

歯科インプラント手術の質を向上させるための Monitored Anesthesia Care (MAC)

大阪歯科大学 歯科麻酔学講座
主任教授 小谷 順一郎



はじめに

最近、歯科インプラント手術に対する静脈内鎮静法の応用が、同時にそれを行う歯科麻酔科医などによる全身管理とあいまって、インプラント手術時の安全性の向上と不快事項の低下をもたらすことが認識されてきた。筆者も、これまでインプラント手術の鎮静・全身管理に数多くかかわってきたが、術者以外に全身管理に精通した専門家が手術チームに参加し、全身状態の監視に専従することにより、より質の高い手術が提供できることを実感している。このような診療形態を、監視下麻酔管理 (monitored anesthesia care ; MAC) と呼ぶが、この用語自体、歯科領域で一般化しているとは言い難い。本稿では、インプラント手術の特性を踏まえた上で、静脈内鎮静法を応用したMACの基本的な考え方を述べる。

1. Monitored Anesthesia Care (MAC) とは

アメリカ麻酔科学会 (ASA) は、MACを「持続的な麻酔科医の監視下でなければ苦痛を緩和できないか、あるいは安全に行うことができないような治療的または診断的操作のための麻酔学的管理である」と定義している¹⁾。いいかえれば、抗不安作用、催眠作用、鎮痛作用、健忘作用などを有した薬剤を単独あるいは組み合わせて使用し、各種のモニター下で医療者が監視しながら最も効果的な鎮静法を行う方法であり、歯科診療における静脈内鎮静法の基本コンセプトとも一致する。なお、安全性確保のためには、MAC下で予定されている手術患者の術前評価は、全身麻酔を受ける患者と同程度のもが必要であり、術後も注意深い観察が不可欠であると、術中のみならず術前・術後の管理の重要性まで強調している。以下に述べるような特性をもつ歯科インプラント手

術においてMACを適用する場合、上気道の開通性維持を中心とした呼吸管理に主眼が置かれることが多い。

2. 歯科インプラント手術は他の歯科治療とどう違うか

歯科インプラント手術は、それ自体に高い専門性があるが、全身管理の面からみても他の歯科治療・歯科手術と異なる点が多い²⁾。では、どのような点が異なるのか？

1) ストレスの質の違い

インプラント手術により患者が受けるストレスは、手術への恐怖感といった精神的ストレスもさることながら、以下のような身体的ストレスに特徴がある。

インプラント手術の平均手術時間は、入院下で行われる他科の局所麻酔下手術と比較しても決して短くはない。手術中は、通常の歯科治療と違って、うがいなどによる休息や体位変換が許されず、大きな開口状態を保持して舌運動や開閉口運動などを制限しなければならない。これは術者の想像を超えた身体的ストレスになる。また、長時間にわたり開口器を使用することがあるが、この状態では、口腔内に注入された水は手術介助者による吸引を待つ他はなく、嚥下運動ができない。鼻呼吸から口呼吸に切り替えようとしても、口腔内に水が貯留している状態では“むせ”につながる。すなわち、強制開口は、口腔内に貯留した水や唾液を飲み込むことで気道を開通させようとする患者自身の逃げ道を奪うことを意味する。また、最近では、開口器装着により上気道の開通性が障害されることも報告されている³⁾ (図1)。

