

ORIGINAL ARTICLE

Vergleichende Beurteilung der hygienischen Wirksamkeit eines ultra-schnellen Händetrockners gegenüber herkömmlichen Warmluft-Händetrocknern.

A.M. Snelling,¹ T. Saville,² D. Stevens² und C.B. Beggs¹

¹ Bradford Infection Group, Universität Bradford, Bradford, West Yorkshire, UK

² Mikrobiologisches Labor, Dyson Limited, Tetbury Hill, Malmesbury, Wiltshire, UK

Schlagwörter

Kontamination, Kreuzkontamination, Händetrocknen, Handhygiene, Hygiene, Hautmikroflora

Ansprechpartner

Anna M. Snelling, Bradford Infection Group, Universität Bradford, Richmond Road, Bradford BD7 1DP, UK
E-Mail: a.m.snelling@bradford.ac.uk

Die Wiederverwendung dieser Studie ist gemäß der hier aufgeführten Allgemeinen Geschäftsbedingungen erlaubt:
<http://www3.interscience.wiley.com/authorresources/onlineopen.html>

2010/0827: erhalten am 14. Mai 2010, überarbeitet am 26. Juli 2010 und anerkannt am 05. August 2010.

doi:10.1111/j.1365-2672.2010.04838.x

Zusammenfassung

Zielsetzung: Es sollte ein ultra-schneller Händetrockner mit Warmluft-Händetrocknern verglichen werden. Der Vergleich legte folgende Aspekte zu Grunde: A) Übertragung von Bakterien nach Trocknung sowie B) die Auswirkung des Händereibens auf die Bakterienzahl während des Gebrauchs des Trockners.

Methoden und Ergebnisse: Der Airblade™ Trockner der Firma Dyson Ltd. verwendet zwei "Luftklingen", um die Feuchtigkeit von den still gehaltenen Händen abzustreifen. Demgegenüber nutzen konventionelle Trockner Warmluft, um die Feuchtigkeit verdunsten zu lassen, während die Hände aneinander gerieben werden. Diese unterschiedlichen Ansätze wurden durch 14 freiwillige Testpersonen an folgenden Trocknern verglichen: dem Airblade™ und zwei Arten von Warmlufthändetrocknern. Für die Studie (A) wurden die Hände durch Anfassen von Fleisch verunreinigt, dann normal gewaschen. Nach Benutzung des Trockners wurden die Finger auf eine Folie gedrückt und die Übertragung der verbleibenden Bakterien spezifiziert. Übertragungen von 0-107 KbE pro fünf Finger wurden beobachtet. Bei einer Trockenzeit von 10 Sekunden ließ sich bei der Verwendung des Airblade™ ein bedeutend geringerer Bakterientransfer feststellen als bei den anderen Trocknern ($p < 0,05$; Bereich 0,0003-0,0015). Im Vergleich zu Geräten mit einer Trockenzeit von 30-35 Sekunden schloss der Airblade immer noch besser ab, allerdings waren die Unterschiede nicht bedeutsam ($p > 0,05$, Bereich 0,1317-0,4099).

Bei Studie (B) wurde die Trocknung mit oder ohne Händereiben durchgeführt. Kontaktplättchen zählten die von Handfläche, Fingern und Fingerspitzen vor und nach der Trocknung übertragenen Bakterien. Wurden die Hände nicht bewegt, bestand kein statistischer Unterschied zwischen den Trocknern und die Verringerung der gemessenen Bakterienzahl war fast so hoch wie die bei Papierhandtüchern. Wurden die Hände bei Verwendung der Warmluft-Händetrockner gerieben, verhinderte dies die Verringerung der Bakterienanzahl auf der Haut ($p < 0,05$).

Schlussfolgerung: Eine effektive Trocknung der Hände ist wichtig zur Verringerung der Übertragung von Kommensalen oder von verbleibenden Verunreinigungen auf Oberflächen. Werden die Hände während der Trocknung mit Warmluft gerieben, kann dies der Verringerung der während des Händewaschens entstandenen Bakterienzahlen entgegenstehen.

Bedeutung und Auswirkung der Studie: Der Airblade™ war den Warmluft-Händetrocknern hinsichtlich seiner Fähigkeit, die Bakterienübertragung zu verringern, überlegen. Seine kurze, nur 10 Sekunden dauernde Trockenzeit, sollte Anwendern dazu verhelfen, ihre Hände vollständig zu trocknen. Das sollte dazu beitragen, der Verbreitung infektiöser Wirkstoffe über die Hände entgegen zu wirken.

