

# EVIDENCE BOOK

## Infection Control

< 学術論文集：感染予防 >

**NSK**

ナカニシは、30年以上も前から、歯科用ハンドピースからの感染リスクに気づき、感染予防対策の研究に取り組んで参りました。それは、歯科医療従事者と患者様を様々な感染から守るという強い使命感からでした。

その研究の成果物として、ナカニシは、二つの画期的な独自機構 (DualDefenceシステム) を開発しました。一つは、歯科用ハンドピースへのサックバックを防止する「クリーンヘッドシステム」。もう一つは、歯科用ハンドピースからホースやユニット内への汚水の浸入を防止する逆止弁。

このDualDefence™システム (クリーンヘッドシステムと逆止弁) の有効性は、東北大学、新潟大学をはじめワシントン大学 (米国)、ウメオ大学 (スウェーデン)、シンガポール大学を含む世界でも著名な研究機関によって実証されています。

この冊子で、ナカニシの感染予防対策のリーダーとしての研究成果の一部をご紹介します。

# DualDefence™

## ナカニシの感染予防対策

ナカニシのハンドピース・カップリング・モーターには以下の感染予防対策を施しております。  
ハンドピース\*ではクリーンヘッドシステムがサックバックを防ぎ、  
ナカニシ製カップリング・モーターでは逆止弁が水回路への汚水の浸入を防ぎます。

\*一部のコントラングル製品を除く

### ナカニシの感染予防対策の歴史

1987

ナカニシは、1986年より感染予防における独自の研究開発を開始し、水回路への逆流を防止するために逆止弁：Anti-Retraction Valveを開発しました。翌1987年には、この逆止弁を備えた世界初のエアタービンを送り出しました。ナカニシは、1990年に特許を取得。

1990

エアタービンへのサックバック防止機構として、クリーンヘッドシステムを開発しました。1994年に特許を取得。

1993

クリーンヘッドシステムは、世界初の感染防止機構として歯科医療に大きく貢献したことから、フランスのSITAD Applied Technology Awardを受賞しました。  
同年、スウェーデンのウメオ大学は、クリーンヘッドシステムが二次汚染を大幅に低減したことを証明しました。  
また、1994年から2007年の間に、クリーンヘッドシステムと逆止弁の感染予防対策の有効性が、他の4つの著名な大学によって立証されました。

1996

ナカニシのエアタービンとコントラングルにクリーンヘッドシステムを、また全てのナカニシ製カップリングに逆止弁を標準搭載しました。

2020

ナカニシは社内テストを実施。クリーンヘッドシステムと逆止弁の有効性を再確認しました。

# INDEX

Research 1	3-7
<hr/>	
Bacterial contamination of high-speed air-driven handpieces University of Umeå, Sweden	
Research 2	8-14
<hr/>	
A Newly Designed Turbine Handpiece System for Cross-infection Control Niigata University and Tohoku University, Japan	
Research 3	15-24
<hr/>	
回転停止時に生じるタービン内部の汚染とその対策 — 5 種類の対策の効果について — 東北大学	
Research 4	25-30
<hr/>	
エアータービンハンドピースの内部汚染に関する研究 — 細菌侵入を指標とした内部汚染防止機構の評価 — 新潟大学	
Research 5	31-35
<hr/>	
内部汚染防止機構付きの新しいタービンヘッドの有効性について 新潟大学	
Research 6	36-40
<hr/>	
Evaluation of Bacterial Suckback in Three Dental Handpieces University of Washington, U.S.A	
Research 7	41-44
<hr/>	
Evaluation of the effectiveness of a “clean-head” design high speed dental handpiece National University of Singapore, Singapore	
Research 8	45-48
<hr/>	
Risk of Hepatitis B Virus Transmission via Dental Handpiece and Evaluation of an Antisuction Device for Prevention of Transmission Sichuan University, China	

# Bacterial contamination of high-speed air-driven handpieces

University of Umeå, Sweden, 1993

Fredrik Turegård and Jan Carlsson

Department of Oral Microbiology, University of Umeå,  
S-901 85 Umeå, Sweden

A report submitted to Nakanishi Dental MFG. Co., LTD. (NSK), 1993

## ■ Introduction

We were asked by Mr. Göran Kjellberg, TS Dental Sales, Vännäs, Sweden, to test for possible bacterial contaminations of the Phatelus-II handpiece.

## ■ Material and Methods

### Handpieces.

Phatelus-II, Nakanishi Dental MFG. Co., LTD., Japan, and Super-Torque 630B, Kavo AG, Germany, were tested.

### Bacteriological media.

To preserve the viability of bacteria emitted from the handpieces we used a buffer solution, modified from Möller (1966), which contained per liter: 4.3 g sodium chloride, 0.42 g potassium chloride, 1.0 g disodium hydrogen phosphate, 1.0 g potassium dihydrogen phosphate, 10.0 g sodium glycerophosphate, 0.24 g calcium chloride and 0.1 g magnesium chloride. Mitis salivarius agar (Difco Laboratories, Detroit, USA) was prepared according to the instructions given by the manufacturer. Blood agar was prepared according to Holdeman et al. (1977). The broth to culture spores of *Bacillus stearothermophilus* contained per liter: Tryptone (Difco) 5 g, yeast extract (Difco) 3 g, disodium hydrogen phosphate 1.6 g, 24 mg bromthymol blue (in ethanol), and glucose 5 g, pH 7.8. The broth was autoclaved at 121°C for 20 min. The glucose of the broth was autoclaved separately.

### Experimental procedures.

#### ► Experiment 1.

At the start of the experiment the coupler of the handpiece and the connecting end of the hose were immersed into 45% (v/v) isopropyl alcohol. The hands of the operator were covered with rubber gloves. The handpiece was autoclaved for 20 min at 121°C and then treated with oil spray. To test for contaminating bacteria the coupler and the connecting end of the hose were each immersed into 10 ml buffer solution in a 100-ml flask (Step 1 and 2, Fig. 1). The equipment was then assembled and the head of the handpiece was submerged into 10 ml buffer solution in 100-ml flask, and the air turbin was started and stopped 10 times (Step 3, Fig. 1). After this test for contaminating bacteria the head of the handpiece was submerged into 10 ml saliva stimulated by chewing on a piece of paraffin (Step 4, Fig. 1). After the air turbin had been started and stopped 10 times, the handpiece was wiped with a dry wad. The handpiece was introduced into a 100-ml flask with 10 ml buffer solution, and the air turbin was run for 30s over the surface of the buffer (Step 5, Fig. 1). Thereafter the handpiece was wiped with 45% isopropyl alcohol (Step 6, Fig. 1). The head of the handpiece was submerged into 10 ml of buffer solution of another 100-ml flask and the air turbin was started and stopped 10 times (Step 7, Fig. 1). The handpiece was again wiped with 45% isopropyl alcohol (step 8, Fig. 1). The coupler of the handpiece, and the connecting end of the hose were each immersed into 10 ml buffer solution (Step 9 and 10, Fig. 1). Saliva and the buffer solutions from step 1 to 10 (Fig. 1) were diluted in buffer solution and 0.1- ml aliquots were spread over the surface of blood agar and mitis salivarius agar plates (Fig. 1). The

plates were then incubated for 2 d at 37°C in air supplemented with 5% (v/v) carbon dioxide. On plates from appropriate dilutions the total number of colonies were counted. On mitis salivarius agar the number of colonies of *Streptococcus salivarius* were also counted.

### ► Experiment 2.

The handpiece was treated with oil spray. The handpiece, the coupler, and a hose with silicon tubing were assembled, and (except for the head of the handpiece) covered with autoclavable tubing. This package was placed in an autoclave. To replace the air of the autoclave chamber with steam, the autoclave was evacuated three times to -0.8 bar. The pressure of the steam was thereafter increased and the temperature was kept at 135°C for 7 min. To dry the material after this treatment the autoclave chamber was evacuated and the pressure was kept at -0.8 bar for 5 min. The autoclaved package of handpiece, coupler, and hose was then covered with another layer of autoclavable tubing (except for the head of the handpiece) as a further protection against contamination of the equipment from outside. The hose was connected to compressed air, and the head of the handpiece was submerged into 10 ml of a suspension of *Bacillus stearothermophilus* spores ( $1 \times 10^6$ / ml) in a 100-ml flask. This suspension of heat-resistant spores was kindly supplied by Dr. Ingemar Juhlin, AB Spordisk, Bellevueväg 64, S-216 19 Malmö, Sweden. The air turbin was started and stopped 10 times. The package was disconnected from the compressed air. The covering outer tubing was removed. Under aseptic precautions the coupler and the connecting end of the hose were each immersed into 15 ml broth. This broth was incubated for 7 d at 56°C. The handpiece was then autoclaved again and after the covering mantel had been disconnected, it was put into 250 ml broth and incubated for 7 d at 56°C.

## ■ Results

### ► Experiment 1.

There were few contaminating bacteria on the equipment before the head of the handpiece was exposed to saliva (Step 1, 2, and 3, Fig. 1; Table 1). No salivary streptococci were detected on the coupler. On the connecting end of the hose one colony of *Streptococcus salivarius* was detected on one out of 18 occasions. The handpiece did not emit any salivary streptococci, when the head was submerged into buffer solution and the air turbin was started and stopped 10 times (Step 3, Fig 1; Fig. 2 and Table 1).

In saliva there were  $6.3 \pm 3.7 \times 10^8$  facultatively anaerobic bacteria growing on blood agar, and  $9.3 \pm 0.6 \times 10^7$  streptococci growing on Mitis salivarius agar. Of the streptococci *Streptococcus salivarius* made up 55%.

After the handpiece had been exposed to saliva (step 4, Fig. 1) and the air turbin of the handpiece was run over the surface of the buffer (step 5, Fig. 1; Fig. 2 and Table 1),

$10^6$  to  $10^7$  bacteria left the Kavo handpiece, and  
 $10^5$  to  $10^6$  bacteria left the NSK handpiece.

After the handpiece was wiped with isopropyl alcohol, the head submerged into buffer, and the air turbin of the handpiece was started and stopped 10 times (step 7, Fig. 1; Fig 2 and Table 1),

$10^5$  to  $10^6$  bacteria left the Kavo handpiece, and  
 $10^4$  to  $10^5$  bacteria left the NSK handpiece.

In both step 5 and step 7 salivary streptococci left Kavo and NSK handpieces. After step 7 the handpiece was again wiped with isopropyl alcohol, and the equipment was disassembled. The coupler was immersed into 10 ml buffer. On the coupler of Kavo handpiece there were  $10^4$  to  $10^6$  bacteria (step 9, Fig. 1; Fig. 2 and Table 1). In one case there were no bacteria on the coupler. This was the last of three Kavo handpieces tested in a batch of saliva and the previous two handpieces had sucked up so much of saliva that the head of the third handpiece was not covered with saliva. Only one of the NSK couplers was contaminated to the same extent as the Kavo couplers by salivary streptococci. On one other NSK coupler a few salivary streptococci were detected. On the other NSK couplers no salivary streptococci were detected. On the hose connected to the Kavo handpiece similar number of bacteria was detected as on the coupler (step 10, Fig. 1; Fig. 2 and Table 1). On no NSK hose was any salivary streptococci detected (step 10, Fig. 1; Fig. 2 and Table 1).

These results clearly showed that the coupler and the hose of the Kavo handpiece were heavily contaminated by oral bacteria during operation. However, it was not clear whether the coupler and the connecting end of the hose of the NSK handpiece become contaminated by oral bacteria during operation or became contaminated from the outside.

### ► Experiment 2.

In this experiment the handpiece, the coupler, and the hose were assembled, autoclaved, and handled in such a way that a contamination of the coupler and the connecting end of the hose from the outside was prevented, when the air turbine was started and stopped in a spore suspension. By using heat-resistant spores of *Bacillus stearothermophilus* and culture in broth at 56°C, a single living spore on the coupler or the connecting end of the hose could be detected. As long as no other bacteria are able to grow at 56°C, this test is very reliable.

After the three Kavo handpieces were exposed to the spore suspension, the coupler and the connecting end of the hose were heavily contaminated by spores. This confirmed the results of experiment 1.

After the three NSK handpieces were exposed to the spore suspension, no living spores were detected on the coupler, or on the connecting end of the hose. This experiment was repeated three times with the same result.

The Kavo and NSK handpieces were autoclaved after the exposure to the heat-resistant spores of *Bacillus stearothermophilus*. No living spores could then be detected on the handpieces.

## ■ Discussion

The Kavo and NSK handpieces became heavily contaminated by salivary bacteria during operation in saliva. After an alcohol disinfection of the outside they released, during running, significant numbers of bacteria. These results clearly showed that the handpieces have to be autoclaved after each patient in the dental practice to prevent cross-contamination between the patients.

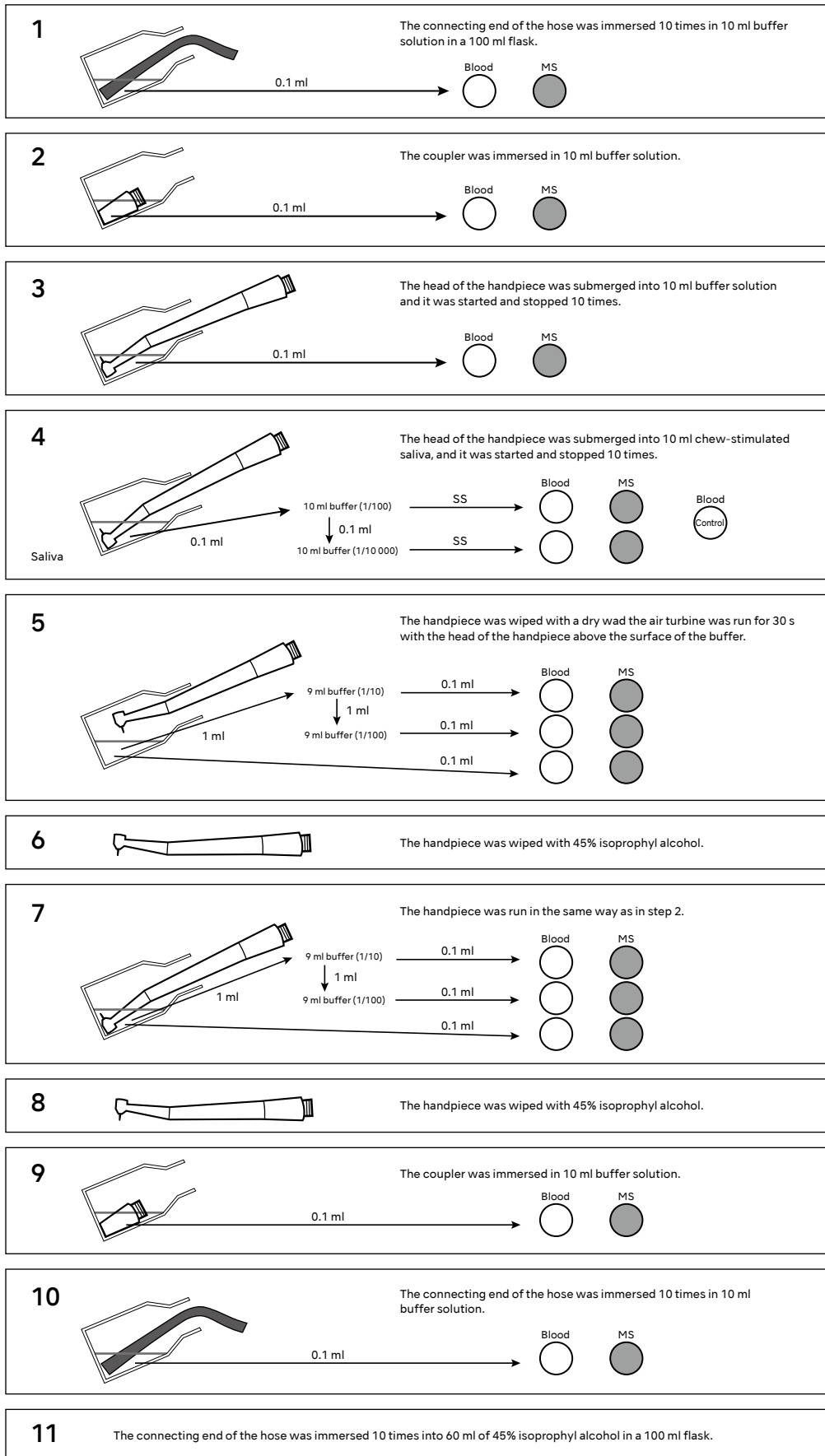
With the Kavo equipment not only the handpiece, but also the coupler and the hose, became heavily contaminated during operation. This calls for sterilization by autoclaving also of the coupler and the hose after the treatment of each patient. The coupler and the hose of the NSK equipment were not contaminated in our experiment. If this is true also for the operation of the NSK handpiece in dental practice, a good hygienic standard can be maintained without autoclaving the coupler and the hose after treatment of each patient. The coupler and the hose of the NSK equipment should, however, be treated with disinfectant as other parts of the dental unit after the treatment of each patient.

## ■ References

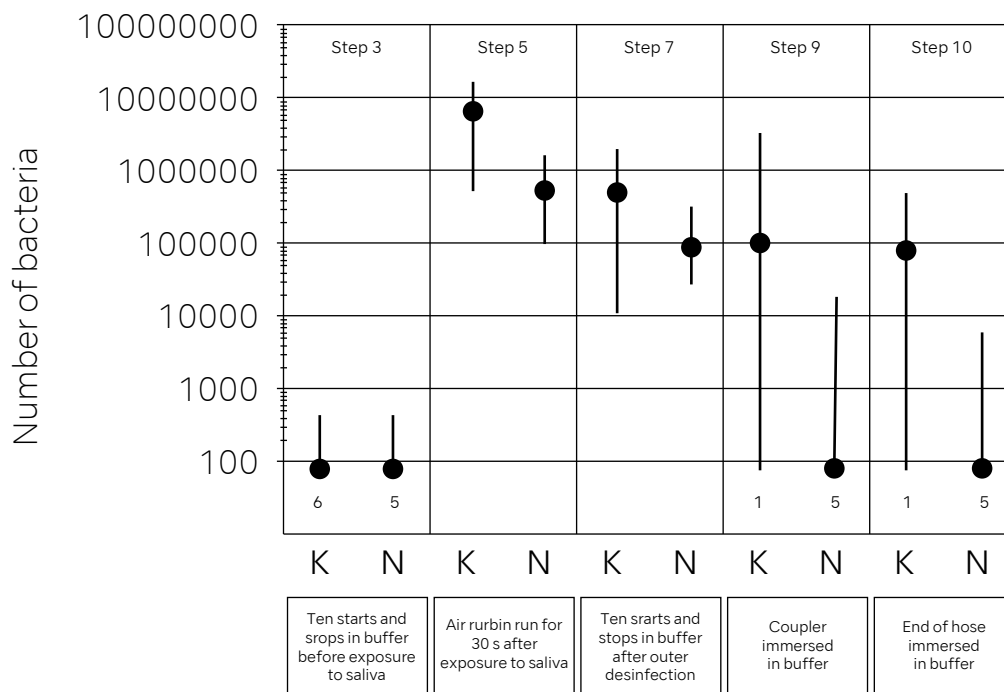
Holdeman LV, Cato EP, Moore WEC. Anaerobe laboratory manual. 4th ed., Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA, 1977.

Möller ÅJR Microbiological examination of root canals and periapical tissues of human teeth. Methodological studies. Scand Dent J 1966: 74: special article.

[Fig. 1.] The experimental procedure in testing the bacterial contamination of handpieces.