局所麻酔薬の使用量に関しても、一般の歯科治

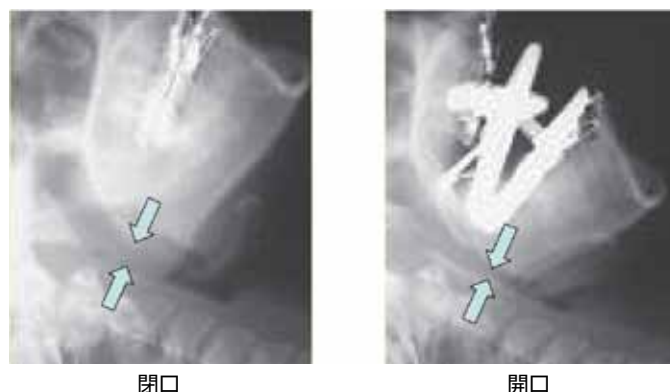


図1. 開口器装着した場合の咽頭径の変化（文献2より引用、一部改変）

療に比較して多い傾向にある。これは、粘膜骨膜弁を剥離して骨を露出させた後に痛みを訴えた場合、麻酔薬を追加する部位を粘膜下に求めにくいことや、多量の注水による薬液のwash outを危惧して、あらかじめ多めに投与しておきたいといった術者の心理が働くものと考えられる。この場合、問題になるのは添加血管収縮薬の過量投与である。静脈内鎮静法を応用した場合、ジアゼパムやミダゾラムの投与は、内因性カテコールアミン分泌の抑制効果があるといわれている^{4, 5)}。したがって、循環器疾患を有する患者には好影響を与えると考えられるが、金子⁶⁾は、口腔粘膜血流量の増加する鎮静法下ではアドレナリンの血管への吸収が増え、逆に血中濃度が大きくなることを証明している。この点からみると、これらの患者での一過性の循環作用も無視できない。

2) 骨への侵害刺激

インプラント手術は、骨髄に達する侵襲的手術操作が主体となるが、全身反応という面からみると、骨膜や骨への強い侵襲は容易に自律神経反射を引き起こす。とくに三叉神経領域においてこの現象が顕著である。たとえば、局所麻酔が奏功し痛みを訴えなくても、迷走神経反射による血圧低下、徐脈や心電図上での伝導障害、期外収縮を認めることがある。

重篤な合併症に関しても、骨への侵襲に起因すると考えられる死亡例の報告が散見される^{7, 8)}。これらは、共通して下顎骨のドリリング時に生じており、突然のチアノーゼと心停止が発現している。報告者らは、その機序としてcompressed airを動力源としたドリルや注水システムを用いたために起こる空気塞栓が原因であると考察してい

る。通常、空気塞栓は大血管の開放性損傷や脳外科手術時に発生することが多いが、彼らは下顎骨内に小さな静脈洞（venous sinus）や板間静脈が存在する可能性を指摘している。これらが損傷を受けると、静脈血管のように血管壁の虚脱が生じることがないので空気塞栓が生じても不思議ではない。現在、専用ドリルの動力源は電動であり、このような危険性は少ないと考えられるが、念頭に置くべき事象であろう。

3) 上気道管理の難しさ

鎮静法下で口腔内手術を行う場合、上気道と術野が同部位であるため、鎮静薬剤による呼吸抑制の克服が大きな課題となる。さまざまな手段で気道維持に努めるが、インプラント手術では上気道管理の難しさがある。本手術では、システムの違いにかかわらず外科手術の基本に基づいて清潔・不潔のゾーニングを行う。すなわち、清潔なドレープで口腔以外の顔面を覆うため、顔の表情や呼吸状態などが観察しにくい（図2）。前胸部ま

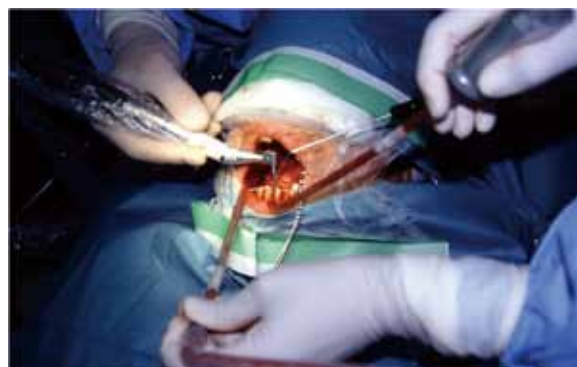


図2. マウスプロップを使用した強制開口、注水、ドレープによる顔面の被覆、これらすべてが気道確保を困難にする要因となる

でドレープで覆う場合は、呼吸状態を直接観察することが難しく、パルスオキシメーターなどのモニターに頼らざるをえない。また、鎮静状態が深くなることによって生じる下顎の沈下も観察しづらく、あご先挙上などの操作もやりにくい。これらはすべて上気道管理を困難にする大きな要因となる。

