OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	歯髄腔圧に関する研究
Author(s)	加藤, 芳紀
Citation	大阪大学, 1968, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/29635
rights	Copyright © 特定非営利活動法人日本口腔科学会
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

原　　著

歯髄腔圧に関する研究

歯髄腔圧とその生理的性質

加　藤　芳　紀

緒　言

歯髄は，歯根尖孔部を除き総て歯牙硬組織に囲まれているため，その容積を外側に向つて拡大することが出来ない。故に，歯髄内血管の拡張，血流増加，あるいは滲出液により歯髄腔圧が上昇した場合，この内圧は容易に歯髄中の痛覚神経終末を刺激する。この機構が，歯髄炎に際しての歯痛の原因として広く理解されている[1)2)3)4)]。したがつて，歯髄腔圧の亢進を来たしていると考えられる症例では，歯髄腔圧を減少させる目的で，患歯の歯髄を露出する方法がとられる場合がある[5)6)]。しかし，歯髄腔圧の生理的実態に関しては，今日，なお充分明らかにされていない。

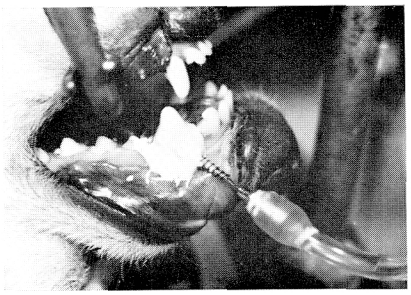
本研究は，歯髄腔圧の生理的性質を明らかにするため，犬につき各歯牙の歯髄腔圧と歯髄腔容積の関係，歯髄腔圧の生理的動揺，および歯髄内血流と歯髄腔圧の関係を記録，分析し，その生理的意義について検討を加えたものである。

実　験　方　法

実験には，体重約7kg の成犬35匹を使用した。50 mg/ml Pentobarbital Sodium (0.5 ml/kg，腹腔，あるいは静脈内注射）により麻酔したのち動物を背位に固定し，気管切開を行い，気管カニューレを挿入した。麻酔深度を比較的一定に保つため，結膜，角膜反射，並びに瞳孔の大きさを指標として，V. J. Collins[7)]の分類による麻酔深度第3期2相に維持するよう努めた。実験中は，室温および直腸温が急変しない様に注意し，温度が下がれば赤外線ランプで，動物の腹部を加温した。

歯髄腔圧測定には，上下顎の第3切歯，犬歯，第1大臼歯を用いた。air turbine を用い注水下で歯髄に穿孔しない様検査歯を注意しながら，出来るだけ歯髄近くまで孔をあけた。歯髄腔圧測定用カニューレの尖端が，髄腔中に穿孔し歯髄を損傷させた場合には，正確な歯髄腔圧を得られない憂いがあるので，本実験では特に図1に示した如く，尖端を直角に横切断した外径約1mm のステンレススチール製輸血針に，尖端約2mm を除き矯正用結紮線を巻いたカニューレを用いた。歯牙に形成した孔に，このカニューレを挿入固定し，歯牙表面とカニューレとを，ビニール薄片を用い接着剤（アルファシアノアクリレート瞬間強力接着剤，アロンアルファ：東亜合成化学工業 K.K.）により接着

Yoshinori Katō
大阪大学歯学部口腔生理学教室（主任：河村洋二郎教授）
本研究は，昭和42年度文部省科学研究補助金総合研究「歯髄の構造と機能」（研究代表者河村洋二郎教授）の補助によつた。



