR ET AL. 1994	37 Kadaver (anatomische Präparation)	keine Angaben	59,4%	$1,0 \pm 1,2$ mm (0–5 mm)
ROSENQUIST ET AL. 1996	58 Patienten (intraoperative Präparation während Nervalateralisation)	58	25,9%	0,15 mm (0–1 mm) 74,1%: kein Loop 22,4%: 0,5 mm Loop 3,5%: 1,0 mm Loop
MARDINGER ET AL. 2000	46 Kadaver (anatomische Präparation)	46	28%	$1,05 \pm 0,47$ mm (0,4–2,19 mm)
	46 Kadaver (Unterkiefer-Röntgen von medial)	46	20%	$1,18 \pm 0,72$ mm (0,5–2,95 mm)
KUZMANOVIC ET AL. 2003	22 Kadaver (Kaukasier) (anatomische Präparation)	keine Angaben	37%	$1,2 \pm 0,9$ mm (0,11–3,31 mm)
	22 Kadaver (Kaukasier) (Panoramaschichtaufnahmen)	keine Angaben	27%	$1,5 \pm 0,09$ mm (0,5–3 mm)
NEIVA ET AL. 2004	22 Schädel (Kaukasier) (Sondierung <i>Canalis mentalis</i>)	44	88%	$4,13 \pm 2,04$ mm (1–11 mm)
HU ET AL. 2007	26 Kadaver (Koreaner) (anatomische Präparation)	26	61,5%	1,74 mm (0,73–2,63 mm)
NGEOW ET AL. 2009	Malaysische Patienten (Panoramaschichtaufnahmen)	192	34,4%	–
UCHIDA ET AL. 2009	140 Kadaver (Japaner) (anatomische Präparation)	140	71%	alle: $1,9 \pm 1,7$ mm (0–9,0 mm) Fälle mit Loop: $2,7 \pm 1,3$ mm (0,8–9,0 mm)
	7 Kadaver (Japaner) (anatomische Präparation und DVT)	7	keine Angaben	Anatomie: $2,2 \pm 0,8$ mm (0,8–9,0 mm) CBCT: $2,2 \pm 0,8$ mm (0,8–9,0 mm)
BENNINGER ET AL. 2011	15 Kadaver (Kaukasier) (anatomische Präparation)	30	13,3%	alle: 0,07 mm (0–0,5 mm); aber nur 4 Seiten mit einem Loop von 0,5 mm!
DE OLIVEIRA-SANTOS ET AL. 2012	100 DVT	200	sagittale Schicht: 28% axiale Schicht: 22%	in 4% (axiale Schicht) bzw. in 8% (sagittale Schicht) war die anteriore Extension > 4,1 mm
PARNIA ET AL. (2012)	96 DVT	192	rechts 83,3% links 62,5%	$3,54$ mm \pm 1,4 mm

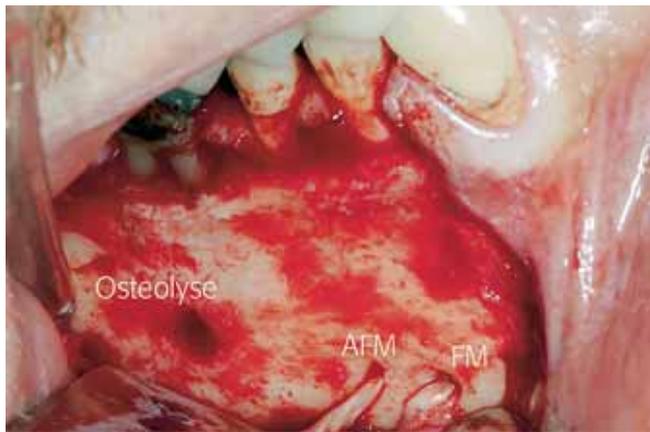


Abb. 8c Nach der vestibulären Aufklappung für die apikale Chirurgie von Zahn 46 sind die beiden *Foramina* bzw. die austretenden Weichgewebestrukturen gut sichtbar (FM = *Foramen mentale*, AFM = akzessorisches *Foramen mentale*).