3. 静脈内鎮静法の応用

1) 概念

薬物を用いた精神鎮静法 (psychosedation) は、あくまで恐怖感や不安感などの精神的な緊張のみを除去する手法であり、意識、痛み、筋活動、自律神経反射などの抑制・消失を目的とする全身麻酔法とは基本的に概念を異にする。意識レベルを基準に鎮静度を評価すると、意識消失をきたすまで深くするものでないと定義され、この状態を意識下鎮静 (conscious sedation) と呼んでいる (図3)。この鎮静レベルでは、自主的かつ持続的に気道確保が可能であり、身体への刺激や口頭での指示に対して適切に反応する。すなわち、気道維持、咳反射、嚥下反射などの生体のもつ基本的な防御反応を残しながら、呼吸・循環系の変動や自律神経への影響も保たれている。このことが厳密な食事制限などの術前準備を必要とせず、歯科外来で適した方法であるといわれる由縁である。



図3. 意識レベルからみた鎮静法の位置づけ

静脈内鎮静法では、ジアゼパム、フルニトラゼパム、ミダゾラムなどのベンゾジアゼピン系の緩和剤や精神薬や静脈麻酔薬であるプロポフォールなどを単体あるいは組み合わせて静脈内へ投与するが、問題は、使用される薬物は全て全身麻酔作用を持つということである。定められた方法に準じて行っても、生体の反応が大きければ全身麻酔状態へ移行する危険性がある。体重あたりで計算した投与量を与えても必ず同じ鎮静レベルが得られるとは限らない。宮脇⁹⁾によるミダゾラムに関する総説では、臨床投与量における血中ミダゾラム濃度は50～400ng/mlと非常に幅が広く、呼びかけに応じる程度の比較的low濃度の狭い範囲 (50～150ng/ml) においては、鎮静状態にかなりの個人差が認められると述べている。したがって、静脈内鎮静法を成功させるには、薬剤投与のタイミングや量を微妙に調節し、患者の状態を把握しながら理想的な鎮静状態へ導いていかなければならない。これを適定投与方法という。当然のことながら、この場合、意識レベルだけではなく呼吸・循環系の反応、気道閉塞の有無などを総合的に観察して至適鎮静状態を判断しなければならない。

なお、意図的に意識を消失させる深鎮静 (deep sedation) という考え方もあるが、この管理にはより高い専門性が要求される。しかし、仮に意識消失を意図しなくても、結果的に深鎮静に陥ってしまうこともあることを認識しておく必要がある。

2) 方法

最近汎用されているミダゾラム単独で行う場合の鎮静導入量は、0.06～0.075mg/kgを目安にする。安定した維持を得るために、亜酸化窒素30%程度の笑気吸入鎮静法を併用する方法も推奨されている。手術が60分を超える場合には、必要に応じて初回投与量の1/2～1/4量を追加投与する^{10, 11)}。

プロポフォール単独の場合は、シリンジポンプを用いて維持する。鎮静状態を観察しながら投与速度を調節する方法と、あらかじめコンピュータ (専用シリンジポンプ) 上で目標血中濃度を設定して持続投与する方法 (target control infusion: TCI) がある (図4)。前者の方法で行う場合、6mg/kg/時の持続投与で開始すると、至適鎮静度に達する時間は平均10.5分、治療侵襲に応じた投与量は2～6mg/kg/時 (平均4.09mg/kg/時) で



図4. Target Controlled Infusion (TCI) ポンプ
薬物動態モデルをもとに麻酔薬の血中濃度をコンピュータにて推定し、目標とした予測血中濃度を指標としてインフュージョンポンプを制御するシステム