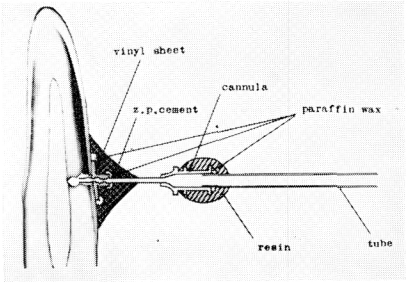


図1　歯髄腔圧測定法とその模式図

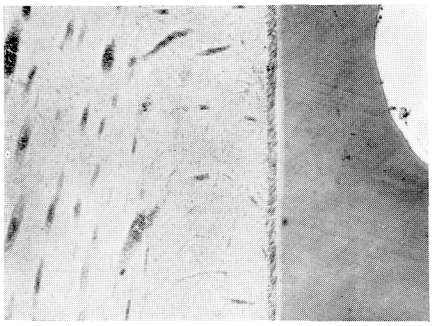


図2　歯髄腔圧測定歯の組織標本
a：歯髄　b：象牙質　c：カニューレの入つていた窩洞
カニューレが歯髄に穿孔していないことが分る。歯髄からカニューレの尖端までの距離は約160 μ で極めてうすい。

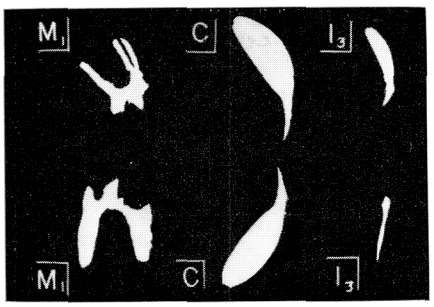


図3　スチロールポリマーによる歯髄腔模型

させた。さらに，その辺縁部をパラフインワックスで閉塞し，その上を燐酸セメントで固定し閉塞を完全にした。カニューレは，肉厚のビニールチューブにつなぎ，これを低圧用 transducer を介し，増巾し，ペン書きオツシログラフで記録した。

ビニールチューブ内は，リンゲル氏液で満し，管内の小気胞は注意深く排除した。実験終了後，圧測定用カニューレの尖端が，歯髄に穿孔していないことを図2の如く組織標本で確認した。

歯髄腔圧と血圧との関係を知るため，大腿動脈血圧，あるいは総頸動脈血圧を，血圧測定用 transducer を用い同時記録した。また，呼吸運動，心電図をも必要に応じ同時記録した。

歯髄腔圧と血流との関係を知るため，測定側の総頸動脈を10分，あるいは内頸静脈を30分結紮し誘発される歯髄腔圧変化を分析した。また，アドレナリン(1000倍溶液0.05 ml 静注)，あるいはアセチールコリン(500 μg 静注)により歯髄腔圧がいかに影響されるかをも検討した。

歯髄腔容積は，次の操作により求めた。すなわち，歯髄圧測定後の歯牙を10％水酸化カリウム溶液中に浸し，重湯煎で75°C に約1時間保つた後，95°C の湯水により洗条したのち完全に乾燥させた。この様に調整した乾燥歯牙を，スチロール樹脂モノマーに2％の過酸化ベンゾール（重合促進剤）を加えたものの中に入れ，減圧下で樹脂を浸透させた後，密封し，55°C の恒温槽中で重合させ，塩酸で脱灰し，髄腔形態のスチロールポリマーの模型のみを残した。これにより，各歯の歯髄腔容積を求めた。

実　験　結　果

1．歯髄腔圧と歯髄腔容積の関係

	Tooth	M_1	C	I_3
mean	u.jaw	17.4	12.4	8.9
	l.jaw	19.0	8.0	6.2

(mmH_2O)