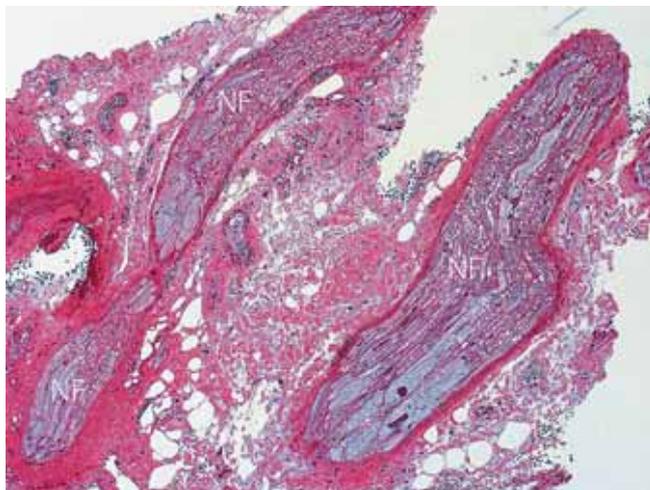


Abb. 9 Histologie eines Resektates eines Weichgewebebündels von einem akzessorischen *Foramen mentale* (Histologie: PD Dr. D. Bosshardt, Zahnmedizinische Kliniken der Universität Bern). Das Präparat zeigt länglich-schräg angeschnittene Nervenfaszikel (NF) (Durchmesser ca. 150–250 Mikrometer) umgeben von je einer Bindegewebs-scheide. Grösse und Morphologie deuten auf myelinisierte Nervenfasern hin (Färbung mit Toluidinblau und Fuchsin).

Vierfachanlagen von AFM wurden in der Literatur ebenfalls beschrieben (OLIVEIRA-SANTOS ET AL. 2011), mit einer Inzidenz von 0,7–1,2% für dreifache AFM (RAMADHAN ET AL. 2010).

Bezüglich Grössenangaben der AFM beruhen die vorhandenen Daten auf radiologischen Studien mit je nach Studie durchschnittlichen Werten von 1,2–1,95 mm. Zwei dieser Studien untersuchten auch die Richtung des zum AFM führenden Knochenkanals. KATAKAMI ET AL. (2008) fanden immer einen nach posterior oder posterior-superior führenden Kanal mit einer durchschnittlichen Länge von 4,4 mm (1,7–10,6 mm). Dieser kleine Knochenkanal zweigte in einer Distanz von 3,9 mm anterior bis 2,4 mm posterior des *Foramen mentale* vom eigentlichen Mandibularkanal ab. OLIVEIRA-SANTOS ET AL. (2011) beschrieben in drei Fällen eine Verbindung vom AMF zum *Canalis incisivus mandibulae*, in allen anderen Fällen jedoch zum *Canalis mandibulae*.

Als Inhalt des AFM bzw. des zu ihm führenden Kanals wird ein Nerv vermutet (CONCEPCION & RANKOW 2000). Die von uns in Einzelfällen entnommenen Biopsien des aus dem AFM austretenden Weichgewebebündels bestätigen diese Vermutung,

fanden sich doch in den Gewebeproben myelinisierte Nervenfasern (Abb. 9). Interessanterweise klagte keiner der Patienten über dauerhafte postoperative Sensibilitätsstörungen im Unterlippen-Kinn-Bereich, was auf eine kollaterale sensible Versorgung schliessen lässt.

Die Neurovaskularisation von AMF wurde kürzlich mittels kombinierter Analyse (DVT, Kadaverpräparation, Histologie) von FUAKAMI ET AL. (2011) untersucht. Dabei fanden sich die folgenden Varianten: Ein Ast des *Nervus mentalis* verlässt den Unterkiefer via AMF, ein Ast des *Nervus mentalis* tritt nach Verlassen des Unterkiefer wieder über ein AMF in den Unterkiefer ein, eine Arterie (Ast der *Arteria submentalis*, der *Arteria facialis* oder der *Arteria buccalis*) zieht via AMF in den Unterkiefer.

Akzessorische *Foramina mentalia* wurden auch im Zusammenhang mit doppelt angelegten Mandibularkanälen beschrieben (ROUAS ET AL. 2007). Von den gleichen Autoren wird mittels Literaturübersicht eine Häufigkeit für doppelt angelegte Mandibularkanäle von 0,08% bis 8,3% angegeben. Die Autoren berichten, dass nur eine dreidimensionale Bildgebung eine Doppelanlage des Mandibularkanals exakt darstellt, nicht aber eine Panoramaschichtaufnahme.

