

# Effective Disinfection of Orthodontic Pliers

## Effektivität der Desinfektion orthodontischer Zangen

Andrea Wichelhaus<sup>1</sup>, Friedel Bader<sup>2</sup>, Franz Günter Sander<sup>2</sup>, Dorothea Krieger<sup>3</sup>, Thomas Mertens<sup>4</sup>

### Abstract

**Objective:** Pathogenic microbes may be transmitted directly from the orthodontist to the patient or from the patient to the doctor, and indirectly from patient to patient. The latter may occur via contaminated instruments or surfaces, and is referred to as cross-contamination. The objective of this study was to evaluate the extent of bacterial contamination of orthodontic pliers and the efficacy of the disinfection techniques applied after clinical use. We also sought to examine under standardized conditions the virucidal, bactericidal and fungicidal effects of disinfection techniques used in practice.

**Materials and Methods:** The efficacy of various disinfection methods was determined after clinical use in-vivo on 10 test subjects and in-vitro with deliberate contamination. The following disinfection methods were tested:

1. Iso-Septol spray
2. Incidur® spray
3. Trough disinfection in combination with 5% Sekusept® Plus solution
4. Ultrasound bath in combination with 5% Sekusept® Plus solution
5. Thermal disinfection

For in-vitro contamination we used the test organisms *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, Coxsackie virus B4, HSV 1, and Adenovirus type 5. The tests were carried out six to eight times for each organism. The Weingart pliers and distal-end cutters were tested. The criteria for effective disinfection were a reduction in infectiosity of five log steps (for bacteria and fungi) or four log steps (viruses). Statistical analysis was carried out using the Wilcoxon and Whitney U-test.

**Results:** The presence of contamination following clinical use was not adequately eliminated with all disinfection methods. The spray methods exhibited shortcomings in disinfection. For the type of contamination defined, trough disinfection with 5% Se-

### Zusammenfassung

**Ziel:** Eine Übertragung pathogener Keime ist auf direktem Weg vom Behandler zum Patienten, vom Patienten zum Arzt und auf indirektem Weg von Patient zu Patient möglich – Letzteres über keimbeladene Instrumente oder Oberflächen, die so genannte Kreuzkontamination. Ziel dieser Studie war es, das Ausmaß der bakteriellen Kontamination von kieferorthopädischen Zangen und die Effizienz der Desinfektionsmaßnahmen nach klinischem Gebrauch zu evaluieren. Weiterhin sollte unter standardisierten Bedingungen der viruzide, der bakterizide und fungizide Effekt von in der Praxis verwendeten Desinfektionsmaßnahmen untersucht werden.

**Material und Methodik:** Die Effektivität von verschiedenen Desinfektionsverfahren wurde nach klinischem Gebrauch in vivo an zehn Probanden und in vitro mit gezielter Keimkontamination ermittelt. Die folgenden Desinfektionsverfahren wurden untersucht:

1. Iso-Septol Spray
2. Incidur® Spray
3. Bottichdesinfektion in Kombination mit Sekusept® Plus 5% Lösung
4. Ultraschallbad in Kombination mit Sekusept® Plus 5% Lösung
5. Thermodesinfektion

Die In-vitro-Kontamination erfolgte mit den Testkeimen *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, Coxsackievirus B4, Herpes-simplex-Virus Typ I, Adenovirus Typ 5. Die Versuche erfolgten pro Keim sechs- bis achtmal. Untersucht wurden die Weingartzange und der Distalendcutter. Die Kriterien für eine erfolgreiche Desinfektion bestanden in einer Reduktion der Infektiosität um 5 log-Stufen (Bakterien, Pilze) bzw. 4 log-Stufen (Viren). Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Wilcoxon- und Whitney-U-Test.

**Ergebnisse:** Die Keimbelastung nach klinischem Gebrauch konnte nicht mit allen Desinfektionsmethoden ausreichend beseitigt werden. Die Sprayverfahren zeigten Lücken in der Desinfektion auf. Bei der definierten Keimkontamination zeigten die Bottichdesinfektion mit Sekusept® Plus 5% und die Spraydesinfektionsmetho-

<sup>1</sup> Clinic of Orthodontics and Pedodontics, University of Basle, Basle, Switzerland,

<sup>2</sup> Department of Orthodontics, University of Ulm, Ulm, Germany,

<sup>3</sup> Department of Microbiology, University of Ulm, Ulm, Germany,

<sup>4</sup> Department of Virology, University of Ulm, Ulm, Germany.

Received: April 26, 2006; accepted: July 17, 2006

J Orofac Orthop 2006;67:316–36

DOI 10.1007/s00056-006-0622-9

kusept® Plus and the Incidur® and Iso-Septol spray disinfection methods provided insufficient disinfection. Conversely, the ultrasound bath with 5% Sekusept® Plus solution and steam disinfection met the criteria for effective disinfection for all microbes. No statistically significant difference was found between the oiled and unoiled states. In some cases, there were slightly higher rates of contamination with the Weingart pliers as with the distal-end cutters. However, these were not statistically significant.

**Conclusions:** It should be possible to disinfect lipophilic viruses and the usual bacterial infections adequately with all methods, provided that the use of sprays and trough disinfection is preceded by cleaning with brush and water, followed by drying. With hydrophilic viruses, however, the spray and trough disinfection methods are limited in their efficacy and cannot be considered adequate. Exclusively chemical methods are therefore less effective than thermal or physical-chemical methods.

Thermal disinfection and the ultrasound bath in combination with 5% Sekusept® Plus are clearly superior to spray disinfection and trough disinfection alone. The ultrasound bath and thermal disinfection can therefore be recommended for the disinfection of orthodontic pliers. We recommend that the pliers be cleaned beforehand due to their uneven surfaces.

**Key Words:** Disinfection · Orthodontic pliers · In-vivo and in-vitro study · *Staphylococcus aureus* · *Escherichia coli* · *Candida albicans* · Coxsackie virus B4 · Herpes simplex virus type 1 · Adenovirus type 5

## Introduction

The dentist and/or orthodontist is faced in his practice with several different virulent and resistant micro-organisms which must be eliminated or reduced according to the specific situation, the protection of patients against infection being the priority.

The main distinction in techniques for reducing microbe counts is between sterilization and disinfection. Sterilization works by killing and permanently inactivating all reproductive micro-organisms. Effective sterilization is demonstrated by the complete inactivation of spore packets with  $10^6$  reproductive terrestrial spores, which are among the most resistant microbes. In contrast to sterilization, disinfection is not an absolute method but rather an incremental one. The aim of disinfection is to kill or significantly reduce the number of pathogenic microbes. A disinfection agent is recognized as a virucide if the titer of the infectious virus is reduced by five log steps within the recommended period of exposure [5]. For bacteria and fungi, on the other hand, a reduction in infectivity of 5 log steps is required [9]. Three levels of disinfection can be distinguished [33]:

diken Incidur® Spray und Iso-Septol Spray eine insuffiziente Desinfektion. Gegensätzlich dazu erfüllten das Ultraschallbad mit 5% Sekusept® Plus Lösung und die Dampfdesinfektion bei allen Keimen die Kriterien für eine erfolgreiche Desinfektion. Zwischen den Zuständen „geölt“ und „nicht geölt“ konnte kein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden. In einigen Fällen zeigten sich gering erhöhte Kontaminationsraten bei der Weingartzange gegenüber dem Distalendcutter. Diese waren jedoch statistisch nicht signifikant.

**Schlussfolgerungen:** Lipophile Viren und die üblichen bakteriellen Belastungen dürften mit allen Methoden ausreichend desinfizierbar sein, wenn bei der Anwendung von Spray und bei der Bottichdesinfektion eine Vorreinigung mit Wasser und Bürste und anschließendem Abtrocknen erfolgt. Bei hydrophilen Viren zeigt sich jedoch die Grenze der Leistungsfähigkeit der Spray- und Bottichdesinfektion. Sie ist als nicht ausreichend zu erachten. Ausschließlich chemische Methoden sind daher weniger effektiv als thermische oder physikalisch-chemische Methoden.

Die Thermodesinfektion und das Ultraschallbad in Kombination mit Sekusept® Plus 5% ist der Spraydesinfektion und ausschließlicher Bottichdesinfektion deutlich überlegen. Das Ultraschallbad und die Thermodesinfektion können daher für die Desinfektion von kieferorthopädischen Zangen empfohlen werden. Eine Vorreinigung der Zangen ist jedoch aufgrund der Unebenheiten der Zangenoberflächen zu empfehlen.

**Schlüsselwörter:** Desinfektion · Orthodontische Zangen · In-vivo-/In-vitro-Studie · *Staphylococcus aureus* · *Escherichia coli* · *Candida albicans* · Coxsackievirus B4 · Herpes-simplex-Virus Typ 1 · Adenovirus Typ 5

## Einleitung

Der Zahnarzt und/oder Kieferorthopäde sieht sich in seiner Praxis mit einer Vielzahl unterschiedlicher virulenter und resistenter Mikroorganismen konfrontiert, für deren Beseitigung oder Reduzierung er je nach spezifischer Situation sorgen muss. Der Schutz seiner Patienten vor einer Infektion steht dabei im Vordergrund.

Grundsätzlich unterscheidet man bei den Verfahren zur Keimzahlverminderung zwischen Sterilisation und Desinfektion. Sterilisation bewirkt das Abtöten und die irreversible Inaktivierung aller vermehrungsfähigen Mikroorganismen. Als Nachweis der erfolgreichen Sterilisation dient die komplette Inaktivierung von Sporenpäckchen mit  $10^6$  vermehrungsfähigen Erds sporen, die zu den resistentesten Keimen zählen. Im Gegensatz zur Sterilisation ist die Desinfektion kein absoluter, sondern ein stufenweiser Vorgang. Das Ziel der Desinfektion besteht in der Abtötung oder weitgehenden Reduzierung der Zahl von pathogenen Keimen. Ein Desinfektionsmittel wird als viruzid anerkannt, wenn innerhalb der empfohlenen Einwirkungszeit der Titer des infektiösen Virus um 4 log-Stu-

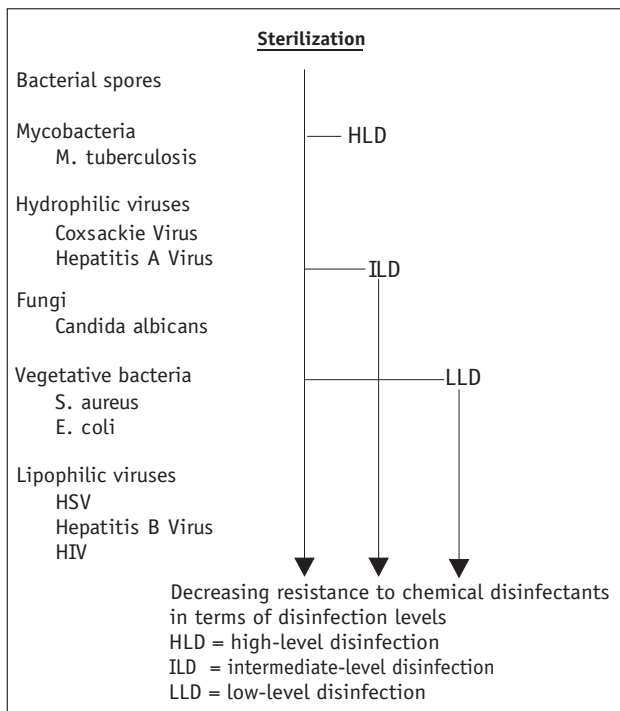


Figure 1. Disinfection levels according to Bond [4].

Abbildung 1. Desinfektionsstufen nach Bond [4].

1. High-level disinfection

High-level disinfection kills tubercular bacteria, fungi, lipophilic viruses, non-lipophilic viruses, vegetative bacteria and most spores (except for high spore-counts).

2. Intermediate-level disinfection

At this disinfection level, Mycobacterium tuberculosis, vegetative bacteria, most viruses and most fungi, but not necessarily bacterial spores, are killed.

3. Low-level disinfection

At this lowest disinfection level, most bacteria, some viruses, some fungi, but not resistant micro-organisms such as tubercular bacteria and bacterial spores, are killed.

High-level disinfection constitutes the highest level of disinfection, resulting in the elimination of the entire spectrum of vegetative microbes (Figure 1). The additional sterilization effect relates exclusively to spores, among which the ever-present tetanus and gas gangrene spores are significant in dentistry as agents of wound infections, and to the prions that have appeared recently, particularly in connection with Creutzfeldt-Jakob disease.

The medical products can be classified in three categories [17, 29, 35].

1. Critical

We describe as critical instruments that penetrate the skin and mucous membrane and thus come into contact

fen reduziert wird [5]. Für Bakterien und Pilze wird dagegen eine Reduzierung der Infektiosität um 5 log-Stufen gefordert [9]. Es lassen sich drei Desinfektionsniveaus unterscheiden [33]:

1. High-level disinfection

Bei der „High-Level-Desinfektion“ werden Tuberkelbakterien, Pilze, lipophile Viren, nicht lipophile Viren, vegetative Bakterien und die meisten Sporen (mit Ausnahme hoher Sporenzahlen) abgetötet.

2. Intermediate-level disinfection

Auf dieser Desinfektionsstufe werden Mycobacterium tuberculosis, vegetative Bakterien, die meisten Viren, die meisten Pilze, aber nicht notwendigerweise bakterielle Sporen abgetötet.

3. Low-level disinfection

Bei dieser untersten Desinfektionsstufe werden die meisten Bakterien, einige Viren, einige Pilze, aber nicht zuverlässig resistente Mikroorganismen, wie Tuberkelbazillen oder bakterielle Sporen, abgetötet.

Die „High-Level-Desinfektion“ stellt die höchste Stufe der Desinfektion dar, die zu einer Eliminierung des gesamten Spektrums der vegetativen Keime führt (Abbildung 1). Der zusätzliche Wirkungsbereich der Sterilisation bezieht sich ausschließlich auf Sporen, von denen im zahnärztlichen Bereich die ubiquitär vorkommenden Tetanus- und Gasbrandsporen als Erreger von Wundinfektionen im chirurgischen Bereich Bedeutung haben, und die Prionen, die insbesondere im Rahmen der Creutzfeldt-Jakob-Erkrankung in neuerer Zeit aufgetreten sind.

Eine Einteilung der Medizinprodukte kann in drei Kategorien erfolgen [17, 29, 35].