**[Fig. 2.]** The number of bacteria emitted from high-speed air-driven handpieces before and after exposure to saliva. Three Kavo Super-Torque 630B (K) and three NSK Phatelus-II (N) were tested three times. Median number and range of values are given. The number of tests in which <100 bacteria were detected is indicated in the figure. The bacteria were grown for 2 days on blood agar in an atmosphere of air with 5% carbon dioxide.



**[Table 1.]** The number of bacteria detected in various steps in testing Kavo (K) and NSK (N) handpieces according to fig. 1. The bacteria were cultured on blood agar for 2 d in an atmosphere of air with 5% carbon dioxide. <100 means that no bacteria were detected on the blood agar plates.

Step Experiment	1		2		3		5		7		9		10	
	K	N	K	N	K	N	K	N	K	N	K	N	K	N
1:1	<100	<100	100	100	<100	400	8000000	540000	460000	290000	64000	<100	600	5200
1:2	600	200	<100	<100	<100	100	8000000	320000	1100000	77000	34000	18000	40000	100
1:3	<100	300	<100	900	<100	<100	1000000	860000	10000	160000	<100	300	<100	<100
2:1	<100	<100	100	<100	400	<100	2000000	150000	400000	100000	160000	500	160000	<100
2:2	700	<100	100	200	<100	<100	5000000	1500000	1000000	50000	350000	3300	400000	<100
2:3	<100	<100	100	100	200	<100	15000000	500000	410000	80000	160000	<100	160000	200
3:1	<100	<100	<100	<100	<100	100	6000000	90000	240000	40000	140000	<100	70000	2200
3:2	200	<100	100	<100	300	<100	8000000	210000	1200000	20000	100000	<100	140000	300
3:3	4300	100	<100	<100	<100	<100	6000000	700000	620000	50000	70000	<100	34000	<100



# A Newly Designed Turbine Handpiece System for Cross-infection Control

Niigata University and Tohoku University, Japan, 1994

K.Kota, M.Iwaku, M.Yamaga, T.Kiryu, E.Hoshino,  
E.Nakanishi<sup>1</sup>, S.Kawata<sup>1</sup>, K.Tamazawa<sup>2</sup> and H.Horiuchi<sup>2</sup>

Niigata University School of Dentistry, Niigata,

<sup>1</sup>Nakanishi Dental Mfg. Co., Ltd. and

<sup>2</sup>Tohoku University School of Dentistry, Sendai, Japan

Manuscript for FDI table clinic presentation,  
82nd FDI World Dental Congress, 1994

## ■ Introduction

In daily dental practice, the air turbine handpiece is continuously exposed to oral microbes. So, changing handpiece for each patient is generally recommended as the recent rule to avoid cross-infection. However, it is not enough to sterilize the handpiece only, because contamination may extend in the tubing beyond the handpiece by suck back, temporarily stored in there, and gushed back into the next patient's mouth. Therefore, a new handpiece system that completely block the contamination by itself should be expected.

We hence, tested the efficacy of a newly designed handpiece which prevents internal contamination, in a stand-alone fashion.

In conventional systems, internal contamination usually occurs when either of two events takes place (Fig. 1);- In the first, the water retraction valve creates a back-flow, which may aspirate patient materials back into the water-line immediately after the turbine has stopped. In the second, post shut-off inertial rotation of the turbine rotor, produces negative air-pressure within the turbine head, which, in turn, causes infiltration of patient materials.

Fig. 2 shows the re-designed unit, with its protective structures, which dramatically eliminate the risk of contamination. A silicone valve, called a "Duckbill", is inserted in the water line of the connector. An air-pressure reliever, called a "Labyrinth", is located at the entrance of the bur.

The Labyrinth, with its system of alternating narrow and wide air channels, act to relieve any vacuum pressure accumulating during inertial rotation. A disk is attached to the shaft and slits are just beside the disk. So, when the turbine is in operation, the air flow created by the disk ejects debris-laden water through the slits, thereby keeping the entrance of the Labyrinth clean. In brief, the Duckbill protects the water line, while the Labyrinth protects the head.

## ■ Materials and Methods

To assess the degree of protection, E.coli suspension was used to simulate infected patient materials, and the extent of contamination was estimated after intermittent driving.

The new handpiece with the Labyrinth ( Fig . 3 left ) and a conventional handpiece (fig. 3 right) were tested in this study.

Fig. 4 shows a disassembled new type handpiece. The head of the unit contains a rotor and a spring washer. Four ducts run in the body of the handpiece. The handpiece and drive-unit are connected by four tubes. This system of ducts and tubes simultaneously channel drive-air, exhaust, chip air and coolant water.

The new handpiece was tested, both with and without the Duckbill. A conventional handpiece served as the control. Prior to testing, handpieces and connectors were autoclaved. Water lines in the portable drive-unit and the tubes connecting it to the handpiece were disinfected with 70% ethanol, and then washed with sterile, distilled water.

In the first experiment (Fig. 5 left), the head of each handpiece was dipped in E.coli-saline suspension, after which the turbine was run for 10 seconds, and switched off. The head was kept in the suspension for 10 seconds. This cycle was repeated ten times per test.

In the second experiment (Fig. 5 right), the unit was run while the head was dipped in suspension, then removed from the solution before switching the turbine off. This cycle was also repeated ten times.

After completion of the 10 cycle tests, the handpiece was wiped with a sterile cloth and disassembled.

Bacteria were recovered from several areas (Fig. 6). The spring washer and the swab of the rotor blades were immersed in liquid culture medium. The ducts and tubes were washed with saline, and aliquots were seeded over agar plates. They were incubated at 37 degrees centigrade for 48 hours. Bacterial growth was estimated from the turbidity of the broth culture and colony-forming unit on agar plates. As to conventional handpieces, specimens were taken from the tubes only, because they were not designed to be disassembled. All experiments were performed in triplicate.

## ■ Results and Discussion

The results of the first experiment are shown in Table 1. When equipped with the Duckbill, E.coli contamination of the spring washer in the new unit occurred in only one case. Trace E.coli was recovered from only one drive air duct. By simply removing the Duckbill, detection of E.coli from the water line increased considerably. In this case, bacteria apparently reached the tube. On the conventional handpiece, far greater amount of bacteria reached the tubes. Especially, the water tube and the exhaust tube were highly contaminated. This would all seem to suggest that the head, the water and exhaust ducts of the conventional handpiece are highly contaminated.

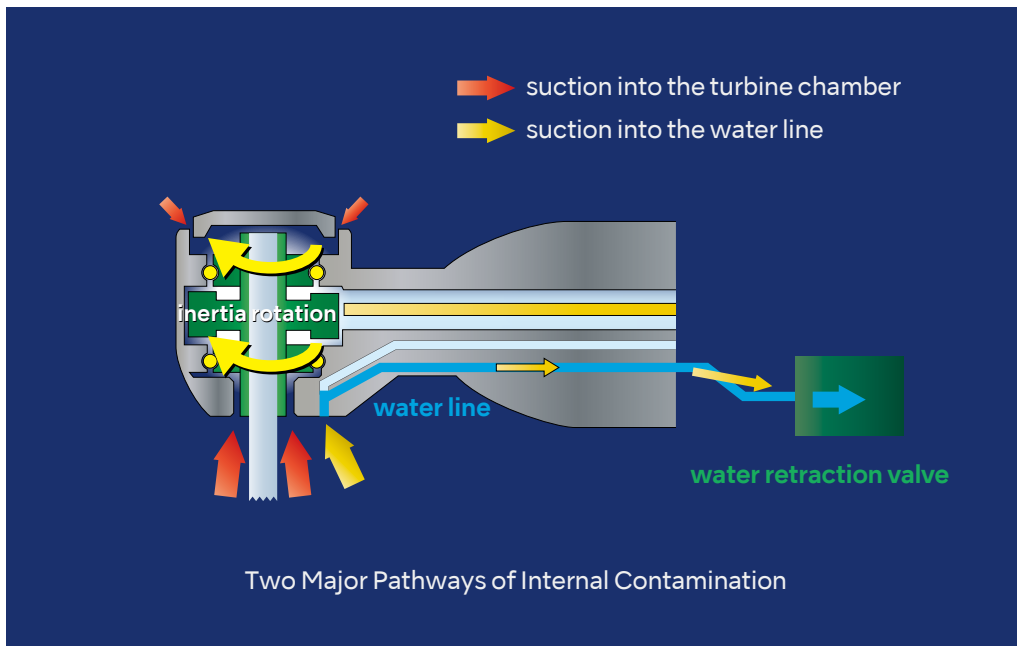
In the second experiment (Table 2), bacterial contamination of the new handpiece was limited to the spring washer, regardless of whether the Duckbill was in place. Few bacteria were recovered from the tubes of the conventional handpiece.

## ■ Conclusion

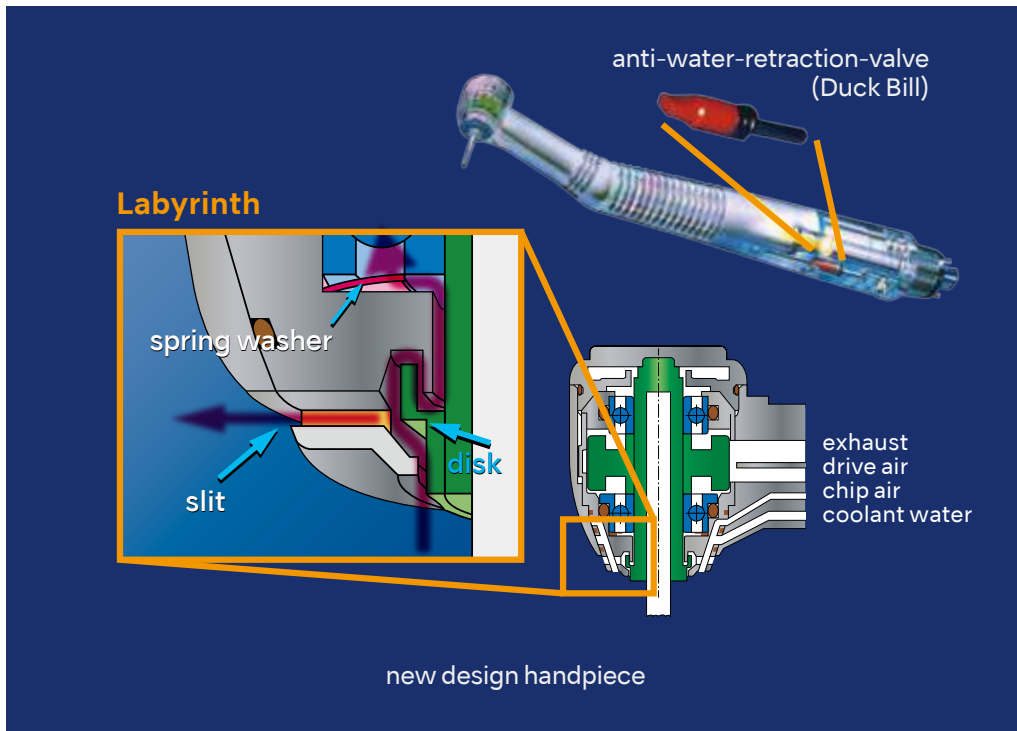
The data on the conventional handpiece clearly indicates that contamination does, in fact, reach the tubing. On the other hand, the new design can prevent contamination of the tubing, by virtue of its dual barriers. When the new handpiece is operated without Duckbill, the water line becomes highly contaminated, as the conventional handpiece. With our design, however, the rotor and the exhaust duct are protected by the Labyrinth. Since the Labyrinth and the Duckbill in the new handpiece are autoclavable, and since bacteria confined to the handpiece are killed by autoclave sterilization, the use of the design described here, in combination with proper sterilization should suffice in daily practice.

Needless to say, dental practitioners must always be aware of the importance of disinfecting dental units and not depend solely upon technology. The device described here, though novel, is but a partial solution to the problem of cross-infection.

[Fig. 1] Two major pathways of internal contamination



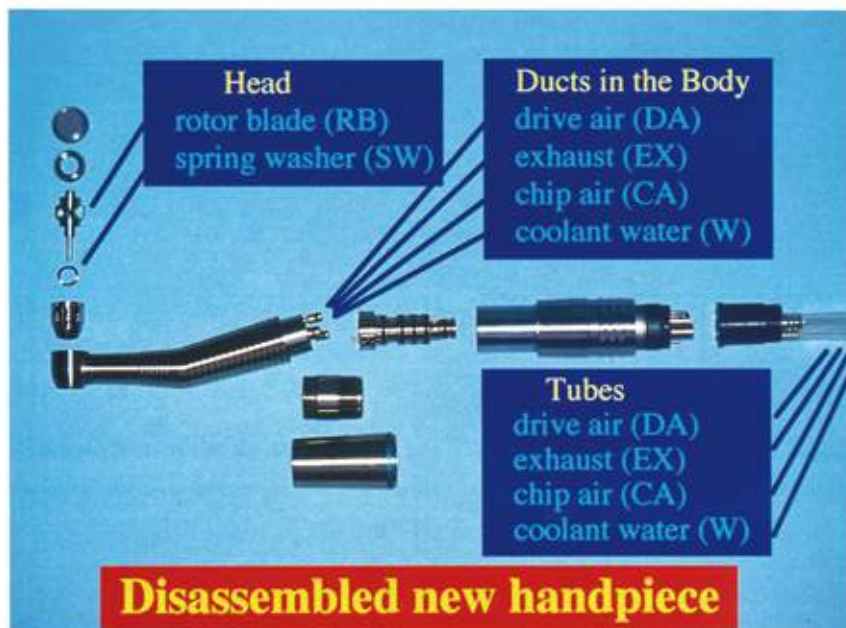
[Fig. 2] A newly designed handpiece



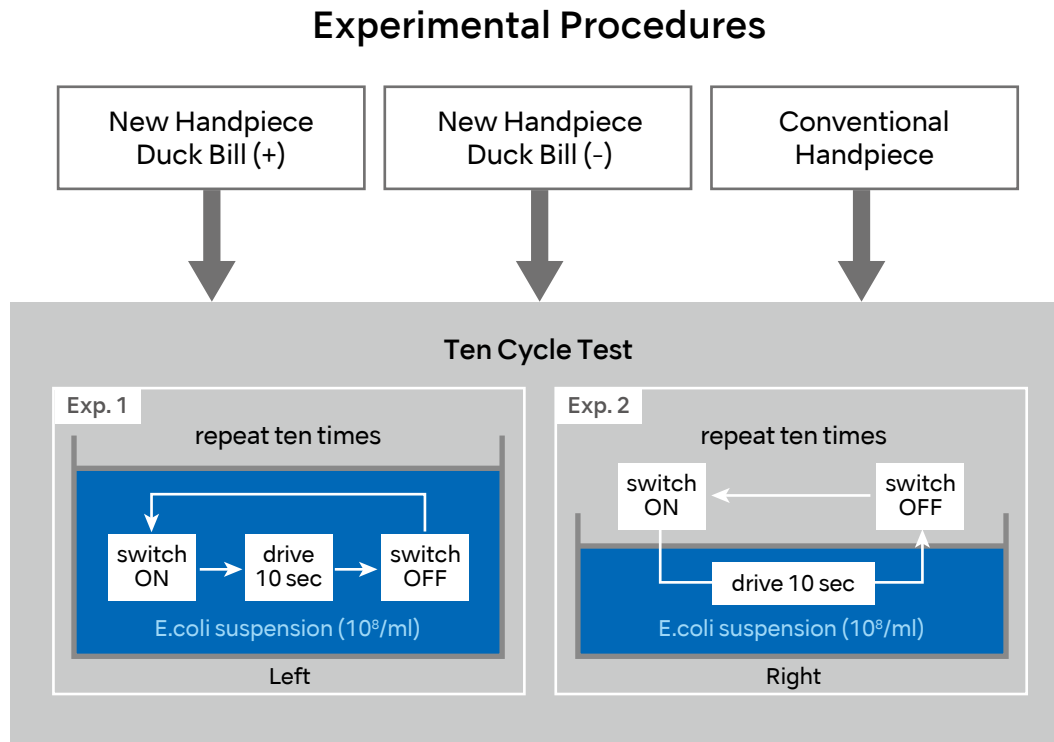
[Fig. 3] Handpieces tested left: new type handpiece with the Labyrinth right: conventional handpiece



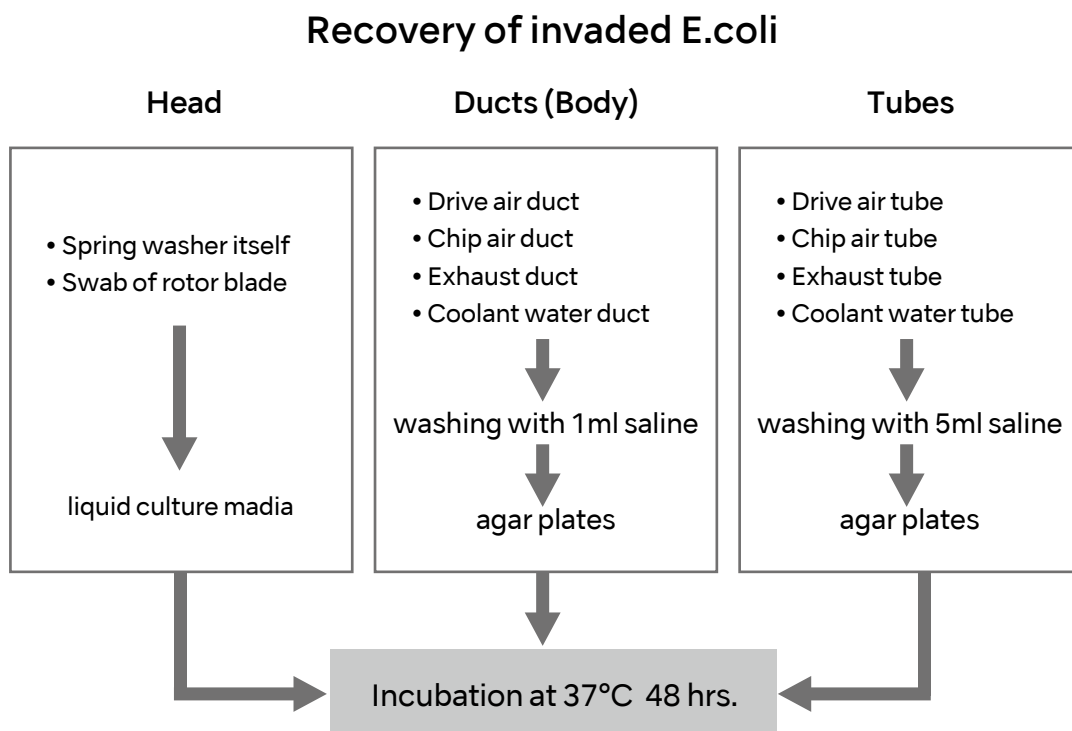
[Fig. 4] Disassembled new handpiece



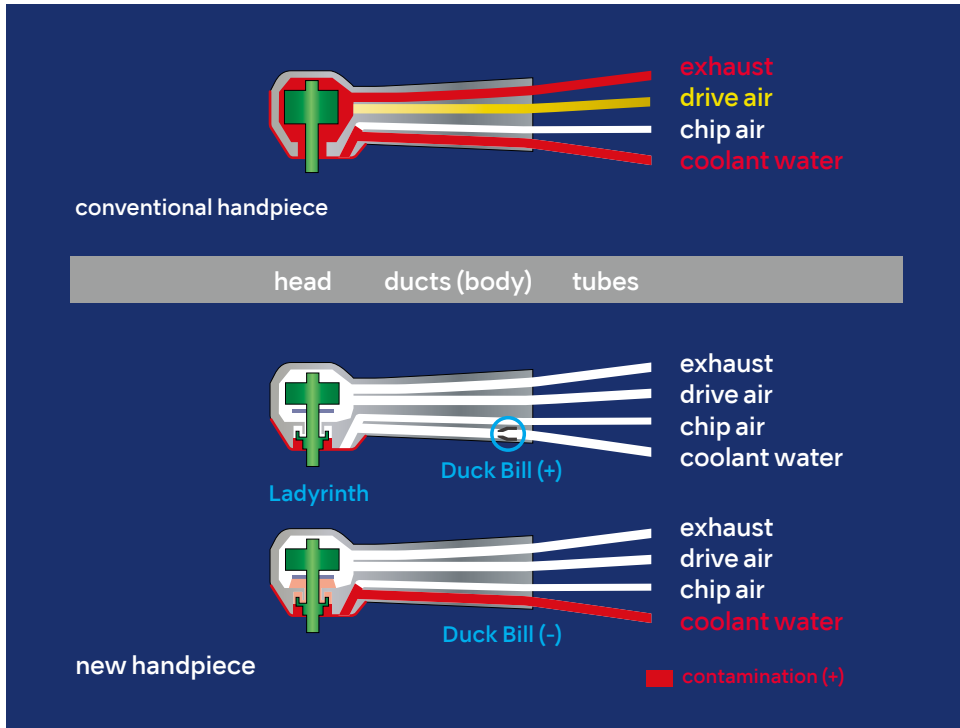
[Fig. 5] Experimental Procedures



[Fig. 6] Recovery of invaded E. coli



[Fig. 7] Contamination of the handpiece



Contamination of the Handpiece

[Table 1] Recovered E. coli in the Exp. 1

		Head		Body (Duct)				Tube			
		SW	RB	DA	CA	EX	W	DA	CA	EX	W
New design Duck Bill (+)	1										
	2			5							
	3	+									
New design Duck Bill (-)	1	+				395	205				∞
	2	+					15				∞
	3	+					2235				∞
Conventional	1							∞		∞	∞
	2									∞	∞
	3							∞		∞	∞