Auch DE OLIVEIRA-SANTOS ET AL. (2012) fanden in 14 Fällen mit Doppelanlagen des Mandibularkanals ein zusätzliches *Foramen mentale*, wobei die Autoren von Letzterem zwei Varianten unterscheiden: eine Doppelanlage des *Foramen mentale*, wenn die Grösse mindestens 50% des eigentlichen Foramen beträgt, sowie ein akzessorisches *Foramen mentale*, wenn dessen Grösse kleiner als 50% des tatsächlichen *Foramen mentale* ist.

Canalis mentalis bzw. «Anterior Loop»

Als *Canalis mentalis* wird der Knochenkanal bezeichnet, der vom *Canalis mandibulae* abzweigt und ins *Foramen mentale* mündet. Dieser Knochenkanal verläuft in der Vertikalen betrachtet (koronale Ebene) meistens nach bukkal-oben. In der Horizontalen (axiale Ebene) zieht der *Canalis mentalis* nach vorne oder hat einen bogenförmigen Verlauf zuerst nach vorne und dann nach hinten («Anterior Loop») (Abb. 10a, b) oder zieht rechtwinklig vom Mandibularkanal nach aussen zum *Foramen mentale*.

KIESER ET AL. (2002) untersuchten anhand von 331 Schädeln den Verlauf des *Canalis mentalis*. Die Richtung des Kanals wurde entweder als nach anterior, nach posterior oder rechtwinklig abzweigend eingeteilt. Bei Schädeln von Kaukasiern dominierte eine posteriore Richtung des Kanals (86,7%), bei Schwarzen hingegen ein rechtwinklig verlaufender Austrittskanal (45,8%). Die Autoren ziehen die Schlussfolgerung, dass die Richtung des *Canalis mentalis* vermutlich genetisch und nicht funktionell bestimmt ist.

Ein bogenförmiger Verlauf («Anterior Loop») des *Canalis mentalis* ist vor allem aus chirurgischer bzw. implantologischer Sicht von Bedeutung. Deshalb ist diese anatomische Struktur in vielen Studien untersucht worden, mit allerdings zum Teil beträchtlichen Unterschieden bezüglich Häufigkeit und anteriorer Ausdehnung des Bogens (Tab. IV). Je nach Studie reicht die Häufigkeit des «Anterior Loop» von 13% bis 100% mit einer Extension bis zu 7 mm. Allerdings wurde in den beiden Studien mit der höchsten Prävalenz (ARZOUAMAN ET AL. 1993, NEIVA ET AL. 2004) der *Canalis mentalis* in Kadavern mit Röhrrchen bzw. Sonden mechanisch vom *Foramen mentale* her untersucht, sodass möglicherweise auch initiale Anteile des nach vorne weiterführenden *Canalis incisivus mandibulae* mitberechnet wurden. Klinisch sind solche Methoden obsolet, weshalb heute die

Abklärung mit der digitalen Volumentomografie erfolgen sollte. Eine Untersuchung von UCHIDA ET AL. 2009 konnte eine sehr hohe Übereinstimmung der anatomisch (Kadaverpräparation) und radiologisch (DVT) bestimmten Distanz des «Anterior Loop» nachweisen. Im Gegensatz zeigten KUZMANOVIC ET AL. (2003) in einer Studie an 22 Kaukasierschädeln eine sehr schlechte Übereinstimmung der Panoramaschichtaufnahme zur korrekten Darstellung des im anatomischen Präparat diagnostizierten «Anterior Loop».