1. Kritisch

Als kritisch zu bezeichnen sind Instrumente, die die Haut und Schleimhaut durchdringen und dabei in Kontakt mit Blut, inneren Geweben oder Organen kommen, einschließlich Wunden. Diese Instrumente müssen sterilisiert werden.

2. Semikritisch

Diese Kategorie umfasst Instrumente, die mit intakten Schleimhäuten oder krankhaft veränderter Haut in Berührung kommen, aber nicht in sie eindringen. Die Desinfektion der semikritischen Kategorie muss auf einem „High-Level“-Niveau erfolgen.

Kritische und semikritische zahnärztliche Medizinprodukte können weiter eingeteilt werden:

- Gruppe A: Aufbereitung ohne erhöhte Anforderung
  - Gruppe B: Aufbereitung mit erhöhter Anforderung
- Die kieferorthopädischen Zangen sind dabei als semikritisch A einzustufen.

3. Unkritisch

In diese Kategorie werden Instrumente eingeordnet, die mit der intakten Haut, aber nicht mit der Schleimhaut in Berührung kommen. Die Desinfektionsstufe ist auf einem „Low-Level“-Niveau.

with blood, internal tissue or organs, including wounds. These instruments must be sterilized.

### 2. *Semi-critical*

This category covers instruments that come into contact with, but do not penetrate, intact mucous membranes or damaged skin. The semi-critical category demands a high level of disinfection.

Critical and semi-critical dental products may be further broken down into:

- Group A: Prepared with standard requirements
- Group B: Prepared with more demanding requirements

On this basis, orthodontic pliers may be classed as semi-critical A.

### 3. *Non-critical*

This category includes instruments that come into contact with intact skin, but not with the mucous membrane. The disinfection level is low.

The EPICD [12] and the Robert Koch Institute (Berlin, Germany) have addressed the terms sterilization and disinfection with reference to dentistry, with the aim of standardizing the hygiene regulations at a German and European level [9, 17, 29]. Instruments that penetrate the outer or inner integument of the body, including all surgical, endodontic and periodontal instruments or syringes that come into contact with wounds or blood, must be used in a sterile state. Instruments used for non-surgical procedures must be disinfected before use, either by chemical processes meeting the DGHM (Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie e.V. – German Society for Hygiene and Microbiology) requirements for disinfecting instruments [8, 9, 29] including HBV and HIV virucides [6], or thermally by a BGA-listed method (BGA: Bundesgesundheitsamt – Federal Health Department) [9] guaranteed to kill or inactivate the agents of transmissible diseases. According to recommendations from the Robert Koch Institute, thermal disinfection should be preferred [17]. This includes instruments used for general examination and for preventive, restorative, prosthetic or orthodontic procedures. Sterilization following disinfection of these instruments is recommended, but not prescribed, as a step towards greater patient protection [7].

The pliers used in orthodontics are semi-critical instruments used to bend and cut inside and outside the mouth. Hygienic plier preparation must result in a sufficient reduction in microbes in accordance with EPICD guidelines [12]. For semi-critical instruments, this means disinfection at anti-hepatitis B level [3, 12]. In bacteriological tests, this is equivalent to a reduction in the microbe population by five log steps according to the guidelines issued by the DVV (Deutsche Vereinigung zur Bekämpfung von Viruserkrankungen – German Association for the Control of Virus Diseases) and the DGHM [5, 8].

To verify the disinfection methods most frequently used in practice, the aim of this study was to determine the

Das EPICD [12] und das Robert-Koch-Institut (Berlin, Deutschland) haben die Begriffe „Sterilisation“ und „Desinfektion“ für das Gebiet der Zahnheilkunde aufgegriffen mit dem Ziel der Vereinheitlichung der Hygienevorschriften auf deutscher und europäischer Ebene [9, 17, 29]. Instrumente, die das äußere oder innere Integument des Körpers durchdringen wie etwa alle chirurgischen, endodontischen, parodontologischen, Instrumente oder Injektionsnadeln, die mit Wunden oder Blut in Berührung kommen, müssen in sterilem Zustand angewendet werden. Instrumente für nicht-chirurgische Maßnahmen müssen bei ihrer Anwendung desinfiziert sein, entweder mit chemischen Verfahren, die den Anforderungen der DGHM (Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie e.V.) an die Instrumentendesinfektion genügen [8, 9, 29] einschließlich der Virucide HBV und HIV [6], oder thermisch mit einem BGA-gelisteten Verfahren [9], das eine Abtötung oder Inaktivierung der Erreger übertragbarer Krankheiten sicherstellt. Nach den Empfehlungen des Robert Koch-Institutes sollte der thermischen Desinfektion der Vorrang gegeben werden [17]. Darunter fallen Instrumente für die allgemeine Untersuchung und für präventive, restaurative, prothetische oder kieferorthopädische Maßnahmen. Eine sich an die Desinfektion anschließende Sterilisation dieser Instrumente wird als Maßnahme im Sinne des erhöhten Patientenschutzes empfohlen, aber nicht vorgeschrieben [7].

Bei den in der Kieferorthopädie verwendeten Zangen handelt es sich um semikritische Instrumente, die zum Biegen und Schneiden innerhalb und außerhalb des Mundes verwendet werden. Bei der hygienischen Aufarbeitung der Zangen muss eine ausreichend hohe Keimreduktionsrate nach den EPICD-Richtlinien [12] erfolgen. Dies bedeutet bei semikritischen Instrumenten eine Desinfektion auf Anti-Hepatitis-B-Niveau [3, 12]. Bei bakteriologischen Testverfahren ist dies gleichbedeutend mit einer Reduktion der Keimrate von 5 log-Stufen gemäß den Richtlinien der DVV (Deutsche Vereinigung zur Bekämpfung von Viruserkrankungen) und DGHM [5, 8].

Zur Verifizierung der in der Praxis gebräuchlichen Desinfektionsverfahren war Ziel dieser Studie, das Ausmaß der bakteriellen Kontamination und die Effizienz der eingesetzten Desinfektionsmaßnahmen nach klinischer Anwendung zu ermitteln. Zur Beurteilung der Desinfektionsverfahren war ein weiteres Ziel dieser Studie die standardisierte Kontamination kieferorthopädischer Zangen mit pathogenen Keimen (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, Coxsackievirus B4, Herpes-simplex-Virus Typ I, Adenovirus 5). Da die Gängigkeit von kieferorthopädischen Zangen im Laufe des Infektionsverfahrens häufig durch angewendetes Paraffinöl verbessert wird, interessierte uns ebenfalls, inwieweit dieser Vorgang einen Einfluss auf das Desinfektionsniveau hat.

extent of bacterial contamination and the efficacy of the disinfection methods used after clinical use. To evaluate the disinfection methods, we also aimed to effect a standardized contamination of orthodontic pliers with pathogenic microbes (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, Coxsackie virus B4, Herpes simplex virus type 1, and Adenovirus 5). As the movement of orthodontic pliers is often facilitated during the infection process by the application of paraffin oil, we were also interested in the extent to which this procedure affects the degree of disinfection.

## Materials and Methods

### Materials

The pliers chosen for testing were the Weingart pliers and distal-end cutters commonly used in orthodontic treatment. After each test, the contaminated pliers were auto-claved (2.2 bar, 134 °C; 20 minutes) and then cleaned with a brush under running water. The pliers were dried and the joint was sometimes greased with paraffin spray. The pliers were then auto-claved again and stored in sterile conditions until the next test. The pliers and trays were marked with autoclavable, colored tape to ensure that the same pliers were always disinfected by a given method.

For contamination of pliers inside the mouth, ten subjectively-healthy patients attending the Orthodontic Clinic of the University of Ulm were selected. They all wore fixed appliances; their average age was 15.5 years.

For the standardized infection of the pliers with microbes, the following test microbes were chosen:

### *Staphylococcus aureus*

The bacterium occurs as a facultatively pathogenic microbe in around 50% of patients in the physiological bacterial flora of the skin and mucous membrane. Apart from ulceration, the bacterium can cause severe clinical syndromes such as endocarditis and sepsis. Because of its environmental stability and resistance to antibiotics, it is one of the problem microbes in the hospital setting (hospitalism). Staphylococci are among the most resistant human pathogenic bacteria. They can survive for months in dry conditions and are resistant to heat up to 60 °C. *Staphylococcus aureus* is one of the four test organisms used to test chemical disinfectants according to DGHM guidelines.

### *Escherichia coli*

*Escherichia coli* is a facultatively pathogenic, gram-negative rod in the family of enterobacteria. It is among the physiological bacterial flora in the intestine, and can cause ulceration and sepsis in other parts of the body. *Escherichia coli* is particularly resistant to surface-active substances. As *Escherichia coli* is often found in the mouth and throat of wearers of removable dentures, one can assume a similar incidence for orthodontic appliances. *Escherichia coli* is

## Material und Methoden

### Material

Als Testzangen wurden die in der kieferorthopädischen, orthodontischen Therapie gebräuchlichen Zangen, Weingartzange und Distalendcutter, ausgewählt. Nach jedem Versuch wurden die kontaminierten Zangen autoklaviert (2,2 bar, 134 °C; 20 Minuten). Anschließend erfolgte eine Reinigung der Zangen mit einer Bürste unter fließendem Wasser. Die Zangen wurden abgetrocknet und ggf. mit Paraffinspray im Gelenk geschmiert. Die Zangen wurden anschließend erneut autoklaviert und bis zum nächsten Versuch steril gelagert. Markierungen der Zangen und Trays mit autoklavierbaren, farbigen Klebestreifen stellten dabei sicher, dass immer die gleichen Zangen nach einer bestimmten Methode desinfiziert wurden.

Für die Kontamination der Zangen im Mund des Patienten wurden zehn subjektiv gesunde Patienten der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität Ulm selektiert. Alle Patienten trugen festsitzende Apparaturen. Das Alter der Probanden betrug im Durchschnitt 15,5 Jahre.

Für die standardisierte Kontamination der Zangen mit Keimen wurden folgende Testkeime ausgewählt:

### *Staphylococcus aureus*

Das Bakterium kommt als fakultativ pathogener Keim bei etwa 50% der Patienten in der physiologischen Bakterienflora der Haut und Schleimhaut vor. Neben Eiterungen kann das Bakterium zu schweren Krankheitsbildern wie Endocarditis und Sepsis führen. Aufgrund seiner Umweltstabilität und Resistenz gegen Antibiotika gehört es zu den Problemkeimen im Krankenhaus (Hospitalismus). Staphylokokken gehören zu den widerstandsfähigsten humanpathogenen Bakterien. Sie überleben im getrockneten Zustand monatelang und sind resistent gegen Hitze bis 60 °C. *Staphylococcus aureus* ist einer der vier Testkeime, die bei Prüfung chemischer Desinfektionsmittel gemäß der DGHM verwendet werden.

### *Escherichia coli*

*Escherichia coli* ist ein fakultativ pathogenes, gramnegatives Stäbchen aus der Familie der Enterobakterien. Es gehört zur physiologischen Bakterienflora des Darms und kann in anderen Körperregionen Eiterungen und Sepsis hervorrufen. *Escherichia coli* erweist sich als besonders widerstandsfähig gegenüber oberflächenaktiven Substanzen. Da *Escherichia coli* häufig in Mund und Rachenraum von Trägern abnehmbaren Zahnersatzes gefunden wird, kann für herausnehmbare kieferorthopädische Geräte eine ähnliche Besiedelung angenommen werden. *Escherichia coli* ist zudem einer der Testkeime, die gemäß den Richtlinien der DGHM zur Prüfung von chemischen Desinfektionsmitteln eingesetzt werden.

### *Candida albicans*

*Candida albicans* ist ein opportunistisch pathogener Pilz. Erst prädisponierende Faktoren führen zu einem Über-

also one of the test organisms used under the DGHM guidelines to test chemical disinfectants.

### ***Candida albicans***

*Candida albicans* is an opportunistic pathogenic fungus. Only predisposing factors lead to a prevalence of this fungus and to the familiar symptoms of thrush.

### ***Coxsackie B virus Type 4***

Like the agents for polio and hepatitis A, Coxsackie viruses belong to the group of picorna viruses. Coxsackie viruses can be secreted in the saliva. While most infections are asymptomatic, syndromes of varying severity such as summer flu, encephalitis and myocarditis may be triggered. Picorna viruses are small, nonenveloped, and are among the most environmentally-resistant viruses. To deactivate them, the capsid protein must be denatured, and its hydrophobia further complicates the action of disinfecting substances. With Coxsackie B virus type 4, we intended to test the disinfection methods' virucidal effect on a particularly stable virus.

### ***Herpes simplex virus Type 1***

Herpes simplex virus type 1 (HSV 1) was incorporated into the tests because it is comparable in terms of stability to the HI virus under discussion. The Herpes simplex virus has a lipid envelope and, in terms of its resistance to chemical disinfection, is assigned to the same category in the Spaulding system as the HI virus. The choice of the Herpes simplex virus also seemed relevant to us in that an 80–90% prevalence of latent, persistent HS type-1 viruses has been reported in the population.

### ***Adenovirus Type 5***

Adenoviruses cause feverish respiratory complaints such as pharyngitis and bronchitis. The virus is also secreted in the saliva and is transmissible via smear infection. Adenoviruses have no envelope, but react with lipids and are considered relatively stable outside the human body. In a dehydrated state, they can survive for several days at room temperature. Adenoviruses are among the test viruses prescribed in the DVV guidelines for testing the virucidal efficacy of chemical disinfectants.

## **Methods**

We determined the efficacy of various disinfection methods after clinical in-vivo use on ten test subjects, and in-vitro with deliberate contamination.

### ***Disinfection Methods***

**Iso-Septol Spray:** Iso-Septol spray (Pharmacy of the University Hospital Ulm, Germany) is a 70% solution of isopropyl alcohol (isopropanol) in water, with no further additives. An exposure time of 10 minutes is recommended. The recommended use covers disinfection by wiping small sur-

handnehmen des Pilzes und zum bekannten Krankheitsbild des Soor.

### ***Coxsackie-B-Virus Typ 4***

Coxsackie-Viren gehören ebenso wie die Erreger von Polio und Hepatitis A zu der Gruppe der Picornaviren. Coxsackieviren können im Speichel ausgeschieden werden. Während die Mehrzahl der Erkrankungen symptomlos verläuft, können aber auch Krankheitsbilder verschiedener Schweregrade, wie Sommergrippe, Enzephalitis oder Myokarditis ausgelöst werden. Picornaviren sind klein und unbehüllt und zählen zu den umweltresistentesten Viren. Für ihre Inaktivierung ist eine Denaturierung des Capsidproteins nötig, dessen Hydrophobie den Angriff desinfizierender Substanzen zusätzlich erschwert. Mit Coxsackie B sollte die viruzide Kraft der Desinfektionsmaßnahmen bei einem besonders stabilen Virus getestet werden.