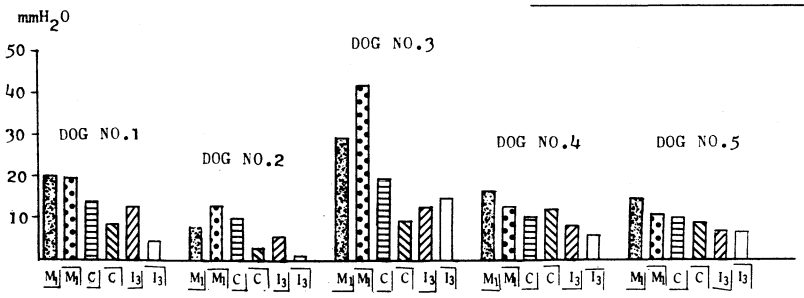


図4　5匹の犬の各歯の歯髄腔圧ならびに平均値

表1　歯髄腔圧測定歯の歯髄腔容積

	第1切歯		犬歯		第1大臼歯	
	上顎	下顎	上顎	下顎	上顎	下顎
Dog No. 1	27.9	17.8	122.5	107.3	65.4	93.7
No. 2	62.5	20.0	210.5	282.0	122.8	214.2
No. 3	12.3	4.5	64.3	78.1	55.5	69.1
No. 4	5.6	2.5	13.1	10.5	12.3	21.7
No. 5	9.4	3.8	34.2	32.9	31.8	51.3

(mm^3)

5匹の動物について得た各歯牙の歯髄腔圧は図4の如くであつた。すなわち，上顎では第1大臼歯，犬歯，第3切歯の歯髄腔圧は，それぞれ平均17.4，12.4，8.9 mmH_2O 下顎では，平均19.0，8.0，6.2 mmH_2O であつた。歯髄腔圧は，切歯より臼歯の方が高い傾向を示した。しかし，表1に示した如く歯髄腔容積と歯髄腔圧との間には，明瞭な比例関係は認められなかつた。

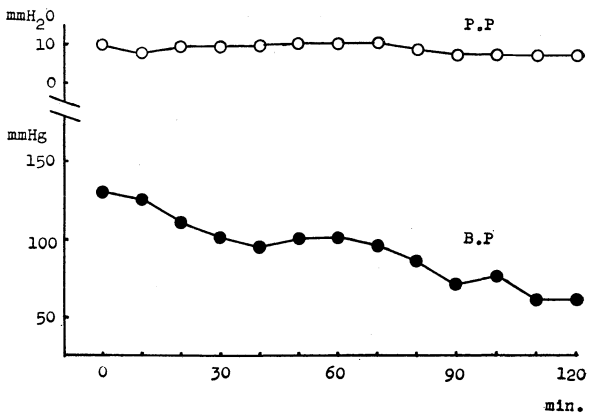


図5　大腿動脈血圧(B.P)と歯髄腔圧(P.P.)との関係

2．歯髄腔圧の動揺

大腿動脈血圧と歯髄腔圧を120分にわたつて同時記録した1例を，図5に示した。この例では，血圧は時間経過と共に，130 mmHgから90 mmHgに変化したにも拘らず，歯髄腔圧は，この間ほぼ一定であつた。血圧が90 mmHg以下に低下した際，はじめて歯髄腔圧は最大4 mmH_2O 低下した。すなわち，歯髄腔圧と全身血圧レベルとの間には，生理的状態では，直接の関係はないものと言える。