Nervus mentalis

Der *Nervus mentalis* ist ein rein sensibler Endast des *Nervus alveolaris inferior*, wobei im Mandibularkanal die bukkalen zwei Drittel des *Nervus alveolaris inferior* vom *Nervus mentalis* gebildet werden (HUR ET AL. 2011). Die Äste des *Nervus mentalis* zeigen nach Verlassen des *Foramen mentale* verschiedene Verzweigungsmuster, wobei in der Regel drei bis vier Endäste zu den folgenden Regionen ziehen: Kinn, Mundwinkel, Unterlippe, vestibuläre Gingiva und Mukosa vom zweiten Prämolaren bis zum zentralen Inzisiven (HU ET AL. 2007). Postoperative Sensibilitätsstörungen der perioralen Weichteile sind auf Schädigungen eines oder mehrerer Äste des *Nervus mentalis* zurückzuführen. Da die einzelnen Äste des *Nervus mentalis* in anatomischen Präparaten bis weit in den Mandibularkanal verfolgt werden können, sind bei Nervenschädigungen des *Nervus mentalis* nicht zwingend alle Innervationsgebiete gleich betroffen (HU ET AL. 2007). Die Unterlippenäste sind besonders gefährdet bei Weichteilexzisionen bzw. -biopsien, da sie direkt unter der Mukosa der Lippeninnenseite bzw. zwischen Mukosa und den kleinen Schleimdrüsen verlaufen (ALANTAR ET AL. 2000, ALSAAD ET AL. 2003). Bei Lappenbildungen und Inzisionen im

Unterkiefer-Prämolarenbereich sind ausreichende Distanzen zum *Foramen mentale* bzw. schonendes (Stieltupfer!) Ablösen des Mukoperiostes angezeigt. Das Positionieren von Wundhaken oder Halteinstrumenten ist in der Nähe des *Foramen mentale* zu vermeiden bzw. das austretende Nervengefäßbündel mit Tupfer zu schützen. Höchste Vorsicht ist beim Einsatz von rotierenden Instrumenten in der Nähe des *Foramen mentale* geboten.

Bukko-linguale Kommunikation im Bereich des *Foramen mentale*

In einer retrospektiven CT-Analyse fanden sich bei insgesamt 28% der untersuchten Unterkiefer eine Kommunikation von lingual nach bukkal über kanalikuläre Strukturen (TRIKERIOTIS ET AL. 2008). Diese Verbindungen von der oralen zur vestibulären Kortikalis fanden sich mehrheitlich im anterioren Unterkieferabschnitt (in 73%), jedoch in 20% auch im Bereich des *Foramen mentale*. Eine arterielle Anastomose zwischen der *Arteria mentalis* (von der *Arteria alveolaris inferior*) und der *Arteria submentalis* (von der *Arteria facialis*) wurde in einem Fallbericht einer mittels CT und anatomischer Präparation untersuchten männlichen Leiche beschrieben (KAWAI ET AL. 2006). Dabei verlief die dokumentierte arterielle Anastomose über einen lingualen Knochenkanal im Prämolarenbereich. Eine kürzlich durchgeführte retrospektive Studie über die Häufigkeit linguale Foramina mittels DVT ergab eine radiologisch sichtbare Kommunikation für paramedian gelegene linguale Foramina in 44,8% (alle mit dem *Canalis incisivus mandibulae*), und in 63% für distal der Eckzähne gelegene linguale Foramina (in 23,9% mit dem *Canalis mandibulae* und in 39,1% mit dem *Canalis incisivus mandibulae*) (VON ARX ET AL. 2011).

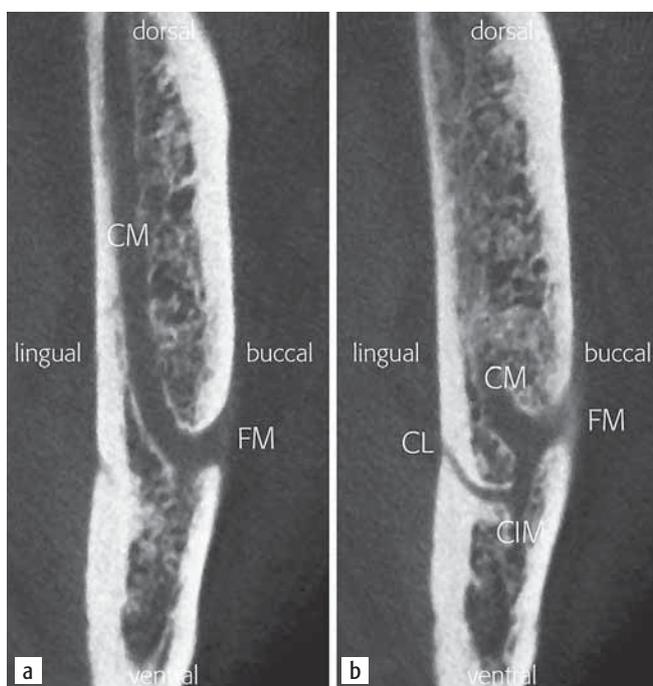


Abb. 10a Der *Canalis mandibulae* (CM) zieht entlang der lingualen Kortikalis nach anterior und dann bogenförmig nach lateral zum *Foramen mentale* (FM) (axiale DVT-Schicht des linken Unterkiefers bei einer 68-jährigen Patientin).