### ***Herpes-simplex-Virus Typ 1***

Herpes-simplex-Virus Typ 1 (HSV 1) wurde in die Versuche integriert, da das Virus bezüglich seiner Stabilität mit der des in der Diskussion stehenden HI-Virus vergleichbar ist. Das Herpes-simplex-Virus ist lipidumhüllt und wird bezüglich seiner Resistenz gegen chemische Desinfektion in die gleiche Kategorie des Spaulding-Systems eingestuft wie das HI-Virus. Die Auswahl des Herpes-simplex-Virus erschien uns ebenfalls relevant, da eine Durchseuchung der Bevölkerung mit latent persistierenden HSV-1-Viren von 80–90% angegeben wird.

### ***Adenovirus Typ 5***

Adenoviren verursachen fieberhafte respiratorische Erkrankungen wie Pharyngitis und Bronchitis. Das Virus wird ebenfalls im Speichel ausgeschieden und ist durch Schmierinfektion übertragbar. Adenoviren sind unbehüllt, reagieren aber mit Lipiden und gelten als relativ stabil außerhalb des Menschen. Sie können im ausgetrockneten Zustand mehrere Tage bei Zimmertemperatur überleben. Adenoviren gehören zu den Testviren, die nach den Richtlinien der DVV zur Prüfung der viruziden Wirksamkeit von chemischen Desinfektionen vorgeschrieben sind.

## **Methoden**

Die Effektivität von verschiedenen Desinfektionsverfahren wurde nach klinischem Gebrauch in vivo an zehn Probanden und in vitro mit gezielter Keimkontamination ermittelt.

### ***Desinfektionsmethoden***

**Iso-Septol Spray:** Iso-Septol Spray (Apotheke des Universitätsklinikums Ulm, Deutschland) ist eine 70%ige Lösung des Alkohols Isopropanol in Wasser und enthält keine weiteren Zusätze. Es wird eine Einwirkzeit von 10 Minuten empfohlen. Die Anwendungsempfehlung bezieht sich auf die Wischdesinfektion von kleinen Flächen und Geräten.

faces and devices. The spectrum of effectiveness covers vegetative bacteria including TBCs and nonenveloped viruses (e.g. rotaviruses). Microbe inactivation time should be 30 seconds. Without pre-cleaning, the contaminated pliers were sprayed on both sides with three shots of Iso-Septol, turning between shots. Exposure time was 10 minutes in horizontal position. The pliers were then dried with gauze.

**Incidur® Spray:** Incidur® spray (Ecolab GmbH, Muttenz, Switzerland) is a disinfectant listed by the DGHM as effective on surfaces and objects in the hospital and practice environment. The DGHM does not generally recommend spray methods, but they are still used in practice. The main active ingredients of Incidur® spray are ethanol and propanol, two short- to medium-chain alcohols. It also contains small amounts of glutaraldehyde, benzalconium chloride and a cyclohexane compound.

Before spraying the contaminated pliers with Incidur® spray, they were cleaned with a brush and water. The pliers were then dried with gauze and placed in a stand with the tips pointing upwards. The upper half of the pliers was sprayed with Incidur® spray for 3 seconds from each side. After 10 minutes' exposure, the pliers were immersed in 500 ml of distilled water for 5 seconds to remove the chemical residue and then dried again with gauze.

**Trough Disinfection with 5% Sekusept® Plus:** The DGHM lists Sekusept® Plus (Ecolab GmbH, Muttenz, Switzerland) as a medium for instrument disinfection. In addition to the anti-microbial agent glucoprotamine, it contains non-ionic tensides, solvents, chelating agents, cleaning boosters and corrosion inhibitors. Glucoprotamine is an agent based on L-glutamine acid and cocospropylene. The efficacy profile is clearly better than that of the quaternary ammonium compounds, and is said to approach that of the two aldehydes formaldehyde and glutaraldehyde. The efficacy spectrum covers bacteria including TBCs, fungi and viruses. For Hepatitis B viruses, the disinfection time is 15 minutes in a 3% solution, and for HI viruses, only 5 minutes in a 1% solution. The DGHM recommendation is 15 minutes in a 5% solution. The agent is classified as harmful; it is odor-free and produces no fumes. Apart from its application properties and anti-microbial efficacy, the high physical tolerance documented by the manufacturer was also a crucial factor in our selection.

With this disinfection method, the contaminated pliers were placed in the disinfection bath without pre-cleaning, and left for 15 minutes. After removal, they were rinsed briefly in 500 ml of distilled water, and excess water was swabbed off. The disinfection bath was re-filled for each test and kept at room temperature.

**Ultrasound Bath with 5% Sekusept® Plus:** A further increase in the efficacy of the disinfectant solution can be

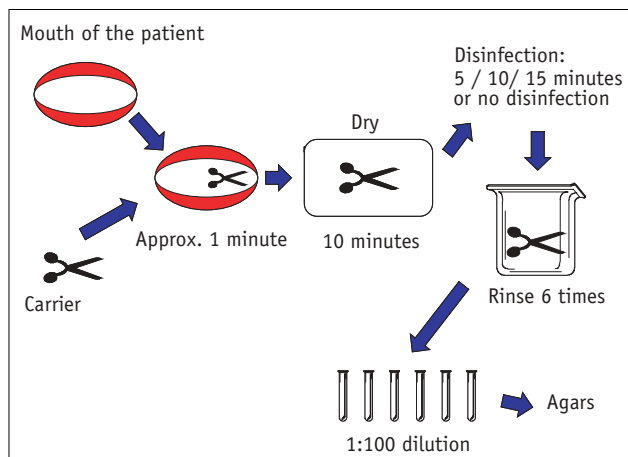
Es besteht ein Wirkungsspektrum gegenüber vegetativen Bakterien inklusive TBC und unbehüllten Viren (z.B. Rota-Viren). Die Keiminaktivierungszeit soll hier 30 Sekunden betragen. Die kontaminierten Zangen wurden ohne vorherige Reinigung von jeder Seite, bei zwischenzeitlichem Umwenden, mit je drei Pumpstößen Iso-Septol besprüht. Die Einwirkzeit betrug 10 Minuten im liegenden Zustand. Anschließend wurden die Zangen mit Gaze getrocknet.

**Incidur® Spray:** Incidur® Spray (Ecolab GmbH, Muttenz, Schweiz) ist ein in der DGHM-Liste für wirksam befundenes Desinfektionsmittel für Flächen und Gegenstände in Krankenhaus und Praxis. Generell werden die Sprayverfahren von der DGHM nicht empfohlen, finden in der Praxis jedoch immer noch Anwendung. Incidur® Spray enthält als wesentliche Wirkstoffe Äthanol und Propanol, zwei Alkohole kurzer bis mittlerer Kettenlänge. Zusätzlich finden sich in geringen Mengen Glutaraldehyd, Benzalkoniumchlorid und eine Cyclohexan-Verbindung.

Vor Besprühen mit Incidur® Spray wurden die kontaminierten Zangen mit Wasser und Bürste gereinigt. Anschließend wurden die Zangen mit Gaze abgetrocknet und mit den Branchen nach oben in einen Ständer gehängt. Die obere Hälfte der Zangen wurde von beiden Seiten je ca. 3 Sekunden lang mit Incidur® Spray besprüht. Nach 10-minütiger Einwirkdauer wurden die Zangen (5 Sekunden) bis über die Schösser in 500 ml Aqua destillata geschwenkt, um die Reste der Chemikalien zu entfernen. Anschließend wurden die Zangen erneut mit Gaze abgetrocknet.

**Bottichdesinfektion mit Sekusept® Plus 5%:** Sekusept® Plus (Ecolab GmbH, Muttenz, Schweiz) ist ein von der DGHM gelistetes Produkt und wird als Instrumentendesinfektionsmittel geführt. Es enthält neben dem antimikrobiellen Wirkstoff Glucoprotamin nicht-ionische Tenside, Lösungsmittel, Komplexbildner, Reinigungsverstärker und Korrosionsinhibitoren. Glucoprotamin ist ein Wirkstoff auf der Basis von L-Glutamin-Säure und Cocospropylen. Das Wirkungsprofil wird als eindeutig besser bezeichnet als das der quaternären Ammoniumverbindungen und soll dem der beiden Aldehyde Formaldehyd und Glutaraldehyd sehr nahe kommen. Das Wirkungsspektrum beinhaltet Bakterien inklusive TBC, Pilze und Viren. Die Desinfektionszeit beträgt bei Hepatitis-B-Viren bei 3%iger Lösung 15 Minuten für HI-Viren, bei 1%iger Konzentration nur 5 Minuten. Die DGHM empfiehlt 15 Minuten in 5%iger Lösung. Der Wirkstoff wird als mindergiftig eingestuft, ist geruchsarm und entwickelt keine Dämpfe. Neben den Anwendungseigenschaften und der antimikrobiellen Effektivität war die vom Hersteller belegte gute Materialverträglichkeit mitentscheidend für die Auswahl.

Die kontaminierten Zangen wurden bei diesem Desinfektionsverfahren ohne Vorreinigung eingelegt und 15 Mi-



**Figure 2.** Sequence of tests on the contamination of pliers by microbial material from healthy subjects undergoing orthodontic treatment.

**Abbildung 2.** Versuchsablauf bei der Kontamination der Zangen durch Keimmaterial von gesunden, in orthodontischer Behandlung befindlichen Probanden.

achieved with the ultrasound bath. For additional use of an ultrasound bath and a 5% disinfectant solution, the manufacturer recommends an exposure time of 5 minutes. As a rise in temperature almost always significantly increases the efficacy of a disinfectant, the solution's temperature was set at 30 °C following consultation with the manufacturer.

With this disinfection method, the contaminated pliers were placed in the mesh basket without pre-washing, and completely covered in liquid. After disinfection, the pliers were immersed and gently swirled in 500 ml of distilled water for 5 seconds to rinse off the residue of the disinfectant solution. Excess water was swabbed off with gauze. A fresh solution was prepared for each test.

**Steam Disinfection:** We chose the steam-flow process from among the thermal disinfection methods. Here, exposure time was 10 minutes. The heating time was controlled by a thermostat and was regulated by adjusting the quantity of water. When filled with 80 ml of water, the overall running time is approx. 15 minutes until the device switches off automatically. After a heating-up phase of about 5 minutes, the water boils, the device fills with flowing steam, excess steam escapes from the valve in the lid, and the disinfection process proceeds until all the water has evaporated. The pliers' temperature is approx. 100 °C. They were subjected to thermal disinfection with no specific pre-cleaning.

### Bacteriological Tests

**Contamination in Test Subjects:** For in-vivo contamination of the pliers, they were brought into contact one after the other with the saliva and plaque in the mouths of our sub-

nuten im Desinfektionsbad belassen. Nach der Entnahme erfolgt ein kurzes Abspülen in 500 ml Aqua destillata und Abtupfen des überschüssigen Wassers. Das Desinfektionsbad wurde bei jedem Versuch neu angesetzt und bei Zimmertemperatur gehalten.

**Ultraschallbad mit Sekusept® Plus 5%:** Eine zusätzliche Steigerung der Desinfektionswirkung der Desinfektionslösung kann durch das Ultraschallbad erzielt werden. Der Hersteller empfiehlt bei zusätzlicher Anwendung eines Ultraschallbades und einer Desinfektionslösung von 5% eine Einwirkzeit von 5 Minuten. Da eine Erhöhung der Temperatur die Wirksamkeit eines Desinfektionsmittels fast immer deutlich steigert, wurde nach Rücksprache mit der Herstellerfirma die Temperatur der Lösung auf 30 °C eingestellt.

Die kontaminierten Zangen wurden bei diesem Desinfektionsverfahren ohne Vorreinigung in den Gitterkorb gelegt und waren völlig von Flüssigkeit bedeckt. Nach der Desinfektion wurden die Zangen 5 Sekunden in 500 ml Aqua destillata geschwenkt, um Reste der Desinfektionslösung abzuspolen. Überschüssiges Wasser wurde mit Gaze abgetupft. Die Lösung wurde für jeden Versuch frisch angesetzt.

**Dampfdesinfektion:** Aus dem Bereich der thermischen Desinfektionsmethoden wurde das Dampfstromverfahren ausgewählt. Die Einwirkzeit beträgt hier 10 Minuten. Die Heizungsdauer wird durch einen Thermostaten gesteuert und kann durch die Wassermenge reguliert werden. Bei Füllung mit 80 ml Wasser beträgt die gesamte Betriebszeit ca. 15 Minuten bis zum automatischen Abschalten des Gerätes. Nach einer Aufheizphase von ca. 5 Minuten kocht das Wasser, das Gerät füllt sich mit strömendem Dampf, überschüssiger Dampf entweicht aus dem Deckelventil und der Desinfektionsvorgang läuft ab, bis das Wasser verdampft ist. Die Temperatur der Zangen beträgt ca. 100 °C. Die Zangen wurden ohne spezifische Vorreinigung der Thermodesinfektion unterzogen.

### Bakteriologische Untersuchungen

**Kontamination an Probanden:** Für die In-vivo-Kontamination der Zangen wurden diese nacheinander im Mund der Probanden mit Speichel und Plaque in Kontakt gebracht (Abbildung 2). Zusätzlich erfolgte mit Culturette®-Teststäbchen (Brunschwig Chemie, Amsterdam, Niederlande) ein Abstrich aus dem Oropharynx des jeweiligen Probanden. Die Zangen wurden bei Zimmertemperatur 10 Minuten gelagert. Zur Keimrückgewinnung wurden Branchen und Schlösser der Zangen in einem kleinen Glaszylinder mit 1 ml Tryptic-Soja-Bouillon mit Hilfe einer Einmalpipette sechsmal von verschiedenen Richtungen mit Druck abgespült. Die Griffe der Zangen wurden dabei geöffnet und geschlossen, um eine bessere Durchspülung der Kontaktflächen im Gelenk zu erzielen. Von dieser Spülflüssig-



jects (Figure 2). A smear was also taken with Culturette® swabs (Brunschwig Chemie, Amsterdam, The Netherlands) from the each subject's oropharynx. The pliers were kept at room temperature for 10 minutes. To recover the microbes, the pliers' tips and pivots were rinsed six times under pressure in different directions with 1 ml tryptic soya broth in a small glass cylinder using a disposable pipette. The plier handles were opened and closed to allow better rinsing of the contact areas at the joint. 10 µl of this rinsing fluid and a 1:100 dilution of it were smeared on sheep blood agar, cultured agar and McConkey plates. The throat swabs were transferred onto sheep blood agar, cultured agar and McConkey medium as three eye smears. The blood agar plates were incubated for 24 hours in the CO<sub>2</sub> cabinet at 37 °C and the McConkey plates at 35 °C, and the colonies were counted.