Blank : no bacterial growth  
 + : bacterial growth + in liquid medium  
 ∞ : uncountable colony formation

[Table 2] Recovered E. coli in the Exp. 2

		Head		Body (Duct)				Tube			
		SW	RB	DA	CA	EX	W	DA	CA	EX	W
New design Duck Bill (+)	1	+									
	2			25							
	3										
New design Duck Bill (-)	1	+									
	2	+									
	3	+									
Conventional	1										
	2										5
	3										

Blank : no bacterial growth  
 + : bacterial growth + in liquid medium  
 ∞ : uncountable colony formation

# 回転停止時に生じるタービン内部の汚染とその対策

## — 5種類の対策の効果について —

東北大学, 1994年

玉澤 かほる 秋場 裕子 堀内 博

東北大学歯学部歯科保存学第一講座 (主任:堀内 博教授)

日本歯科保存学雑誌 第37巻 第5号 平成6年10月発行 別刷

(受付:平成6年7月27日)

### ■ 緒言

歯科用タービンハンドピース(以下THPと略す)は、歯科用器材の中でも、唾液や血液および切削片などによる汚染が著しい。それにも関わらずこれまで消毒がなおざりにされてきた。しかしAIDS, B型肝炎, MRSAなどの感染の実態が明らかになるにつれ、院内感染に対する関心の高まりによりTHPに対する消毒法が見直され、今では患者一人毎にオートクレーブ滅菌を実施する診療所が増加している。しかし、THPの汚染はTHP内部だけでなく、ホースとの連結部を越えてホースまで到達する場合がある。

その一つは、THP回転停止時に連結部を越えて給水管へ至る吸引である。これについては逆流防止弁をホースとの連結部あるいはホース部分に組み込むことにより有効に対処できる<sup>1)</sup>ようになった。

もう一つは、THP回転停止時におけるTHP内部および排気管への汚染物質の吸い込みである。THPは圧搾空気の供給を止めても羽根車が慣性によりしばらく回転をつづけるので、THPの内部には陰圧が生じ汚染物を吸引する。これによって、ベアリング、羽根車、ジョイント、排気管内部などが汚染される。この現象は、院内感染の原因となるだけでなく、ベアリングの寿命を短縮する原因ともなっている。

この問題を解消する新しいデザインのTHPが1991年に開発され<sup>2-3)</sup>、その効果について本誌35巻4号に報告した<sup>4)</sup>。

また、HORIUCHIらは、給気系の途中に空気タンクを組み込み、回転停止までの間、漸減的に陽圧を加え続ける方式の吸引防止装置を考案し、その概要と効果について1992年に、IADRにて報告した<sup>5)</sup>。

その後、1992年から1993年にかけて、回転停止時に、THPに加圧空気を供給することにより、汚物の吸い込みを防止する歯科用ユニットがわが国で次々と開発された。また、1991年に開発された吸い込み防止のTHPも更に改良が加えられて市場に出回っている。

本研究では、給気停止時に生じるTHP内部への吸引を防止する機構を有するユニット4種とTHP1種について、その効果を調べた結果を報告する。

### ■ 材料および方法

実験に用いた歯科用ユニット(以下ユニットと略す)とTHPをTable 1に示す。

吸引対策装置がユニット内部にある場合(以下防止型ユニットと略す—A社, B社, C社, D社)は、対策装置を取り外したものを従来型ユニットとして扱い、防止型ユニット、従来型ユニットとも共通のTHPを用いて、以下の実験を行った。

吸引対策装置を有するTHP(以下防止型THPと略す—E社は、形態や回転特性が防止型THPに類似し、かつ対策装置のないTHPを従来型THPに充てた。なお、防止型THP、従来型THPいずれも、ユニットは共通にして実験を行った。

#### 1. THPの特性

##### 1) 回転数

THPのバー挿入口にバー型磁気アタッチメント(小倉宝石製)を挿入して、フットペダルを踏み込んでから10秒後の回転数を、回転計(HP COUNTER:Microton Corporation, Tokyo, Japan)にて測定した。

##### 2) 給気停止後の回転時間および空気放出時間

THPを10秒間回転し続けた後、給気を停止してから回転音が聴き取れなくなるまでの時間(慣性回転時間)をストップウォッチにて測定した。なお、給気停止後に空気を放出する機構を有するユニットにおいては、その放出時間も同様に計測した。



[Table 1] THPs and UNITS Examined

従来型		
	ユニット	タービンハンドピース
長田電機工業(株)	スマイリー-GM 8261 LL	オサダトロン TDL 4H
キング工業(株)	サミット - 2001	ジャイロボールⅢ
(株)中西歯科器械製作所	(シグノタイプ I (株)モリタ)	PHATELUS-S
(株)モリタ	スペースライン 525	JETMASTER ST-α
(株)ヨシダ	エクシード PXT-930 Ⅲ 特別型カート	スーパーロード540 ALUS
防止型		
	ユニット	タービンハンドピース
長田電機工業(株)	スマイリー-GM 8261 LL 吸引防止装置付	オサダトロン TDL 4H
キング工業(株)	サミット - 2001 吸引防止装置付	ジャイロボールⅢ
(株)中西歯科器械製作所	(シグノタイプ I (株)モリタ)	MACH-SU
(株)モリタ	スペースライン 525 吸引防止装置付	JETMASTER ST-α
(株)ヨシダ	エクシード PXT-930 Ⅲ 特別型カート 吸引防止装置付	スーパーロード540 ALUS

## 2. 回転停止時におけるTHP内部吸引状況

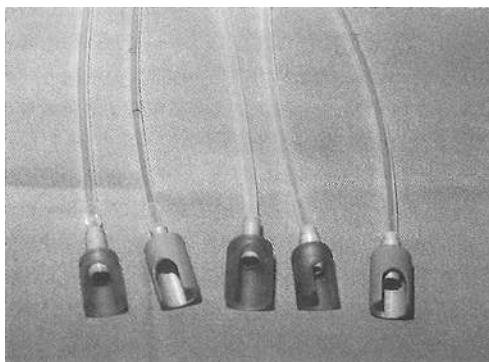
### 1) 水柱の高さで測定した吸引状況

給気停止後にTHP内部に生じる陰圧を、合成樹脂材にて製作したアダプター (Fig. 1) と透明プラスチック管 (内径3mm, 長さ300mm) をTHP頭部にとりつけ、給気停止の直前に管の下端を水中に浸漬して管内へ吸引される水柱の高さを測定した (Fig. 2)、バー挿入口周囲の封鎖性を高めるためにアダプターにはOリングを組み込んで実験を行った。

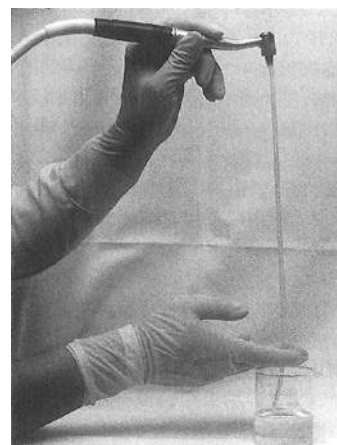
### 2) 回転・停止操作反復後のTHP内部への吸引状況

THPの頭部全体を、0.2%食用赤色3号液 (以下色素液と略す) 中に浸漬した状態で、THPを10秒間回転させた後、10秒間停止した。この操作を3回反復した後のTHP内部の汚染状況を調べた。その後、THPの外側ケース表面をペーパータオルおよびアルコール綿花を用い、色素液が肉眼で確認できなくなるまで拭き取った。バー着脱部分あるいはケース表面のすべりどめ加工部など、表面構造が複雑な箇所は特に念をいれて色素液を拭き取った。

対照では回転停止操作をせずにTHPを色素液に1分間浸漬した。



[Fig. 1] Adapters to measure the negative pressure in the rotor chamber

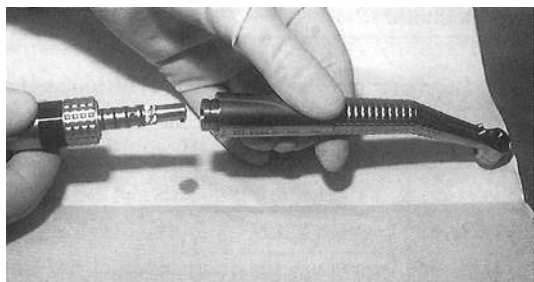


[Fig. 2] Measurement of the negative pressure in the rotor chamber

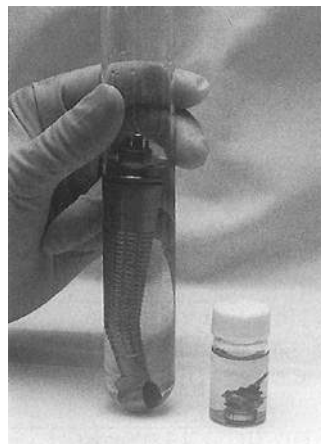
### (1) THPのホースにつながる連結部における汚染状況

THPの外側ケース表面の色素液を拭き取った後、できるだけ振動を与えないように留意して、THPをホースから外した。そして、THPのホースにつながる連結側、およびホース側の管口（給気管口、排気管口、給水管口）の汚染状態を肉眼にて観察した（Fig.3）。

汚染の有無が判別しにくい場合には、ペーパーポイントあるいはブローチ綿花を管口から2cmほど挿入して確認した。



[Fig. 3] Observation of the joint portion.



[Fig. 4] Sampling of the invaded dye from the casing (left) and bearing (right).

### (2) THP内部の汚染状況

THP頭部のキャップを専用のレンチにて外し、回転子をベアリングとともに取り出しキャップとともに、蒸留水10mlを入れた小試験管（ $\phi$ :20mm×H:50mm）に挿入し、手に持って振盪した（以下、この溶出した色素液をベアリング試料（Fig. 4）と略す）。一方、残りのTHPのケーシングは、蒸留水50mlを入れた大型試験管（ $\phi$ :20mm×H:250mm）に投入して、ピンセットにてケーシングを把持しながら、上下運動を5回、さらにケーシングの上下を入れ換えて上下運動を5回反復して、色素液を溶出させた（以下、この溶出した色素液をケーシング試料（Fig. 4）と略す）。このようにして得られた液中の色素量を（分光光度計：島津製作所、UV-160、波長526nm）にて測定した<sup>1)</sup>。また、回転停止操作をせずにTHPを色素液中に1分間浸漬した後のTHPの内部汚染状況も同様の方法にて測定した。測定対象から溶出する色素量を分光光度計にて測定した後、測定対象に浸入した0.2%食用色素3号液量（ $\mu$ l）として汚染状況を表示した。

実験はすべてメーカー側の技術者の立会いのもとに、同一のTHPについて2回ずつ行った。すなわち、1回目の実験終了後、ベアリング、回転子、キャップおよびケーシングなどを十分に水洗し、これらを元の状態に再び組み立てて注油を行い、その後、ユニットにとりつけ回転音などを頼りにTHPの性能がほぼ1回目の実験前の状態に復帰したことを確認した後、2回目の実験に供した。

尚、実験1、2とも、ユニットの設置場所の関係で、A、D社に関する実験はA、D社のショールームにてB、C、E社においては本学附属病院保存科診療室にて実験を行った。また、THPの供給圧はメーカーの指示する圧に調整してバーを装着し注水は止めた状態で実験を行った。

THPの特性に関しては5回ずつ、吸引防止効果については2回ずつ測定して、平均値を求めた。これらの結果をメーカー毎に従来型と防止型に分けて比較した。

## ■ 結果

### 1. THPの特性 (Table 2)

#### 1) 回転数

防止型ユニット, 従来型ユニットに, 共通のTHPを用いて回転数を測定したところ, B, C, D社においては防止型のほうが従来型よりも回転数が高かった。A社では逆に防止型の方が従来型より低かった。

一方, THPに対策を施した防止型THPは, 従来型THPよりも回転数が低かった。

#### 2) 給気停止後の回転持続時間

給気停止後の回転持続時間を測定すると, B社においては防止型のほうが従来型よりも長かった。A, C, D, E社の製品では防止型のほうが従来型よりも短かった。

#### 3) 給気停止後の空気放出持続時間

防止型ユニットでは給気停止後に空気放出の持続がみられる。この時間は, D社では6.69秒, B社では6.15秒, A社では5.06秒, C社は3.02秒であった。

[Table 2] Rotor speed, duration of rotation and duration of air discharge after the stoppage of the drive air

		Conventional type	Countermeasured type
Company A	rotor speed (x 10 <sup>4</sup> rpm)	37.5 ± 0.10	37.1 ± 0.41
	duration rotation (sec)	3.29 ± 0.13	2.57 ± 0.15
	duration of air discharge (sec)	————	5.06 ± 0.07
Company B	rotor speed (x 10 <sup>4</sup> rpm)	32.4 ± 0.09	33.4 ± 0.06
	duration rotation (sec)	1.77 ± 0.08	2.36 ± 0.09
	duration of air discharge (sec)	————	6.15 ± 0.09
Company C	rotor speed (x 10 <sup>4</sup> rpm)	36.3 ± 0.03	36.9 ± 0.31
	duration rotation (sec)	2.98 ± 0.03	2.84 ± 0.09
	duration of air discharge (sec)	————	3.02 ± 0.10
Company D	rotor speed (x 10 <sup>4</sup> rpm)	39.9 ± 0.05	40.5 ± 0.15
	duration rotation (sec)	1.70 ± 0.10	1.56 ± 0.18
	duration of air discharge (sec)	————	6.69 ± 0.10
Company E	rotor speed (x 10 <sup>4</sup> rpm)	48.8 ± 0.56	46.1 ± 0.09
	duration rotation (sec)	2.15 ± 0.22	2.05 ± 0.09
	duration of air discharge (sec)	————	————

## 2. 回転停止時のTHP内部への吸引状況

1)の水柱の高さで測定した吸引状況と2) (2)のTHP内部の検査の結果を, 各社毎に一括して表示した (Fig. 5a~e)。

Fig. 5a~eの左側のグラフはいずれも水柱の高さで測定した吸引状況であり, 縦軸は吸引高さ (mm)を, 横軸はユニットあるいはTHPの型 (従来型, 防止型)を示している。

Fig. 5a~eの右側のグラフはいずれも吸光度法にてTHP内部の汚染状況を調べた結果である。縦軸は吸引量 (μl)を示す。横軸は, ユニットあるいはTHPの型 (従来型, 防止型)毎に試料の種類を示している。すなわち, 左から順にTHP全体試料 (ケーシング試料+ベアリング試料: Fig. 5a~e中ではC+Bと表示), ケーシング試料 (Fig. 5a~e中ではCと表示), ベアリング試料 (Fig. 5a~e中ではBと表示)となっている。

#### 1) 水柱の高さで測定した吸引状況

THPを10秒間回転し, 給気停止直前に, アダプターにとりつけたプラスチック管の下端を水中に浸漬して吸引する水柱を測定した。

その結果, 防止型ユニット4種, および防止型THPでは, いずれも水柱の吸引はみられなかった。しかし, 従来型では著明な吸引が認められ, A社では277mm, B社では128mm, C社では152mm, D社では180mm, E社では154mmであり, いずれも100mmを越えていた。

#### 2) 回転停止操作反復後のTHP内部への吸引状況

従来型ユニットおよび防止型ユニットそれぞれにTHPをとりつけて, 色素液中で回転と停止の操作を反復した後, THPの汚染状況を調べた。また対照では回転停止操作をせずにTHPを1分間浸漬して同様に汚染状況を調べた。吸引量の表示は色素液量すなわち0.2%食用赤色3号液量 (μl)として表示した。得られた汚染状況は以下の通りである。

(1) THPのホースにつながる連結部における汚染状況 (Table 3)

THPのホースにつながる連結部の管口の汚染状態を肉眼にて観察した。その結果、従来型はすべて5社とも色素液で著明に汚染されていた。これより、THP内部はもとより、THPを越えてホースまで汚染が達していたことが判明した。

一方、防止型の5社および対照群においては汚染は全く認められなかった。

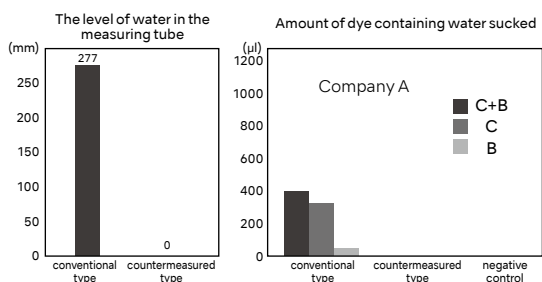
(2) THP内部の汚染状況 (Fig. 5a~eの右グラフ)

吸光度法にてTHP内部の汚染状況を色素液の吸引量として測定した。その結果、ベアリング試料ではA社では従来型が64 $\mu$ l、防止型では1 $\mu$ l、対照群では1 $\mu$ lであった。B社では従来型では143 $\mu$ l、防止型では2 $\mu$ l、対照群では1 $\mu$ lであった。C社ではそれぞれ102 $\mu$ l、1 $\mu$ l、8 $\mu$ lであり、D社ではそれぞれ16 $\mu$ l、1 $\mu$ l、1 $\mu$ l、E社では98 $\mu$ l、0 $\mu$ l、1 $\mu$ lであった。

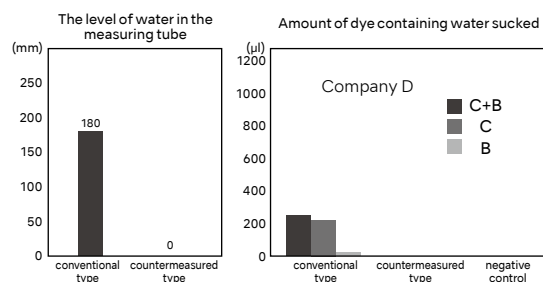
ケーシング試料ではA社では従来型が333 $\mu$ l、防止型では2 $\mu$ l、対照群では2 $\mu$ lであった。B社では従来型で705 $\mu$ l、防止型で9 $\mu$ l、対照群で5 $\mu$ lであった。C社ではそれぞれ1,158 $\mu$ l、9 $\mu$ l、3 $\mu$ lであり、D社ではそれぞれ238 $\mu$ l、4 $\mu$ l、2 $\mu$ l、E社ではそれぞれ141 $\mu$ l、2 $\mu$ l、2 $\mu$ lであった。