Abb. 10b In einer anderen axialen DVT-Schicht der gleichen Patientin ist die anteriore Fortsetzung des *Canalis mandibulae* (CM) als *Canalis incisivus mandibulae* (CIM) gut sichtbar. Zusätzlich mündet ein kleiner *Canalis lingualis* (CL) in den CIM, typisches Beispiel für die «Crossroads»-Konfiguration.

Diskussion

Das *Foramen mentale* ist aus klinischer Sicht eine der wichtigen «Landmarks» des Unterkiefers. Einerseits endet hier der Mandibularkanal und andererseits verlässt ein kräftiges Nervengefäßbündel den Unterkiefer am *Foramen mentale*. Bei chirurgischen Eingriffen im Unterkiefer-Prämolarenbereich lässt sich das *Foramen mentale* problemlos darstellen und somit sein Inhalt schützen. Bei Implantatoperationen wird ein Sicherheitsabstand von mindestens 2 mm von der Implantatbettpräparation bis zum Oberrand des *Foramen* empfohlen (GREENSTEIN & TARNOW 2006). Problematischer ist die Angabe eines mesialen Sicherheitsabstandes zum *Foramen mentale*, da das Vorhandensein eines «Anterior Loop» des *Canalis mentalis* mit radiologischen Standardverfahren wie Einzelröntgenbilder oder Panoramaschichtaufnahmen nicht verlässlich messbar ist (KUZMANOVIC ET AL. 2003). Auch die intraoperative Freilegung des *Foramen mentale* mit Sondierung der mesialen Wand des *Foramen* birgt die Gefahr einer Falschinterpretation durch Einführen der Sonde in den nach anterior ziehenden *Canalis incisivus mandibulae*. Die aktuelle Literatur zeigt, dass nur mit der digitalen Volumentomografie eine hohe Übereinstimmung der Bildgebung zur tatsächlichen Anatomie besteht (UCHIDA ET AL. 2009) und somit ein DVT zur nächstmöglichen Positionsbestimmung eines Implantates zum *Foramen mentale* indiziert ist.

Auch für die sichere Darstellung des *Foramen mentale* vor Osteotomien im Prämolarenbereich wird die Anfertigung eines DVT empfohlen, da das *Foramen mentale* mit konventionellen Röntgenaufnahmen (Einzelfilm, Panoramaschichtaufnahme) nicht immer darstellbar ist bzw. verzogen abgebildet

wird (YOSUE & BROOKS 1989A, B, PHILLIPS ET AL. 1992A, B, SHIBLI ET AL. 2012). Zusätzlich sind mit dem DVT klinisch und chirurgisch relevante Distanzmessungen vom *Foramen mentale* zu Nachbarstrukturen wie Zahnwurzeln, verlagerte Zähne oder Knochenveränderungen möglich.

Spannend und mit neuen Untersuchungen abzuklären bleibt die Kommunikation neurovaskulärer Strukturen im Unterkiefer-Prämolarenbereich über das bukkal gelegene *Foramen mentale* bzw. akzessorische Foramina und lingual gelegene Foramina («Crossroads»). Auffallend oft anastomosieren kleinere linguale Knochenkanäle mit dem *Canalis mandibulae* oder mit dem *Canalis incisivus mandibulae* in der näheren Umgebung des *Foramen mentale* (TRIKERIOTIS ET AL. 2008, VON ARX ET AL. 2011). Inwiefern eine neurale Kollateralversorgung von lingual Nervenschädigungen des *Nervus mentalis* zu kompensieren vermag, ist zurzeit noch unklar.