**Microbial Evidence:** The microbial evidence was semi-quantitative. On the medium covered with 10 µl undiluted rinsing fluid, up to ten countable colonies indicated 10<sup>2</sup> CFU/ml, and up to 100 colonies 10<sup>3</sup> CFU/ml. On the medium with rinsing fluid diluted by a factor of 10<sup>-2</sup>, up to 10 colonies indicated 10<sup>4</sup> CFU/ml, up to 100 colonies 10<sup>5</sup> CFU/ml, and more than 100 colonies 10<sup>6</sup> CFU/ml.

**Throat Smears:** The customary figures for microbe counts are here given as crosses (+).

- microbe growth only in the first undiluted medium (+)
- microbe growth in the 1st dilution in the 2nd medium (++)
- microbe growth in the 2nd dilution in the last medium (+++)

The microbe counts amount to approximately 10<sup>2</sup> (+), 10<sup>4</sup> (++) and 10<sup>6</sup> (+++) microbes per gram of smear material.

#### Standardized Contamination with Microbes

The standardized contamination with microbes is illustrated in Figure 3.

**Staphylococcus aureus:** We produced a contamination solution in 4.5 ml of broth (HHB) with a microbe content of at least 10<sup>6</sup> based on the MacFarland optical density scale from a 1-day-old *Staphylococcus aureus* culture (ATCC # 25923). The pliers were immersed for 2 minutes in the bacterial suspension while being opened and closed ten times, and then laid on filter paper for 5 minutes and disinfected by one of the methods described above. To recover the microbes, the pliers were dipped in test tubes containing 3 ml of broth for 2 minutes and opened and closed ten times. A logarithmic series of dilutions was produced up to a dilution level of 10<sup>-7</sup> from this rinsing fluid. 100 µl of the undiluted rinsing fluid, and of each of the dilutions, were spread onto sheep blood agar dishes and incubated for 24 hours at 37 °C in the CO<sub>2</sub> cabinet. We then

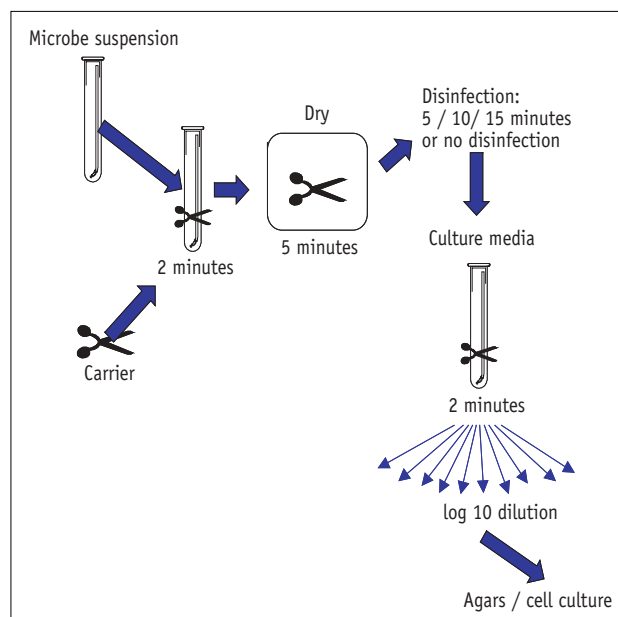


Figure 3. Standardized contamination of the test pliers with microbes.

Abbildung 3. Standardisierte Kontamination der untersuchten Zangen mit Keimen.

keit sowie ihrer Verdünnung 1:100 wurden jeweils 10 µl auf Hammelblut-, Kochblut- und McConkey-Platten ausgestrichen. Die Rachenabstriche wurden auf Hammel-, Kochblut- und McConkey-Nährböden als drei Ösenabstriche aufgetragen. Die Blutplatten wurden im CO<sub>2</sub>-Schrank bei 37 °C, die McConkey-Platten im Varia-Schrank bei 35 °C 24 Stunden bebrütet und die Kolonien ausgezählt.

**Keimnachweis:** Der Keimnachweis war semiquantitativ. Auf dem Feld mit 10 µl unverdünnter Spülflüssigkeit bedeuteten bis zu zehn zählbare Kolonien 10<sup>2</sup> CFU/ml (CFU: Colony Forming Unit) und bis zu 100 Kolonien 10<sup>3</sup> CFU/ml. Auf dem Feld mit der um den Faktor 10<sup>-2</sup> verdünnten Spülflüssigkeit bedeuteten bis zu zehn Kolonien 10<sup>4</sup> CFU/ml, bis zu 100 Kolonien 10<sup>5</sup> CFU/ml und mehr als 100 Kolonien 10<sup>6</sup> CFU/ml.

**Rachenabstriche:** Die hierbei übliche Angabe der Keimzahlen erfolgt mit Kreuzen (+):

- Keimwachstum nur im ersten unverdünnten Feld (+)
- Keimwachstum in der 1. Verdünnung im 2. Feld (++)
- Keimwachstum in der 2. Verdünnung im letzten Feld (+++)

Approximativ entspricht dies Keimzahlen von 10<sup>2</sup> (+), 10<sup>4</sup> (++) bzw. 10<sup>6</sup> (+++) Keimen pro Gramm Abstrichmaterial.

took the arithmetic mean of the countable colonies for the dilutions and converted into CFU/ml of rinsing fluid. The tests were repeated eight times.

**Escherichia coli:** The same series of tests was chosen to determine the quantities of *Escherichia coli*, except that the microbial evidence was obtained using McConkey plates.

**Candida albicans:** Evidence of the occurrence of *Candida albicans* was obtained using Sabouraud plates incubated for 48 hours at 35 °C.

#### **Virological Tests**

All virological tests were carried out under sterile conditions in air flow.

**Coxsackie B virus Type 4:** Cell cultures (GMK) were bred in culture flasks with a nutrient solution made from MEM, 5% FCS, 1% PS and 1% Glu. The cells were transferred about twice a week, and five flasks were infected with 150 µl of virus suspension each. A titer of  $10^{-7.7}$  was calculated as the ID<sub>50</sub> of the virus suspension. For each test, four tubes of virus suspension were thawed, aliquoted and chilled on ice for the duration of the test.

The rinsing medium for virus recovery after the relevant disinfection process consisted of 0.01 molar PBS with 10% FCS. Viral evidence was obtained in the pure dilution test with a final dilution. Logarithmic dilutions from  $10^{-1}$  to  $10^{-9}$  were prepared. The rinsing fluids and their dilutions were pipetted onto 96-well plates, eight times for each dilution, 100 µl per well. The plates were kept in the refrigerator pending further processing. 100 µl of the homogenous cell suspension was placed in each well (trypsinized cells split twice a week and diluted with 20 ml of medium per culture flask approx.  $2 \times 10^5$  per ml). The plates were then incubated for two days at 37 °C. The infected wells were then analyzed numerically under the optical microscope. The sID<sub>50</sub> was calculated by the Reed & Münch method [30]. Concurrent cell controls on three pairs of pliers free of contamination confirmed that a cytopathic effect (CPE) was attributable to virus infection, and not to bacterial infection or any error in the composition of the culture media. The tests were repeated six times.

**Herpes simplex virus Type 1:** The tests for Herpes simplex viruses were carried out in the same way as those for Coxsackie B viruses, except that the culture used Vero cells. Titration of the virus suspension stored in the 1ml portion at -70 °C gave an ID<sub>50</sub> of  $10^{-6.6}$ /ml.

**Adenovirus Type 5:** The plaque test was used to produce evidence of adenoviruses. The viruses were bred on HeLa cells in DMEM with 10% FCS, 1% PS, 1% Glu, with 2 ml of the original virus diluted with medium to 4 ml, and samples of 0.8 ml placed on cell monolayers in culture flasks.

#### **Standardisierte Kontamination mit Keimen**

Die standardisierte Kontamination mit Bakterien ist in Abbildung 3 dargestellt.

**Staphylococcus aureus:** Von einer *Staphylococcus-aureus*-Kultur (ATCC Stamm 25923), die 1 Tag alt war, wurde in 4,5 ml Bouillon (HHB) eine Kontaminationslösung mit einem Keimgehalt von mindestens  $10^6$  Keimen nach der optischen Dichtebestimmung von MacFarland hergestellt. In 3 ml der Bakteriensuspension wurden die Zangen unter gleichzeitigen zehn Öffnungs- und Schließbewegungen für 2 Minuten eingetaucht. Die Zangen wurden anschließend 5 Minuten auf Filterpapier gelagert und dann nach einer der beschriebenen Methoden desinfiziert. Für die Keimrückgewinnung wurden die Zangen in 3 ml Bouillon im Reagenzröhrchen und mit zehn Öffnungs- und Schließbewegungen 2 Minuten lang eingetaucht. Von dieser Spülflüssigkeit wurde eine logarithmische Verdünnungsreihe bis zur Verdünnungsstufe  $10^{-7}$  hergestellt. Von der unverdünnten Spülflüssigkeit und jeder ihrer Verdünnungen wurden 100 µl auf Hammelblutplatten gleichmäßig ausgespatelt und 24 Stunden bei 37 °C im CO<sub>2</sub>-Schrank bebrütet. Dann wurde aus den zählbaren Kolonien der Verdünnungen das arithmetische Mittel gebildet und auf CFU/ml Spülflüssigkeit umgerechnet. Die Versuche wurden achtmal wiederholt.

**Escherichia coli:** Für die Keimbestimmung von *Escherichia coli* wurde derselbe Versuchsaufbau gewählt, nur der Keimnachweis erfolgte auf McConkey-Platten.

**Candida albicans:** Für den Erregernachweis von *Candida albicans* wurden Sabouraud-Platten, die 48 Stunden lang bei 35 °C bebrütet wurden, verwendet.

#### **Virologische Untersuchungen**

Alle virologischen Untersuchungen wurden unter sterilen Bedingungen im Airflow durchgeführt.

**Coxsackie-B-Virus Typ 4:** Die Anzucht der Zellkulturen (GMK) erfolgte in Kulturflaschen mit einer Nährlösung, die aus MEM, 5% FCS, 1% PS und 1% Glu hergestellt wurde. Die Zellen wurden mehrfach etwa zweimal wöchentlich passagiert und fünf Flaschen mit je 150 µl Virus-suspension infiziert. Als ID<sub>50</sub> der Virussuspension wurde ein Titer von  $10^{-7.7}$  ermittelt. Für jeden Versuch wurden vier Röhrchen der Virussuspension aufgetaut, aliquotiert und während der gesamten Versuchsdauer auf Eis gekühlt.

Das Spülmedium für die Virusrückgewinnung nach dem entsprechenden Desinfektionsverfahren bestand aus 0,01 molarer PBS mit 10% FCS. Der Virusnachweis erfolgte im reinen Verdünnungstest mit Endpunktverdünnung. Es wurden logarithmische Verdünnungen von  $10^{-1}$  bis  $10^{-9}$  angefer-

After 1 hour of absorption, 10 ml of medium were added to each flask. After 4-day incubation, 40 ml of virus-bearing suspension were gathered, aliquoted and frozen at  $-70^{\circ}\text{C}$  in 1 ml portions. The infectious titer of the virus suspension was calculated as  $4 \times 10^8$  PFU/ml. The rinsing fluids were titrated nine times after recovery of the microbes, and two samples of 100  $\mu\text{l}$  of each dilution pipetted into the wells. Before contaminating the cell lawns, the culture medium had to be suction-cleaned and the cultures washed with 2 ml 0.01 molar PBS. After 30 minutes of virus absorption in the incubation cabinet, during which the plates were tilted three times to assure an even distribution of viruses, the excess fluid was sucked out of each plate and rinsed again with 2 ml PBS. The cell lawns were then coated in overlay medium, and mixed as follows: 10 $\times$  concentrated MEM was diluted 1:5 with twice-distilled water, 3.7 g/l  $\text{NaHCO}_2$ , 4% FCS, 2% Glu, 2% PS and 26.7 mM  $\text{MgCl}_2$  were added and filtered into the mixture under sterile conditions. For the agarose gel, 4.5 g of agarose were dissolved in 200 ml distilled water in the microwave and auto-claved. The finished overlay consisted of 50% overlay medium heated to  $37^{\circ}\text{C}$  and 50% agarose gel cooled to  $56^{\circ}\text{C}$ ; 3 ml was poured into each well. The plates were incubated in an incubation cabinet at  $37^{\circ}\text{C}$ , and coated again with 1.5 ml overlay on the 3rd and 5th days. On the 6th or 7th day, the plates were examined with the naked eye. An infection was identified by small whitish plaques. All wells with plaque counts under 100 were counted, and the PFU per ml of rinsing fluid or raw virus suspension calculated.

The procedure for standardized contamination is the same as that for bacteria, and is described in Figure 3.

### Statistics

The statistical analysis of the data collected was carried out using the Wilcoxon rank sum test and the Whitney U-test.

## Results

### In-vivo Tests on Live Subjects

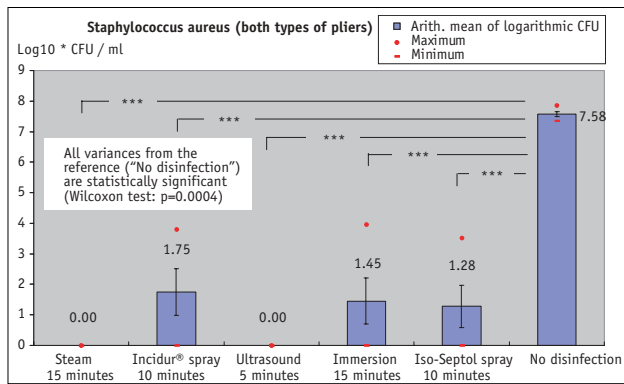
In test subjects with healthy mouths and throats, one would expect to find significant quantities of microbes. After clinical use and contamination of the pliers with saliva and plaque from the patients, we observed average microbe counts of  $10^{1.5}$  CFU per ml of rinsing fluid. The microbes were part of the physiological flora of the mouth; in only one subject was a *Hemophilus* bacterium found in the throat smear. No microbes were recovered from five out of the total of 20 pairs of pliers tested.