Einleitung

Händewaschen ist sehr wichtig zur Infektionskontrolle und -prävention in klinischen Umgebungen, im produzierenden Gewerbe und zu Hause. Sehr viele Forschungsarbeiten zu diesem Thema befassten sich bislang mit der Technik des Händewaschens, der Wirksamkeit antimikrobieller Handwaschwirkstoffe, der Verbesserung der Einhaltung von Vorschriften zur Handhygiene sowie der Auswirkung des Tragens von Schmuck (Pittet 2000; Jumaa 2005; Pittet et al. 2006; Rotter et al. 2009). Im Gegensatz dazu wurde bislang relativ wenig Studienaufwand darauf verwendet, um den Beitrag zu bestimmen, den das Händetrocknen auf die gesamte Effizienz des Händewaschens hat. Bei den meisten Handwaschverfahren wird die Anzahl von Bakterien auf der Hautoberfläche zwar verringert, nicht aber komplett beseitigt. Werden die Hände dann nicht richtig getrocknet, ist die Übertragung von kommensalen Belastungen oder kurzlebigen Stoffen, die nicht durch das Händewaschen selbst beseitigt wurden, sehr viel wahrscheinlicher (Gould 1994; Merry et al. 2001). Wie nass die Hände sind, scheint einen großen Einfluss auf die Übertragung von Bakterien und deren Verbreitung auf Oberflächen und berührte Gegenstände zu haben. Dies ist wahrscheinlich nicht nur dadurch bedingt, dass die physikalischen Merkmale der Feuchtigkeitstropfen eine Übertragung von einer Oberfläche zur anderen leichter ermöglichen, sondern auch, dass die Bakterien dadurch in einem physiologischen Umfeld verbleiben, das ihnen ein Überleben in der neuen Umgebung leichter macht. Patrick et al. (1997) berichtet, dass die Anzahl der Bakterien, die auf Proben von Haut, Nahrungsmitteln und Gegenständen übertragen wurden, durch Trocknen der Hände um 99 % verringert wurde.

Bleiben die Hände wiederholt wegen schlechter Handtrocknung feucht, kann dies zu Hautabschürfungen führen, die im Gegenzug wiederum zu einem veränderten und erhöhten Aufkommen von Bakterienkolonien auf der Haut führen können. Speziell bei bestimmten Berufsgruppen, die sich aufgrund von Routinepflichten vielfach pro Stunde die Hände waschen müssen (wie beispielsweise Krankenschwestern), hat sich dies als besonderes Problem herausgestellt. Dieser Umstand kann zu einer größeren Verbreitung gramnegativer Bakterien und Hefen führen. Als noch schlimmere Wirkung kann sich der *Staphylococcus Aureus* als Teil der normalen Hautflora ansiedeln (Larson et al. 1998). Die Trocknung der Hände als Mittel zur Verringerung mikrobieller Vorkommen auf der Haut wird inzwischen als wesentlicher Teil des Handwaschablaufs gesehen, um die Verbreitung Methicillin-resistenter *S. Aureus* (MRSA) in Krankenhäusern zu verringern (Collins und Hampton 2005). Aber nur wenige Handlungsvorgaben beschreiben genau, wie und wie lange die Hände zu trocknen sind. Sogar die europäische Norm zur Methodik des Händewaschens, EN1499:1997 (BSI 1997), die vielfach in Labors und in Studienbereichen Anwendung findet, enthält keine genau beschriebene Handlungsanweisung zum Händetrocknen vor der mikrobiologischen Probenahme.

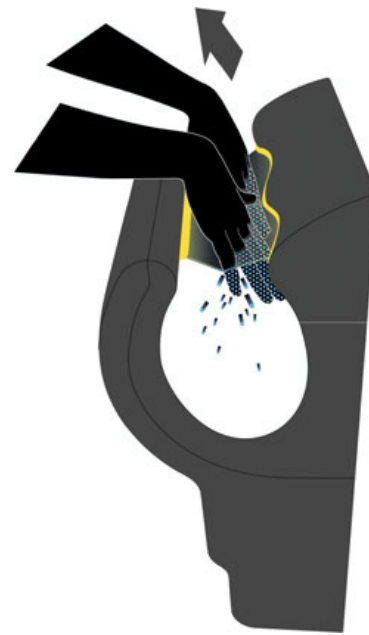


Abbildung 1 Vereinfachte Darstellung des "Abstreifens" von Feuchtigkeit von den Händen durch die Luftklingen des Dyson Airblade™ Händetrockners.

Die vier Hauptmethoden zur Händetrocknung sind Verdunstung, Trocknen mit Papierhandtüchern, Trocknen mit Stoffhandtüchern oder in jüngster Vergangenheit verstärkt das Trocknen mittels Warmluft-Händetrocknern. Während Studien herausgefunden haben, dass Warmluft-Händetrockner den Papierhandtüchern bezüglich der Verringerung der Mikroorganismen auf der Haut mindestens gleich kommen (Taylor et al. 2000), wenn nicht sogar ihnen überlegen sind (Ansari et al. 1991), wurden Bedenken bezüglich ihrer Gesamthygiene laut. In Bezug auf die Verbreitung von Bakterien in den Waschräumen über von den Maschinen freigesetzte Aerosole gibt es gegensätzliche Berichte (Matthews und Newsom 1987; Redway 1994; Redway und Knight 1998; Taylor et al. 2000). Weitere Bedenken beziehen sich auf die Notwendigkeit, die Hände kräftig unter dem warmen Luftstrom zu reiben, da dies zu einer erhöhten Anzahl von Bakterien auf der Hautoberfläche nach dem Waschen führen kann (Yamamoto et al. 2005).