Verdankung

Der Autor dankt Frau Anne Seeger, medizinische Zeichnerin, zmk Universität Bern, für die Anfertigung der schematischen Grafiken, und PD Dr. D. Bosshardt, Leiter Robert K. Schenk Histologiellabor zmk Universität Bern, für die histologische Abbildung.

Abstract

This paper presents a clinical and anatomical review of the mental foramen (MF) based on recent publications (since 1990). Usually, the MF is located below the 2nd premolar or between the two premolars, but it may also be positioned below the 1st premolar or below the mesial root of the 1st molar. At the level of the MF, lingual canals may join the mandibular canal (hence the term “crossroads”). Accessory MF are frequently described in the literature with large ethnic variations in incidence. The emergence pattern of the mental canal usually has an upward and posterior direction. The presence and extent of an “anterior loop” of the mental canal may be overestimated with panoramic radiography. Limited cone-beam computed tomography currently appears to be the most precise radiographic technique for assessment of the “anterior loop”. The mental nerve exiting the MF usually has three to four branches for innervation of the soft tissues of the chin, lower lip, facial gingiva and mucosa in the anterior mandible. The clinician is advised to observe a safety distance when performing incisions and osteotomies in the vicinity of the MF.

Literatur

- AGTHONG S, HUANMANOP T, CHENTANEZ V: Anatomical variations of the supraorbital, infraorbital, and mental foramina related to gender and side. *J Oral Maxillofac Surg* 63: 800–804 (2005)
- AL JASSAR N M, NWOKU A L: Radiographic study of the mental foramen in a selected Saudi population. *Dentomaxillofac Radiol* 27: 341–343 (1998)
- ALANTAR A, ROCHE Y, MAMAN L, CARPENTIER P: The lower labial branches of the mental nerve: anatomic variations and surgical relevance. *J Oral Maxillofac Surg* 58: 415–418 (2000)
- ALSAAD K, LEE T C, MCCARTAN B: An anatomical study of the cutaneous branches of the mental nerve. *Int J Oral Maxillofac Surg* 32: 325–333 (2003)
- ARZOUAN M J, OTIS L, KIPNIS V, LEVINE D: Observations of the anterior loop of the inferior canal. *Int J Oral Maxillofac Implants* 8: 295–300 (1993)
- BAVITZ J B, HARN S D, HANSEN C A, LANG M: An anatomical study of mental neurovascular bundle-implant relationships. *Int J Oral Maxillofac Implants* 8: 563–567 (1993)
- BENNINGER B, MILLER D, MAHARATHI A, CARTER W: Dental implant placement investigation: is the anterior loop of the mental nerve clinically relevant? *J Oral Maxillofac Surg* 69: 182–185 (2011)
- BERGE J K, BERGMAN R A: Variations in size and in symmetry of foramina of the human skull. *Clin Anat* 14: 406–413 (2001)
- CLAEYS V, WACKENS G: Bifid mandibular canal: literature review and case report. *Dentomaxillofac Radiol* 34: 55–58 (2005)
- CONCEPCION M, RANKOW H J: Accessory branch of the mental nerve. *J Endod* 26: 619–620 (2000)
- CUTRIGHT B, QUILLOPA N, SCHUBERT W: An anthropometric analysis of the key foramina for maxillofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 61: 354–357 (2003)