A comparison of the various disinfection procedures showed that the Iso-Septol spray method is ineffective in reducing microbes. Microbe counts of  $10^2$  PFU per ml were observed following that disinfection method. All other disinfection methods were capable of eliminating the microbes completely.

Die Spülflüssigkeiten und deren Verdünnungen wurden auf 96-Well-Platten jeweils achtfach pro Verdünnung zu je 100  $\mu\text{l}$  pro Well pipettiert. Bis zur Weiterverarbeitung wurden die Platten im Kühlschrank gelagert. In jedes Well wurden 100  $\mu\text{l}$  der homogenen Zellsuspension eingefüllt (zweimaliges Splitten pro Woche und Verdünnung der trypsinieren Zellen mit 20 ml Medium pro Kulturflasche ca.  $2 \times 10^5$  pro ml). Anschließend wurden die Platten 2 Tage bei  $37^{\circ}\text{C}$  bebrütet. Unter dem Lichtmikroskop erfolgte anschließend die numerische Bestimmung der infizierten Wells. Die  $\text{ID}_{50}$  wurde nach der Methode von Reed & Munch [30] berechnet. Durch die mitgeführten Zellkontrollen durch jeweils drei Zangenpaare ohne Kontamination konnte sichergestellt werden, dass ein zytopathischer Effekt (CPE) auf Virus- und nicht auf eine bakterielle Infektion oder Fehler in der Zusammensetzung der Kulturmedien zurückzuführen war. Die jeweiligen Versuche wurden sechsmal wiederholt.

**Herpes-simplex-Virus Typ 1:** Die Versuche mit Herpes-simplex-Viren wurden in gleicher Weise wie die mit Coxsackie-B-Viren durchgeführt. Lediglich die Kultur erfolgte auf Vero-Zellen. Die Titration der in 1-ml-Portionen bei  $-70^{\circ}\text{C}$  gelagerten Virussuspension ergab eine  $\text{ID}_{50}$  von  $10^{-6.6}/\text{ml}$ .

**Adenovirus Typ 5:** Für den Nachweis der Adenoviren kam der Plaquetest zur Anwendung. Die Viren wurden auf HeLa-Zellen in DMEM mit 10% FCS, 1% PS, 1% Glu vermehrt, indem 2 ml Originalvirus mit Medium auf 4 ml verdünnt und davon je 0,8 ml auf Zellmonolayers in Kulturflaschen gegeben wurden. Nach 1 Stunde Absorption wurden 10 ml Medium pro Flasche zugefügt. Nach 4 Tagen Bebrütung konnten 40 ml virushaltige Suspension geerntet werden, die aliquotiert und zu 1-ml-Portionen bei  $-70^{\circ}\text{C}$  eingefroren wurde. Der infektiöse Titer der Virussuspension wurde auf  $4 \times 10^8$  PFU/ml bestimmt. Die Spülflüssigkeiten nach Keimrückgewinnung wurden neunfach titriert und pro Verdünnung im Doppelansatz zu je 100  $\mu\text{l}$  in die Wells pipettiert. Vor der Kontamination der Zellrasen musste das Kulturmedium abgesaugt und die Kulturen mit 2 ml 0,01 molarer PBS gewaschen werden. Nach 30-minütiger Virusabsorption im Brutschrank, wobei die Platten dreimal geschwenkt wurden, um eine gleichmäßige Verteilung der Viren zu gewährleisten, wurde die überschüssige Flüssigkeit aus jedem Schälchen abgesaugt und erneut mit 2 ml PBS gespült. Anschließend wurden die Zellrasen mit Overlaymedium beschichtet, das folgendermaßen hergestellt wurde: Zehnfach konzentriertes MEM wurde mit Aqua bidestillata 1:5 verdünnt, 3,7 g/l  $\text{NaHCO}_2$ , 4% FCS, 2% Glu, 2% PS sowie 26,7 mM  $\text{MgCl}_2$  zugegeben und in die Mischung steril filtriert. Für das Agarosegel wurden 4,5 g Agarose in 200 ml Aqua destillata in der Mikrowelle aufgelöst und autoklaviert. Das gebrauchsfertige Overlay bestand aus 50% auf  $37^{\circ}\text{C}$  erwärmtem Overlaymedium und aus 50% auf  $56^{\circ}\text{C}$  abgekühltem Agarosegel und wurde zu je 3 ml in jedes Well gegossen.



**Figure 4.** Reduction in infectivity after standardized contamination of the test pliers with *Staphylococcus aureus* by the various disinfection methods compared to pliers not disinfected.

**Abbildung 4.** Reduktion der Infektiosität bei standardisierter Kontamination mit *Staphylococcus aureus* bei den untersuchten Zangen mit unterschiedlichen Desinfektionsmethoden im Vergleich zu nicht desinfizierten Zangen.

### Standardized Contamination with Bacteria and Fungi

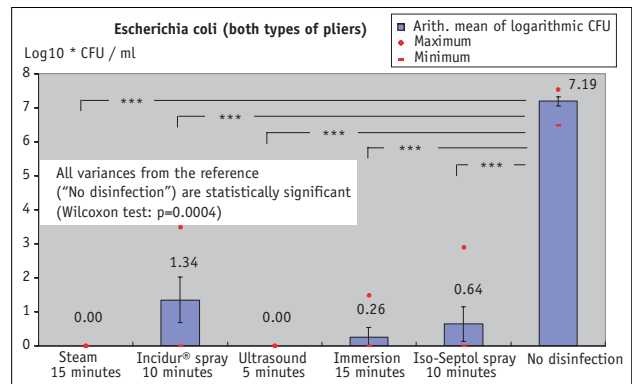
The results of the tests of the various disinfection techniques with standardized bacterial or fungal contamination are illustrated in Figures 4 to 6. Successful high-level disinfection is defined as a reduction in the infectious titer by 5 log steps.

#### *Staphylococcus aureus*

All disinfection methods were effective on this microbe (Figure 4). Steam disinfection and disinfection with ultrasound and Sekusept® Plus inactivated all microbes. Spraying the pliers with Iso-Septol and soaking them in Sekusept® Plus led to a reduction in the CFU/ml of infectious titer by > 6 log steps. Spraying with Incidur® spray reduced the titer by 6 log steps. With the latter disinfection method, individual values fluctuated widely. There were no statistically significant differences between oiled and unoled pliers. Spray disinfection with Iso-Septol spray revealed a slightly worse disinfection effect with the Weingart pliers than the distal-end cutters ( $p = 0.05$ ).

#### *Escherichia coli*

All disinfection methods used on standardized contamination with *Escherichia coli* met the criteria for high-level disinfection (Figure 5). Steam disinfection and ultrasound methods combined with 5% Sekusept® Plus produced complete inactivation of the bacteria with this microbe as well. Immersion in Sekusept® Plus solution reduced the microbe count by > 6.9 log steps per ml of rinsing fluid. Spray disinfection with Iso-Septol spray and Incidur® spray led to a reduction of > 6.5 log and > 5.8 log CFU per ml of rinsing



**Figure 5.** Reduction in infectivity after standardized contamination of the test pliers with *Escherichia coli* by the various disinfection methods compared to pliers not disinfected.

**Abbildung 5.** Reduktion der Infektiosität mit standardisierter Kontamination mit *Escherichia coli* bei den untersuchten Zangen mit den verschiedenen Desinfektionsmethoden im Vergleich zu nicht desinfizierten Zangen.

Die Platten wurden in einem Brutschrank bei 37 °C inkubiert und am 3. und 5. Tag erneut mit je 1,5 ml Overlay beschichtet. Am 6. oder 7. Tag wurden die Platten mit dem bloßen Auge abgelesen. Eine Infektion war anhand von kleinen weißlichen Plaques verifizierbar. Alle Wells mit Plaquezahlen unter 100 wurden ausgezählt und die PFU pro ml Spülflüssigkeit bzw. Rohvirususpension berechnet.

Der Vorgang der standardisierten Kontamination ist der gleiche wie für die Bakterien und ist in Abbildung 3 dargestellt.

#### Statistik

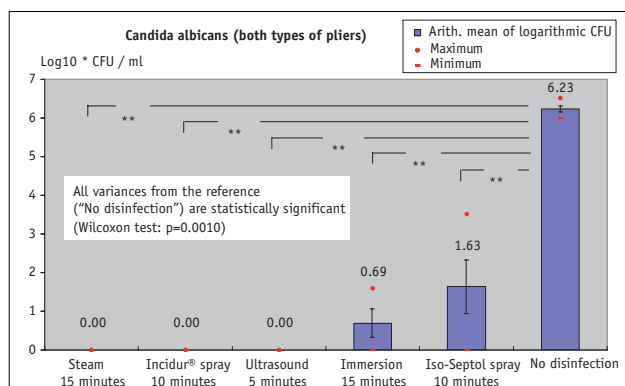
Die statistische Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mit dem Wilcoxon-Rangsummen- und dem Whitney-U-Test.

#### Ergebnisse

##### In-vivo-Untersuchungen an Probanden

Im Mund- und Rachenraum gesunder Probanden muss mit dem Vorkommen erheblicher Keimmengen gerechnet werden. Nach dem klinischen Gebrauch und der Kontamination der Zangen mit Speichel und Plaque der Patienten konnten Keimmengen von durchschnittlich  $10^{1.5}$  CFU pro ml Spülflüssigkeit nachgewiesen werden. Bei den Keimen handelt es sich um physiologische, in der Mundflora befindliche Keime; lediglich bei einem Probanden konnte im Rachenabstrich ein Haemophilus nachgewiesen werden. Von fünf der insgesamt getesteten 20 Zangen konnten keine Keime rückgewonnen werden.

Bei dem Vergleich der verschiedenen Desinfektionsverfahren zeigte sich, dass die Methode Iso-Septol Spray in der Keimreduktion ineffizient ist. Es konnten nach diesem Desin-



**Figure 6.** Reduction in infectiosity after standardized contamination of the test pliers with *Candida albicans* by the various disinfection methods, compared to pliers not disinfected.

**Abbildung 6.** Reduktion der Infektiosität mit standardisierter Kontamination mit *Candida albicans* bei den untersuchten Zangen mit den verschiedenen Desinfektionsmethoden im Vergleich zu nicht desinfizierten Zangen.

fluid. These last spray methods in particular exhibited relatively high maximum values. There were no statistically significant differences between oiled and unoled pliers. After 10 minutes of treatment with Incidur® spray, the Weingart pliers performed significantly worse than the distal-end cutters (p = 0.03).

**Candida albicans**

Standardized contamination of the pliers with *Candida albicans* was completely eliminated by the disinfection methods of steam, ultrasound combined with Sekusept® Plus, and spraying with Incidur® spray. Simple immersion of the pliers in Sekusept® Plus solution, with a reduction in > 5 log steps, also provided high-level disinfection. In contrast to the disinfection methods mentioned above, spraying the pliers with Iso-Septol spray did not achieve an adequate level of inactivation (4.6 log steps). The maximum values for disinfection with Iso-Septol spray were of the order of > 10<sup>3</sup> CFU/ml. As far as that microbe is concerned, oiling the pliers showed no effect on the efficacy of disinfection. The Weingart pliers revealed statistically significantly worse disinfection efficacy than the distal-end cutters in conjunction with trough disinfection and Sekusept® Plus.

**Viruses**

Figures 7 to 9 illustrate the results of standardized contamination with viruses, indicating the logs of the GK ID<sub>50</sub> per ml rinsing fluid (Coxsackie B4 and Herpes simplex 1 viruses) and PFU-per-ml rinsing fluid (Adenovirus 5). The underlying criterion for effective disinfection was a reduction in the infectious titer by 4 log steps.

fektionsverfahren Keimbelastungen von 10<sup>2</sup> PFU pro ml nachgewiesen werden. Alle anderen Desinfektionsverfahren waren in der Lage, die Keime vollständig zu eliminieren.

**Standardisierte Kontamination mit Bakterien und Pilzen**

Die Untersuchungsergebnisse der verschiedenen Desinfektionsmaßnahmen mit standardisierter Kontamination mit Bakterien bzw. Pilzen sind in den Abbildungen 4 bis 6 dargestellt. Eine Desinfektion auf dem Niveau einer „High-Level“-Desinfektion ist dann erfolgreich, wenn die Reduzierung des infektiösen Titters um 5 log-Stufen erfolgt.

**Staphylococcus aureus**

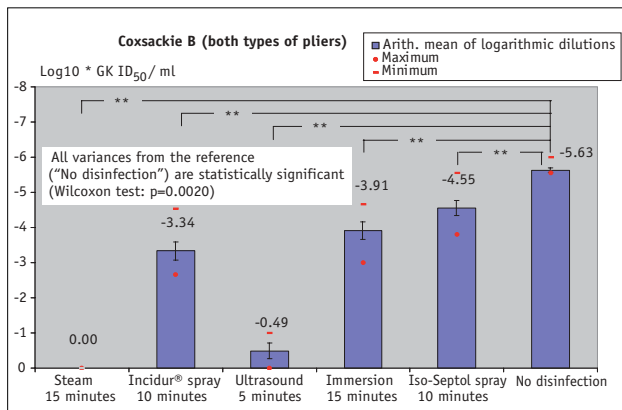
Alle Desinfektionsmethoden waren bei diesem Keim erfolgreich (Abbildung 4). Dampfdesinfektion und Desinfektion mit Ultraschall und Sekusept® Plus bewirkten eine vollständige Keiminaktivierung. Das Besprühen der Zangen mit Iso-Septol und das Einlegen der Zangen mit Sekusept® Plus führten zu einer Reduzierung des infektiösen Titters CFU/ml von > 6 log-Stufen. Das Einsprühen mit Incidur® Spray führte zu einer Reduktion des Titters um 6 log-Stufen. Bei letztgenannter Desinfektionsmethode hatten die Einzelwerte eine hohe Schwankungsbreite. Es zeigten sich keine statistisch signifikanten Differenzen zwischen geölten und nicht geölten Zangen. Bei der Sprühdesinfektion mit Iso-Septol Spray zeigte sich ein geringfügig schlechterer Desinfektionseffekt bei der Weingartzange gegenüber dem Distalendcutter (p = 0,05).