Der Airblade™ (Dyson Ltd., Malmesbury, Großbritannien) ist ein neuartiger Trockner, der einige der oben geschilderten Probleme angehen möchte. Luft wird durch einen HEPA-Filter am Fuß des Geräts eingezogen, strömt dann durch den Motor und tritt durch zwei 0,3 mm schmale Schlitze aus, wodurch zwei Hochdruck-"Klingen" gefilterter Luft geschaffen werden (Abb. 1).

Die Hände werden in die Mulde zwischen den Schlitzen gehalten. Der Luftstrom wird automatisch durch Sensoren gestartet. Dann werden die Hände langsam durch die erzeugte Luftwand nach oben bewegt und das Wasser auf den Händen wird kontrolliert entfernt. Da dieser Prozess nicht auf Verdunstung der Feuchtigkeit von der Haut basiert, muss die Luft nicht erhitzt werden. Außerdem müssen die Hände nicht gerieben werden, um den Vorgang zu beschleunigen. Das beseitigte Wasser wird auf dem Gehäuse des Geräts abgelagert. Das Gehäuse ist wasserabweisend beschichtet,

sodass die gleichmäßige Verteilung des Wassers über das Gehäuse und damit die Verdunstung im starken Luftstrom unterstützt wird. Wenn die Hände auseinander gehalten werden und langsam durch den Luftstrom nach oben wandern, dauert der gesamte Trocknungsprozess gerade einmal 10-12 Sekunden.

In der hier vorgestellten Studie wurde der Airblade™ gegenüber zwei Modellen konventioneller Warmluft-Händetrockner getestet, wie sie sich vielfach in öffentlichen Toiletten und Waschräumen finden. Bei Studie (A) wurde die Auswirkung des Handtrocknungsprozesses auf die Übertragung von Bakterien von den Fingern auf eine unbewegliche Oberfläche bestimmt. Bei Studie (B) wurde die Auswirkung des Händereibens beurteilt und mit dem Prozess des Händetrocknens mit Hilfe von Papierhandtüchern verglichen. Die Ergebnisse bieten eine Beweisgrundlage für die Entwicklung und Verbesserung von hygienischen Vorgehensweisen der Handtrocknung.

Materialien und Methoden

Freiwillige

Es nahmen 14 Freiwillige (7 Männer und 7 Frauen) an der Studie teil. Alle waren über 18 Jahre alt und gaben vorab ihre schriftliche Zustimmung zur Teilnahme. Da auch rohes Fleisch während der Tests angefasst werden musste, durfte keiner der Teilnehmer offene Wunden oder Abschürfungen an seinen Händen aufweisen. Dies hätte zum Ausschluss aus der Studie geführt. Die Freiwilligen durften zum Zeitpunkt der Studie nicht wegen dermatologischer Beschwerden in Behandlung sein. Keiner der Studienteilnehmer hatte mindestens 3 Monate vor Beginn der Studie orale oder topikale Antibiotika eingenommen.

Händetrockner

Es wurden zwei Arten von Warmluft-Händetrocknern verwendet: ein manuell betriebener A5 (World Dryer Corporation, Berkeley, IL, USA) und ein automatisch betriebener Turbody™ (PHS Group Plc, Caerphilly, Großbritannien). Hierbei handelt es sich um typische Trockner, wie sie überall auf der Welt in Waschräumen zu finden sind. Bei diesen Modellen wird die ungefilterte Luft erwärmt und vertikal herunter geblasen, während die Hände im Luftstrom gerieben werden. Wird der A5 eingeschaltet, bleibt er für 30 Sekunden aktiviert, der Turbody™ für 35 Sekunden. Zusätzlich wurde ein Dyson Airblade™ Händetrockner (240 V Modell aus Großbritannien, Dyson Ltd., Malmesbury, Großbritannien) getestet. Es handelt sich dabei um einen ultra-schnellen Händetrockner, der zwei Hochdruck-„Klingen“ HEPA-gelilterter Luft (Luft nicht erhitzt, Umgebungstemperatur) verwendet, um das Wasser von den Händen abzustreifen, während diese auseinander gehalten und nach oben durch den Luftstrom gezogen werden. Die vom Hersteller für dieses Gerät empfohlene Trockenzeit liegt bei 10 Sekunden.

Um das Risiko einer bereits vorab bestehenden internen mikrobiellen Verunreinigung in den Luftaustrittsöffnungen zu vermeiden, wurden ganz neue Geräte verwendet.

Studie (A): Mengenbestimmung der von den Fingerspitzen nach Trocknung auf eine unbewegliche Oberfläche übertragenen Bakterien

Zuerst wurden die Hände der Freiwilligen vorsätzlich mit einem frischen, unverarbeiteten Hühnchen verunreinigt, dann in der unten beschriebenen Vorgehensweise gewaschen und abschließend unter Befolgung einer Vielzahl von Methoden getrocknet. Nach dem Trocknen berührten die Freiwilligen Aluminiumfolienstreifen. Alle dabei von den Fingerspitzen auf die Folie übertragenen Bakterien wurden mit Hilfe von Standardmethoden für Bakterienkulturen gezählt. Auf diese Weise wurde die Übertragung bakterieller Verunreinigungen, die den Waschvorgang sowie die Handtrocknung überlebt hatten, auf eine unbewegliche Oberfläche bestimmt.