- DA SILVA L M, ALVARES A L, FISCHER I R: Absence and hypoplasia of the mental foramen detected in CBCT images: a case report. *Surg Radiol Anat* 33: 731–734 (2011)
- DE OLIVEIRA-SANTOS C, SOUZA P H, DE AZAMBUJA BERTI-COUTO S, STINKENS L, MOYAERT K, RUBIRA-BULLEN I R, JACOBS R: Assessment of variations of the mandibular canal through cone beam computed tomography. *Clin Oral Investig* 16: 387–393 (2012)
- FUAKAMI K, SHIOZAKI K, MISHIMA A, SHIMODA S, HAMADA Y, KOBAYASHI K: Detection of buccal perimandibular neurovascularisation associated with accessory foramina using limited cone-beam computed tomography and gross anatomy. *Surg Radiol Anat* 33: 141–146 (2011)
- GREENSTEIN G, TARNOW D: The mental foramen and nerve: clinical and anatomical factors related to dental implant placement: a literature review. *J Periodontol* 77: 1933–1943 (2006)
- GUO J L, SU L, ZHAO J L, YANG L, LV D L, LI Y Q, CHENG F B: Location of mental foramen based on soft- and hard-tissue landmarks in a Chinese population. *J Craniofac Surg* 20: 2235–2237 (2009)
- GUPTA T: Localization of important facial foramina encountered in maxillofacial surgery. *Clin Anat* 21: 633–640 (2008)
- HAKTANIR A, ILGAZ K, TURHAN-HAKTANIR N: Evaluation of mental foramina in adult living crania with MDCT. *Surg Radiol Anat* 32: 351–356 (2010)
- HANIHARA T, ISHIDA H: Frequency variations of discrete cranial traits in major human populations. IV. Vessel and nerve related variations. *J Anat* 199: 273–287 (2001)
- HU K S, YUN H S, HUR M S, KWON H J, ABE S, KIM H J: Branching patterns and intraosseous course of the mental nerve. *J Oral Maxillofac Surg* 65: 2288–2294 (2007)
- HUR M S, KIM H C, WON S Y, HU K S, SONG W C, KOH K S, KIM H J: Topography and spatial fascicular arrangement of the human inferior alveolar nerve. *Clin Implant Dent Relat Res* (in press)
- KALENDER A, ORHAN K, AKSOY U: Evaluation of the mental foramen and accessory mental foramen in Turkish patients using cone-beam computed tomography images reconstructed from a volumetric rendering program. *Clin Anat* 25: 584–592 (2012)
- KATAKAMI K, MISHIMA A, SHIOZAKI K, SHIMODA S, HAMADA Y, KOBAYASHI K: Characteristics of accessory mental foramina observed on limited cone-beam computed tomography images. *J Endod* 34: 1441–1445 (2008)
- KAWAI T, SATO I, YOSUE T, TAKAMORI H, SUNOHARA M: Anastomosis between the inferior alveolar artery branches and submental artery in human mandible. *Surg Radiol Anat* 28: 308–310 (2006)
- KIESER J, KUZMANOVIC D, PAYNE A, DENNISON J, HERBISON P: Patterns of emergence of the human mental nerve. *Arch Oral Biology* 47: 743–747 (2002)
- KQIKU L, SIVIC E, WEIGLEIN A, STÄDTLER P: Position of the mental foramen: an anatomical study. *Wien Med Wochenschr* 161: 272–273 (2011)
- KUZMANOVIC D V, PAYNE A G, KIESER J A, DIAS G J: Anterior loop of the mental nerve: a morphological and radiographic study. *Clin Oral Implants Res* 14: 464–471 (2003)
- MANIKANDHAN R, MATHWU P C, NAVEENKUMAR J, ANANTANARAYANAN P: A rare variation in the course of the inferior alveolar nerve. *Int J Oral Maxillofac Surg* 39: 185–187 (2010)
- MARDINGER O, CHAUSHU G, ARENSBURG B, TAICHER S, KAFFE I: Anterior loop of the mental canal: an anatomical-radiologic study. *Implant Dent* 9: 120–125 (2000)