ベアリング試料とケーシング試料を合計したTHP全体の試料では、A社の従来型が397 $\mu$ l、防止型が3 $\mu$ l、対照群が3 $\mu$ lであった。B社では従来型が848 $\mu$ l、防止型が11 $\mu$ l、対照群が6 $\mu$ lであった。C社ではそれぞれ1,260 $\mu$ l、10 $\mu$ l、11 $\mu$ l、D社ではそれぞれ254 $\mu$ l、5 $\mu$ l、3 $\mu$ lであり、E社ではそれぞれ239 $\mu$ l、2 $\mu$ l、3 $\mu$ lであった。

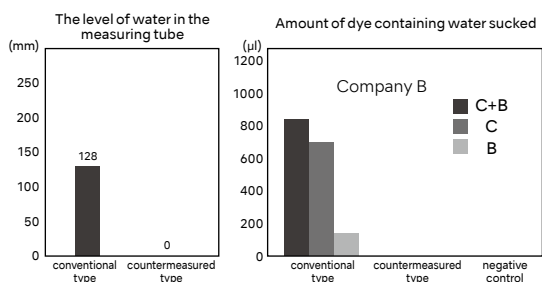
各試料毎に、実験群(従来型および防止型)における吸引量から対照群のそれを差し引くと、防止型においては、吸引量がゼロあるいはマイナスとなる試料があった。



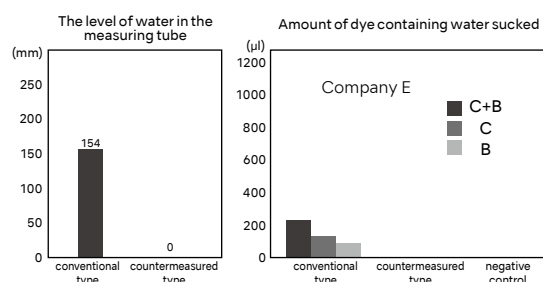
[Fig. 5-a] The level of water in the measuring tube and amount sucked of dye containing water (Company A)



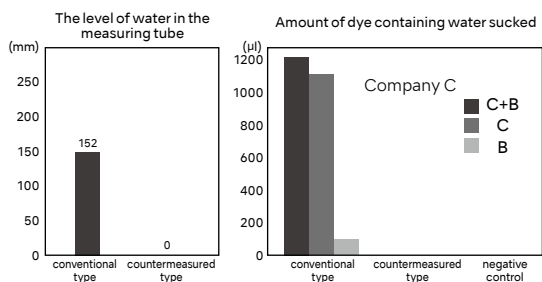
[Fig. 5-d] The level of water in the measuring tube and amount sucked of dye containing water (Company D)



[Fig. 5-b] The level of water in the measuring tube and amount sucked of dye containing water (Company B)



[Fig. 5-e] The level of water in the measuring tube and amount sucked of dye containing water (Company E)



[Fig. 5-c] The level of water in the measuring tube and amount sucked of dye containing water (Company C)

[Table 3] Observation of the joint portion

	Conventional type	Countermeasured type
Company A	Exceed the joint portion	Not detected
Company B	Exceed the joint portion	Not detected
Company C	Exceed the joint portion	Not detected
Company D	Exceed the joint portion	Not detected
Company E	Exceed the joint portion	Not detected

## ■ 考察

### 1. 汚染対策機構

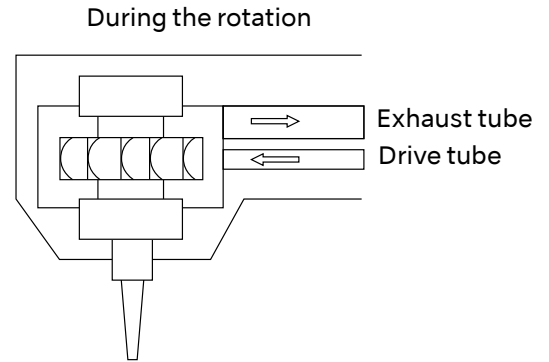
THPには、Fig.6に示すように、直径数mmのミニチュアベアリングで保持された軸と羽根車（ローター）が組み込まれており、細いノズルから圧搾空気をローターの羽根に吹き付けて（Fig.6中の←）高速回転を得ている。羽根車に当たった圧搾空気の主要部分は排気管へと排出される（Fig.6中の→）。しかし排気の一部はベアリング、回転軸周囲およびパー固定用チャックの隙間を通してTHP頭部から外へと排出される。

給気停止時に生じるTHP内部への吸引に対する対策は、現在のところ、ユニットで制御するタイプとTHPにて制御するタイプの2つに大別される。

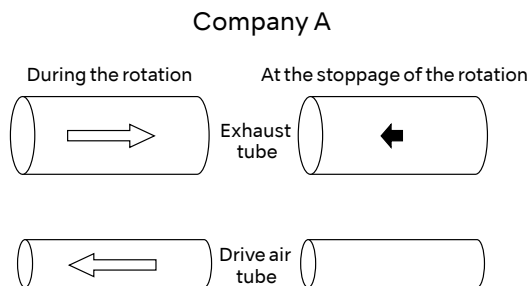
Fig.7a～dに、4社のユニットにおける吸引防止機構を模式化してある。この模式図は、Fig. 6に示した給気管と排気管を抜粋し、対策に必要な管やタンクなどを適宜追加して作成したものである。ローターやベアリングなどは一部省略してあるが、これらの位置関係はFig. 6と同様である。

4社のいずれにおいても、THPの頭部に（圧搾）空気を吹き付けて（Fig. 7a～dに示す充実型矢印←）陽圧に保つことにより、回転停止時の陰圧を相殺して吸引を防止している。

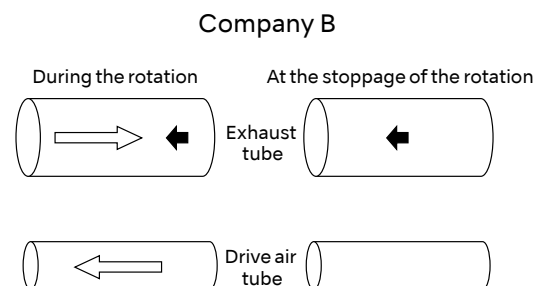
吸引防止に関する空気の吹き付け方向は、ローターの回転とは逆方向である。空気の吹き付け圧は、給気圧や排気圧に比較すると小さく、0.2～0.6kg/cm<sup>2</sup>程度であり、放出時間は3.02～6.69秒（Table 2）であった。



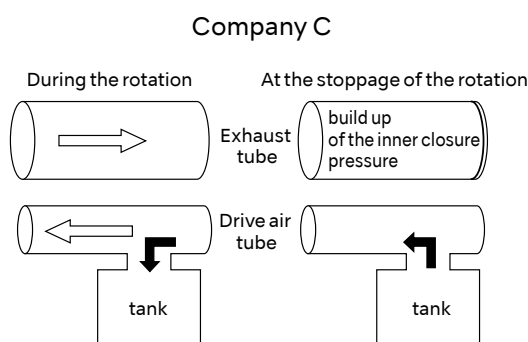
[Fig. 6] Scheme of the THP during the rotation



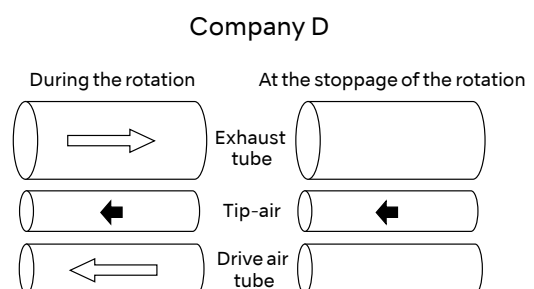
[Fig. 7-a] Scheme of the countermeasure against the contamination of the THP at the stoppage of the rotation (company A)



[Fig. 7-b] Scheme of the countermeasure against the contamination of the THP at the stoppage of the rotation (company B)



[Fig. 7-c] Scheme of the countermeasure against the contamination of the THP at the stoppage of the rotation (company C)



[Fig. 7-d] Scheme of the countermeasure against the contamination of the THP at the stoppage of the rotation (company D)

メーカー毎に対策の機構をみてみると、

A社 (Fig. 7-a) は給気停止後、排気管からローターに空気を送り込んで吸引を防止している。

B社 (Fig. 7-b) は回転時にも、排気管からローター方向へと少量の空気を送り込んでおり、これにより回転停止時の吸引を防止している。

C社 (Fig. 7-c) では給気停止後に、給気管に接続されたタンク<sup>6)</sup> (容量は80ml, 空気流量調節弁, 逆流防止弁付き) から空気を送り込んでいる。

更に回転停止時には排気管の末端を閉鎖して管内の圧力が高まる現象を利用している。

D社 (Fig. 7-d) では給気を停止した後、給気管 (チップエア用給気管より分岐させている) からローターへと空気を送りこんでいる。

次に対策の共通点と相違点をあげると、A社とB社は排気管から空気を吹き込む点では共通しているが、空気を送り込むタイミングが異なっている。

A社では給気停止後に空気を送り込む、この方式では、給気と排気を独立して制御できるので、給気・排気の圧力と量を比較的容易に調節できる。B

社では回転時にも空気を送り込むので、給気停止時と送気開始時までのタイムラグがない利点がある一方において回転中にこの圧力が負荷として

持続して加わることとなる。

THP回転停止時の吸引現象はTHPの回転数、慣性回転持続時間、THP先端部の隙間の大きさとその形態、圧搾空気の減圧カーブ、ジョイの形態、

給気・排気・給水用ホースの太さ、長さおよび柔軟性などに依存しており、吸引防止のために陽圧付加のタイミング、送気量などに各社とも苦労の跡

が伺われた。

わが国においてもPL (Product Liability) 法が平成6年7月1日に成立したが、1年後の同法施行後には未対策ユニットの生産は事実上不可能になる

ことが予想される。ユニット製造各社の一層の努力を期待したい。なお既存のユニットを改造して汚染対策を施すには、従来型ユニットでは、給・排

気系の改造と、専用のTHPが必要となる。また、その対策を行うに当たっては、タービンの回転数、ローターの慣性回転停止時までの時間のみでは

なく、ホースの太さと長さなどに依存するコンプライアンスを考慮にいれなければならない、各機種毎に改造後のチェックが必要と思われる。

タービンそのものに対策を施した防止型THPは、1991年に開発されており<sup>2~4)</sup>、本実験では、さらに改良を加えた新型の防止型THP (Table 1) を

対象として検討した。

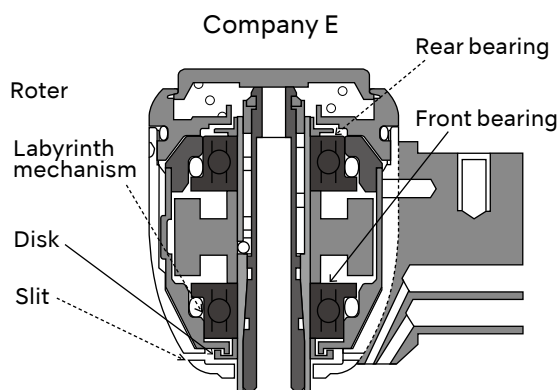
吸引防止機構は、フロントベアリングの前面にある円板の遠心力と円板側方のケースの外側にあるスリット、およびラビリンス機構 (円板からベア

リングや排気管につながる隙間の迷路状構造) より成り立っている (Fig. 8)、回転軸周辺より吸引される汚物は、回転する円板に接すると遠心力が与

えられ、スリットより外部に放出される。ラビリンス機構は吸引時の流れに抵抗として働き、吸引を妨げる効果がある。

ところで給水系の汚染状況については今回特に調べなかったが、防止型ユニットのいくつかは、給気停止時の汚染防止だけでなく給水管への吸引も

同時に防止する構造となっている。また、防止型THPでは、逆流防止弁<sup>1)</sup>が給水系に組み込まれており、給水管への吸引を防止している。



[Fig. 8] Scheme of the countermeasure against the contamination of the THP at the stoppage of the rotation (company E)



## 2. 評価方法

吸引防止効果をメーカー間で比較するためには、THP内部への吸引に関係する諸条件を可及的に統一することが必要である。しかし、対策機構が前述したようにそれぞれ異なり、またメーカーによりTHPに対して適正な給気圧、量が定められている。そのため、空気圧や空気量、放出時間などについて、条件を一致させて実験することは難しい。

そこで、今回は、THP内部の吸引状況について、メーカー間の比較は行わず、メーカー毎に従来型と防止型とを比較するに止めた。

## 3. THPの特性

防止型ユニットにおいては、同一のTHPを用いて、回転数、慣性回転持続時間を調べた。一般に、同一のTHPでは、慣性回転持続時間は給気圧や回転数が高くなると長くなる傾向がみられる。しかし、今回の結果では、回転数と慣性回転持続時間との間に、一定の傾向はみられなかった。このような結果が得られた一因として、給気停止後の空気放出音と重なったため、回転停止時間を正確に聴くのが難しかったことが考えられる。

4社中3社においては、防止型のほうが慣性回転持続時間が従来型よりも短かった。このことは防止型では給気停止後にTHP頭部へ空気を供給するのの際し、吹き付け方向がローターを回転させる方向とは逆であるため、ローターの回転停止が早まったためと思われる。

## 4. 回転停止時におけるTHP内部汚染状況

回転停止時におけるTHP内部の汚染状況を水柱を用いた吸引測定法と色素量測定により調べた。Fig. 5a～dに示すように、防止型において水柱を用いた測定法では、いずれのメーカーの製品も吸引は認められなかった。一方、色素量測定法においてもいずれのメーカーも吸引はほとんどみられず、両者の実験結果は一致していた。

従来型ユニットおよび従来型THPにおいては、水柱を用いた測定法では、A社では277mm、B社では128mm、C社では152mm、D社では180mm、E社では154mmといずれも100mm以上の著明な吸引を示した。色素量測定法においても、THP内部に色素の著明な汚染がみられた。

水柱を用いた方法と色素を用いた方法による結果を、メーカー毎にみると、両測定法の結果は必ずしも対応していなかった。

水柱を用いた吸引測定法は、THP内部に生じる陰圧を直接反映しているのである。けれども、水柱を目視するので早い変化を視認できない恐れがあるし、微少な吸引は見逃す可能性がある。一方、色素量測定法では色素液が吸引されたとしても、その直後に内部が陽圧となれば色素液は再び押し出されるので、色素液量は陰圧と持続時間の積に比例しない。また、色素量測定法で検出される吸引量は、THPの内部に存在する隙間体積に依存し、これを越えた過剰分はTHP頭部からだけでなく、排気管からも排出される。このように色素量測定法では得られる結果は従来型のように、吸引量が大きい場合は、陰圧の大きさだけでなく、THPの排気機構などに依存すると思われる。

従って、従来型の場合のように吸引量が大きい場合には、タービンジョイントとホース間を切断し、ジョイント側排気管から直接吸引された汚物を集める方法<sup>4)</sup>が適切であろう。しかし、防止型ユニット4社中3社は、排気管からTHP頭部に空気を吹き付けて対策する方法を採用しており、また今回の研究目的は、メーカーごとに、防止型と従来型の吸引状況を比較することであったので、この測定法は選択しなかった。

今回、THPへの色素吸引状況をホースとの連結部、ベアリング試料およびケーシング試料と3部分に分けて調べたが、試料の一部で、THPからベアリング試料を取り出す時に、色素がケーシング試料へ移行したことがあった。そのため、実際のベアリング試料の汚染度は今回の結果より若干小さく、ケーシング試料では若干大きくなったものと思われる。

部品ごとに汚染状況をより正確にそして詳細に調べるには、部品表面の油分をアルコールなどで洗浄して油膜を除去して吸着性を高める、あるいは吸着性の高い色素を用いるなどの方法が考えられる。しかし油膜を除去すると、一般にはベアリングの潤滑性の低下を招き、回転数が低下する。また吸着性の高い色素を用いると、内部に吸着した色素が異物として働き、回転数の低下や雑音を生じる、あるいは回転が不能となるなどの問題点が生じるので、今回の試験ではそれらを用いなかった。

ところで、防止群の一部の試料で、吸引量が対照群よりも小さい場合があった。

対照群は、回転させずに1分間浸漬した後のTHP内部の色素量を測定している。そのため、検出された色素量は、おそらくTHP頭部に存在する隙間を伝わって毛細管現象で侵入したものである。防止型において毛細管現象の生じる時間、すなわち回転時間および空気放出時間以外の時間を計算すると、12秒から21秒間となり、対照群に比べるとかなり短い。もし、防止型において回転停止時による陰圧が完全に相殺されているならば、このような結果が得られることは当然であろう。

いずれにせよ、毛細管現象による吸引は無視できない値であり、変動要因の一つである。THPに振動が加わると毛細管現象が促進されて吸引量が増加することが予想される。そこで本実験では、THPを色素液に浸漬している間、あるいはTHPをホースから取り外す際には、THPに極力振動を与えないように留意した。

防止型THPにおいては、頭部にスリットがあるので、毛細管現象による吸引量が増加することが予想された。しかし、このTHPは防止型ユニットのいずれの場合よりも吸引量が小さく防止効果が優れていた。

## 5. 感染防止効果

防止型ユニットおよび防止型THPについて回転停止時の吸引防止効果を調べると、水柱でみた吸引測定法においてもまた色素測定法においても、吸引はほとんど認められなかった。

これより、防止型ユニットあるいは防止型THPを用い患者一人毎にTHPの滅菌処理を行うならば、回転停止時の汚染対策は万全といえる。

しかし、感染防止の実際面からみれば、今回の結果のように吸引防止効果が高度でなくとも、言い替えば、THP内部に多少の汚物が吸引されてもそれがTHP内部に止まりホース連結部まで達していなければ、患者一人毎にTHPの滅菌処理を行うことにより、感染対策としては万全であるということもできよう。

一方、THPの寿命は、吸引防止効果が高度に達するほど長くなるものと思われる。ベアリングを用いた各種機器の中でも、THPは最小でかつ超精密ベアリングが組み込まれており、回転数は32万rpmから48万rpmと他の分野に類をみない超高速回転で用いられており、潤滑工学先端技術の結集品ともいえるものである。しかるに、THPについては、これまでの精密器械の原則ともいえる清浄な環境の保持が考慮されずに、切削効率のみが先行して追求されてきたように思われる。防止型ユニット、あるいは防止型THPの出現により、THPが名実ともに精密器械にふさわしいものとなったといえよう。ユニットあるいはTHPを防止型とするには、コストがかかるけれども、感染対策が万全となるだけでなく、ベアリングの耐久性が向上するので経済的にも大きな福音がもたらされると考えられる。

## ■ 結論

回転停止時にTHP内部への吸引を防止する機構を有するユニット4種(以下、防止型ユニットと略す)およびTHP(以下、防止型THPと略す)について吸引防止効果を検討し、次の結果を得た。

### 1. 水柱の高さで測定した吸引状況

THPにアダプターとプラスチック管(内径3mm)を取り付けて、給気の供給停止直前に管の下端を水中に浸漬して、吸引する水柱を測定した。その結果、防止型ユニット4種および防止型THP1種の全てにおいて、水柱の吸引は認められなかった。一方、従来型ユニットおよび従来型THPではいずれも100mm(水の吸引量に換算して1.07ml)以上の吸引がみられた。