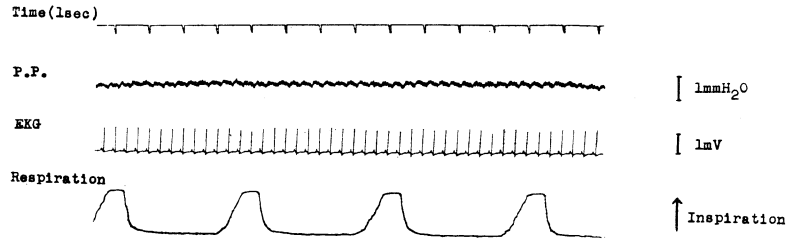


図6　歯髄腔圧 (P.P.) と心電図 (EKG)，呼吸相の関係

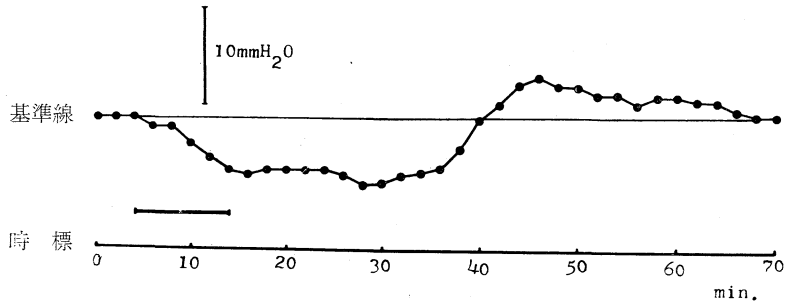


図7　総頸動脈結紮の影響
太い横線で示した間を総頸動脈を結紮した。

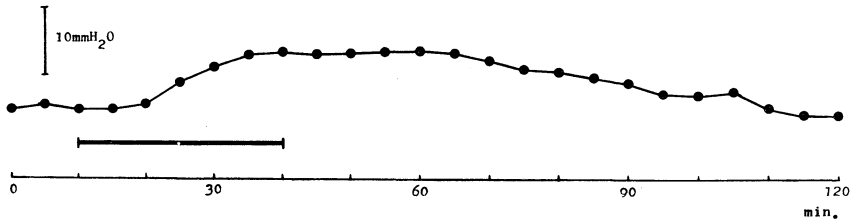


図8　内頸静脈結紮の影響
太い横線で示した間を内頸静脈結紮した

また，歯髄腔圧は呼吸運動によつても，なんら影響を受けなかつた。しかし，図6に示した如く，心搏に一致して，ごくわずかながら動揺し，心拡張に際して約0.1 mmH_2O 減少，心収縮に際して約0.1 mmH_2O 上昇の規則正しい波を描いた。

3.　歯髄血流と歯髄腔圧の関係

総頸動脈を10分間結紮することにより，図7に示した如く，結紮側歯牙歯髄腔圧は，直ちに低下しはじめ結紮10分後に約6 mmH_2O 低下し，結紮解放後も約20分間ほぼその低下したレベルを維持した。その後徐々に回復しはじめ，一過性に対照レベルより高くなるが，後再び低下しはじめ解放後約54分で結紮前の対照レベルにもどつた。

内頸静脈を30分間結紮した場合には，図8に示した如く結紮後約5分から，歯髄腔圧は徐々に上昇しはじめ，結紮後約25分で歯髄腔圧は約8 mmH_2O 上昇し，以後そのレベルを維持した。結紮を解放しても，約20分間は依然として上昇した歯髄腔圧レベルを維持し，その後，漸次下降し解放後70分でもとのレベルに回復した。

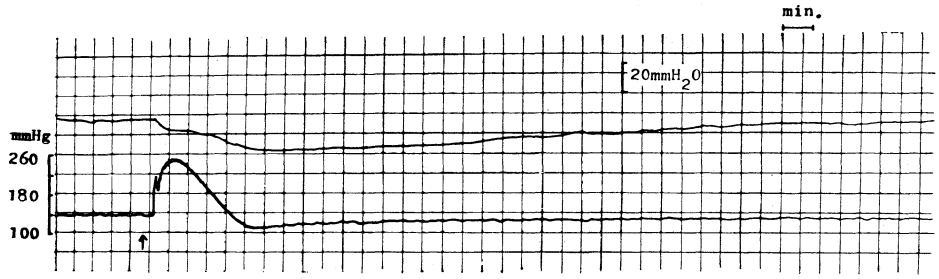


図9　アドレナリン静注の影響
上段：歯髄腔圧　　下段：大腿動脈血圧
矢印のところで1000倍アドレナリン0.05 ml を静注した

アドレナリン（1000倍アドレナリン，0.05 ml）の内頸静脈注射により，図9に1例を示した如く，歯髄腔圧は漸次下降し注射後約4分で，約21 mmH_2O 下降した。その後，徐々に回復し始め，静注後約25分でもとのレベルにもどつた。これに対し，大腿動脈血圧は，この際一過性に約100 mmHg 上昇し急速な変化経過をたどつた。