あるという報告がみられる¹²⁾。これによると合併症は血圧低下が15%、体動が13%、血管痛が5%、呼吸抑制が3%にみられたが重篤なものはなく、回復時間は平均13.0分であったという。一方、TCIを用いる場合、濃度の初期目標を2.2 $\mu\text{g/ml}$ で開始し、至適鎮静時の脳内濃度は平均1.6 $\mu\text{g/ml}$ (0.9 ~ 2.2 $\mu\text{g/ml}$)、健忘効果が得られるTCI濃度は1.2 ~ 1.4 $\mu\text{g/ml}$ であるといわれている。また、予測血中濃度が0.2 $\mu\text{g/ml}$ 以下であれば帰宅時期判定の客観性評価になりうるといわれている¹³⁾。

プロポフォールとミダゾラムの副作用比較では、プロポフォールではミダゾラムより深い鎮静が得られ、嘔気・嘔吐の頻度が減少するが、血圧低下、血管痛、呼吸抑制やむせなどの発現頻度は多い。

多剤を併用する場合は、鎮静薬の特徴を考慮し、催眠・鎮静、健忘効果、抗不安作用などの特徴を理解し薬剤を組み合わせる。鎮痛薬との組み合わせでは疼痛閾値の上昇とともに、術後鎮痛への効果も期待できるなどの長所を有するが、副作用についても十分考慮しなければならない。具体的な例として、ミダゾラムとプロポフォール、プロポフォールとケタミン、プロポフォールと30%前後の笑気吸入、ケタミンとミダゾラム(ジアゼパム)、ミダゾラムとプロポフォールと麻薬性鎮痛薬などの組み合わせがある。

4. 理想的な鎮静状態は？

1) 術者、患者が求めるもの

歯科インプラント手術では、どのような状態が

理想的な鎮静といえるか？これに関して、しばしば、我々歯科麻酔科医と術者との間にズレがあることを経験する。たとえば、「麻酔をかけてもらえるから、患者も動かなくて楽です」というように、全身麻酔と同じ状況を期待していることに戸惑うことが少なくない。おおむね、術者は、手術中は患者がおとなしく、できれば眠っていてくれて、なおかつ指示に従ってくれるという状況を望む。一方、患者は、痛みがなく手術中の記憶がなくなるような状態を求める。しかし、術者が望む意識レベルを下げるといふことと、確実に指示に従う見当識を保持することは本来相反することで、両者を満足できるような状態を手術終了時まで安定して維持することは極めて難しい。特に、意識レベルを下げるといふことにあまり重点を置くと、手術の進行上からも決して有利であると思えない。その意味では、深めの鎮静状態を求めるより、バイタルサインの安定した浅めの鎮静を保持する方がはるかに安全であろう。一方、患者が求める術中の完全無痛と記憶消失は、局所麻酔を充分奏効させることと、鎮静薬のもつ特異的な健忘作用で、十分に期待に応えることが可能である。

2) 意識と健忘効果

「意識の抑制よりも、健忘(記憶がない)が重要であり、究極的には鎮静法は健忘法の一つである」との主張⁹⁾があるが筆者も同意見である。ベンゾジアゼピン系薬物や静脈麻酔薬のプロポフォールは、特異的な健忘作用を有するが、この作用と催眠作用は必ずしも同一のものではなく、それぞれ独立して発現すると考えられている。血中濃度を指標にした研究¹⁴⁾でも、鎮静度が深くなる過程で、まず、健忘効果が現れ、次に意識消失が生じる。すなわち、仮に術中に不快さを感じたとしてもそれを術後記憶しない都合のよい作用は、意識レベルとは直接的には関係がない。また、この効果は時間経過が経つほど顕著になり、術後数日経過すれば術中の記憶はますます低下するといわれている。我々¹⁵⁾の術中記憶に関する調査でも、鎮静法を応用した場合、90%以上の症例が、術中全く記憶がないか、あるいは一部覚えている程度であった(図5)。実際に患者を目の前になると、どうしても意識の低下のみが記憶の消失をもたらすものだと考え、見かけ上の身体反応の抑制¹⁶⁾に目が行きがちであるが、この面のみを求めすぎて、いたずらに過量あるいは数種類の薬剤