### 2. 色素液中にTHP先端部を浸漬して回転・停止操作した場合に認められるTHP内部への吸引状況

0.2%食用赤色3号液(以下色素液と略す)中で、THPを10秒間回転した後、10秒間停止する操作を3回反復した際の吸引状況を吸光光度法を用いて調べた。対照例としては回転・停止操作をせずにTHPを1分間浸漬したTHPである。得られた結果は以下の通りである。

#### 1) THPのホースへの連結部における汚染状況

THPとホースとの連結部における色素汚染状況を観察すると、防止型ユニットおよび防止型THPでは、汚染は全く認められなかった。しかし、従来型ユニットおよび従来型THPにおいては著しい色素汚染がみられ、汚染はTHPの内部に止まらずジョイントを越えてホースにまで達していた。

#### 2) THP内部の汚染状況

吸光光度法によりTHP内部へ吸引された色素液量を調べると、従来型(5機種)のベアリング試料では16~143 $\mu$ l、ケーシング試料では141~1158 $\mu$ lに分布しており、汚染は著明であった。一方、防止型(5機種)のベアリング試料では0~2 $\mu$ l、ケーシング試料では2~9 $\mu$ lであり、対照で認められる値を差引くと回転停止時の色素侵入はほとんどみられないと考えられた。

また、防止型ユニット4種と防止型タービン1種では、THPのホースにつながる連結部にまったく汚染が認められなかった。上述のごとく、THP内部に少量の吸引が認められたものも、それはTHP内部に止まっており、患者毎にTHPを高圧蒸気滅菌を行うならば十分に許容できる吸引量と思われた。従って、今回調べた防止型ユニット4種および防止型タービン1種は、回転停止時に生じるタービン内部への汚染を有効に防止していたと考えられる。

## 謝辞

今回の研究を行うに当たり、タービンおよびユニット製造の各社および技術者各位から多大の御協力をしていただいたことに、深甚の感謝をささげます。



## ■ 文献

- 1) 玉澤かほる, 西岡千春, 堀内 博 : 歯科診療室における院内感染対策—THPハンドピースの給水管への吸引の現状と対策— : 日歯保誌, 35, 1070~1077, 1992.
- 2) 玉澤かほる, 堀内 博 : 歯科用タービン・ハンドピースの消毒法の実際 : 日本歯内療法協会誌, 12, 207, 1991.
- 3) TAMAZAWA, K., NISHIOKA, C & HORIUCHI, H : Cross-infection control in dental clinic, Clues to prevent liquid invasion into water and exhaust-air tubes of turbine handpiece ; J. of Dental Research, 71, 1641, 1992.
- 4) 玉澤かほる, 西岡千春, 堀内 博 : 歯科診療室における院内感染対策—タービンハンドピースの排気管への吸引の現状と対策— : 日歯保誌, 35, 1078~1086, 1992.
- 5) HORIUCHI, H., TAMAZAWA, K. & KAWADA, S. : Prevention of the turbine handpiece contamination ; J. of Dental Reserch, 71 (Special issue), 579, 1992.
- 6) 玉澤かほる, 秋場裕子, 堀内 博 : 回転停止時に生じるタービン内部の汚染状況とその対策—ノーバック方式とタング式の吸引防止効果— : 日歯保誌, 37, 1593~1598, 1994.

# エアータービンハンドピースの内部汚染に関する研究 — 細菌侵入を指標とした内部汚染防止機構の評価 —

新潟大学, 1995年

山賀雅裕 桐生尚明 大淵百合香 和泉裕子 Jasmine HUQUE  
子田晃一 星野悦郎\* 岩久正明

新潟大学歯学部歯科保存学第一教室(主任:岩久正明教授)

\*新潟大学歯学部口腔細菌学教室(主任:星野悦郎教授)

日本歯科保存学雑誌 第38巻 第2号 平成7年4月発行 別刷  
(受付:平成7年1月25日)

## ■ 緒言

歯科治療に伴う交差感染は、エイズやB型肝炎、あるいはMRSAに関する情報が浸透するにつれ、広く一般から注目される問題となっている。こうした社会情況を受けて、臨床の現場では、従来までの感染予防対策の見直しと、より確実な対策の確立が求められている。なかでも、日常の治療で多用されるエアータービンハンドピースは、汚染の著しい器材であるにもかかわらず、滅菌操作の煩雑さ、頻回の滅菌による耐久性の低下、あるいは経済的な問題等の理由から感染予防対策が立ち後れていたもののひとつであり、近年になってようやく、使用毎の交換、滅菌の必要性が認識されるに至っている。しかし、現在一般に普及しているシステムでは、口腔内の汚染物はハンドピースのみならず、ハンドピースとユニットを接続しているチューブ、さらにはユニット内部にまで達する危険があり<sup>1)</sup>、ハンドピースのみを滅菌しても根本的な解決とはならないことも指摘されている。こうした汚染はリトラクションバルブによる冷却水の吸引と<sup>2-4)</sup>、ローターの惰性回転によって生じるタービンヘッド内の陰圧に起因すると考えられ<sup>5)</sup>、近年では、両者について個別に対策を講じたシステムが各種、開発供給されている。それらのシステムは、タービンヘッドの陰圧を解消するために、給気あるいは排気の系を介して、ユニット側から陽圧を与える機構を採用している<sup>6)</sup>。最近、これとは全く原理が異なり、バーの挿入部に陰圧解消機構が組み込まれた、よりシンプルなシステムが開発された<sup>7)</sup>。このシステムでは、冷却水の逆流防止弁もハンドピース内に装備されているため、臨床に導入するにあたって、ハンドピースを交換する以外に特別な装置を必要としないとされている。

本研究では、このハンドピースのみによる汚染防止システムに着目し、口腔内での作業を想定した細菌侵入試験によって生じる内部汚染を従来のシステムと比較することによって、その有効性を評価した。

## ■ 材料と方法

### 1. 材料

#### 1) ハンドピース

汚染防止型ハンドピース、パテラスマツハ(中西歯科器械製作所)と、従来型ハンドピース、Quiet Air (Midwest)を使用した。一部の試験では、冷却水の逆流防止弁を取り外した汚染防止型ハンドピースも使用した。ハンドピースへの給気圧は2kg/cm<sup>2</sup>に、冷却水量は50ml/minに設定した。

#### 2) 細菌浮遊液

口腔内の汚染物を想定した細菌浮遊液として、取り扱いが比較的容易な大腸菌の生理食塩水浮遊液を使用した。普通ブイヨン中で大量培養したE. coli NIHJ-JC-2を遠心分離し、滅菌生理食塩水で洗菌した後、吸光度を測定して、生菌数が10<sup>8</sup>/mlとなるよう調整した。

#### 3) 器材の滅菌および消毒

実験に用いた簡易型ユニットの給水系は、冷却水のボトルから70%エタノールを通過させて消毒し、その後、滅菌蒸留水を通過させてエタノールを洗浄、除去した。エアークンプレッサーと簡易型ユニットの間には、除湿フィルターと集塵フィルターを介在させ、圧搾空気中の汚染物を可及的に除去した。ハンドピースとユニットを接続する4本のチューブ(駆動エア、チップエア、冷却水、排気)は、70%エタノールで消毒した後、滅菌蒸留水で洗浄した。ハンドピース、ハンドピースを分解するための工具、およびその他の実験器具にはオートクレーブ滅菌を施した。

## 2. 方法

### 実験1)

ハンドピースのヘッドを約300mlの菌液に浸漬させ、その状態で10秒間の駆動と10秒間の停止を1サイクルとした細菌侵入試験を10回繰り返した。その後、ハンドピースを分解し、ヘッドの内部、グリップ中を走行する4本のダクト(駆動エア(DA)、チップエア(CA)、排気(EX)、冷却水(W))およびハンドピースとユニットを接続する4本のチューブ(駆動エア(DA)、チップエア(CA)、排気(EX)、冷却水(W))それぞれについて、E. coliによる汚染状況を検索した。

ヘッドの内部からは、タービンローターをささえる座金(SW)自体とタービンローターのスメアー(RB)を採取し、液体培地中に投入した。グリップ中の4本のダクトには、ヘッド側から、それぞれ1mlの生理食塩水を注入し、ユニット側からの漏出液を回収した。そうして得られた試料から200 $\mu$ lを採取し、100 $\mu$ lずつを2枚の寒天平板に接種した。同様に、ハンドピースとユニットを接続する4本のチューブには、それぞれ5mlの生理食塩水を灌流させ、そのうちの500 $\mu$ lずつを2枚の寒天平板に接種した。

それらを37 $^{\circ}$ Cで48時間培養し、液体培地の懸濁の有無と寒天平板上のコロニー形成から、各部位の汚染の有無、あるいは汚染の程度を評価した。寒天平板上に生育したコロニーのうち、その性状がE. coliと著しく異なるものは計測対象外とし、E. coliであるかどうか疑わしいものについては、グラム染色による確認を行った。

従来型ハンドピースは分解できなかったため、ハンドピースとユニットを接続するチューブのみを検索の対象とした。

### 実験2)

作業条件によって内部汚染の状況がどのように変化するかを検索するため、実験1)の手技のうち、細菌侵入試験の方法を変更した。ここでは、タービンを駆動させてからヘッドを菌液に浸漬して10秒間保持し、ヘッドを菌液から完全に引き上げた後に駆動を停止させた。この操作を10回繰り返した後、実験1)と同様に、各部位の汚染状況を検索した。

### 実験3)

ハンドピースから吸引された汚染物を定量するとともに、からまわしの汚染物除去効果を検索するため、実験1)の条件で汚染させたハンドピースをからまわしさせ、排出されるE. coli数を経時的に計測した。細菌侵入試験を行ったハンドピースの表面をエタノールガーゼで清拭してバーを交換した後、25mlの滅菌生理食塩水中にヘッドを浸漬し、30秒間駆動させて排出されるE. coliを捕捉した。得られた約50mlの滅菌生理食塩水-冷却水混合液から500 $\mu$ lを採取し、連続希釈後、寒天平板上で培養し、生育コロニー数を計測した。同様の方法で、30秒から120秒までのからまわしで排出されるE. coliを、30秒毎に計測した。

実験1), 2)では、従来型ハンドピースと汚染防止型ハンドピースに加えて、逆流防止弁を取り外した汚染防止型ハンドピースについても検索を行った。上記の実験を、それぞれのハンドピースについて3回ずつ行った。

## ■ 結果

実験1), 2)の結果をそれぞれTable 1, 2に示した。従来型ハンドピースでは、実験1)の条件では、冷却水と排気のチューブから多量のE. coliが回収されたが、実験2)では、E. coliの侵入はほとんど認められなかった。一方、汚染防止型ハンドピースでは、いずれの条件においても、E. coliはタービンヘッド内部とグリップ内のダクトの一部から回収されたのみで、チューブには達していなかった。

逆流防止弁を取り外した汚染防止型ハンドピースでは、給水系の汚染状況は従来型ハンドピースと同様であり、逆流防止弁が給水系の汚染防止に有効に作用していることが明らかであった。また、逆流防止弁を取り外した汚染防止型ハンドピースでは、ヘッド内の座金が汚染されやすい傾向が見られ、給水系への逆流に伴う汚染物の動きが、ヘッド内への汚染物の吸引に対しても微妙に影響を与えるものと推測された。

からまわしによって排出されるE. coliを経時的に計測した実験3)の結果をTable 3に示した。従来型ハンドピース、汚染防止型ハンドピースともに、吸引されたE. coliのほとんどは、最初の30秒間で排出されるものの、その後もわずかながらE. coliの排出が続いており、120秒経過後でも、完全には除去されないことが明らかであった。また、からまわしによって排出されたE. coliの総数からハンドピースに吸引された菌液量を試算すると、従来型ハンドピースでは約70 $\mu$ l、汚染防止型ハンドピースでは約2 $\mu$ lであったが、従来型ハンドピースの排気系に侵入したE. coliはこの方法では回収できないため、実際には、従来型ハンドピースの汚染物吸引量はこの結果を大きく上回ると考えられた。

**[Table 1]** Recovered E. coli in the Exp.1

		Head		Duct				Tube			
		SW	RB	DA	CA	EX	W	DA	CA	EX	W
New design handpiece Anti retraction valve (+)	1	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	-	-	5	0	0	0	0	0	0	0
	3	+	-	0	0	0	0	0	0	0	0
New design handpiece Anti retraction valve (-)	1	+	-	0	0	395	205	0	0	0	∞
	2	+	-	0	0	0	15	0	0	0	∞
	3	+	-	0	0	0	2235	0	0	0	∞
Conventional handpiece	1							∞	0	∞	∞
	2							0	0	∞	∞
	3							∞	0	∞	∞

SW : Spring washer behind the bur entrance, RB : Turbine rotor blade, DA : Drive air, CA: Chip air, EX : Exhaust, W : Coolant water  
 + : Bacterial growth in liquid medium, - : No bacterial growth in liquid medium, Figure: CFU/ml, ∞ : Uncountable colony formation, Blank : Not tested

**[Table 2]** Recovered E. coli in the Exp.2

		Head		Duct				Tube			
		SW	RB	DA	CA	EX	W	DA	CA	EX	W
New design handpiece Anti retraction valve (+)	1	+	-	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	-	-	25	0	0	0	0	0	0	0
	3	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
New design handpiece Anti retraction valve (-)	1	+	-	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	+	-	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	+	-	0	0	0	0	0	0	0	0
Conventional handpiece	1							0	0	0	0
	2							0	0	0	5
	3							0	0	0	0

SW : Spring washer behind the bur entrance, RB : Turbine rotor blade, DA : Drive air, CA: Chip air, EX : Exhaust, W : Coolant water  
 + : Bacterial growth in liquid medium, - : No bacterial growth in liquid medium, Figure: CFU/ml, ∞ : Uncountable colony formation, Blank : Not tested

**[Table 3]** Expelled E. coli from contaminated handpiece

		0~0.5 min	0.5~1.0 min	1.0~1.5 min	1.5~2.0 min
		New design handpiece	1	$1.9 \times 10^5$	$3.5 \times 10^2$
2	$2.1 \times 10^5$		$6.0 \times 10^2$	0	$1.0 \times 10^2$
3	$2.0 \times 10^5$		$1.2 \times 10^3$	$3.5 \times 10^2$	$8.0 \times 10^2$
Conventional Handpiece	1	$2.2 \times 10^6$	$1.2 \times 10^3$	$1.5 \times 10^2$	$4.5 \times 10^2$
	2	$8.0 \times 10^6$	$2.1 \times 10^3$	0	0
	3	$1.0 \times 10^7$	$6.5 \times 10^3$	$4.5 \times 10^2$	$5 \times 10^1$

(CFU)

## ■ 考察

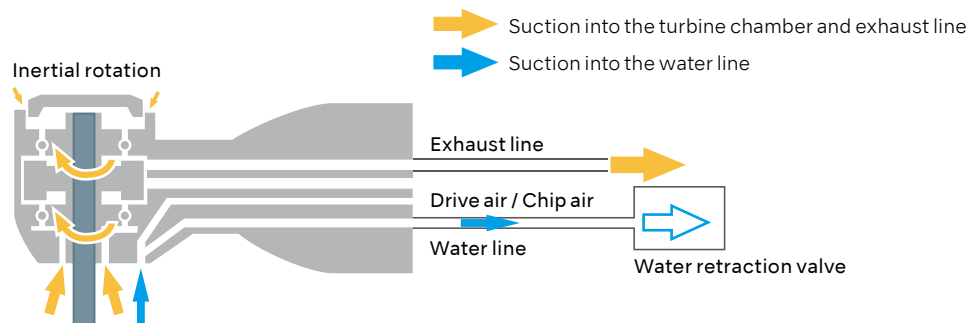
### 1. 従来型ハンドピースの内部汚染について

従来型エアタービンシステムの内部汚染の主要な原因は、駆動停止時に生じるリトラクションバルブの吸引と、ローターの惰性回転によると考えられている (Fig. 1)。給水系に装備されているリトラクションバルブの機能は、エアタービン停止時に冷却水を吸引することにより、水圧で膨張していたチューブの収縮を相殺し、噴出口からの冷却水の溢出を防ぐことにある。しかし、一般的に使用されているユニットでは、多くの例で冷却水の過剰な逆流が生じるため、口腔内の唾液や血液などが、ハンドピースを越えてチューブやユニット内にまで吸引される危険があることが明らかにされている。これらの汚染物はハンドピース交換後もその場にとどまり、直接次の患者の口腔内に噴出されるだけでなく<sup>8)</sup>、給水系の持続的な汚染の原因にもなりうる<sup>9)</sup>と推測されている。

一方、エアタービン停止後にみられるローターの惰性回転は、タービンヘッド内に陰圧を発生させ、細かい隙間からの汚染物の侵入を助長すると考えられている。ヘッド内に侵入した汚染物の多くは、再駆動によって排出されるが、一部は排気管に運ばれるため、口腔内で駆動と停止を繰り返した場合には、排気系の汚染はユニット側に向かって急速に拡散していくと想像される。タービンヘッドからいったん排気系に侵入した汚染物は、患者の口腔内に直接排出される危険は少ないものの、排気系の末端の処理方法によっては、周囲に汚染物を拡散させる可能性があることは否定できない。また、歯牙や修復物の切削片を含む汚染物は、オートクレーブ滅菌によってハンドピース内部で焼き付きをおこし、繊細な構造を持つベアリング部の機能異常、耐久性の低下、滅菌効果の低下などにもつながると考えられている。

今回、従来型ハンドピースの内部汚染状況を、駆動エア、チップエア、排気、冷却水のそれぞれの系について検索した結果、駆動停止時にタービンヘッドが汚染源に接した状況では、おびただしい量の汚染物が排気と冷却水のチューブに侵入することが確認された。一方、汚染物の吸引が起りやすい駆動停止時にタービンヘッドを汚染源から遠ざけた場合には、内部汚染はほとんど生じないことが明らかとなった。これらのことから、従来型ハンドピースでは、汚染が拡散する範囲とその程度は、作業の状況に大きく依存するものと考えられた。実際の治療に使用したハンドピース内部からは、口腔内細菌はほとんど検出されなかったとする報告もあり<sup>10)</sup>、通常の臨床操作では、実験1)の条件で見られたような高度な内部汚染が生じる機会は少ないと推測される。しかし、従来のシステムでは、消毒や滅菌が困難なチューブやユニット内が汚染される危険性は常に存在しており、なんらかの交差感染対策が必要であることは明らかであろう。

[Fig. 1] Two pathways of internal contamination



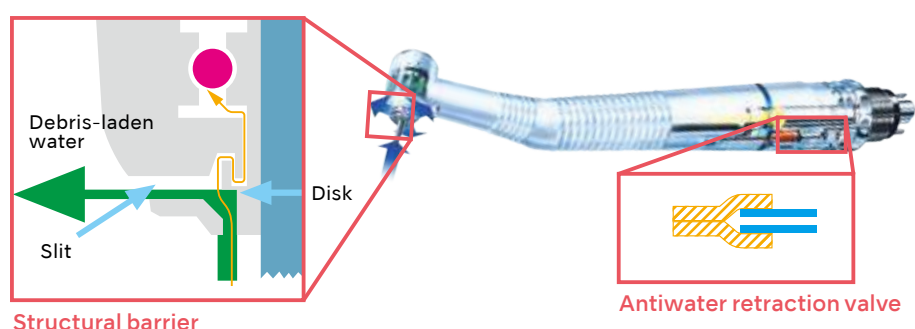
### 2. ハンドピースに組み込まれた汚染防止機構について

上記のような従来のエアタービンシステムの問題を解決するため、近年ではいくつかのシステムが開発、供給されている。今回の実験では、ハンドピース自体に汚染防止機構が組み込まれた非常にシンプルなシステムに注目し、その有効性を検討した。