Standardisierter Prozess zu Verunreinigung und Händewaschen
Die Freiwilligen verunreinigten jeweils beide Hände (links und rechts) für alle Studientests mit einem frischen, unverarbeiteten Hühnchen, wie dies auch von Charbonneau et al. (Charbonneau et al. 2000) empfohlen wurde. Die Hühnchen wurden in einem Supermarkt vor Ort gekauft, bei 4°C gelagert und innerhalb von 48 Stunden verwendet. Es wurde ein Hühnchen pro Tag pro freiwilligem Studienteilnehmer verwendet. Um die Hände zu verunreinigen, wurde das Hühnchen innen und außen für 45 Sekunden geknetet. Danach durften die Hände für 1 Minute an der Luft trocknen. Anschließend wurden die Hände unter Leitungswasser bei einer Temperatur von 40 +/- 5°C und bei einer konstanten Flussrate von 4 l/Minute gewaschen. Für jeden Handwaschgang wurde ein einzelner Spritzer (1,5-2 g) nicht-medizinischer flüssiger Seife (Marke: Sommerfield Jasmin luxury cream handwash) in die Innenfläche der rechten Hand verteilt. Die Hände wurden dann für volle 60 Sekunden gemäß der in der EN1499:1997 (BSI 1997) Norm beschriebenen Vorgehensweise gewaschen.

Verfahren zur Handtrocknung

Die Mehrheit der Tests in Studie (A) setzte eine Standardtrockenzeit von 10 Sekunden für alle Händetrockner an. Diese Trockenzeit wurde gewählt, da es sich dabei um die für den Airblade™ empfohlene Trocknungsdauer handelt. Als Kontrolle war bei einigen Tests vorgesehen, dass die Hände natürlich an der Raumluft ohne Bewegung oder Reiben getrocknet werden konnten. Zusätzlich wurden experimentelle Testläufe mit den A5 und Turbody™ Trocknern wiederholt, wobei deren Einschaltdauer als Trockenzeit angesetzt wurde.

Die Freiwilligen meldeten sich zu vier verschiedenen Zeitpunkten beim Studienlabor (an verschiedenen Tagen oder vormittags und nachmittags des gleichen Tages), wo sie ihre Hände in der oben beschriebenen Art und Weise verunreinigten und wuschen. Die Hände wurden dann mithilfe

eines der drei Trockner getrocknet. Alternativ wurden einige nach Zufälligkeitstabelle dazu bestimmt, die Hände natürlich an der Raumluft trocknen zu lassen. Verwendeten die Freiwilligen konventionelle Warmluft-Händetrockner, so rieben sie ihre Hände auf die gewohnte Art und Weise. Bei Verwendung des Airblade™ wurden die Hände dagegen nicht bewegt. Wurde kein Trockner benutzt, hielten die Studienteilnehmer die Hände für 10 Sekunden still, wobei die Finger nach oben gespreizt waren.

Mengenbestimmung der von den Fingerspitzen auf eine unbewegliche Oberfläche übertragenen Bakterien

Sofort nach dem Trocknen wurde die Anzahl der von den Fingerspitzen auf die Aluminiumfolie übertragenen Bakterien ermittelt. Dabei wurde die Übertragung von der linken und der rechten Hand jeweils separat bestimmt. Damit ergab sich eine Gesamtzahl von 28 Proben (d.h. 14 Freiwillige mit jeweils 2 Händen) pro Trocknungsmethode.

Die Teilnehmer drückten jeden Finger einzeln auf einen Streifen steriler Aluminiumfolie (ungefähr 10 x 4 cm). Es wurde ein Streifen pro 5 Finger jeder Hand benutzt. Bei Kontakt mit der Folie wurde jeder Finger leicht abgerollt, so als wollte man einen Fingerabdruck hinterlassen. Nach Probennahme wuschen sich die Freiwilligen gründlich mit einer antiseptischen Handwaschlösung die Hände, um eventuell verbliebene Verunreinigungen durch das Hühnchen zu beseitigen.

Mittels aseptischer Technik wurde jeder Folienstreifen locker aufgerollt und in eine Standardflasche mit 5ml Maximum Recovery Lösung (MRD, Oxoid, Basingstoke, Großbritannien) mit 2 % Tween 80 (Sigma-Aldrich, Poole, Dorset, Großbritannien), 0,1% Lecithin und 0,1% Natrium-Thiosulfat zur Neutralisierung eventueller Seifenrückstände eingelegt (Leyden et al. 1991). Die Flaschen wurden dann für ungefähr 20 Sekunden geschwenkt, um eventuell noch an der Folie festhaltende Bakterien zu resuspendieren. Dann wurden serielle 10-fach Verdünnungen in MRD erstellt und 100µl Aliquote jeder Verdünnung (plus unverdünnt) auf die Oberfläche der Probenplättchen des Soja-Agars (TSA) verteilt. Die Plättchen wurden dann über Nacht bei 37° C inkubiert und die entstehenden Kolonien danach gezählt. Die Ergebnisse wurden als Kolonie bildende Einheiten (KbE) pro rechter oder linker Fingerspitze gezählt (d.h. die durchschnittliche Anzahl aus der 5ml Lösung, die für jede Hand verwendet wurde).