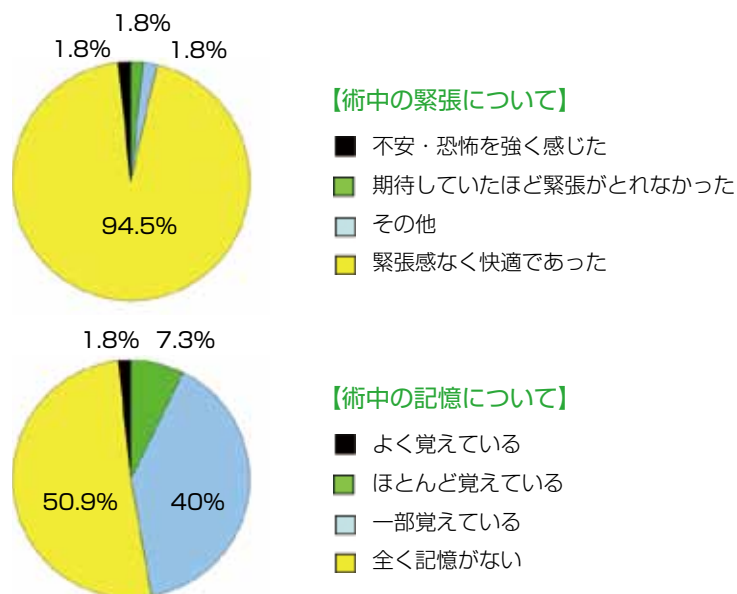


図5. 静脈内鎮静法下でのインプラント手術後のアンケート調査 (n=55)
(文献15より引用)

投与を行うと、それで生じるデメリットは計り知れない。

5. 静脈内鎮静法と気道反射

1) 気道防御反射

口腔手術と密接に関連する上気道反射（咽頭・喉頭反射）を考える場合、まず挙げられるのは、咳反射などの気道防御反射である。特に、鎮静深度が深くなりすぎると、気道反射が消失して気管内への血液や水の誤嚥につながり危険であるといわれている。しかしながら、静脈麻酔単独で意識を完全に消失させた全身麻酔下でも、防御的な反射が消失するのは余程のことで、これまでの報告¹⁷⁾では、咳反射などは浅麻酔状態だとむしろ亢進するとさえいわれている。それでは、静脈内鎮静法を行う場合に気道反射についての配慮は不要かというところではない。深鎮静状態で“むせ”が生じることは、嚥下反射や水分の口腔内保持機能が低下し、分泌物が一部気管内に入ろうとしていることを意味する。この場合の循環反応はことのほか大きく、筆者が調査した“むせ”発生直後の血圧、脈拍の変化率は、従来から問題視されている含有局所麻酔薬注射後のそれよりも大きい。

2) 気道拡大反射

前述の気道防御反射とは異なるもう1つの重要な上気道反射が存在する。それは、虚脱性に富む

上気道組織が閉塞するのを防ぐような気道維持的な反射機構である。これは上気道拡大反射と呼ばれ、吸気時の気管内陰圧により骨に支持されていない咽頭部粘膜が虚脱・閉塞する方向に働くのを、上気道筋群が反射的に活動し咽頭腔の狭小化を防ぐものである。これは、negative pressure airway reflexとも呼ばれ、実験的にもこの現象が咽頭腔の開通性を維持する上で極めて重要な役割を果たしていることが証明されている^{18, 19)}。意識下では、吸気時の陰圧と筋活動のバランスによって上気道の開通性が保たれているのが、一般的に全ての麻酔薬や鎮静薬はこのバランスを崩す。意識消失に伴って舌根沈下が生じるのは筋力の低下のためであるが、気道拡大反射に影響しているともいえる。事実、上気道粘膜下に圧受容器が存在するといわれ、口腔・咽頭粘膜の表面麻酔により求心路を遮断することにより、この反射が消失して上気道閉塞感を自覚するといわれている²⁰⁾。