本機種には、給水系の汚染防止装置として逆流防止弁が、ヘッド内の陰圧解消機構としてタービンヘッド前面に迷路様構造が設定されている (Fig.2)。シリコン製の逆流防止弁の管腔は、タービンの作動中はユニット側からの水圧によって押し広げられているが、作動停止時にリトラクションバルブの作用で冷却水が吸引されると、直ちに閉鎖し、ハンドピース内の冷却水は逆流しないようになっている。一方、ヘッドカバーとバーのホルダーの形状を複雑化し、両者の間にできる間隙を小空間の繰り返しとした迷路様構造は、タービンの惰性回転が生み出すヘッド内と外界の圧力差を解消し、汚染物の吸引を抑制する効果を持っている。さらに、迷路の構成要素であるディスク部分はシャフトとともに回転し、汚染物を側方に飛散させるため、迷路の入口自体も汚染されにくくなっている。

以上のような機構を備えた汚染防止型ハンドピースについて、内部汚染の及ぶ範囲を調べた結果、実験1)、実験2) いずれにおいてもE. coliはハンドピース内にわずかに認められたのみであり、使用条件にかかわらず、汚染物はチューブやユニット内には達しないことが確認された。さらに、苛酷な条件下でもヘッド内部に侵入する汚染物は微量で、そのほとんどは迷路部分にとどまると推測されることから、ベアリング部の保護という点でも非常に有効であり、従来のシステムが抱えていた問題はほぼ解決されたと言えよう。しかし、逆流防止弁と迷路様構造は、両者ともユニット側からの汚染に対しては効果がないため、臨床応用をすすめる際には冷却水や圧搾空気、およびそれらの通路であるユニット内部の洗浄化についても考慮する必要があると考えられた<sup>9)</sup>。

[Fig.2.] New design handpiece



### 3. エアータービンのリスクコントロールについて

従来、日常の臨床においては、エアータービンハンドピースによる交差感染を回避するため、滅菌の次善策として使用後のからまわしが推奨されていた。からまわしによって排出されるE. coliを経時的に計測した実験3)の結果でも、従来型ハンドピース、汚染防止型ハンドピースともに、侵入したE. coliの大部分は最初の30秒間で排出されており、病原性因子を希釈し、減少させるという点で、本操作が非常に有効であることが確認された。

交差感染の危険があるとされている細菌やウイルスの感染力とそれらの感染様式、およびハンドピースに吸引される汚染物の量とそこに含まれる病原性因子の濃度に注目した場合、からまわしの後に、外表面の清拭、消毒を行ったハンドピースが交差感染の原因となる危険性は非常に低いと想像される。しかし、からまわしでは内部汚染は完全には除去できないことも事実であり、高齢者や有病者といった、いわゆる易感染性患者の処置機会が今後も増加していくと予想されることや<sup>11)</sup>、歯科医療に対する要求が全般的に高度化していくことなどを配慮すると、内部汚染防止機構を備えたシステムの導入と、ハンドピースの使用毎の交換、滅菌は推奨されるべきであろう。

## ■ 結論

1. 従来のエアータービンシステムでは、駆動停止時に給水系と排気系に吸引される汚染物は、ハンドピースを越えてチューブやユニットにまで到達する危険があることが確認された。
2. 今回の検索の対象とした汚染防止システムは、汚染物の吸引をハンドピース内にとどめることができるうえ、汚染防止機構を組み込んだハンドピース自体のオートクレーブ滅菌が可能であるため、交差感染対策のひとつとして非常に有効であるとも考えられた。また、ヘッド内への汚染物の吸引量もわずかであり、ベアリング部分の保護という点でも効果的であると推測された。
3. 使用後のからまわしは、ハンドピースに吸引された汚染物を除去するためにはある程度有効ではあるが、完全な方法ではないため、汚染防止型ハンドピースを用いた場合でも、より確実な交差感染対策として、ハンドピースの使用毎の交換と滅菌は必要と考えられた。

本研究の一部は、平成6年度文部省科学研究補助金(総合研究A, 課題番号053040440, 研究代表者西川博文), および平成5年度学術研究費一委託研究一(代表者堀内博)により行われた。

## ■文献

- 1) Kallet M, Holbrook WP : Bacterial contamination of dental handpieces ; J Dent 8, 249-253, 1980.
- 2) 掛川 朗, 富士谷盛興, 細田裕康 : 簡易エアタービンハンドピース消毒器械の開発(第2報)その消毒効果 ; 日歯保誌 300, 1200-1210, 1987.
- 3) ADA Council on Dental Materials, Instruments and Equipment : Dental units and water retraction ; JADA 116, 417-420, Mar, 1988.
- 4) 玉澤かほる, 西岡千春, 堀内 博 : 歯科診療室における院内感染対策—タービンハンドピースの給水管への吸引状況と対策— ; 日歯保誌 35, 1070-1077, 1992.
- 5) 玉澤かほる, 西岡千春, 堀内 博 : 歯科診療室における院内感染対策—タービンハンドピースの排気管への吸引状況と対策— ; 日歯保誌 35, 1078-1086, 1992.
- 6) 玉澤かほる, 秋場裕子, 堀内 博 : 回転停止時に生じるタービン内部の汚染とその対策—ノーバック方式とタンク方式の吸引防止効果— ; 日歯保誌 37, 1593-1598, 1994.
- 7) 玉澤かほる, 秋場裕子, 堀内 博 : 回転停止時に生じるタービン内部の汚染とその対策—5種類の対策の効果について— ; 日歯保誌 37, 1599-1609, 1994.
- 8) Lewis DL, Boe RK : Cross-infection risks associated with current procedures for using high-speed dental handpieces ; J Clin Microbiol 30, 401-406, 1992.
- 9) Williams JF, Johnston AM, Jhonson B, Huntington MK, Mackenzie CD : Micobial contamination of dental unit water lines : prevalence, intensity and microbiological characteristics ; JADA 124, 59-65, Oct, 1993.
- 10) Mills SE, Kuehne JC, Bradley DV Jr : Bacteriorogical analysis of high-speed handpiece turbines ; JADA 124, 59-62, Jan, 1993.
- 11) Shuman SK, Mccusker ML, Owen MK : Enhancing infection control for elderly and medically compromised patients ; JADA 124, 76-84, Sept, 1993.



# 内部汚染防止機構付きの新しいタービンヘッドの有効性について

新潟大学, 1996年

岩久 正明

新潟大学歯学部教授(歯科保存学第1講座)

日本歯科医師会雑誌 第49巻 第2号 別刷

(平成8年5月)

## ■要約

エアータービンヘッド内部に汚染防止機構を備えた新しいシステムについて、細菌を使って内部汚染状態を調べたところ、従来一般に普及しているシステムでは汚染がヘッドを通り越してホース内部にまで及ぶ危険があるが、新しいシステムではヘッド内にとどまり、患者ごとにヘッドを滅菌交換すれば、交叉感染の危険が防がれることが分かった。また、新システムでは内部汚染量が極めて少なく、オートクレーブ滅菌を繰り返しても汚染物の内部焼き付きによる機能の低下もほとんど考えられず、耐用年限も長くて経済効率も良いことが明らかになった。

### ●キーワード

エアータービンハンドピース/交叉感染/内部汚染防止機構

## はじめに

近年、エイズ、B型・C型肝炎あるいはMRSAなどに関する研究が進み、多くの情報がマスコミにぎわし、国民一般の注目を集めている。特に、歯科臨床においては、患者数も多く、観血的処置が多いこともあって従来までの感染予防対策の抜本的見直しと、より確実な対策の確立が求められている。なかでも、日常の治療で多用されるエアータービンハンドピースは、汚染の著しい器械であるにもかかわらず、滅菌操作が煩雑であったり、繰り返しの滅菌により耐久性が低下し、経済的にも問題があって、これまで、その感染予防対策が遅れており、最近になってようやく、患者毎の交換、滅菌の必要性が認識されるようになってきた。

しかしながら、現在一般に用いられているシステムでは、口腔内の汚染物の侵入はハンドピース内にとどまらず、ハンドピースとユニットを接続するチューブやさらにそれらを通してユニット内部にまで及ぶ危険もあって<sup>1)</sup>、患者毎にハンドピースを滅菌交換しても根本的な対策にはならないことが指摘されている。

このような汚染は、リトラクションバルブによる冷却水の吸引と<sup>2~4)</sup>、ローターの惰性回転によって生じるタービンヘッド内の陰圧に起因すると考えられる<sup>5)</sup>。そこで、近年、この両者についてそれぞれ別に対策を講じたシステムが各種開発市販されるようになった。それらのシステムは、タービンヘッドの陰圧を解消するために、給気あるいは排気の系を介して、ユニット側から陽圧を与えて吸引を防ぐ機構を採用している<sup>6)</sup>。

ところが、最近、これらとは全く異なる原理で、パーの挿入部分に陰圧解消機構が組み込まれ、しかも、冷却水の逆流防止弁もハンドピース内に装備されたシステムが開発された<sup>7)</sup>。本システムは、タービンホース内のチューブが4本の機種では、臨床使用に際してハンドピースのみを交換あるいは、ジョイントを付与してハンドピースを交換すれば、それ以外に特別な装置を必要としない、非常にシンプルな機構である。ただし、機種によっては、タービンホース内のチューブが3本のものであり、その場合は、汚染したエアやオイルの排気用チューブが必要となり、タービンヘッドと共にチューブが4本入ったホースに交換する必要がある。本ホースは、チューブが1本多くなるためと、従来の布式に変えてホースの消毒を容易にするために、抗菌性のあるといわれる高分子素材を用いているため、その重量が従来のもより若干重くなっている。

そこで、筆者らは、歯科治療に伴う交叉感染を防止する目的から、口腔内での使用を想定して、細菌侵入試験により<sup>8)</sup>、内部汚染の状態を従来のシステムと比較してその有効性を評価したので、その一部を紹介する。



## 1. 細菌を用いた内部汚染試験

### 1) 試験したハンドピース

汚染防止型ハンドピース(パテラスマッハ・中西歯科器械製作所)と、従来型ハンドピース(Quiet Air・Midwest)を使用した。一部の試験では、汚染防止型ハンドピースの冷却水の逆流防止弁を取り外したのもを使用した。

### 2) 用いた細菌

口腔内の汚染物を想定した細菌浮遊液として、取り扱いが比較的容易な大腸菌E. coli NIHJ-JC-2を使用した。

### 3) 器材の滅菌および消毒

実験に用いた簡易型ユニットの給水系は、70%エタノールを通過させて消毒し、その後、滅菌蒸留水を通過させて洗浄した。ハンドピースとユニットを接続する4本のチューブ(駆動エア、チップエア、冷却水、排気)は、70%エタノール消毒、滅菌蒸留水で洗浄した。

### 4) 実験の方法

#### <実験①>

ハンドピースのヘッドを菌液に浸漬させ、その状態で駆動と停止を繰り返し、その後、ハンドピースを分解し、各部分の汚染状況を調べた。従来型ハンドピースは分解できなかったため、ハンドピースとユニットを接続するチューブのみを調べた。

#### <実験②>

実際の臨床使用の状態とは若干異なるが、使用条件による内部汚染の状況の変化を知るため、実験①のうち、タービンを駆動させてからヘッドを菌液に浸漬して、ヘッドを菌液から完全に引き上げた後に駆動を停止させた。

#### <実験③>

ハンドピースから吸引された汚染物を定量するとともに、からまわしの汚染物除去効果を知るため、実験①の条件で汚染させたハンドピースをからまわしさせ、排出される菌数を経時的に調べた。

### 5) 実験結果

従来型ハンドピースでは、実験①の条件では、冷却水と排気のチューブから多量の菌が回収されたが、実験②では、侵入はほとんど認められなかった。一方、汚染防止型ハンドピースでは、いずれの条件においても、菌はタービンヘッド内部とグリップ内のダクトの一部から回収されたのみで、チューブには達していなかった。

逆流防止弁を取り外した汚染防止型ハンドピースでは、給水系の汚染状況は従来型ハンドピースと同様であり、逆流防止弁が給水系の汚染防止に有効に作用していることが明らかであった。また、逆流防止弁を取り外した汚染防止型ハンドピースでは、ヘッド内の座金が汚染されやすい傾向が見られ、給水系への逆流にともなう汚染物の動きが、ヘッド内への汚染物の吸引に対しても微妙に影響を与えるものと推測された(表1, 2)。

からまわしによって排出される菌を経時的に計測した実験③では(表3)、従来型ハンドピース、汚染防止型ハンドピースともに、吸引された菌のほとんどは、最初の30秒間で排出されるものの、その後もわずかながら排出が続いており、完全には除去されないことが分かった。

【表1】 細菌侵入試験後の内部汚染状況(実験①)

		ヘッド		ダクト				チューブ			
		SW	RB	DA	CA	EX	W	DA	CA	EX	W
汚染防止型ハンドピース 逆流防止弁(+)	1	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	-	-	5	0	0	0	0	0	0	0
	3	+	-	0	0	0	0	0	0	0	0
汚染防止型ハンドピース 逆流防止弁(-)	1	+	-	0	0	395	205	0	0	0	∞
	2	+	-	0	0	0	15	0	0	0	∞
	3	+	-	0	0	0	2235	0	0	0	∞
従来型ハンドピース	1							∞	0	∞	∞
	2							0	0	∞	∞
	3							∞	0	∞	∞

SW:座金, RB:タービンローター, DA:駆動エア, CA:チップエア, EX:排気, W:冷却水

+:液体培地の懸濁あり, -:液体培地の懸濁なし, 数字:CFU/ml, ∞:寒天平板上に多量の生育あり, 空欄:検索対象外

[表2] 細菌侵入試験後の内部汚染状況(実験②)

		ヘッド		ダクト				チューブ			
		SW	RB	DA	CA	EX	W	DA	CA	EX	W
汚染防止型ハンドピース 逆流防止弁(+)	1	+	-	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	-	-	25	0	0	0	0	0	0	0
	3	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
汚染防止型ハンドピース 逆流防止弁(-)	1	+	-	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	+	-	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	+	-	0	0	0	0	0	0	0	0
従来型ハンドピース	1							0	0	0	0
	2							0	0	0	5
	3							0	0	0	0

SW:座金, RB:タービンローター, DA:駆動エア, CA:チップエア, EX:排気, W:冷却水  
 +:液体培地の懸濁あり, -:液体培地の懸濁なし, 数字:CFU/ml, ∞:寒天平板上に多量の生育あり, 空欄:検索対象外

[表3] からまわしによって排出された細菌数の経時的变化

		0~0.5 min	0.5~1.0 min	1.0~1.5 min	1.5~2.0 min
		汚染防止型ハンドピース	1	$1.9 \times 10^5$	$3.5 \times 10^2$
	2	$2.1 \times 10^5$	$6.0 \times 10^2$	0	$1.0 \times 10^2$
	3	$2.0 \times 10^5$	$1.2 \times 10^3$	$3.5 \times 10^2$	$8.0 \times 10^2$
従来型ハンドピース	1	$2.2 \times 10^6$	$1.2 \times 10^3$	$1.5 \times 10^2$	$4.5 \times 10^2$
	2	$8.0 \times 10^6$	$2.1 \times 10^3$	0	0
	3	$1.0 \times 10^7$	$6.5 \times 10^3$	$4.5 \times 10^2$	$5 \times 10^1$

(CFU)

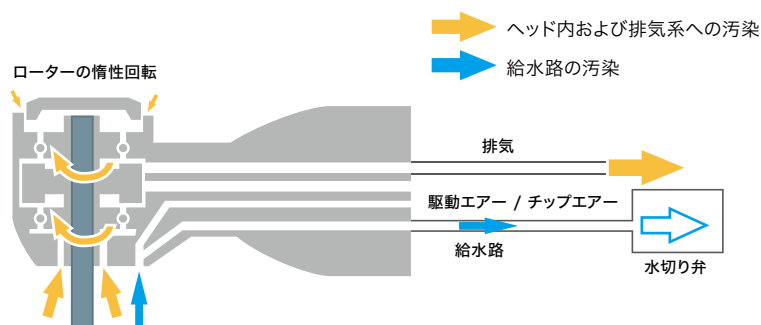
## 2. 従来型ハンドピースの内部汚染について

従来型エアタービンシステムの内部汚染の主要な原因は、駆動停止時に生じるリトラクションバルブの吸引と、ローターの惰性回転によると考えられている(図1)。給水系に装備されているリトラクションバルブの機能は、エアタービン停止時に冷却水を吸引することにより、水圧で膨張していたチューブの収縮を相殺し、噴出口からの冷却水の溢出を防ぐことにある。しかし、一般的に使用されているユニットでは、多くの例で冷却水の過剰な逆流が生じるため、口腔内の唾液や血液などが、ハンドピースを越えてチューブやユニット内にまで吸引される危険がある。

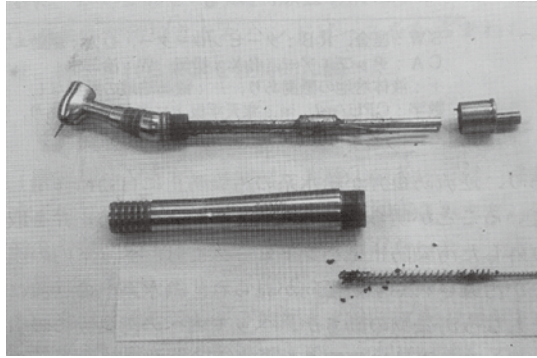
これらの汚染物はハンドピース交換後もその場にとどまり、直接次の患者の口腔内に噴出されるだけでなく<sup>9)</sup>、給水系の持続的な汚染の原因にもなりうる<sup>と推測される</sup><sup>10)</sup>。

エアタービン停止後に見られるローターの惰性回転は、タービンヘッド内に陰圧を発生させ、細かい隙間からの汚染物の侵入を助長すると考えられる。ヘッド内に侵入した汚染物の多くは、再駆動によって排出されるが、一部は排気管に運ばれるため、口腔内で駆動と停止を繰り返した場合には、排気系の汚染はユニット側に向かって急速に拡散していくと想像される。また、歯牙や修復物の切削片を含む汚染物(図2)は、オートクレーブ滅菌によってハンドピース内部で焼き付きを起こし、繊細な構造を持つベアリング部の機能異常、耐久性の低下、滅菌効果の低下などにもつながると考えられる。

[図1] 汚染物の侵入経路



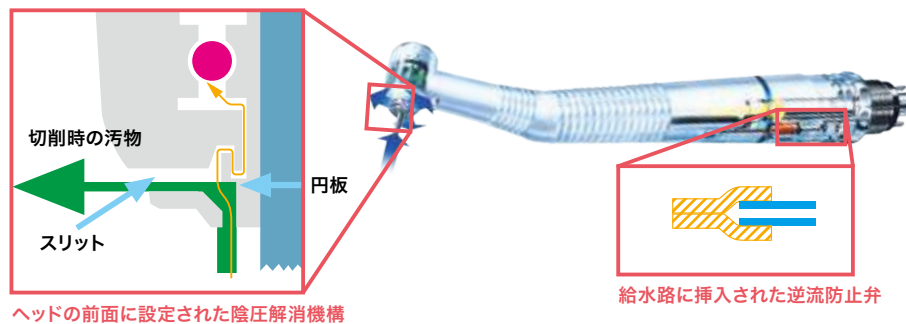
【図2】 従来型ハンドピースにおける内部汚染の例



### 3. ハンドピースに組み込まれた汚染防止機構について

本機種には、給水系の汚染防止装置として逆流防止弁が、ヘッド内の陰圧解消機構としてタービンヘッド前面に迷路様構造が設定されている(図3)。シリコン製の逆流防止弁の管腔は、タービンの作動中はユニット側からの水圧によって押し広げられているが、作業停止時にリトラクションバルブの作用で冷却水が吸引されると、直ちに閉鎖し、ハンドピース内の冷却水は逆流しないようになっている。一方、ヘッドカバーとバーのホルダーの形状を複雑化し、両者の間にできる間隙を小空間の繰り返しとした迷路様構造は、タービンの慣性回転が生み出すヘッド内と外界の圧力差を解消し、汚染物の吸引を抑制する効果を持っている。さらに、迷路の構成要素であるディスク部分はシャフトとともに回転し、汚染物を側方に飛散させるため、迷路の入り口自体も汚染されにくくなっている。