**Escherichia coli**

Alle Desinfektionsmethoden mit der standardisierten Kontamination mit *Escherichia coli* erfüllten die Kriterien für eine „High-Level“-Desinfektion (Abbildung 5). Auch bei diesem Keim konnte mit den Methoden Dampfdesinfektion und Ultraschall in Kombination mit Sekusept® Plus 5%ig eine vollständige Inaktivierung der Bakterien erreicht werden. Das Einlegen in Sekusept® Plus Lösung reduzierte die Keimbelastung um > 6,9 log-Stufen/ml Spülflüssigkeit. Die Sprühdesinfektion mit Iso-Septol Spray und Incidur® Spray führte zu einer Reduktion um > 6,5 log und > 5,8 log CFU/ml Spülflüssigkeit. Insbesondere die letztgenannten Spraymethoden zeigten relativ hohe Maximalwerte auf. Es zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen geölten und nicht geölten Zangen. Die Weingartzange schnitt bei 10 Minuten Behandlung mit Incidur® Spray statistisch signifikant schlechter ab als der Distalendcutter (p = 0,03).

**Candida albicans**

Die standardisierte Kontamination der Zangen mit *Candida albicans* konnte mit den Desinfektionsmethoden Dampf, Ultraschall in Kombination mit Sekusept® Plus und Einsprühen der Zangen mit Incidur® Spray vollständig be-



**Figure 7.** Reduction in infectivity after standardized contamination of the test pliers with Coxsackie B by the various disinfection methods compared to pliers not disinfected.

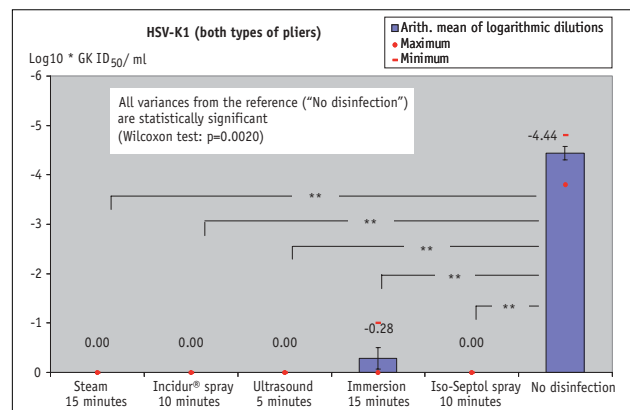
**Abbildung 7.** Reduktion der Infektiosität mit standardisierter Kontamination mit Coxsackie B bei den untersuchten Zangen mit den verschiedenen Desinfektionsmethoden im Vergleich zu nicht desinfizierten Zangen.

**Coxsackie B4**

The results from deliberate contamination with Coxsackie B4 show that thermal disinfection and ultrasound bath combined with 5% Sekusept® Plus results in complete elimination of and reduction in infectivity by > 5 log steps (Figure 7). In contrast, the spray methods do not lead to adequate disinfection. Incidur® spray reduced infectivity by an average of 2.29 log steps and Iso-Septol by 1.08 log steps. The results also showed a poor disinfection efficacy when the pliers were immersed in 5% Sekusept® Plus solution (trough disinfection). With that disinfection method, the reduction in infectivity after 15 minutes averaged only 1.2 log steps. There was no statistically significant difference between oiled and unoled pliers. No statistically significant difference was found between the Weingart pliers and distal end cutters used.

**Herpes simplex 1 viruses**

For standardized contamination with Herpes simplex 1 viruses, an adequate level of microbe inactivation and a sufficient reduction in the microbe count (Figure 8) were achieved with all the disinfection methods used. Thermal disinfection, the ultrasound bath combined with 5% Sekusept® Plus, and the Incidur® and Iso-Septol spray methods achieved a complete reduction in the microbe count. The results of trough disinfection showed a reduction in microbe counts by > 4 log steps. Concerning contamination with Herpes simplex 1 viruses, the results again showed no difference between oiled and unoled pliers. Again, there were no significant differences between the distal-end cutter and the Weingart pliers.



**Figure 8.** Reduction in infectivity after standardized contamination of the test pliers with HSV-K1 by the various disinfection methods compared to pliers not disinfected.

**Abbildung 8.** Reduktion der Infektiosität mit standardisierter Kontamination mit HSV-K1 bei den untersuchten Zangen mit den verschiedenen Desinfektionsmethoden im Vergleich zu nicht desinfizierten Zangen.

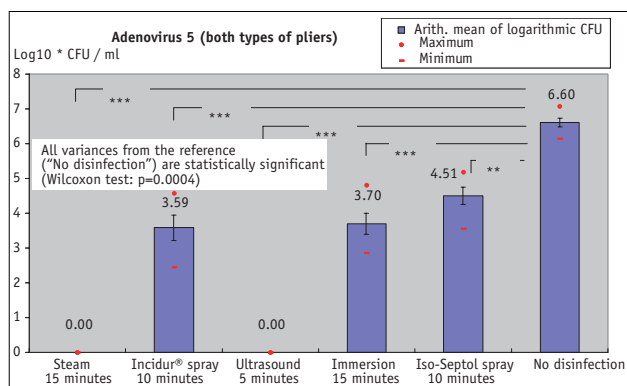
seitigt werden. Das alleinige Einlegen der Zangen in Sekusept® Plus Lösung war ebenfalls mit einer Reduktion um > 5 log-Stufen, bezogen auf das Niveau der „High-Level“-Desinfektion, ausreichend. Im Gegensatz zu den genannten Desinfektionsverfahren erreichte das Einsprühen der Zangen mit Iso-Septol Spray keine ausreichende Inaktivierung (4,6 log-Stufen). Die Maximalwerte bei der Desinfektion mit Iso-Septol Spray lagen bei >10<sup>3</sup> CFU/ml. Bei diesem Keim hatte das Ölen der Zangen keinen Einfluss auf die Desinfektionseffektivität der Zangen. Die Weingartzange zeigte bei der Bottichdesinfektion mit Sekusept® Plus eine statistisch signifikant schlechtere Desinfektionseffektivität als der Distalendcutter.

**Viren**

Die Ergebnisse der standardisierten Kontamination mit Viren sind in den Abbildungen 7 bis 9 dargestellt. Sie zeigen die Logarithmen der GK ID<sub>50</sub> pro ml Spülflüssigkeit (Coxsackie-B4- und HSV1-Viren) und der PFU pro ml Spülflüssigkeit (Adenovirus 5). Als Effektivitätskriterium für eine erfolgreiche Desinfektion wurde eine Reduzierung des infektiösen Titors von 4 log-Stufen zugrunde gelegt.

**Coxsackie B4**

Die Ergebnisse bei der gezielten Kontamination mit Coxsackie B4 zeigen, dass die Thermodesinfektion sowie das Ultraschallbad in Kombination mit Sekusept® Plus 5% zu einer vollständigen Eliminierung bzw. Herabsetzung der Infektiosität um > 5 log-Stufen führt (Abbildung 7). Im Gegensatz dazu führten die Sprayverfahren zu keiner ausreichenden Keiminaktivierung. Incidur® Spray reduzierte die



**Figure 9.** Reduction in infectivity after standardized contamination of the test pliers with Adenovirus 5 by the various disinfection methods compared to pliers not disinfected.

**Abbildung 9.** Reduktion der Infektiosität mit standardisierter Kontamination mit Adenovirus 5 bei den untersuchten Zangen mit den verschiedenen Desinfektionsmethoden im Vergleich zu nicht desinfizierten Zangen.

### Adenovirus 5

The results from standardized contamination with Adenovirus 5 show that thermal disinfection and ultrasound bath combined with 5% Sekusept® Plus led to a complete reduction in microbe counts. Conversely, the spray methods and trough disinfection were insufficiently effective. Spraying the pliers with Incidur® spray produced an average reduction in the infectious titer of 3.01 log steps, spray disinfection with Iso-Septol spray reduced it by 2.0 log steps, and trough disinfection combined with plier immersion in 5% Sekusept® Plus solution by an average of 2.9 log steps. The results for contamination with adenoviruses show no significant differences, either between the types of pliers or between the oiled and unoled states.

### Discussion

The in-vivo study of orthodontic subjects reveals the expected levels of infection. Culture on three different agar media made it possible to capture a broad spectrum of oral microflora that extended in the physiological oral and throat flora from prevalent viridans streptococci to microbes found rather rarely in the oral cavity such as enterobacteria (living on dentures) and *Hemophilus influenzae* (flu infections).

### Microbial Contamination of Orthodontic Pliers

We were unable to recover any microbes in 20% of the pliers we tested. This reflects the germ colonization found on dental handpieces, where no bacteria were found in 22.8% of cases [13]. These results confirm that clinical treatment procedures do not necessarily lead to bacterial contamination. Two of the 20 sets of pliers we tested showed microbe counts of 10<sup>6</sup> CFU/ml. The microbe counts after clinical

Infektiosität um durchschnittlich 2,29 log-Stufen und Iso-Septol um 1,08 log-Stufen. Die Ergebnisse zeigten weiterhin eine schlechte Desinfektionseffektivität beim Einlegen der Zangen in Sekusept® Plus 5%iger Lösung (Bottichdesinfektion). Bei dieser Desinfektionsmethodik erfolgte nach 15 Minuten lediglich im Durchschnitt eine Reduktion der Infektiosität von 1,2 log-Stufen. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen geöhlten und nicht geöhlten Zangen. Zwischen den verwendeten Weingartzangen und Distalencuttern war kein statistisch signifikanter Unterschied feststellbar.

### Herpes-simplex-1-Viren

Bei der standardisierten Kontamination mit Herpes-simplex-1-Viren konnten bei allen eingesetzten Desinfektionsmethoden eine ausreichende Inaktivierung des Keimes und eine ausreichende Keimreduktion (Abbildung 8) erreicht werden. Die Thermodesinfektion, das Ultraschallbad in Kombination mit 5% Sekusept® Plus und die Spraymethoden Incidur® und Iso-Septol konnten eine vollständige Keimreduktion erzielen. Die Ergebnisse bei der Bottichdesinfektion zeigten eine Keimreduktion von > 4 log-Stufen. Auch bei der Kontamination mit Herpes-simplex-1-Viren zeigten die Ergebnisse keinen Unterschied zwischen geöhlten und nicht geöhlten Zangen. Ebenfalls fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Distalencutter und Weingartzange.

### Adenovirus 5

Die Ergebnisse mit gezielter Kontamination mit Adenovirus 5 zeigen, dass die Thermodesinfektion sowie Ultraschall in Kombination mit 5% Sekusept® Plus zu einer vollständigen Keimreduktion führten. Im Gegensatz dazu waren die Spraymethodiken und die Bottichdesinfektion nicht ausreichend effektiv. Das Einsprühen der Zangen mit Incidur® Spray führte zu einer Reduktion des infektiösen Titers um durchschnittlich 3,01 log-Stufen, die Spraydesinfektion mit Iso-Septol Spray um 2,0 log-Stufen und die Bottichdesinfektion mit Einlegen der Zangen in 5% Sekusept® Plus Lösung zu einer durchschnittlichen Reduktion um 2,9 log-Stufen. Die Ergebnisse zeigen weder zwischen den Zangentypen noch zwischen den Zuständen geölt und nicht geölt bei der Kontamination mit Adenoviren signifikante Unterschiede.

### Diskussion

Die In-vivo-Studie an orthodontischen Probanden zeigt die zu erwartende Keimbelastung auf. Die Kultur auf drei verschiedenen Nähragars ermöglichte es, ein breites Spektrum der oralen Mikroflora zu erfassen, das in der physiologischen Mund- und Rachenflora mit den vergrünenden Streptokokken im Vordergrund bis zu Keimen reichte, die eher selten in der Mundhöhle anzutreffen sind wie Enterobakterien (besiedeln Zahnersatz) oder Haemophilus influenzae (grippale Infekte).

contamination described in the literature vary between 15 CFU and  $6 \times 10^4$  CFU/ml. However, these figures mainly refer to the testing of endoscopes. Access to the disinfecting agent seems to be difficult in this case [1]. Our tests' results clearly show that diseases can be transmitted by the use of orthodontic pliers; this is particularly true in that for some diseases (such as Hepatitis B), significant quantities of the virus are secreted in the saliva.

#### **In-vivo Contaminated Pliers and Disinfection**

The methods of trough disinfection with 5% Sekusept® Plus, thermo-disinfection, ultrasound bath with 5% Sekusept® Plus and spraying the pliers with Incidur® spray all inactivated the microbes that were detectable after clinical use. In contrast, spray disinfection with Iso-Septol spray was inadequate. Three out of 20 sets of pliers showed no significant reduction in plaque counts. The poor disinfectant effect of isopropanol may also be explained by the fact that alcohols are sensitive to protein concentrations (saliva, secretions), compromising the disinfectant effect (protein errors). According to a study by Matlack [23], the proportion of positive tests with this disinfection method was still 32.5%. We found no further microbe growth after 10 minutes of disinfection including rinsing and brushing with trough disinfection and 5% Sekusept® Plus method we carried out in our study. This matches the results of tests on endoscopes, where the use of 3.2% glutaraldehyde solution completely eliminated bacterial contamination after clinical use [1].

The disinfection of clinically-contaminated orthodontic instruments is relatively easy where classic physical methods such as heat and mechanical interactions such as ultrasound, brushing, and rinsing are used. The exclusive use of alcohol-based sprays, on the other hand, is not safe. This tallies with the DGHM recommendations, which classify spray methods as unsuitable for disinfecting instruments [9].