このように考えると、静脈内鎮静法によって生じる程度の意識レベルの抑制では、上気道反射のうち防御的な反射よりもむしろ気道維持的な反射に大きく影響するのかもしれない。

3) 口腔内水分保持能力

注水を多用するインプラント手術においては、鎮静時の口腔内水分保持能力が“むせ”を防ぐ意

味で重要となる。すなわち、たとえ咽頭反射が軽度抑制されていたとしても、咽頭の上部器官である口腔内で水を保持する能力が低下していなければ、誤嚥を起こす危険性は少ない。一般的に、プロポフォールは咽頭・喉頭反射を抑制する作用が強く、ミダゾラムも鎮静法で用いる投与量で咽頭反射を軽度抑制するといわれているが、木村ら²¹⁾は、gargle testの変法を用いて鎮静法下での口腔内水保持能力を検討し、プロポフォールとミダゾラムの2剤を比較した。その結果、閉眼しているが呼びかけには応じる鎮静度を保つよう投与量を決定した状態下では2剤間には差がなく、口腔内水保持能力は、ともに十分維持されていると結論づけている。

6. 歯科インプラント手術とMAC

静脈内鎮静法下で手術を行う場合、術者自身が鎮静管理の施術者を兼ねることができるか、という議論がある。このことに関して、ASAの非麻酔科医による鎮静・鎮痛のガイドライン²²⁾では、根拠となる研究は存在しないものの専門家の意見として、処置を行う術者が鎮静中の患者の状態を十分に把握することは不可能であることを認めた上で、鎮静レベルに応じた術中管理のあり方について言及している。それによると目標とする鎮静レベルが意識下鎮静の場合、処置を行う術者自身が静脈内鎮静法も実施してもよいが、その術者は緊急時にも十分対応できる専門的知識と技術を持った者でなければならないとしている。さらに、患者の状態を監視するためのアシスタントを1人置かなければならないとも述べられている。一方、深鎮静を実施する場合には、術者とは別に、患者管理に専念する専門家を配置しなければならないとしている。これまで述べたインプラント手術の特性を考慮すると、術者自身が静脈内鎮静法を行った場合、鎮静中の患者の状態を完全に把握することは困難であり、また逆に患者管理に集中した場合、手術そのものの遂行の妨げとなる。

以上のことより、術中の患者管理は術者とは別の者が行うMACの環境整備が重要であると考えられる。この場合、患者監視を担当する者は、静脈内鎮静法や術中の全身状態の評価に精通し、十分訓練を受けている必要がある。

おわりに

静脈内鎮静法は、強力な抗不安作用と健忘作用を武器に、医療の質を重視するインプラント医療にも大きく貢献することは議論の余地はない。しかし、手術の特性や使用される薬物の作用を考えると、誤った考え方、用い方をすれば、直ちに大きなピットフォールに落ち込む危険性もあることを常に留意しておく必要がある。これらを十分理解した上で行う臨むMACの導入により、患者に快適性と安全性を提供し、インプラント医療のクオリティを向上させることは間違いない。

参考文献

1. Hillier SC (Barash PG, Cullen BF, Stoelting RK ed) : Chapter 47 Monitor anesthesia care (Clinical Anesthesia Third Edition). Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia, 1159-1171, 1996.
2. 小谷順一郎 : 歯科インプラント手術を安全に行うために 1. 歯科麻酔科医からみた手術の特殊性 ; クイntenテッセンス・デンタル・インプラントロジー, 7, 276-281, 2000.
3. Ito H, Kawai H, Yamazaki S, Suzuki Y : Maximum opening of the mouth by mouth prop during dental procedures increases the risk of upper airway constriction ; Therapeut Clin Risk Manag, 6, 239-248, 2010.
4. 五十嵐 治 : ジアゼパム鎮静法下におけるエピネフリン添加局所麻酔薬の口腔内注射が呼吸, 循環, 代謝および血漿カテコールアミン濃度に及ぼす影響 ; 日歯麻誌, 19, 487-504, 1991.
5. 中野みゆき, 高橋靖之, 廣澤利明, 佐野公人, 東理十三雄 : ミダゾラム使用静脈内鎮静法下におけるエピネフリン添加局所麻酔薬の血漿カテコールアミン濃度ならびに循環動態に及ぼす影響 ; 日歯麻誌, 33, 373-381, 2005.
6. 金子 譲 : 添加エピネフリンの血中濃度と循環 ; 日歯麻誌, 21, 1-14, 1993.
7. Davies JM, Campbell LA : Fatal air embolism during dental implant surgery : a report of three cases ; Can J Anaesth, 37, 112-121, 1990.