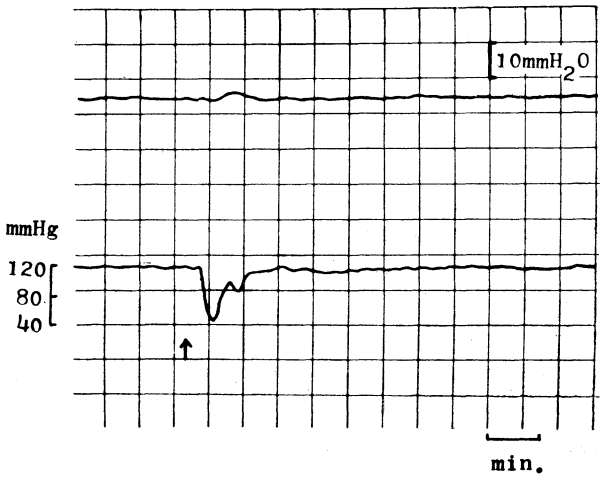


図 10　アセチールコリン静注の影響
上段：歯髄腔圧　　下段：大腿動脈血圧
矢印のところでアセチールコリン500 μg 静注した

アセチールコリン（500 μg）の内頸静脈注射によつては，歯髄腔圧は一過性に1分間に約2 mmH_2O 上昇した。なお，この際，大腿動脈血圧は一過性に約70 mmHg 下降した。

すなわち，アドレナリン注射の場合は，歯髄内血管が収縮し，ために歯髄腔圧が下降したものと考えられ，これに対し，アセチールコリン注射の際には，歯髄内血管のわずかな拡張により，歯髄腔圧が一過性に上昇したものといえよう。

考　察

1．歯髄腔圧

W. Wynn et al.[8] は，イヌを用いて実験的に歯髄腔圧の存在することを証明した。また，J. G. Weatherred et al.[9] は，イヌの歯髄腔圧は10～57 mmHg であること，A. C. Brown et al.[10] は，イヌの前歯の歯髄腔圧が平均57 mmHg の値をとること，また，E. Beveridge, A.C. Brown et al.[11] は同年別の論文で，イヌの歯髄腔圧値が29 mmHg であると報告している。E. E. Beveridge et al.[12] はヒトの第1小臼歯の歯髄腔圧が28 mmHg であることを報告した。以上，歯髄腔圧に関して最近多くの測定結果が報告されているが，各研究者によりその測定値は必ずしも一致していない。この様に，歯髄腔圧値が測定者により著明に相違している原因は，動物の個体差，測定歯牙の差の他に，研究者により測定方法が相違するためであろう。すなわち，圧測定用カニューレの尖端の位置，あるいは

測定した歯牙歯髄の状態，圧測定器の感度の相違などを考慮しなければならない。本実験では，圧測定用カニューレの尖端位置が各動物で常に一定になる様，歯科矯正用ワイヤーによるストッパー装置を用い，カニューレが歯髄実質を損傷さすことを防いだ。また，歯髄腔圧は各歯牙で当然相違することが考えられる，故に，本実験では特に個々の歯牙につきその歯髄腔圧を測定し，各歯の歯髄腔圧値の相違を明らかにした。

Brown 一派は，比較的巾の広い歯髄腔圧値を示し，かつ平均 57 mmHg あるいは 29 mmHg と比較的高い値を報告している。彼らは，歯髄は腎臓の如く "Encapsulated organ" であるため身体の他の部分より圧が高いのだと説明している。しかし，青野ら[13]は，ガラス毛細管を用い歯髄液を採取するのに優に数時間を要したと報告している。M. Brännström[14]が，ヒトの生活歯につき約1～2 mm の厚さの象牙質の上から 2～3 mmHg の陰圧で吸引操作を行つた場合，常に痛みを感じたといつている。また，R. R. Moist et al.[15]によれば，歯髄内血圧はイヌの犬歯で 0.08 mmHg にすぎない。A. Scheinin[16]が観察した如く，根尖部が歯髄中央部より狭いため歯髄内血流は比較的緩慢であることも考慮しなければならない。これらを考え合わせると，歯髄腔圧は Brown 一派の報告した如く不安定，かつ高い値のものではなく，極めて安定しており，しかも低いことが推察される。本研究の歯髄腔圧測定値は，Brown 一派の値に比較し極めて低かつた。これは，おそらく歯髄腔圧を薄い象牙質を介して測定したためと考えられる。Brown らは，ラセン状にネジを切つたカニューレを歯牙にねじ込んで歯髄腔圧を測定しているが組織標本も示されておらず，おそらくカニューレの尖端が歯髄中に深く穿孔していたのではなかろうか。同様な方法で，骨髄圧を測定した，東[17]，黒沢[18]らの報告はいづれも圧値が動揺しており，かつ高い圧を示している。