【図3】 汚染防止型ハンドピースの吸引防止機構



### 4. エアータービンのリスクコントロールについて

従来から、日常の臨床においては、エアータービンハンドピースによる交叉感染を回避するため、滅菌の次善策として使用後のからまわしが推奨されている。実験③の結果でも、侵入した菌の大部分は最初の30秒間で排出されており、病原性因子を希釈し、減少させるという点で、本操作が非常に有効であることが確認された。

交叉感染の危険があるとされている細菌やウイルスの感染力とそれらの感染様式、およびハンドピースに吸引される汚染物の量とそこにふくまれる病原性因子の濃度に注目した場合、からまわしの後に、外表面の清拭、消毒を行ったハンドピースが交叉感染の原因となる危険性は非常に低いと想像される。

しかし、からまわしでは内部汚染は完全には除去できないことも事実であり、高齢者や有病者といった、いわゆる易感染性患者の処置機会が今後も増加していくと予想されることや、歯科医療に対する要求が全般的に高度化していることなどを配慮すると、内部汚染防止機構を備えたシステムの導入と、ハンドピースの使用毎の交換、滅菌は推奨されるべきであろう。

## ■おわりに

筆者らの今回の実験で次のようなことが明らかとなった。

従来のエアタービンシステムでは、駆動停止時に給水系と排気系に吸引される汚染物は、ハンドピースを越えてチューブやユニットにまで到達する危険がある。

新しい汚染防止システムは、汚染物の吸引をハンドピース内にとどめることができるうえ、汚染防止機構を組み込んだハンドピース自体のオートクレーブ滅菌が可能であるため、交叉感染対策のひとつとして非常に有効であると考えられる。また、ヘッド内への汚染物の吸引量もわずかであり、ベアリング部分の保護という点でも効果的である。

使用後のからまわしは、ハンドピースに吸引された汚染物を除去するためにはある程度有効ではあるが、完全な方法ではないため、汚染防止型ハンドピースを用いた場合でも、より確実な交叉感染対策として、ハンドピースの使用毎の交換と滅菌は必要と考えられる。

なお、本研究は、本学部Cariology groupの山賀雅裕、桐生尚明、子田晃一、星野悦郎の各氏を中心として行われたものである。

## ■文献

- 1) Kallett, M., Holbrook, W. P. : Bacterial contamination of dental handpieces. J Dent, 8 : 249~253, 1980.
- 2) 掛川 朗, 富士谷盛興, 細田裕泰 : 簡易エアタービンハンドピース消毒器械の開発 第2報その消毒効果, 日歯保誌, 30 : 1200~1210, 1987.
- 3) ADA Council on Dental Materials, Instruments and Equipment : Dental units and water retraction, JADA, 116 : 417~420, Mar. 1988.
- 4) 玉澤かほる, 西岡千春, 堀内 博 : 歯科診療室における院内感染対策—タービンハンドピースの給水管への吸引状況と対策—, 日歯保誌, 35 : 1070~1077, 1992.
- 5) 玉澤かほる, 西岡千春, 堀内 博 : 歯科診療室における院内感染対策—タービンハンドピースの排気管への吸引状況と対策—, 日歯保誌, 35 : 1078~1086, 1992.
- 6) 玉澤かほる, 秋場裕子, 堀内 博 : 回転停止時に生じるタービン内部の汚染とその対策—ノーバック方式とタンクの吸引防止効果—, 日歯保誌, 37 : 1593~1598, 1994.
- 7) 玉澤かほる, 秋場裕子, 堀内 博 : 回転停止時に生じるタービン内部の汚染とその対策—5種類の対策の効果について—, 日歯保誌, 37 : 1599~1609, 1994.
- 8) 山賀雅裕, 桐生尚明, 大淵百合香, 和泉裕子, Jasmine Huque, 子田晃一, 星野悦郎, 岩久正明 : エアタービンハンドピースの内部汚染に関する研究—細菌侵入を指標とした内部汚染防止機構の評価—, 日歯保誌, 38 : 472~478, 1995.
- 9) Lewis, D. L., Boe, R. K. : Cross-infection risks associated with current procedures for using high-speed dental handpieces, J Clin Microbiol, 30 : 401~406, 1992.
- 10) Williams, J. F., Johnston, A.M., Jhonson, B., Huntington, M.K., Mackenzie, C. D. : Micobial contamination of dental unit waterlines : prevalence, intensity and microbiological characteristics, JADA, 124 : 59~65, Oct. 1993.

# Evaluation of Bacterial Suckback in Three Dental Handpieces

University of Washington, U.S.A, 1999

---

J. I. Nicholls, Ph.D.

Professor, Restorative Dentistry

University of Washington.

Seattle, Washington. 98195 U.S.A.

A report submitted to the Nakanishi Inc. (NSK), 1999

## ■ Introduction:

The specific objective of this study was to determine bacterial contamination of three dental handpieces when these handpieces were run in a bacterial solution, simulating conditions found in the mouth.

## ■ Methods and Materials for Bacterial Contamination:

The steps used in establishing the presence or absence of bacteria at the internal walls of the head were as follows:

- (1) Sterilize all handpieces to be tested just prior to running the test procedures. The turbine was kept in the handpiece during this procedure.
- (2) Sterilize all instruments to be used when removing the turbines.
- (3) Apply the drive air to the handpiece until the turbine has turned to maximum revolutions. The time set for this was 20 seconds following application of drive air. Next, the turbine head was completely immersed in a bacterial solution containing oral streptococcal species. The drive air was removed, and the turbine allowed to come to a complete halt before removal from the bacterial solution.
- (4) Remove the handpiece from the bacterial solution.
- (5) A pre-sterilized 3mm twist drill 50 mm long was placed in the handpiece chucking mechanism. This allowed turbine removal without contamination of the turbine, or internal walls of the head.
- (6) Using a sterilized turbine wrench, the head cap was removed. Special care was required to avoid contaminating the top of the turbine.
- (7) The turbine was removed by holding the twist drill only. At no time during turbine removal, did the turbine or internal walls of the head come in contact with any non-sterilized object or surface.
- (8) With the turbine removed, bacterial culturing could be accomplished by running a saline solution through the turbine, and collecting this in a presterilized glass container.
- (9) The contents of the glass container were cultured for 48 hours on blood agar plates, then inspected for bacterial growth.

Note: Air pressure to all handpieces was 34 psi

## ■ Control Experiments:

Several control studies were needed to verify the final results.

(1) Verification of a Non-contaminated Air Supply:

Following sterilization, three NSK handpieces were run in air, then the turbines removed. The saline wash was applied, and cultured. This control was run once only for the three handpieces.

**Results:** No bacterial contamination from the air supply

(2) Verification that Bacteria Remain in the Turbine head

Following sterilization, the turbine was removed, and a measured amount of bacterial solution placed directly on the turbine blades. Each handpiece was run to full speed three times. The turbine was then removed, the saline wash applied, and cultured.

**Results:** Bacteria remained on the turbine blades.

(3) Verification that Bacteria remain on the Walls of the Turbine Enclosure for the NSK:

Same as for #2, except bacteria removal was done from the inner walls of the head- outside the actual turbine housing. One handpiece was tested three times.

**Results:** Bacteria remained on the turbine walls of the turbine enclosure for the NSK

(4) Verification of Bacteria outside the turbine for the Kavo:

Same as #3, except the Kavo Handpiece was used here, with bacterial collection from the walls of the turbine enclosure. One hand piece, three times.

**Results:** Bacteria remained on the turbine walls of the Kava hand piece.

(5) Verification that no Vital Bacteria remain Following Sterilization:

This was needed to verify that a complete bacterial kill was established during handpiece sterilization. One handpiece, three times.

**Results:** No vital bacteria remained following sterilization.

## ■ These control studies verified the following:

- (a) No vital bacteria remained following sterilization. Thus additional tests on the same handpiece were not confounded by previous tests.
- (b) No bacteria were in the air supply. Thus no artifact values were obtained from this source.
- (c) If bacteria were sucked into the turbine space, some would remain. Thus bacteria would not simply be sucked in, then blown out the exhaust port leaving no trace in the turbine head.
- (d) The speed of the turbine blades was not sufficient to eliminate bacteria from the blade surface due to centrifugal force.
- (e) The speed of the turbine, and the accompanying whirling action of the air inside the turbine head, was not sufficient to eliminate bacteria from the inner walls of the turbine housing, due to air velocity and accompanying suction.

## ■ Experimental Tests:

In all, 3 separate tests were run on the model MACH std NSK handpieces. These included

- (I) New handpiece - new turbine - 3 handpieces - 3 trials each
- (II) Old handpiece\* - old turbine - 3 handpieces - 3 trials each
- (III) Old handpiece\* - new turbine - 3 handpieces - 3 trials each

\* The old handpieces had been in operation in dental offices for at least two years, and the original turbines were left in these instruments for testing purposes. The new handpieces were taken directly from stock.

The additional handpieces tested were

Kavo 647B

Adec(W&H) TC-95

- (a) New Kavo handpiece - new turbine - 3 handpieces - 3 trials each
- (b) New Adec handpiece - new turbine - 3 handpieces - 3 trials each

## ■ Experimental Results:

The four categories for this, along with the results are given in the tables below.

(a) NSK handpieces

Test#	Handpiece	Turbine	Bacteria Present
1	New	New	No*
2	Old	Old	No*
3	Old	New	No*

\* Results were consistent for all trials

(b) Other handpieces

Test#	Handpiece	Turbine	Bacteria Present
4	Kavo	New	No*
5	Adec	New	Yes*

\* Results were consistent for all trials

## ■ Conclusions for First Series:

- (1) The new NSK handpieces show no bacterial contamination in the turbine space when run up to full speed, immersed in a bacterial solution, then allowed to coast to rest while still immersed.
- (2) The old NSK handpieces (2 years in dental offices) also showed no bacterial contamination in the turbine space with the original turbines still in the handpieces when subjected to the same conditions as in (1).
- (3) With new replacement turbines, in the old NSK handpieces (2 years in dental offices) no bacterial contamination was found for the test conditions used.
- (4) The new Kavo handpieces with new turbines, showed no bacterial contamination inside the head when subjected to these test conditions.
- (5) The new Adec handpieces with new turbines, showed considerable bacterial contamination when subjected to these test conditions.

## ■ Addendum - Second Series tests:

At your request, additional tests were run. These test evaluated the presence (or absence) of bacteria at the distal end of the handpiece. The concern here was that bacteria could be sucked into the turbine space, but due to the high speed of the turbine, these bacteria would not be able to attach to the turbine blades or turbine head walls.

## ■ This test sequence required the following steps:

- (1) Sterilize all hand pieces to be tested just prior to running the test procedures. The turbine was kept in the handpiece during this procedure.
- (2) Sterilize all instruments to be used when removing the turbines.
- (3) Apply the drive air to the handpiece until the turbine has turned to maximum revolutions. The time set for this was 20 seconds following application of drive air. During this step, the turbine head was completely immersed in a bacterial solution containing oral streptococcal species. The turbine was allowed to come to a complete halt before removal from the bacterial solution. This procedure was repeated three times for each handpiece.
- (4) Remove the handpiece from the bacterial solution
- (5) Using sterile rubber gloves, unscrew the sleeve covering the distal end of the handpiece.
- (6) With the sleeve removed, bacterial culturing could be accomplished by running a saline solution over the uncovered section of the handpiece, and collecting this directly in a blood agar plate.
- (7) The contents of the blood agar plate were cultured for 48 hours, then inspected for bacterial growth.

The handpieces tested here were the NSK and the Kavo, since both showed no bacterial contamination in the turbine area in the First Series tests.

## ■ Experimental Tests:

The following tests were run in this sequence

- |          |               |               |                |                |
|----------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| (a) NSK  | new handpiece | - new turbine | - 3 handpieces | - 1 trial each |
| (b) Kavo | new handpiece | - new turbine | - 3 handpieces | - 1 trial each |

## ■ Experimental Results:

Test#	Handpiece	Turbine	Bacteria Present
6	NSK-New	New	No*
7	Kavo-New	New	Yes*

\* Results were consistent for all 3 trials run on each handpiece brand.

## ■ Conclusions for Second Series:

- (1) The NSK handpieces were found to have zero bacterial contamination in the distal end of the handpiece.
- (2) The Kavo handpieces were found to have considerable bacterial contamination in the distal end.
- (3) For the Kavo handpieces, with no bacterial contamination in the turbine head( Test #4 ), but contamination in the distal end, one can only assume that the bacteria are moving so fast in the turbine head, that they cannot attach to the turbine walls. However, when these bacteria reach the distal end of the handpiece, the air stream slows, allowing bacterial attachment.





UNIVERSITY OF WASHINGTON

Department of Restorative Dentistry

*Division of  
Fixed Prosthodontics*

*Division of  
Operative Dentistry*

*Division of  
Biomaterials and Research*

*Division of  
Hospital Dentistry and General Pri*

12<sup>th</sup> July, 1999.

Hiroji Sekiguchi  
Marketing Manager, North America  
Nakanishi Inc.  
340 Kamihinata  
Kanuma-Shi, Tochigi-Ken  
Japan

Dear Hiroji

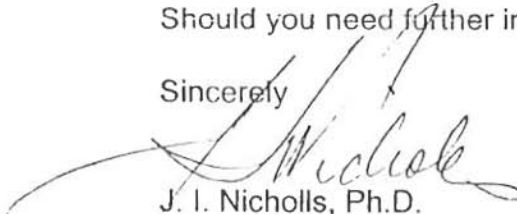
Both parts of the handpiece testing have now been completed, and the report appended to this letter provides the final results.

Based on our final testing, wherein bacterial contamination was investigated at the distal end of the handpiece, it appears that bacteria are sucked into the Kavo unit, but, since the turbine is moving extremely fast, no bacteria actually attaches to the turbine blades, or internal walls of the head. Obviously then, this suckback occurs when the turbine is spinning fast, and not when it is close to stopping. However, when the air flow slows down, as is the case when this air reaches the distal end of the handpiece, the slower air flow allows bacterial attachment, with recognizable contamination.

Our findings, show there was no bacterial suckback into your NSK handpieces, whether new, or in service for at least two years.

Should you need further information on this study, please contact me.

Sincerely



J. I. Nicholls, Ph.D.  
Professor, Restorative Dentistry  
University of Washington.  
Seattle, Washington. 98195  
U.S.A.

# Evaluation of the effectiveness of a "clean-head" design high speed dental handpiece

National University of Singapore, Singapore, 1999

---

G Ong+, KC Lim++ and Bow Ho+++

+ Senior Lecturer  
Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry  
National University of Singapore

++ Part-Time Lecturer  
Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry  
National University of Singapore

+++ Senior Lecturer  
Department of Microbiology, Faculty of Medicine  
National University of Singapore

A report submitted to Nakanishi Inc. (NSK), 1999

## ■ AIM

To evaluate the effectiveness of a "clean-head" design high speed handpiece, in vitro

## ■ INTRODUCTION

One of the major problems in implementing effective infection control in dentistry is the potential for cross-infection via the dental handpiece. Many studies have shown that the possibility of contaminants being sucked back through the dental handpiece and into the unit water system is real (Scheid et al 1982, Lewis and Boe 1992, Lewis et al 1992, Mills et al 1993). As such, non-retractory valves are recommended to be incorporated into high speed handpiece systems to decrease or eliminate this risk (Crawford 1978, Bagga et al 1984). The non-retraction valve is usually sited in the coupling to the handpiece. This still allows the potential for blood and debris to enter the intricate mechanism of the high speed handpiece, which if not properly cleaned, could reduce the effectiveness of sterilization and even reduce the life-span of the handpiece. A novel approach is to use a "clean-head" design to prevent blood and debris from entering the handpiece's intricate mechanism to complement the benefits of a non-retraction valve.

This microbiological study was carried out to evaluate the effectiveness of a "clean-head" design high-speed handpiece.

## ■ MATERIALS AND METHODS

Two designs of high-speed handpieces were used in this in vitro evaluation. A conventional head design (KaVo, 630B) and another, with a "clean-head" design (NSK, MACH-QD). Both handpieces were used together with their respective couplings which house non-retraction valves.

The dental unit was specially fitted with a reservoir for sterile water to run through the dental unit instead of main water supply. Before each experimental run, the reservoir was filled with 70% alcohol and the waterlines sterilized by running the alcohol through the dental unit. Then, the reservoir was washed and filled with sterile water and the water lines flushed. Sterile water was used throughout the session. Four pieces of each type of handpiece were used. They want S/No of handpieces & couplings used. Both types handpieces were autoclaved for 15 minutes at 121 °C and subjected to the following protocol. Each handpiece was fitted with an autoclaved turbine bur. The handpiece was activated and 5 ml of effluent was collected as a negative control. Then, each handpiece was run for 3,

10-second bursts at full speed with the bur dipped into a brain heart infusion (BHI) broth culture of *Streptococcus sanguis* containing  $10^8$  colony forming units (CFU)/ml. Immediately after the bur was removed, 5 mls of effluent was collected. The handpiece and the non-retraction valve were then detached and both the air and water outlets were syringed with 5 mls of sterile saline and the effluents collected again. A total of 12 sets of readings were collected for each of the handpiece systems.

All effluents collected were subjected to the "pour plate technique" for enumeration of CFUs. The media used was a BHI agar. Each specimen collected was serially diluted to  $10^{-5}$ , then dispensed onto empty petri dishes, followed by pouring of the cooled (48°C) BHI agar. The plates were incubated at 37°C for 48 hours, after which enumeration for CFUs was carried out.

## ■ Footnote

(a) Serial numbers of NSK handpieces : 42032, 30 047, 4 20 355, 4 2 2032

(b) Serial numbers of NSK couplings : QD-J M4 406

## ■ RESULTS

Tables 1 and 2 show the 12 sets of results of the clean-head and conventional handpiece respectively. Comparing the results of the 2 handpiece systems (Table 3), all components of the "clean head" handpiece system showed a marked reduction of CFU. There is a five-fold decrease of CFUs from the handpiece run with the "clean-head" system, whilst with the conventional handpiece run there was a two-fold decrease. The "clean-head" system coupling which houses the non-retraction valve and waterline showed no bacterial contamination (0 CFU/ml), whilst this was not so with the conventional handpiece system.

## ■ DISCUSSION

The results of this in vitro study demonstrated that the "clean-head" handpiece system used in conjunction with their non-retraction valve effectively decreased bacterial contamination. It consistently prevented bacterial "suck-back" into the unit water system.

The conventional system also prevented "suck-back" contamination of the unit water system, however, this was not consistent (4 of the 10 test runs). The contamination that did occur, was generally very low. A possible explanation for the bacterial contamination of the waterline in the conventional system could be that bacteria sucked back resulted in bacteria being lodged in the coupling. This could be because the internal design of the coupling provided pockets of area for bacterial retention or the water flow is not totally laminar allowing areas for bacteria to marginate and stagnate. Depending on the concentration or location of the contamination, a little could get through the non-retraction valve as it was closing. Lastly, could the alcohol used to disinfect the .waterline affect the material used in the conventional valve.