8. Girdler NM : fatal sequel to dental implant surgery ; J Oral Rehab, 21, 721-722, 1994.
9. 宮脇卓也：ミダゾラムによる鎮静；LiSA, 7, 130-137, 2000.
10. 鈴木 円, 前川秀信, 松原五郎, 鈴木正二, 坂下英明：口腔インプラント手術における静脈内鎮静法の臨床的検討；明海大歯誌, 32, 236-241, 2003.
11. 大桶華子, 工藤 勝, 北所弘行, 平 博彦, 村田 勝, 細川洋一郎, 新井田 純, 國安宏哉, 八島明弘, 廣瀬由紀人, 越智守生：北海道医療大学歯学部附属病院・インプラント歯科外来の局所麻酔手術症例に対する精神鎮静法の有効性の検討；東日本歯学雑誌, 23, 107-114, 2004.
12. 坂元麻弥, 見崎 徹, 高田耕司, 京田直人, 島本知恵, 岡 俊一：歯科外来患者に対するプロポフォールによる静脈内鎮静法に関する検討；日歯麻誌, 26, 117-120, 1998.
13. 川合宏仁, 田中一步, 山崎信也, 杉田俊博, 奥秋 晟：歯科・口腔外科領域におけるプロポフォールを用いた静脈内鎮静法の研究－呼吸・循環・鎮静度および回復過程に及ぼす影響について－；日歯麻誌, 26, 209-218, 1998.
14. Persson MP, Nilsson A, Hartvig P : Relation of sedation and amnesia to plasma concentrations of midazolam in surgical patients ; Clin Pharmcol Ther, 43, 324-331, 1998.
15. 梅村真理, 百田義弘, 松木直人, 小谷順一郎：口腔インプラント手術における静脈内鎮静法の有用性：アンケート調査による検討；日口腔インプラント誌, 20, 651-658, 2007.
16. 小谷順一郎：静脈内鎮静法の今後の方法－精神鎮静と身体鎮静－；第17回日本歯科麻酔学会リフレッシャーコーステキスト, 1-3, 2003.
17. 西野 卓：麻酔薬の気道反射に及ぼす影響；日臨麻誌, 16, 207-213, 1996.
18. Mathew OP : Upper airway negative-pressure effects on respiratory activity of upper airway muscle ; J Appl Physiol, 56, 500-505, 1984.
19. 松田佳子, 小谷順一郎：Negative pressure airway reflexに対する咽頭腔内CO₂暴露の影響；日歯麻誌, 33, 50-57, 2005.
20. 松田佳子, 釜田 隆, 村田賢司, 小谷順一郎：ウサギにおけるnegative pressure airway reflexに対する咽頭粘膜表面麻酔の影響；麻酔, 53, 989-993, 2004.
21. 木村邦衛, 藤澤俊明, 詫間 滋, 小関裕代, 福島和昭：プロポフォールおよびミダゾラムによる静脈内鎮静法の口腔内水保持能力に及ぼす影響－「Gargleテスト」を用いた検討－；日歯麻誌, 32, 43-48, 2004.
22. Practice guidelines for sedation and analgesia by non-anesthesiologists. American Society of Anesthesiologists Task Force on Sedation and Analgesia by Non-Anesthesiologists; Anesthesiology, 96, 1004-1017, 2002.