- MOISEWITSCH J R:** Position of the mental foramen in a North American, white population. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 85: 457–460 (1998)
- NAITOH M, HIRAIWA Y, AMIYA H, GOTOH K, ARIJI E:** Accessory mental foramen assessment using cone-beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 107: 289–294 (2009)
- NEIVA R F, GAPSKI R, WANG H L:** Morphometric analysis of implant-related anatomy in Caucasian skulls. *J Periodontol* 75: 1061–1067 (2004)
- NEVES F S, TORRES M G, OLIVEIRA C, CAMPOS P S, CRUSOÉ-REBELLO I:** Lingual accessory mental foramen: a report of an extremely rare anatomical variation. *J Oral Sci* 52: 501–503 (2010)
- NGEOW W C, DIONYSIUS D D, ISHAK H, NAMBIAR P:** A radiographic study on the visualization of the anterior loop in dentate subjects of different age groups. *J Oral Sci* 51: 231–237 (2009)
- OLIVEIRA-SANTOS C, SOUZA P H, DE AZAMBUJA BERTI-COUTO S, STINKENS L, MOYAERT K, VAN ASSCHE N, JACOBS R:** Characterisation of additional mental foramina through cone beam computed tomography. *J Oral Rehab* 28: 595–600 (2011)
- PARNIA F, MOSLEHIFARD E, HAFEZEQORAN A, MAHBOUB F, MOJAVER-KAHNAMOUI H:** Characteristics of anatomical landmarks in the mandibular interforaminal region: a cone-beam computed tomography study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 17: e420–425 (2012)
- PHILLIPS J L, WELLER R N, KULILD J C:** The mental foramen: Part I. Size, orientation, and positional relationship to the mandibular second premolar. *J Endod* 16: 221–223 (1990)
- PHILLIPS J L, WELLER R N, KULILD J C:** The mental foramen: Part II. Radiographic position in relation to the mandibular second premolar. *J Endod* 8: 271–274 (1992a)
- PHILLIPS J L, WELLER R N, KULILD J C:** The mental foramen: Part III. Size and position on panoramic radiographs. *J Endod* 18: 383–386 (1992b)
- PRIA C M, MASOOD F, BECKERLEY J M, CARSON R E:** Study of the inferior alveolar canal and mental foramen on digital panoramic images. *J Contemp Dent Pract* 12: 265–271 (2011)
- RAMADHAN A, MESSO E, HIRSCH J M:** Anatomical variation of mental foramen. *Stomatol Baltic Dent Maxillofac J* 12: 93–96 (2010)
- ROSENQUIST B:** Is there an anterior loop of the inferior alveolar nerve? *Int J Periodontics Restorative Dent* 16: 40–45 (1996)
- ROUAS P, NANCY J, BAR D:** Identification of double mandibular canals: literature review and three case reports with CT scans and cone beam CT. *Dentomaxillofac Radiol* 36: 34–38 (2007)
- SAWYER D R, KIELY M L, PYLE M A:** The frequency of accessory mental foramina in four ethnic groups. *Arch Oral Biology* 43: 417–420 (1998)
- SHAH S, VAZE S, KINHAL K:** A variation in the position of the mental foramen: A case report. *J Maxillofac Oral Surg* 9: 307–309 (2010)
- SHANKLAND W E:** The position of the mental foramen in Asian Indians. *J Oral Implantol* 20: 118–123 (1994)
- SHIBLI J A, MARTINS M C, LOFFREDO L C, SCAF G:** Detection of the mandibular canal and the mental foramen in panoramic radiographs: intraexaminer agreement. *J Oral Implantol* 38: 27–31 (2012)
- SMAJILAGI A, DILBEROVI F:** Clinical and anatomy study of the human mental foramen. *Bosn J Basic Med Sci* 4: 15–23 (2004)
- SOLAR P, ULM C, FREY G, MATEJKA M:** A classification of the intraosseous paths of the mental nerve. *Int J Oral Maxillofac Implants* 9: 339–344 (1994)
- SONG W C, KIM S H, PAIK D J, HAN S H, HU K S, KIM H J, KOH K S:** Location of the Infraorbital and Mental Foramen with Reference to the Soft-Tissue Landmarks. *Plast. Reconstr. Surg.* 120: 1343–1347 (2007)
- TRIKERIOTIS D, PARAVALOU E, DIAMANTOPOULOS P, NIKOLAOU D:** Anterior mandible canal communications: a potential portal of entry for tumor spread. *Dentomaxillofac Radiol* 37: 125–129 (2008)
- UCHIDA Y, NOGUCHI N, GOTO M, YAMASHITA Y, HANIHARA T, TAKAMORI H, SATO I, KAWAI T, YOSUE T:** Measurement of anterior loop length for the mandibular canal and diameter of the mandibular incisive canal to avoid nerve damage when installing endosseous implants in the interforaminal region: a second attempt introducing cone beam computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg* 67: 744–750 (2009)
- VON ARX T, MATTER D, BUSER D, BORNSTEIN M M:** Evaluation of location and dimensions of lingual foramina using limited cone-beam computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg* 69: 2777–2785 (2011)
- YOSUE T, BROOKS S L:** The appearance of mental foramina on panoramic radiographs. I. Evaluation of patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 68: 360–364 (1989a)
- YOSUE T, BROOKS S L:** The appearance of mental foramina on panoramic and periapical radiographs. II. Experimental evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 68: 488–492 (1989b)