The new 'clean head' designed handpiece system used in combination with its non-retraction valve was very effective in preventing bacterial "suck-back" to the coupling housing the non-retraction valve. The test bacteria recovered from the "clean head" handpieces were consistently lower by a factor of  $10^2$  compared to a conventional head design handpiece. This was confined to the handpiece and the coupling and unit water lines was consistently free of the test bacteria.

The clinical implication findings of this study are that using conventionally designed high speed handpieces, some bacterial contamination can be expected. Between patients, flushing of the water lines will therefore have to be performed. With the "clean head" system, this step could possibly be omitted. These will have to be confirmed in a clinical study which will be reported later.

## References

- Bagga BSR, Murphy RA, Andersen AW, Punwanil (1984). Contamination of dental unit cooling water with oral microorganisms and its prevention. J Am Dent Assoc 109:712-718
- Crawford JJ (1978). Clinical asepsis in dentistry. Dallas, RA Kolstad Lewis DL and Boe RK (1992). Cross-infection risks associated with current procedures for using high-speed dental handpieces. J Clin. Microbial 30:401-406
- Lewis DL, Arens M, Appleton SS, Nakashima K, Ryu J, Boe RK et al (1992). Lancer 21: 1252-1254
- Mills SE, Kuehne JC, Bradley Jr DV (1993). Bacteriological analysis of high-speed handpiece turbines. J Am Dent Assoc 59-62
- Scheid RC, Kim CK, Bright JS, Whitley MS, Rosen S (1982). Reduction of microbes in handpieces by flushing before use. J Am Dent Assoc 105:658-670

**[Table 1.]** Total colony forming units (CFU/ml) found in the various components of the "clean-head" handpiece system

	1	2	3	4	5	6
Strept. sanguis broth	1.33 x 10 <sup>8</sup>	9.50 x 10 <sup>7</sup>	2.20 x 10 <sup>8</sup>	3.44 x 10 <sup>7</sup>	7.00 x 10 <sup>7</sup>	3.80 x 10 <sup>7</sup>
Handpiece Run	430	214	1.38 x 10 <sup>4</sup>	545	3	2.15 x 10 <sup>3</sup>
Handpiece Water Inlet	0	160	4.25 x 10 <sup>3</sup>	4.30 x 10 <sup>2</sup>	0	215
Handpiece Air Outlet	0	0	0	0	0	0
Valve Air Outlet	0	0	0	0	0	0
Valve Water Inlet	0	0	0	0	0	0
Waterline	0	0	0	0	0	0

	7	8	9	10	11	12
Strept. sanguis broth	9.50 x 10 <sup>8</sup>	3.50 x 10 <sup>7</sup>	3.50 x 10 <sup>7</sup>	1.83 x 10 <sup>8</sup>	1.73 x 10 <sup>8</sup>	2.96 x 10 <sup>8</sup>
Handpiece Run	0	1.24 x 10 <sup>4</sup>	1.24 x 10 <sup>4</sup>	270	2.10 x 10 <sup>3</sup>	1.66 x 10 <sup>4</sup>
Handpiece Water Inlet	320	1.60 x 10 <sup>4</sup>	1.60 x 10 <sup>4</sup>	5	2	3.90 x 10 <sup>3</sup>
Handpiece Air Outlet	0	5.20 x 10 <sup>3</sup>	5.20 x 10 <sup>3</sup>	0	0	0
Valve Air Outlet	0	0	0	0	0	0
Valve Water Inlet	0	0	0	1	0	0
Waterline	0	0	0	0	0	0

**[Table 2.]** Total colony forming units (CFU/ml) found in the various components of the conventional handpiece system

	1	2	3	4	5	6
Strept. sanguis broth	$2.40 \times 10^7$	$8.60 \times 10^6$	$1.29 \times 10^8$	$2.40 \times 10^7$	$2.60 \times 10^7$	$2.40 \times 10^7$
Handpiece Run	$9.40 \times 10^3$	$> 10^8$	$7.88 \times 10^6$	$6.40 \times 10^4$	$1.06 \times 10^6$	$6.00 \times 10^5$
Handpiece Water Inlet	$5.90 \times 10^3$	$1.60 \times 10^4$	$> 10^8$	$1.05 \times 10^3$	$1.35 \times 10^3$	$4.20 \times 10^3$
Handpiece Air Outlet	$5.90 \times 10^5$	$> 10^8$	$2.52 \times 10^6$	$4.30 \times 10^4$	$2.50 \times 10^4$	$2.07 \times 10^3$
Valve Air Outlet	$9.00 \times 10^3$	$> 10^8$	$7.10 \times 10^2$	22	96	23 <sup>3</sup>
Valve Water Inlet	$2.90 \times 10^2$	$6.12 \times 10^3$	$7.20 \times 10^3$	50	2	2
Waterline	0	$1.04 \times 10^2$	0	7	12	1

	7	8	9	10	11	12
Strept. sanguis broth	$1.80 \times 10^7$	$1.80 \times 10^7$	$1.27 \times 10^8$	$1.27 \times 10^8$	$8.20 \times 10^7$	$2.40 \times 10^7$
Handpiece Run	$2.16 \times 10^6$	$4.00 \times 10^5$	$6.10 \times 10^5$	$4.00 \times 10^5$	$6.10 \times 10^5$	$8.40 \times 10^4$
Handpiece Water Inlet	$3.90 \times 10^4$	$1.52 \times 10^5$	$4.00 \times 10^3$	$1.06 \times 10^5$	$5.60 \times 10^4$	$1.15 \times 10^4$
Handpiece Air Outlet	$7.48 \times 10^6$	$4.18 \times 10^6$	$1.26 \times 10^5$	$1.57 \times 10^7$	$4.40 \times 10^6$	$6.50 \times 10^5$
Valve Air Outlet	$> 10^8$	$2.24 \times 10^2$	0	$2.60 \times 10^4$	$1.14 \times 10^3$	$1.04 \times 10^4$
Valve Water Inlet	$5.40 \times 10^2$	$2.90 \times 10^2$	0	$1.26 \times 10^2$	$1.48 \times 10^3$	$8.50 \times 10^2$
Waterline	$8.00 \times 10^2$	0	0	40	1	47

**[Table 3.]** Comparison of total colony forming units (CFU/ml) from various parts of a "clean-head" and conventional handpiece systems.

Source	"Clean-head"		Conventional	
	Median	Range	Median	Range
Strept. sanguis broth	$1.14 \times 10^8$	$3.44 \times 10^7 - 9.5 \times 10^8$	$2.4 \times 10^7$	$8.6 \times 10^6 - 1.29 \times 10^8$
Handpiece Run	$1.32 \times 10^3$	$0 - 1.66 \times 10^4$	$5.05 \times 10^5$	$1.0 - 1.0 \times 10^7$
Handpiece Water Inlet	2.67	$0 - 4.2 \times 10^3$	$1.37 \times 10^4$	$1.05 \times 10^3 - 1.0 \times 10^6$
Handpiece Air Outlet	0	$0 - 5.2 \times 10^3$	$1.58 \times 10^6$	$2.5 \times 10^4 - 1.57 \times 10^7$
Valve Water Inlet	0	0	290	$0 - 7.2 \times 10^3$
Valve Air Outlet	0	0	$1.6 \times 10^3$	$0 - 1.0 \times 10^6$
Waterline	0	0	4.5	0 - 800

# Risk of Hepatitis B Virus Transmission via Dental Handpiece and Evaluation of an Antisuction Device for Prevention of Transmission

Sichuan University, China, 2007

## CONCISE COMMUNICATION

Tao Hu, DDS, PhD; Gang Li, DDS, MD;  
Yuling Zuo, DDS, MD; Xuedong Zhou, DDS, PhD  
West China College of Stomatology Sichuan University,  
14 South Road of Renmin 610041, Chengdu City,  
People's Republic of China

INFECTION CONTROL AND HOSPITAL EPIDEMIOLOGY  
Vol.28 No.1, 2007

We evaluated the risk of hepatitis B virus (HBV) transmission via dental handpieces and the effects of an antisuction device in preventing HBV contamination. The results of our study show that under certain conditions, HBV transmission can occur when an antisuction device is used during dental procedures. We conclude that such devices may decrease contamination, but do not eliminate it. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2007; 28:80-82

In dentistry, bloodborne pathogens are likely to be transmitted via many types of equipment; air-driven handpieces with high-speed drills have been suggested as potential sources of such transmission.<sup>1,2</sup> When the high-speed drill stops rotating, contaminated fluid from the external environment is retracted into various compartments of the handpiece and settles in the dental unit. The contaminated fluid is then expelled during the next procedure.<sup>3,4</sup> A special antisuction device inside the handpiece has been designed to prevent cross-infection between patients and dental personnel and among patients. However, previous cross-contamination studies are limited.<sup>5-7</sup> Moreover, few studies have indicated whether the handpiece can become internally contaminated with patient material during routine clinical practice.<sup>8</sup>

We investigated the rate of transmission of hepatitis B virus (HBV) in an artificial viral environment and among patients with hepatitis. We sought to determine whether an antisuction device could reduce contamination in the air chamber of a high-speed handpiece.

## METHODS

**Dental units.** Two types of dental handpieces (Nakanishi [NSK]) were used in this study. One was equipped with an antisuction device; the other was structurally similar, but lacked the antisuction device. Both dental handpieces were connected to dental units (Nakanishi [NSK]). Identical cylindrical burs without cutting edges were inserted into each handpiece. All the handpieces and the attached equipment were sterilized at 135°C and 1.5 kg of pressure before being used.

**Artificial model and clinical situations.** HBV recombinant plasmid solutions (with concentrations of  $10^{-6}$  µg/µL and  $10^{-9}$  µg/µL; prepared at our institution [Huaxi Hospital]) were placed in separate containers, and a turbine head was

immersed in each solution. While immersed in the liquid, the handpiece was run for 10 seconds and then stopped for 10 seconds. This procedure was repeated either 5 or 10 times. The rotating speeds of the turbines were adjusted to almost identical rates of 400,000 rpm.

In the clinic, 40 HBV DNA-positive patients were selected for inclusion in the study. The purpose of the study was explained to them, and all agreed to participate. The blood concentrations of HBV DNA in these patients ranged from  $10^7$  to  $10^9$  copies/mL. The patients were divided into 2 groups according to the HBV DNA concentrations in their saliva and their clinical periodontal status. The fluorescent quantitative polymerase chain reaction technique was used to test for HBV DNA concentrations in saliva. The patients in group 1 had no bleeding in the gingiva, mucosa, or other soft tissues in the mouth, and their viral DNA concentrations were comparatively low (mean  $\pm$  SD,  $10.67 \times 10^5 \pm 20.16 \times 10^5$  copies/mL), whereas patients in group 2 had serious gingivitis and higher concentrations of viral DNA (mean  $\pm$  SD,  $16.08 \times 10^5 \pm 20.22 \times 10^5$  copies/mL). A significant difference ( $P < .05$ ) was found between concentrations of viral DNA in the 2 groups of patients. Dental prophylaxis was performed, and salivary samples were taken from both groups according to the same procedures and technique standard (the handpiece was run across the saliva or blood on the surface of the mandibular teeth). Both types of handpieces were operated in the same position to perform the same procedure on both sides of each patient's mouth. The tripleblind method and randomization principle were used in the study.

Evaluation of viral retraction. Handpieces equipped with an antisuction device were compared with devices without this feature. At the end of the procedure, the equipment was scrubbed externally with disinfectant detergent (iodophore) 3 times and wiped with bibulous paper. Internal contamination samples were taken from several locations in the handpiece (ports for the air and water lines that serve the patient [chip air port, chip water port], driving air port, and exhaust port, as well as from the water tank in the dental unit) using identical paper points, which were transferred to fresh tubes containing 500  $\mu$ L phosphate-buffered saline at a concentration of 0.01-mol/L (pH 7.2). Samples were tested for the presence of HBV DNA with polymerase chain reaction analysis, and polymerase chain reaction markers were used to define a positive finding of HBV contamination.

## RESULTS

Viral retraction in handpieces and water tanks. Table 1 gives the rates of contamination with HBV plasmids due to retraction for different handpieces and different sites. Each value represents the ratio of positive samples to the total of 10 samples tested for each site. In both the chip water and chip air ports ( $P < .05$ ), the rates of contamination were determined to be significantly greater (on the basis of  $\chi^2$  test) with a conventional handpiece than with the antisuction designs. However, no significant differences in the rates of contamination were found between the 2 types of handpieces in the driving air port or exhaust port or the water tank in the dental units ( $P > .05$ ). The number of stops during the tests (either 5 or 10) had no effect on contamination ( $P > .05$ ). Therefore, chip water and chip air ports were tested in subsequent studies.

Viral retraction with different HBV plasmid solutions. When the turbines were stopped in HBV plasmid solutions with a concentration of  $10^{-6}$   $\mu$ g/ $\mu$ L, contamination was significantly lower in the chip water port of the handpieces equipped with antisuction devices (3 [15%] of these samples were contaminated) compared with conventional handpieces (14 [70%] of these samples were contaminated) ( $P < .05$ ). However, no significant difference was observed between the 2 types of handpieces when the turbines were stopped in HBV plasmid solution with a concentration of  $10^{-9}$   $\mu$ g/ $\mu$ L of (3 [15%] of the samples from handpieces with antisuction devices were contaminated, whereas 5 [25%] of sampled from conventional handpieces were contaminated;  $P > .05$ ).

Viral retraction in the clinical situation. A comparison between the 2 handpieces' rates of contamination after retraction is presented in Table 2. For patients in group 1, rates were low, and no significant difference was found between the 2 types of handpiece ( $P > .05$ ). However, for patients in group 2, rates of contamination of the chip air and chip water ports of the handpiece with the antisuction device were much lower than for the handpiece without the device ( $P < .05$ ) (Table 2).



**[TABLE 1.]** Rate of Contamination With Hepatitis B Virus Plasmids in Different Handpiece Sites.

Handpiece site	No. (%) of samples contaminated, by test protocol and type of handpiece			
	5 stops		10 stops	
	Handpiece with antisuction device	Handpiece without antisuction device	Handpiece with antisuction device	Handpiece without antisuction device
Driving air port	7 (70)	6 (60)	4 (40)	5 (50)
Chip water port	1 (10)	7 (70)	2 (20)	7 (70)
Chip air port	2 (20)	7 (70)	3 (30)	8 (80)
Exhaust port	2 (20)	3 (30)	5 (50)	6 (60)
Water tank	3 (30)	6 (60)	2 (20)	5 (50)

NOTE. Ten samples were tested for each site. For definitions of "chip air" and "chip water," see "Evaluation of viral retraction," in Methods.

**[TABLE 2.]** Rate of Contamination With Hepatitis B Virus in the 2 Types of Handpieces for the 2 Patient Groups

Handpiece type	No. (%) of samples contaminated, by patient group			
	Group 1		Group 2	
	Chip water port	Chip air port	Chip water port	Chip air port
Handpiece with antisuction device	4 (20)	3 (15)	5 (25)	6 (30)
Handpiece without antisuction device	5 (25)	5 (25)	12 (60)	14 (70)

NOTE. Twenty samples were tested for each site, for both group 1 and group 2. For definitions of patient groups, see "Artificial model and clinical situations," in Methods. For definitions of "chip air" and "chip water," see "Evaluation of viral retraction," in Methods.

## DISCUSSION

It is well known that high-speed dental handpieces take up and expel patients' tissues and fluids and thus can potentially transfer infectious agents from one patient to another and to dental healthcare workers.<sup>1,9,10</sup> The contaminating material is present in internal areas of the equipment, so it is not readily accessible to chemical disinfectant. Contamination inside the internal lines can still be detected even after correct sterilization of the handpiece.<sup>5</sup> Pathogens in saliva and sputum may be transmitted by this route.

HBV is one of the most serious bloodborne pathogens potentially transmissible through dental procedures, especially in China. We used an artificial model to simulate oral conditions and a clinical model that reflects the intraoral situations most frequently encountered during clinical practice. We found that the higher the concentrations of HBV plasmid or DNA, the higher the rate of contamination of the 2 handpieces after retraction. However, the handpiece with the antisuction device showed much lower contamination than the handpiece without the antisuction device. The dental unit was actively picking up viruses inside the handpiece and the attachment tank when the bur was in contact with the contaminant fluid, especially when salivary viral concentrations were high. Thus, the risk of virus transmission between procedures via the handpiece is obvious. Dental healthcare workers and patients should therefore be protected from being exposed to the risk of infection from bloodborne or salivaborne pathogens.

No significant difference was found between the contamination rates in the 2 patient groups after use of the handpiece with the antisuction device, whereas a significant increase was found when the handpiece without the antisuction device was used in patients with higher salivary HBV DNA concentrations. Thus, using handpieces with this antisuction device can reduce the problem of dental unit contamination in most intraoral clinical situations. However, it seems unlikely that this device can completely prevent suction when the turbine stops while the

handpiece is in contact with the oral fluid. The fact that the contamination rates were not zero indicates that there is risk of viral retraction during every dental operation. We conclude that such devices may decrease contamination but do not eliminate it. Therefore, antisuction devices cannot replace standard infection control measures, because viruses such as HBV can be retracted into various compartments of the handpiece and settle in dental units.

From the West China College of Stomatology, Sichuan University, Chengdu City, People's Republic of China (all authors).

Address reprint requests to Xuedong Zhuou, DDS, PhD, West China College of Stomatology Sichuan University, 14 South Road of Renmin 610041, Chengdu City, People's Republic of China (acomnet@263.net).

Received May 29, 2005; accepted October 12, 2005; electronically published December 29, 2006

© 2006 by The Society for Healthcare Epidemiology of America. All rights reserved. 0899-823X/2007/2801-0014\$15.00.

## ■ REFERENCES

1. McCarthy GM, Ssali CS, Bednarsh H, et al. Transmission of HIV in the dental clinic and elsewhere. *Oral Dis* 2002; 8:126-135.
2. Cleveland JL, Cardo DM. Occupational exposures to human immunodeficiency virus, hepatitis B virus, and hepatitis C virus: risk, prevention, and management. *Dent Clin North Am* 2003; 47:681-696.
3. Checci L, Montebugholi L, Samaritani S, et al. Contamination of the turbine air chamber: a risk of cross-infection. *J Clin Periodontol* 1998; 25:607-611.
4. Christensen GJ. The high-speed hand-piece dilemma. *J Am Dent Assoc* 1999; 130:1494-1496
5. Ojarjarvi J. Prevention of microbial contamination of dental unit caused by suction into the turbine drive air lines. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1996; 81:50-52.
6. Butt AK, Khan SY, et al. Dentistry as a possible route of hepatitis C transmission in Pakistan. *Int Dent J* 2003; 53:141-144.
7. Lee SA, Yoo SY, Kay KS, et al. Detection of hepatitis B virus and Mycobacterium tuberculosis in Korean dental patients. *J Microbiol* 2004; 42:239-242.
8. Lewis DL, Arens M, Appleton SS, et al. Cross-contamination potential with dental equipment. *Lancet* 1992; 340:1252-1254.
9. Leontiou A, Coogan MM, Aspinall S. Disinfection of dental diamond burs contaminated with hepatitis B virus. *J Prosthet Dent* 1999; 82:332-335.
10. Propero E, Savini S, Annino I. Microbial aerosol contamination of dental healthcare worker's faces and other surfaces in dental practice. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2003; 24:139-141.



**感染予防30年の実績が、  
医療現場の安全を守る。**

個人の私的利用、その他著作権法によって認められる範囲を超えて、著作権者およびその他の権利者の許諾を得ることなく、これらの情報を使用（複製、改変、掲示、配布、サイトへの転載などを含む）することは、著作権法により禁止されておりますので、事前に当社にご連絡の上、許諾を得ていただくようお願いいたします。