Studie (B): Auswirkung des Händereibens während des Trocknungsprozesses auf die von der Hautoberfläche übertragene Anzahl an Bakterien

Die Leistungsfähigkeit des Airblade™ Händetrockners wurde mit der der A5 und Turbody™ Geräte verglichen. Dabei wurden die letzteren beiden einmal mit und einmal ohne Händereiben beurteilt. Zu Vergleichszwecken wurden auch Papierhandtücher (Hostess Folded Towels, Kimberly-Clark Ltd., West Malling, Großbritannien) in die Studie aufgenommen, da sie häufig und seit langer Zeit als beliebte Trocknungsmethode

für Hände Anwendung finden. Bei diesen Tests wurde allerdings keine absichtliche Verunreinigung der Hände vorgenommen. Sie wurden speziell dafür entwickelt, die relative Veränderung der Anzahl der von Handfläche, Fingern und Fingerspitzen übertragenen Bakterien vor dem Händewaschen im Vergleich zum Zustand nach dem Händewaschen zu bewerten. Die Hände wurden dabei mit und ohne Reiben getrocknet. Anders als bei Studie (A) wurde keine Seife zum Waschen verwendet, da Reinigungsmittel das Aufbrechen von Hautschuppen und Bakterienansammlungen sowie von Verdeckungseffekten des Händereibens an sich beeinflussen können.

Die Freiwilligen meldeten sich zu sechs verschiedenen Zeitpunkten beim Studienlabor (an verschiedenen Tagen oder vormittags und nachmittags des gleichen Tages) und wuschen ihre Hände für 60 Sekunden ohne Verwendung von Seife unter fließendem Wasser. Dieser Ablauf erfolgte in Übereinstimmung mit der EN1499:1997 Norm. Die Hände wurden in Leitungswasser bei einer Temperatur von 40 +/- 5° C und einer konstanten Flussrate von 4 l/Minute gewaschen. Nach dem Waschen wurden die Hände fünf Mal geschüttelt, um überschüssiges Wasser zu entfernen. Sofort danach wurden Bakterienproben von den Handflächen, Fingern und Fingerspitzen jeder Hand entnommen. Dazu wurden TSA-Kontaktplättchen verwendet (Rodac-Platten aufbereitet durch Oxoid Ltd., Fläche ca. 10cm²). Ein Plättchen wurde für die Mitte der Handfläche verwendet, ein weiteres wurde gegen die Mitte des 2., 3. und 4. Fingers gepresst. Mit einem dritten Plättchen wurden von jedem Finger abwechselnd behutsam Proben genommen. Damit wurden pro Probennahme drei Kontaktplättchen pro Hand verwendet.

Danach wurden die Hände auf eine von sechs verschiedenen Arten getrocknet (Tabelle 1). Die Trockenmethode wurde durch eine Zufallstabelle bestimmt und die Bakterienprobennahme mit frischen Kontaktplättchen wiederholt. Die Trockenzeit wurde in Übereinstimmung mit Yamamoto et al. (Yamamoto et al. 2005) auf 15 Sekunden festgelegt. Wurde mit Papierhandtüchern abgetrocknet, wurden jeweils 2 Handtücher verwendet. Dabei wurden die Hände 15 Sekunden lang mit den Handtüchern getrocknet, was dem normalen Verfahrensablauf der Freiwilligen entspricht. Wurden die Hände gerieben, wurden bei diesen Handbewegungen die Handwasch-Vorgaben der Norm EN1499:1997 beachtet.

Die Kontaktplättchen wurden für 24 Stunden bei 37° C inkubiert. Anschließend wurde die Anzahl der Kolonien mit Hilfe eines Vergrößerungsglases gezählt. Die Verringerung der Kolonienanzahlen pro Probenstelle wurde dann für die unterschiedlichen Trocknungsmethoden berechnet.

Tabelle 1 Vergleichene Handtrocknungsmethoden bei Studie (B)

Test	Trockner/Typ	Verfahren (Dauer jeweils 15 Sek.)
1	Airblade™ /ultra-schnell	Stillhalten der Hände
2	Turbodry™ /Warmluft	Stillhalten der Hände
3	Turbodry™ /Warmluft	Reiben der Hände
4	A5/Warmluft	Stillhalten der Hände
5	A5/Warmluft	Reiben der Hände
6	Papiertücher	Reiben der Hände

Statistische Analyse

Es wurden experimentelle Daten über die Student'sche-t-Test-Funktion in Microsoft Excel mit einem Konfidenzintervall von 95 % analysiert. Die statistische Signifikanz wurde mit einem Wert von $p < 0,05$ angezeigt.