歯髄腔圧は動物の麻酔度によつて影響される可能性があるので，本実験では常に深麻酔状態下で行つたことも特記すべきである。

後方臼歯の方が，切歯に比べ歯髄腔圧が高かつた。この関係は，Y. Kawamura et al.[19]によるイヌの各歯の歯髄温度と同じ傾向を示している。また，M. Hermann[20]も歯牙の表面温度について前歯から臼歯に行くに従い高くなることを報告している。これら諸報告から，臼歯は切歯より血流を多く受けていることが考えられる。故に，後方臼歯の方が，切歯に比べ歯髄腔圧が高いことは，各歯牙歯髄の血流量の差に起因していると考えてよいであろう。

イヌの犬歯の歯髄腔の大きさは一般に切歯，臼歯より大きい[19]。本実験はこの点を再確認した。しかし，歯髄腔圧は歯髄腔容積とは必ずしも比例しなかつた。すなわち，歯髄腔圧は歯髄腔の大きさより，むしろ，歯牙の位置に関係するといえる。

2．歯髄腔圧の動揺

E. W. Burnette JR. et al.[22]は，光電管を利用し，歯髄に心搏出に一致する規則正しい循環変化のあることを記録した。また，D. D. Upthegrove et al.[23]は高感度の光電管を用いて，E. A. Neidle et al.[24]は，electrical impedance technique を用いて Burnette らと同様の現象を認めた。A. C. Brown et al.[25]によると，歯髄腔圧の脈波の形と位相は，内胸動脈の脈波とほぼ一致し，大きさは動脈々波より小さい。本研究においても，歯髄腔圧曲線は常に心搏と一致して規則正しい小さな波が認められた。この波は，前記先人が認めた波形によく一致している。ゆえに，歯髄腔圧は小さく動揺するものと考えられる。急性化膿性歯髄炎の場合の搏動性疼痛は，おそらくこの様な心搏に一致して出現する歯髄腔圧の小さな動揺によるものと考えてよかろう。

W. Wynn et al.[8]は，歯髄腔圧が全身血圧に従属するが，歯髄腔圧と全身血圧との間に定量的関係が存在しないことを報告し，さらに，E. Beveridge et al.[11][25]は，歯髄毛細血管の末梢抵抗が歯

髄腔圧を全身血圧とは無関係に変えうることを述べている。本実験の結果により，全身血圧が極めて著明に変動した場合を除き，歯髄腔圧は極めて安定で全身血圧の変動の影響を余り受けないことが明らかになつた。

3．歯髄腔圧と血流の関係

総頸動脈結紮により歯髄腔圧は減少し，内頸静脈結紮により歯髄腔圧は上昇した。すなわち，歯髄腔圧と歯髄血流量の増減との間には密接な平行関係が存在する。

アセチールコリン投与により，J. G. Bishop, et al.[26]，D. R. Redden, J. G. Bishop et al.[21]は，下歯槽動脈の血流が増加することを，浜田[27]は，歯肉温度の上昇を，また，Y. Kawamura et al.[18]は，歯髄温度が上昇することを報告している。本研究においてもアセチールコリン投与により全身血圧の減少と一過性の歯髄腔圧上昇が認められた。この現象は，アセチールコリンが下歯槽神経中に含まれているコリン作働性血管拡張神経に作用し，歯髄内血管を局所的に，かつ能動的にわずかながら拡張させ，そのため歯髄腔圧が上昇したものと考えられる。