#### **Standardized Contamination with Microbes Spray Disinfection**

For standardized contamination, we chose for our study three of the five test microbes specified by the DGHM for testing chemical disinfection methods, namely *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Candida albicans* [9]. In our study, Coxsackie B4 from the enterovirus family, and the very stable DVV test viruses polio and Adenovirus 5 represent viruses that are more difficult to inactivate than Hepatitis B viruses. The HSV 1 virus selected was used despite its limited stability as a reference virus for HI viruses. Although adenoviruses are described in the literature as possible to inactivate with 70% alcohol [19], our tests showed a reduction by only 2 log steps. The limited efficacy of isopropanol against enteroviruses is confirmed in the literature [2, 24, 37] and concurs with our study. In our study, Iso-Septol showed the lowest average reduction in infecti-

#### **Keimbelastungen kieferorthopädischer Zangen**

Bei 20% unserer untersuchten Zangen konnten keine Keime rückgewonnen werden. Dies ist in Übereinstimmung mit der Keimbeseidlung zahntechnischer Handstücke, bei denen in 22,8% keine Bakterien nachweisbar waren [13]. Diese Ergebnisse bestätigen, dass klinische Behandlungsmaßnahmen nicht zwangsläufig zu einer bakteriellen Kontamination führen. Zwei der von uns getesteten 20 Zangen wiesen eine Keimbelastung von  $10^6$  CFU/ml auf. Die in der Literatur beschriebenen Keimzahlen nach klinischer Kontamination variieren zwischen 15 CFU und  $6 \times 10^4$  CFU/ml. Hierbei handelt es sich jedoch überwiegend um die Untersuchung von Endoskopen. Die Zugänglichkeit des Desinfektionsmittels scheint hier erschwert zu sein [1]. Die Ergebnisse unserer Untersuchungen zeigen deutlich, dass die Möglichkeit der Übertragung von Krankheiten durch die Verwendung von kieferorthopädischen Zangen möglich ist. Dies gilt insbesondere unter dem Aspekt, dass bei einigen Erkrankungen wie Hepatitis B nennenswerte Virusmengen über den Speichel ausgeschieden werden.

#### **In vivo keimbelastete Zangen und Desinfektion**

Die Desinfektionsmethoden Bottichdesinfektion mit 5% Sekusept® Plus, Thermodesinfektion, Ultraschallbad mit 5% Sekusept® Plus und das Einsprühen der Zangen mit Incidur® Spray konnten die nach klinischem Gebrauch nachweisbaren Keime vollständig inaktivieren. Im Gegensatz dazu war die Sprühdesinfektion mit Iso-Septol Spray nicht ausreichend. Drei von 20 Zangen zeigten keine nennenswerte Reduzierung der Plaquezahlen. Die schlechte Desinfektionswirkung von Isopropanol lässt sich auch dadurch erklären, dass Alkohole gegenüber Eiweißbelastungen (Speichel, Sekret) empfindlich sind und die Desinfektionswirkung beeinträchtigen (Eiweißfehler). Nach einer Studie von Matlack [23] betrug der Anteil an positiven Proben bei dieser Desinfektionsmethode immerhin 32,5%. Bei der in unserer Studie durchgeführten Bottichdesinfektion mit 5% Sekusept® Plus konnten wir nach 10 Minuten Desinfektion inklusive Spülen und Bürsten kein Keimwachstum mehr finden. Dies ist in Übereinstimmung mit Untersuchungen von Endoskopen, bei denen unter Verwendung von 3,2% Glutaraldehydlösung die bakterielle Kontamination nach klinischem Gebrauch vollständig eliminiert werden konnte [1].

Die Desinfektion klinisch kontaminierter kieferorthopädischer Instrumente gelingt relativ leicht, wenn physikalische Maßnahmen wie Hitze und mechanische Interaktionen, Ultraschall, Bürsten und Spülen zur Anwendung kommen. Dagegen ist die ausschließliche Anwendung von Sprays auf alkoholischer Basis unsicher. Dies ist in Übereinstimmung mit den Empfehlungen der DGHM, die Spraymethoden für die Instrumentendesinfektion für ungeeignet einzustufen [9].



osity for Coxsackie B4. Overall, however, the effect of both sprays on the stable hydrophilic viruses Coxsackie B4 and Adenovirus 5 was unsatisfactory. Although complete inactivation can be expected for Hepatitis B viruses after 2 minutes of exposure to 80% ethanol and after 10 minutes in 70% isopropanol [3, 16], the conditions for a good virucidal effect are not met by spray disinfection of orthodontic pliers. For this, the pliers need to be completely soaked in the disinfecting fluid for the time indicated.

In terms of bacterial microbe reduction, the spray methods also show deficiencies in disinfection. The Iso-Septol spray did not produce adequate microbe inactivation on pliers contaminated with *Candida albicans*. This concurs with data from the literature showing that only disinfection by immersion in 70% ethanol of dental handpieces contaminated with *Candida albicans* reduced the microbe count [10]. In line with DGHM guidelines, we cannot recommend spray disinfection on the basis of the results of this study [13].

#### **Trough Disinfection**

In our study, trough disinfection with 5% Sekusept® Plus exhibited the same drawbacks as the two spray disinfection methods. The unsatisfactory effect on Coxsackie B viruses was to be expected, as the manufacturer's report on the similarly-resistant polio viruses recommends an exposure time of 120 minutes in a 6% solution. For disinfection of Adenoviruses, the manufacturer indicates a 1% solution and an exposure time of 60 minutes. Increasing the concentration to a 5% solution, as done in our study, does not appear to save much time. Among the viruses tested, immersion in 5% Sekusept® Plus only met the standard specified by the DGHM and the DVV [9] in the case of the Herpes simplex virus, with an average reduction of 4 log steps.

While immersing the pliers in 5% Sekusept® Plus solution produced good results with *Escherichia coli* and *Candida albicans* viruses (which are significantly less resistant to chemical factors), *Staphylococcus aureus* proved more difficult to disinfect, as was the case with spray disinfection as well. This concurs with the literature reporting a reduction in infectivity of dental handpieces contaminated with *Staphylococcus aureus* of < 4 log steps [32].

#### **Ultrasound Bath with 5% Sekusept® Plus**

Compared to the exclusively chemical methods of spray and trough disinfection, our study showed a distinct increase in efficacy from the additional use of ultrasound. Despite the reduction in exposure time to 5 minutes, the same concentration resulted in a reduction in the very stable Coxsackie B virus by more than the required 4 log steps, with all other microbes completely eliminated. This agrees with data from the literature, which show highly effective disinfection when ultrasound is used to disinfect dentures, orthodontic appliances, and dental drills [11, 26–28, 34]. Setting the ultrasound bath temperature to 30 °C enhances the cleaning ef-

#### **Standardisierte Kontamination mit Keimen Spraydesinfektion**

Bei der standardisierten Kontamination wurden in unserem Versuch mit *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* und *Candida albicans* drei der fünf vorgeschriebenen Testkeime der DGHM zur Prüfung chemischer Desinfektionsverfahren ausgewählt [9]. Coxsackie B4 aus der Familie der Enteroviren, das sehr stabile DVV-Testvirus Polio und Adenovirus 5 repräsentieren dabei Viren in unserer Untersuchung, die schwerer inaktivierbar sind als Hepatitis-B-Viren. Das ausgewählte Virus HSV 1 diente trotz seiner geringeren Stabilität als Referenzvirus für HI-Viren. Obwohl in der Literatur Adenoviren durch 70%igen Alkohol inaktivierbar sind [19], zeigten unsere Untersuchungen nur eine Verminderung der Infektiosität um 2 log-Stufen. Die schlechte Wirkung von Isopropanol auf Enteroviren wird in der Literatur [2, 24, 37] bestätigt und steht in Übereinstimmung mit unserer Studie. Iso-Septol zeigte in unserer Studie bei Coxsackie B4 die geringste mittlere Reduzierung der Infektiosität. Insgesamt war jedoch die Wirkung beider Sprays auf die stabilen, hydrophilen Viren Coxsackie B4 und Adenovirus 5 ungenügend. Obwohl bei Hepatitis-B-Viren nach 2 Minuten Einwirkzeit von 80% Äthanol und nach 10 Minuten von 70% Isopropanol mit einer vollständigen Inaktivierung zu rechnen ist [3, 16], ist bei der Sprühdeseinfektion von kieferorthopädischen Zangen die Voraussetzung für die gute viruzide Wirkung nicht gegeben. Hierfür müssten die Zangen in der angegebenen Zeit vollständig von der desinfizierenden Flüssigkeit benetzt sein.

In Bezug auf die bakterielle Keimreduktion weisen die Sprayverfahren ebenfalls Lücken in der Desinfektion auf. Bei der Kontamination der Zangen mit *Candida albicans* konnte mit dem Iso-Septol Spray keine ausreichende Inaktivierung der Keime erfolgen. Dies stimmt mit Daten aus der Literatur überein, die aufzeigen, dass lediglich eine Tauchdesinfektion in 70% Äthanol bei mit *Candida albicans* kontaminierten zahnärztlichen Handstücken zu einer Keimreduktion führte [10]. In Übereinstimmung mit der DGHM ist die Spraydesinfektion aufgrund der in dieser Studie gezeigten Ergebnisse nicht zu empfehlen [13].

#### **Bottichdesinfektion**

Die Bottichdesinfektion mit 5% Sekusept® Plus zeigte in unserer Studie ähnliche Schwachpunkte wie die beiden Desinfektionsspray-Methoden auf. Dabei war die ungenügende Wirkung auf die Coxsackie-B-Viren zu erwarten, da das Herstellergutachten für die ähnlich resistenten Polioviren bei 6%iger Lösung eine Einwirkzeit von 120 Minuten empfiehlt. Der Hersteller gibt für die Desinfektion von Adenoviren eine 1%ige Lösung und eine Einwirkdauer von 60 Minuten an. Eine Konzentrationssteigerung mit einer 5%igen Lösung wie in unserer Studie scheint keine bedeutende Zeitersparnis zu bringen. Unter den getesteten Viren entsprach das Einlegen in 5% Sekusept® Plus ledig-

fect. Thermal inactivation of micro-organisms in this area with an exposure time of 5 minutes plays a more subordinate role [18]. A disinfection medium's cleaning effect may also be increased by additives. Integrated cleaning boosters and detergents reduce surface tension and can emulsify oily substances when used in combination with ultrasound effects. This effect is especially important for dental instruments, which often need to be lubricated [20]. It is recommended that protective agents be applied after cleaning, disinfection and drying, to prevent drops of infected aqueous fluids becoming embedded in layers of oil.

### **Thermal Disinfection**

Very good disinfection results were achieved in our study with thermo-disinfection. All microbes tested were eliminated completely. Studies in the literature show that for the relatively heat-sensitive viruses, even short exposure times of 2 minutes at 98 °C for Hepatitis B, or 5 seconds at 90 °C for Adenoviruses and 10 minutes at 56 °C for HI viruses, suffice for effective elimination of microbes [14, 16, 21, 31]. All vegetative bacteria types and fungi are killed after 5 minutes in 98 °C to 100 °C of humid heat. Regarding the thermal treatment of instruments, it is important to discuss the extent to which microbes present in oil were shielded by the oil's insulating effect and thus not adequately heated. In our study, we detected no difference between oiled and unoiled pliers. This concurs with studies in the literature [13, 15] in which no difference between oiled and unoiled instruments was noted.

### **Mechanical Cleaning**

Although constant reference is made to mechanical cleaning in connection with disinfection, this step is often neglected in actual practice. Organic infection in clinical use is simulated in laboratory tests by the addition of serum, which does not, however, have the same protective effect on microbes as do plaque or saliva. When chemical and thermal disinfection methods are used, the removal of organic material that may harbor and protect micro-organisms is an important aspect of improving the microbicidal effect. It also helps to protect the instruments, as organic residues can contribute to the build-up of rust [22]. Mechanical pre-cleaning of the instruments is advisable, as our tests also showed that the surface of the corrugated Weingart pliers seems more apt to encourage microbe retention than did the distal-end cutters we tested.

### **Corrosion**

Disinfection procedures may provoke corrosion of the pliers [39]. Alcohol-based sprays and immersion baths with solutions of disinfecting agents, and corrosion inhibitors, are among the more gentle disinfection methods. Conversely, damp heat at high temperatures favors the corrosion and blunting of metal blades [25]. Prolonged exposure

lich beim Herpes-simplex-Virus mit einer mittleren Reduktion von 4 log-Stufen dem von der DGHM und der Deutschen Vereinigung zur Bekämpfung der Viruserkrankungen (DVV) geforderten Standard [9].

Während das Einlegen der Zangen in 5% Sekusept® Plus Lösung bei den offenbar gegenüber chemischen Einflüssen weniger stabilen Keimen *Escherichia coli* und *Candida albicans* gute Ergebnisse erreichte, fiel wie bei der Spraydesinfektion *Staphylococcus aureus* als schwieriger desinfizierbar auf. Dies ist in Übereinstimmung mit der Literatur, bei der eine Reduktion der Infektiosität bei mit *Staphylococcus aureus* kontaminierten Handstücken mit < 4 log angegeben wird [32].

### **Ultraschallbad mit 5% Sekusept® Plus**

Gegenüber den ausschließlich chemischen Methoden der Sprüh- oder Bottichdesinfektion zeigte in unserer Studie die zusätzliche Anwendung von Ultraschall eine deutliche Wirkungssteigerung. Trotz der Verkürzung der Einwirkzeit auf 5 Minuten konnten bei gleicher Konzentration das sehr stabile Coxsackie-B-Virus um mehr als die geforderten 4 log-Stufen reduziert und alle anderen Keime gänzlich inaktiviert werden. Dies ist in Übereinstimmung mit Daten aus der Literatur, die bei der Desinfektion von Zahnersatz, kieferorthopädischen Geräten oder zahnärztlichen Bohrern eine hohe Effizienz bei der Desinfektion mit Ultraschallanwendungen aufzeigen konnten [11, 26–28, 34]. Durch die Einstellung des Ultraschallbades auf 30 °C kann zusätzlich die Reinigungswirkung verbessert werden. Die thermische Inaktivierung von Mikroorganismen in diesem Bereich bei einer Expositionszeit von 5 Minuten spielt eher eine untergeordnete Rolle [18]. Der Reinigungseffekt eines Desinfektionsmittels kann zusätzlich durch reinigende Zusatzstoffe erhöht werden. Integrierte Reinigungsverstärker und Detergenzien setzen dabei die Oberflächenspannung herab und können in Kombination mit den Ultraschalleffekten ölige Substanzen emulgieren. Dieser Effekt ist besonders wichtig bei zahnärztlichen Instrumenten, die öfters geschmiert werden sollten [20]. Grundsätzlich ist zu empfehlen, Pflegemittel nach der Reinigung, Desinfektion und Trocknung zu applizieren, damit Tröpfchen keimhaltiger wässriger Flüssigkeiten nicht in Ölschichten eingebettet werden können.