Ergebnisse

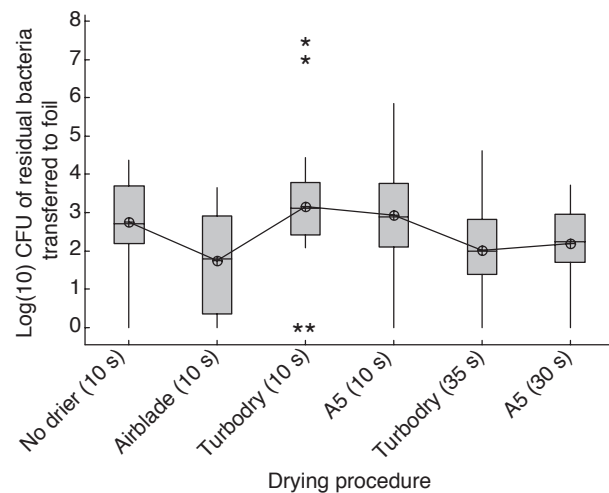
Studie (A): Mengenbestimmung der von den Fingerspitzen nach der Handtrocknung auf eine unbewegliche Oberfläche übertragenen Bakterien. In diesen Tests fassten die freiwilligen Studienteilnehmer rohes Hühnchen an. Danach wurden die Hände auf herkömmliche Weise gewaschen und einer der drei für den Test ausgewählten Händetrockner benutzt. Anschließend wurde die Übertragung verbleibender Bakterien von den Fingerspitzen auf Folie beziffert. Die Ergebnisse werden in der Kastendarstellung in Abbildung 2 zusammengefasst. Die Zahlen auf der vertikalen Achse zeigen die kombinierte Übertragung von allen fünf Fingern jeder Hand. Die statistische Bedeutsamkeit der Ergebnisse zusammen mit dem Durchschnittswert der Bakterienzahlen und den Standardabweichungen werden in Tabelle 2 zusammengefasst.

Obwohl eine intensive Handwäsche mit Seife und fließendem Wasser durchgeführt wurde, konnten Übertragungen von bis zu 107 Kbe pro fünf Finger beobachtet werden. 21-mal wurden keine Bakterien von einer Hand übertragen.

Tabelle 2 Durchschnittswert der Bakterienzahlen, Standardabweichungen und P-Werte der in Studie (A) durchgeführten Tests.

Statistisch signifikante Ergebnisse sind grau unterlegt. Die Analyse beinhaltet die in Abbildung 2 dargestellten Ausreißer.

Trocknungsverfahren (Zeit)	Durchschnittlicher log-Wert (Anzahl der auf die Folie übertragenen Bakterien)	SD	P-Werte					
			Kein Trockner (10 Sek)	Airblade™ (10 Sek)	Turbodry™ (10 Sek)	A5 (10 Sek)	Turbodry™ (35 Sek)	A5 (30 Sek)
Kein Trockner (10 Sek)	2,7621	1,0221	–	0,0013	0,2476	0,5797	0,0191	0,0503
Airblade™ (10 Sek)	1,7486	1,2088	0,0013	–	0,0003	0,0015	0,4099	0,1317
Turbodry™ (10 Sek)	3,1709	1,5392	0,2476	0,0003	–	0,5843	0,0035	0,0087
A5 (10 Sek)	2,9501	1,4618	0,5797	0,0015	0,5843	–	0,0137	0,0340
Turbodry™ (35 Sek)	2,0221	1,2546	0,0191	0,4099	0,0035	0,0137	–	0,5442
A5 (30 Sek)	2,2101	1,0410	0,0503	0,1317	0,0087	0,0340	0,5442	–

**Abbildung 2** Kastendarstellung der von den Fingerspitzen jeder Hand auf Folie übertragenen Bakterienzahlen während der Tests mit den verschiedenen Händetrocknern in Studie (A). (Ausreißer sind mit einem * gekennzeichnet).

Dies kam am häufigsten (7-mal) bei Verwendung des Airblade™ vor, gefolgt vom Turbodry™ (5-mal bei Trocknung über 35 Sekunden). Vergleicht man die Ergebnisse aus Abbildung 2 mit denen aus Tabelle 2, wird deutlich, dass der Airblade™ Trockner bei einer Standardtrockenzeit von 10 Sekunden wesentlich besser abschnitt und damit weniger verbleibende Bakterien übertragen wurden als bei allen anderen Handtrocknungsmethoden. Alle Ergebnisse waren statistisch höchst signifikant (d.h. $p < 0,050$). Wurden die vom Hersteller vorgegebenen Betriebszeiten bei den Trocknern Turbodry™ und A5 eingehalten, verbesserte sich ihre Leistung erheblich ($p < 0,050$). Allerdings lagen die Geräte damit immer noch unter der für den Airblade™ nach nur 10 Sekunden beobachteten Leistung. Bei einer Trocknungszeit von 10 Sekunden traten sowohl beim Turbodry™ als auch beim A5 höhere Durchschnittswerte in Bezug auf den Bakterientransfer auf, als wenn gar kein Trockner benutzt worden wäre. Die Ergebnisse lagen aber außerhalb einer statistischen Signifikanz ($p > 0,050$).