次に，アドレナリン投与により，歯髄腔圧が上昇することを W. Wynn et al.[8]が報告している。また，A. C. Brown et al.[25]は，ノルアドレナリン投与により同様の結果を報告した。しかし，両者共，記録時間が極めて短かく，アドレナリン静注経過中の反応しか示しておらない。また，投与したアドレナリン量も本研究に比べ極めて大量であるため，全身血圧の極めて急激な上昇に伴なつた歯髄腔圧反応を記録したためと思われる。

M. Meyer et al.[28]は，5～20 μg のアドレナリンでは歯髄血流は平均27％減少したと報告している。E. A. Neidle et al.[24] M. Photo et al.[29]らは共に，アドレナリン投与による歯髄血流減少を認めている。さらに，G. Kozam et al.[30]は，アドレナリン投与によりラツトの切歯で，細動脈収縮，血流速度亢進を認め，この反応が正常に回復するまでに3時間以上かかることを報告している。J. G. Bishop et al.[26] D. R. Redden et al.[21]らは，アドレナリン投与により，下歯槽動脈の血流量の減少の生じることを，Y.Kawamura et al.[19]は，歯髄温度下降を，浜田[27]は，歯肉温度減少を報告している。本実験結果も同様に，アドレナリン投与により全身血圧の一過性上昇に伴う歯髄腔圧の減少を認めた。前記の先人の諸結果を合せ考えると，アドレナリン投与により，下歯槽神経中に存在するアドレナリン作働性血管収縮神経を介して，歯髄内血管が局所的，能動的に収縮し，歯髄腔圧が減少するものと考えられる。

総　括

輸血針を改造した特殊カニューレを用い，低圧用トランスデユーサーを介して，犬の歯牙の歯髄腔圧を測定した。歯髄腔圧とその生理的性質は大略次の如くである。

1．犬の上下顎第1大臼歯，犬歯，第3切歯の歯髄腔圧は，5例の平均で各々，上顎は17.4，12.4，8.9 mmH_2O，下顎では19.0，8.0，6.2 mmH_2O であつた。切歯より臼歯の方が歯髄腔圧は高い傾向が認められた。また，歯髄腔圧と歯髄腔容積との間には，明瞭な関係は認められなかつた。

2．歯髄腔圧と全身血圧の間には，明瞭な比例関係は認められなかつた。また，呼吸運動と歯髄腔圧の間にも認むべき関係はないが，歯髄腔圧が心搏に一致して規則的に小さく動揺することが認められた。

3．歯髄腔圧と歯髄血流量との間には，平行関係が存在し，血流量の増加，減少により歯髄腔圧は上昇，下降した。また，歯髄内血管の拡張，収縮と歯髄腔圧との間には，密接な関係が認められた。

稿を終るに臨み，終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜つた河村洋二郎教授に対し，衷心より謝意を表し，併せて本実験を行うに当り種々御協力を戴いた，船越正也助教授始め口腔生理学教室員諸氏に厚く感謝する。