### **Thermodesinfektion**

Sehr gute Resultate in der Desinfektion konnte in unserer Studie mit der Thermodesinfektion erzielt werden. Es erfolgte eine komplette Inaktivierung aller getesteten Keime. Studien in der Literatur zeigen, dass für die relativ hitzeempfindlichen Viren schon kurze Expositionszeiten von 2 Minuten bei 98 °C für Hepatitis B oder 5 Sekunden bei 90 °C bei Adenoviren und 56 °C bei 10 Minuten für HI-Viren für eine erfolgreiche Keimbeseitigung [14, 16, 21, 31] ausreichen. Alle vegetativen Bakterienarten und Pilze sind

to ultrasound may result in micro-lesions from gravitational impacts [36, 38]. With an exposure time of 5 minutes, however, that should play a subordinate role. In a study of corrosion caused by orthodontic pliers sterilization, the authors demonstrated that sterilization cycles had little effect on some alloys and on some manufacturers' products. Some pliers showed only surface corrosion – which the orthodontic team finds very easy to remove [39]. They are therefore especially recommended for disinfection and sterilization methods.

### Conclusions

The latest guidelines from the Robert Koch Institute specify that instruments used in the mouth can become contaminated with blood and should be sterilized, while instruments used outside the mouth should be adequately disinfected. Based on the results from this study, we have drawn the following conclusions for high-level disinfection:

- Spray disinfection with Incidur® or Iso-Septol spray achieves insufficient reduction in microbe counts. For this reason, spray disinfection of orthodontic pliers should be generally avoided.
- Trough disinfection alone also shows deficiencies in efficient microbe reduction. This disinfection method is also generally unsuitable for use on its own in practice.
- Successful high-level disinfection can be achieved with an ultrasound bath in combination with a 5% Sekusept® Plus solution. Although no pre-cleaning of the instruments was carried out in this study as part of this disinfection procedure, pre-cleaning is advisable in practice.
- Thermal disinfection resulted in a complete reduction in microbes for all the organisms tested.

Based on the above conclusions, thermal disinfection and the ultrasound bath combined with 5% Sekusept® Plus are recommended for disinfecting non-critical and semi-critical instruments. Moreover, the latter method involves an environmentally-friendly, glutaraldehyde-based disinfecting agent. Its ease and speed of handling, and its use even with thermo-labile orthodontic aids such as cheek retractors, photo mirrors, and elastic chains favor this disinfection method in orthodontic practice.

### References

1. Abramson AL, Gilberto E, Mullooly V, et al. Microbial adherence to and disinfection of laryngoscopes used in office practice. *Laryngoscope* 1993;103:503–8.
2. Best M, Springthorpe VS, Sattar SA. Feasibility of a combined carrier test for disinfectants: Studies with a mixture of five types of microorganisms. *Am J Infect Control* 1994;22:152–62.
3. Bond WW, Favero MS, Petersen NJ, et al. Inactivation of Hepatitis B virus by intermediate-to-high-level disinfectant chemicals. *J Clin Microbiol* 1983;18:535–8.

nach 5 Minuten bei 98 °C bis 100 °C feuchte Hitze abgetötet. Im Zusammenhang mit der thermischen Aufbereitung von Instrumenten muss diskutiert werden, inwieweit in Öl befindliche Keime durch die temperaturisolierende Wirkung des Öls abgeschirmt und ungenügend erhitzt werden könnten. In unserer Studie konnte kein Unterschied zwischen geölten und nicht geölten Zangen festgestellt werden. Dies ist in Übereinstimmung mit Studien aus der Literatur [13, 15], die bei Handstücken zwischen geöltem und ungeöltem Zustand keinen Unterschied feststellten.

### Mechanische Reinigung

Obwohl auf die Bedeutung der mechanischen Reinigung im Zusammenhang mit einer Desinfektion immer wieder hingewiesen wird, kommt dieser Schritt in der Praxis häufig zu kurz. Die organische Belastung bei klinischem Gebrauch wird bei Laborversuchen durch den Zusatz von Serum simuliert, welches jedoch nicht den gleichen protektiven Effekt auf die Keime hat wie vergleichsweise Plaque oder Speichel. Bei Anwendung chemischer Desinfektionsmittel und der Thermodesinfektion ist die Entfernung organischen Materials, das Mikroorganismen beherbergen und schützen kann, wichtig, um die mikrobizide Wirkung zu verbessern. Sie dient zudem der Instrumentenschonung, da organische Reste zur Rostentwicklung beitragen können [22]. Die mechanische Vorreinigung der Instrumente ist zu empfehlen, da auch unsere Versuche zeigten, dass die Oberfläche der geriffelten Weingartzange eine Retention von Keimen gegenüber dem getesteten Distalendcutter zu begünstigen scheint.

### Korrosion

Desinfektionsverfahren können Korrosion an den Zangen hervorrufen [39]. Dabei gehören Sprays auf Alkoholbasis und Tauchbäder mit Desinfektionsmittellösungen und Korrosionsinhibitoren zu den schonenden Desinfektionsmethoden. Dagegen begünstigt feuchte Hitze in höheren Temperaturbereichen die Korrosion und das Stumpfwerden metallischer Schneiden [25]. Ultraschall seinerseits kann bei zu langer Beschallung zu Mikroläsionen durch Gravitationsfraß führen [36, 38]. Bei einer Einwirkdauer von 5 Minuten sollte dies jedoch eine untergeordnete Rolle spielen. In einer Studie über die Zangenkorrosion durch Sterilisation bei kieferorthopädischen Zangen konnte gezeigt werden, dass bei bestimmten Zangenlegierungen und Herstellern der Einfluss von Sterilisationszyklen gering war. Einige Zangen wiesen lediglich Oberflächenkorrosionen auf, die durch das Praxisteam sehr leicht zu entfernen sind [39]. Sie sind daher für Desinfektions- und Sterilisationsmethoden besonders zu empfehlen.

### Schlussfolgerungen

Die neuesten Richtlinien des Robert-Koch-Institutes fordern für Instrumente, die im Mund verwendet und mit Blut

4. Bond WW, Ott BJ, Franke KA, et al. Effective use of liquid chemical germicides on medical devices: Instrument design problems. In: Block S.S. ed. *Disinfection, sterilization and preservation*. 4th ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991:1097–106.
5. Bundesgesundheitsamt: Guidelines of Bundesgesundheitsamt (BGA; German Federal Health Office) and Deutsche Vereinigung zur Bekämpfung der Viruskrankheiten e.V. (DVV; German Association for the Control of Virus Diseases) for Testing Effectiveness of Chemical Disinfectants against Viruses. *Zentralbl Hyg* 1990;189:554–6.
6. Bundesgesundheitsamt: Comments on the Guidelines of Bundesgesundheitsamt (BGA; German Federal Health Office) and Deutsche Vereinigung zur Bekämpfung der Viruskrankheiten e.V. (DVV; German Association for the Control of Virus Diseases) for testing effectiveness of chemical disinfectants against viruses. *Zentralbl Hyg* 1990;189:557–62.
7. Deutscher Arbeitskreis für Hygiene in der Zahnarztpraxis (Hrsg). *Hygieneleitfaden*. 3. Ausg; 18, Dtsch Arbkr Hyg Zahnarztpr. Nordstedt/Kiel: Eigenverlag, 1996.
8. Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie: Richtlinien für die Prüfung chemischer Desinfektionsmittel. Wiesbaden-Nordstadt: Mhp-Verlag GmbH, Buchvertrieb, 1995.
9. Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie: Liste der nach den Richtlinien für die Prüfung chemischer Desinfektionsmitteln geprüften und als wirksam empfundenen Desinfektionsverfahren, 2003.
10. Eakle WS, Kao RT, Gordon M, et al. Microbiological assessment of ultraviolet sterilization of dental handpieces. *Clin Prev Dent* 1986;8:10–4.
11. Engelhardt JP, Grün L. Qualitative und quantitative Untersuchungen zur Frage einer Prothesendesinfektion. *Dtsch Zahnärztl Z* 1976;31: 620–6.
12. European Panel for Infection Control in Dentistry: Hygiene-Checkliste Nr. 1 Sterilisation und Desinfektion. *Phillip J* 1993;11:508.
13. Gräf W, Kunz B., Loisl B. Hygienische Aufbereitung dentaler Übertragungsinstrumente (Hand- und Winkelstücke, Turbinen). *Bayer Zahnärztebl* 1995;10:22–30.
14. Hara J, Okamoto S, Minekawa Y, et al. Survival and disinfection of Adenovirus type 19 and Enterovirus 70 in ophthalmic practice. *Jpn J Ophthalmol* 1990;34:421–7.
15. Hegna IK, Kardel K, Kardel M. Autoclaving of lubricated dental instruments. *Scand. J Dent Res* 1978;86:130–4.
16. Kobayashi H, Tsuzuki M, Toyama H, et al. Susceptibility of Hepatitis B virus to disinfectants or heat. *J Clin Microbiol* 1984;20:214–6.
17. Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut. *Bundesgesundheitsblatt* 2006;4:1–16.
18. Kurth R, Werner A, Barrett N, et al. Stability and inactivation of the human immunodeficiency virus (HIV): A Review. *AIDS-Forsch (AIFO)* 1986;11:601–8.
19. Lavelle GC. Virucidal activity of disinfectants: Predicting and assessing product efficacy. *Chem Times Trends* 1987;10:45–50.
20. Lewis L, Arens M. Resistance of microorganisms to disinfection in dental and medical devices. *Nat Med* 1995;1:956–8.
21. Martin LS, McDougal JS, Loskoski SL. Disinfection and inactivation of the human T lymphotropic virus type III/lymphadenopathy-associated virus. *J Infect Dis* 1985;152:400–3.
22. Masunaga MI. Corrosion of instruments. *J Clin Orthod* 1987;21:331–2.
23. Matlack RE. Instrument sterilization in orthodontic offices. *Angle Orthod* 1979;49:205–11.
24. Mbithi JN, Springthorpe VS, Sattar SA. Chemical disinfection of Hepatitis A virus on environmental surfaces. *Appl Environ Microbiol* 1990;56:3601–4.
25. McLundie AC. The effects of various methods of sterilization and disinfection on tungsten-carbide burs. *Br Dent J* 1974;137:49–55.

kontaminiert werden können, eine Sterilisation und für Instrumente, die außerhalb des Mundes verwendet werden, eine ausreichende Desinfektion. Nach den Ergebnissen dieser Studie können für die „High-Level“-Desinfektion folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Die Sprühdesinfektion mit Incidur® oder Iso-Septol Spray führt zu einer unzureichenden Keimreduktion. Aus diesem Grund sollte auf eine Sprühdesinfektion von kieferorthopädischen Zangen weitestgehend verzichtet werden.
- Die alleinige Bottichdesinfektion zeigt ebenfalls Lücken in einer effizienten Keimreduktion auf. Auch diese Desinfektionsmethode ist für die Praxis als alleinige Maßnahme eher ungeeignet.
- Eine erfolgreiche „High-Level“-Desinfektion kann mit dem Ultraschallbad in Kombination mit einer 5% Sekusept® Plus Lösung erreicht werden. Obwohl in dieser Studie keine Vorreinigung der Instrumente bei diesem Desinfektionsverfahren durchgeführt wurde, ist eine Vorreinigung der Instrumente in der Praxis zu empfehlen.
- Die Thermodesinfektion führte bei allen getesteten Keimen zu einer vollständigen Keimreduktion.

Aus den oben genannten Schlussfolgerungen kann die Thermodesinfektion und das Ultraschallbad in Kombination mit 5% Sekusept® Plus für die Desinfektion von nicht-kritischen und semikritischen Instrumenten empfohlen werden. Zudem handelt es sich bei letzterer Methode um ein für die Umwelt unbedenkliches glutaraldehydhaltiges Desinfektionsmittel. Die einfache und schnelle Handhabung und der Einsatz auch bei hitzelablen kieferorthopädischen Hilfsteilen wie Wangenhaltern, fotografischen Spiegeln und elastischen Ketten begünstigen diese Desinfektionsmethode in der kieferorthopädischen Praxis.

26. Miller CH, Hardwick LM. Ultrasonic cleaning of dental instruments in cassettes. *Gen Dent* 1988;36:31–6.
27. Perkulis B, Engelhard WE, Kramer WS. Ultrasonics and benzalkonium chloride as a method of sterilizing dental instruments. *J Dent Child* 1970;37:69–78.
28. Petit H, Kolstad R, Chu S. Disinfection of removable appliances. *J Clin Orthod* 1985;19:293–5.
29. Prchala: Hygiene in der Zahnarztpraxis: Wider eine willkürliche Regelungswut. *Zahnärztl Mitt* 2006; 96/5:32–8.
30. Reed LJ, Muench HA. A simple method of estimating 50 percent endpoints. *Am J Hyg* 1938;27:493–7.
31. Rheinbaben von F, Wolff MH. Anmerkung zur Stabilität und chemischen Desinfektion von Viren. *Lab Med* 1991;15:327–35.
32. Robinson D, Robison R, Ploeger B et al. Disinfection of dental handpieces. *J Dent Res* 1990;69:348 (Abstract 1916).
33. Rutala WA. Draft APIC guideline for selection and use of disinfectants. *Am J Infect Control* 1995;23:36A–67A.
34. Simpson JP, Whittaker DK. Serum contamination of instruments in dental practice. *Br Dent J* 1979;146:76–8.
35. Spaulding EH. Chemical disinfection and antisepsis in the hospital. *J Hosp Res* 1972;9:5–31.
36. Stiebing W. Zur Reinigung von Geräten, Werkzeugen und Arbeitsprodukten mit Hilfe von Ultraschall und wässrigen Lösungen. *Zahn-technik (Berl)* 1982;23:21–3.
37. Tyler R, Ayliffe GAJ, Bradley C. Virucidal activity of disinfectants: studies with the poliovirus. *J Hosp Infect* 1990;15:339–45.
38. Villasenor A, Hill SD. Comparison of two ultrasonic cleaning units for deterioration of cutting edges and debris removal on dental burs. *Pediatr Dent* 1992;14:326–30.
39. Wichelhaus A, Brauchli G, Mertmann M, et al. Corrosion of orthodontic pliers using different sterilization procedures. *J Orofac Orthop* 2004;65:501–11.

**Correspondence Address**

Prof. Dr. Andrea Wichelhaus  
University of Basle  
Clinic of Orthodontics and Pedodontics  
Hebelstr. 3  
4056 Basel  
Switzerland  
Phone: (+41/ 61) 26726-41, Fax -57  
e-mail: Andrea.Wichelhaus@unibas.ch