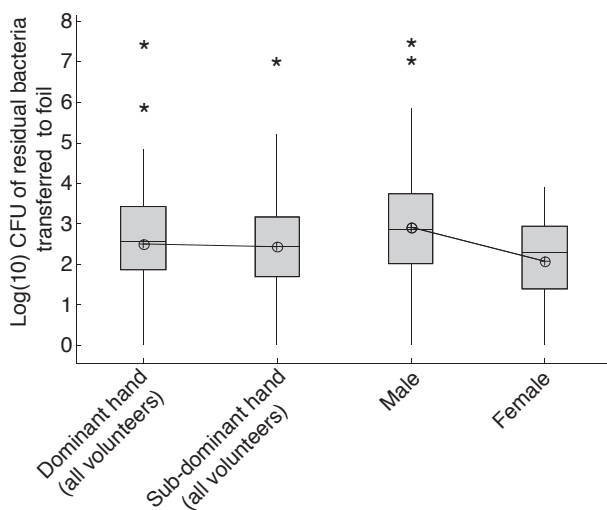


Abbildung 3

Darstellung der von den 14 Testpersonen erhaltenen Daten. Unterschiedliche Werte im Vergleich weiblich vs. männlich und subdominante vs. dominante Hand in Bezug auf die Testergebnisse der Übertragung rückständiger Bakterien in Studie (A). (Ausreißer sind mit einem * gekennzeichnet).

Abbildung 3 stellt eine Zusammenfassung in Kastendarstellung der kollektiven Daten (alle Trocknungsmethoden) für die sieben männlichen und sieben weiblichen Studienteilnehmer dar. Diese zeigen, dass durchschnittlich die weiblichen Freiwilligen wesentlich weniger verbleibende Bakterien auf die Aluminiumfolienstreifen übertrugen als die männlichen Studienteilnehmer, nachdem beide Gruppen ihre Hände nach Berührung des rohen Hühnchens gewaschen hatten.

Abbildung 3 zeigt außerdem die Darstellung der kollektiven Daten für die dominanten gegenüber den subdominanten Händen der Freiwilligen. Die Daten wurden so dargestellt, da einige der Studienteilnehmer Linkshänder waren. Daraus kann bei Berücksichtigung aller Teilnehmer geschlossen werden, dass es nach dem Trocknen keinerlei statistisch bedeutsame Differenz ($p=1,000$) zwischen der bakteriellen Übertragung von den dominanten gegenüber den subdominanten Händen gab. Dies beweist, dass es angemessen ist, Daten von den linken und rechten Händen der Freiwilligen als Proben in die Gesamtdatenanalyse aufzunehmen.

Studie (B): Auswirkung des Händereibens während des Trocknungsablaufs auf die Anzahl der Bakterien auf der Hautoberfläche

Die Ergebnisse der Studie (B) werden in Abbildung 4 zusammengefasst. Diese stellt die durchschnittliche Verringerung der Bakterienzahl in % dar, die durch die sechs unterschiedlichen Handtrocknungsmethoden und bei einer Trocknungsdauer von 15 Sekunden erzielt wurde (Tabelle 1). Es wird die prozentuale Verringerung der bakteriellen Freisetzung dargestellt, die mit den unterschiedlichen Trocknungsmethoden für die Handinnenflächen, die Mitte der Finger sowie die Fingerspitzen erzielt wurde. Ist ein negativer Wert aufgelistet, bedeutet das, dass es in diesem Bereich der Hand des Freiwilligen nach dem Trocknen im Vergleich zur Probe nach dem Waschvorgang einen Anstieg in der Anzahl der Bakterien gab.

Diese Ergebnisse zeigen, dass ein Reiben der Hände bei Nutzung der Turbody™ und A5 Händetrockner die Gesamtverringerung der von der Hautoberfläche freigesetzten Bakterienzahlen stark hemmte. In vielen Fällen stieg die Anzahl der von den Händen übertragenen Bakterien tatsächlich wegen des Reibens an. Die aus den Versuchen inklusive Reiben der Hände gewonnenen Ergebnisse waren in den meisten Fällen statistisch bedeutsam. Dies unterscheidet sie von den Proben, die unter den gleichen Geräten bei Stillhalten der Hände erhoben worden waren ($p < 0,050$). Wurden die Hände nicht bewegt, gab es keine statistisch bedeutsame Unterscheidung zwischen den Händetrocknern und dies ungeachtet der Stelle an der Hand. Die bakterielle Verringerung an der Mitte der Finger war mit der vergleichbar, die bei Trocknung mit Papierhandtüchern erreicht wurde. Die Hände mit Papierhandtüchern abzureiben erwies sich als sehr effiziente Methode, um Bakterien von den Händen zu entfernen. Die Ergebnisse waren in den meisten Fällen statistisch bedeutsam ($p < 0,050$). Besonders an den Fingerspitzen erwies sich das Abreiben mit Papierhandtüchern als beste Methode zur Reduzierung der bakteriellen Belastung.