また，組織検鏡に際し，御教示を得た大阪大学歯学部口腔病理学教室，塩田研二助教授に厚く感謝する。

本論文の要旨は，第20回日本口腔科学会総会において発表した。

文　献

1) H. Sicher: Orban's oral histology and embryology, ed. 5, p. 138, Mosby, St. Louis, 1962. —2) K. H. Thoma: Oral Pathology, ed. 4, p. 385, Mosby, St. Louis, 1954. —3) R. W. Tiecke, O. H. Stuteoille and J. C. Calandra: Pathologic physiology of Oral disease, p. 382, Mosby, St. Louis, 1959. —4) H. H. Stone: Oral and Dental Diseases, ed. 2, p. 374, E. & S. Livingstone, 1951. —5) S. Seltzer and I. B. Bender: The dental pulp. p. 246, J. B. Lippincott, Philadelphia, 1965. —6) W. H. O. McGehee, H. A. Ture and E. F. Inskipp: A textbook of operative dentistry, ed. 4, p. 646, Mc Graw-Hill, New York, 1956. —7) V. J. Collins: Principles of Anesthesiology, P. 223, Lea & Febiger, Philadelphia, 1966. —8) W. Wynn, J. Haldi, M. A. Hopf and K. John: Pressure within the pulp chamber of the dog's tooth relative to arterial blood pressure, J. dent. Res., **41**: 1169, 1963. —9) J. G. Weatherred, D. C. Kreeger and E. L. Smith: Pressure response in the dental pulp chamber to inferior alveolar nerve stimulation, Fed. Proc., **22**: 287, 1963. —10) A. C. Brown and D. Yankowitz: Tooth pulp tissue pressure and hydraulic permeability, Circulation Research, **15**: 42, 1964. —11) E. Beveridge, R. Gross, D. Yankowitz and A. C. Brown: The relation between dental pulp tissue pressure and systemic arterial blood pressure, J. dent. Res., **43**: 805, 1964. —12) E. E. Beveridge and A. C. Brown: The measurement of human dental intrapulpal pressure and its response to clinical variables, O. S., O. M. & O. P., **19**: 655, 1965. —13) 青野正男，吉田昌弘，宗本健一，岡田宏，横溝一郎：歯髄に関する病態生理学的研究，阪大歯誌，**9**: 53, 1964. —14) M. Brännström: Dentinal and Pulpal Response I. Application of reduced pressure to exposed dentine, Acta Odont. Scand., **18**: 1, 1960. —15) R. R. Moist, and H. M. Yanof: Measurement of pulpal blood pressure, J. dent. Res., **44**: 570, 1965. —16) A. Scheinin: Flow characteriestics of the pulpal vessels, J. dent. Res., **42**: 438, 1963. —17) 東博彦：骨循環動態の研究（第一報），骨内圧に関する基礎的研究，日整会誌，**37**: 267, 1963. —18) 黒沢正明：骨髄圧の研究，お茶の水医学誌. **7**: 2208, 1959. —19) Y. Kawamura, K. Miki, M. Funakoshi and J. Fujimoto: Studies on the responses induced by the stimulation of the trigeminal nerve, I. Reflex changing of the tooth-pulp-temperature, Med. J. of Osaka Univ., **6**: 879, 1956. —20) M. Herrman: Temperaturverhältnisse an der Mundschleimhaut der Zunge und den Zähnen, D. Z. Z., **8**: 539, 1953. —21) D. R. Redden, J. G. Bishop, J. L. Matthews and H. L. Dorman: Blood flow and blood pressure in the internal maxillary artery, J. dent. Res., **39**: 1141, 1960. —22) E. W. Burnette JR. and W. O. Hohn: Investigation of possible circulatory changes in pulp, J. dent. Res., **42**: 1038, 1963. —23) D. D. Upthegrove, J. G. Bishop & H. L. Dorman: A method for detection of blood flow in the dental pulp, J. dent. Res., **45**: 1115, 1966. —24) E. A. Neidle, ann F. M. Liebman: Effects of vasoacitive drugs and nerve stimulation on blood flow in the tooth pulp and allied structures of the cat, J. dent. Res., **43**: 412, 1964. —25) A. C. Brown and E. E. Beveridge: The relation between tooth pulp pressure and systemic arterial pressure, Archs. oral Biol., **11**: 1181, 1966. —26) J. G. Bishop, J. L. Matthews, H. L. Dorman and E. E. Moore: Blood flow and blood pressure in the mandibular artery, J. dent. Res., **38**: 244, 1959. —27) 浜田徹：口腔軟組織の温度上昇反応に関する研究，阪大歯誌，**10**: 81, 1965. —29) M. Meyer, D. Weiner and E. Grim: Blood flow in the dental pulp of the dog, P. S. E. B. M., **116**: 1038, 1964. —29) M. Pohto, and A. Scheinin: Effect of local analgesic solution on the circulation of the dental pulp, J. Internat. dent., **12**: 227, 1962. —30) G. Kozam, and G. W. Burnett: Blood circulation in the dental pulp, J. A. D. A., **59**: 458, 1959.

——昭和42年5月10日受付——