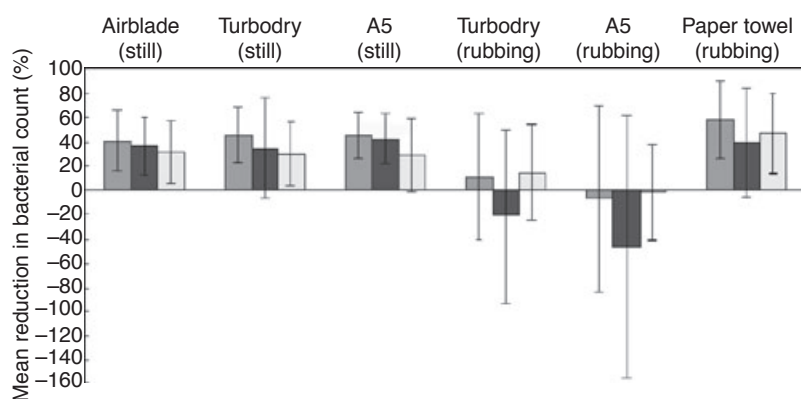


Abbildung 4 Zusammenfassung der Ergebnisse aus Studie (B): Auswirkung des Händereibens während des Trocknungsablaufs auf die Anzahl der Bakterien auf der Hautoberfläche. (■) Handinnenflächen; (■) Mitte der Finger; (■) Fingerspitzen.

Diskussion

Die Hände werden vornehmlich deshalb gewaschen, um flüchtige Krankheitserreger zu beseitigen. Die eingehende Entfernung der ansässigen kommensalen Flora erfordert den Einsatz viel kraftvollere Reibbewegungen beim Waschvorgang. Die in Studie (A) verwendete Methode zur Verunreinigung der Hände wurde gewählt, da die Verarbeitung von rohem Fleisch ein sehr übliches Szenario in privaten und geschäftlich genutzten Küchen kopiert. Die Verarbeitung von rohem Fleisch macht es erforderlich, dass Personen sich die flüchtigen pathogenen Mikroben von den Händen entfernen, um die Übertragungskette auf eine andere Oberfläche zu unterbrechen. Das mit dieser Art von Verunreinigung verbundene relative mikrobiologische/hygienische Risiko wird durch die Tatsache verstärkt, dass 12 (42,9%) der 28 Hühner positiv auf das Vorkommen einer oder mehrerer mutmaßlicher Pathogene getestet wurden, darunter beispielsweise *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp. und *Listeria* spp. (Daten nicht gezeigt). Eine vielfältige Mischung an Bakterien (flüchtig und kommensal) überlebte natürlicherweise die Handwäsche und wurde entsprechend von den Fingern der Studienteilnehmer auf die unbewegliche Folie übertragen. Unter der Voraussetzung, dass die standardisierte Handwäsche immer 60 Sekunden dauerte und damit länger, als viele Menschen normalerweise ihre Hände waschen, geben die hohen Zahlen an flüchtigen, von den Hühnern übertragenen Krankheitserregern, die trotzdem übertragen wurden, Anlass zur Sorge.

Aus den Ergebnissen der Studie (A) (d.h. Abbildung 2 und Tabelle 2) kann abgelesen werden, dass verbleibende Mengen an Feuchtigkeit eine kritische Rolle bei der Bestimmung der Bakterienmenge zu spielen scheinen, die von den Fingerspitzen auf den als nächstes berührten Gegenstand übertragen werden. Dies wird von den Ergebnissen für die TurbodyrTM und A5 Geräten untermauert, die eine viel bessere Leistung erbrachten, wenn sie für 35 bzw. 30 Sekunden anstatt nur 10 Sekunden lang benutzt wurden. Für beide Warmluft-Händetrockner waren die mit den beiden Zeitabschnitten in Verbindung stehenden Unterschiede statistisch bedeutsam (d.h. $p < 0,050$). Natürlich wurden die Hände der Freiwilligen immer trockener, je länger die Trockner in Betrieb waren und desto weniger Bakterien wurden auch von den Fingerspitzen auf die Folie übertragen. Der bei den männlichen Studienteilnehmern beobachtete höhere Bakterientransfer (Abbildung 3) liegt vermutlich an der größeren Oberfläche der Finger bei den Männern. Insgesamt stimmen die Ergebnisse mit denen von Patrick et al. (Patrick et al. 1997) und Merry et al. (Merry et al. 2001) überein. Bei beiden wurde festgestellt, dass die Feuchtigkeit der Hände die Übertragung und Verteilung von Bakterien maßgeblich beeinflusst. Werden die Hände nach dem Waschen nicht richtig abgetrocknet, ist eine Übertragung von Bakterien wahrscheinlicher. Für die meisten elektronischen Trockner bedeutet dies jedoch, dass der Begriff der "angemessenen" Trocknungszeit bislang unklar bleibt.

Die Ergebnisse von Studie (A) legen nahe, dass Personen bei Verwendung herkömmlicher Warmluft-Händetrockner für mindestens 30 Sekunden einen ähnlich guten hygienischen Vorteil erzielen wie der bei Nutzung des Dyson AirbladeTM Trockners für 10 Sekunden. Beträgt die Trocknungszeit allerdings viel weniger als 30 Sekunden, ist der AirbladeTM Trockner bei der Verringerung der Übertragung von Mikroben auf andere Oberflächen klar überlegen. Vor diesem Hintergrund ist die Dauer, für die ein Warmluft-Händetrockner benutzt wird, höchst unterschiedlich. Die meisten Trockner arbeiten mit einem voreingestellten Timer-Mechanismus, der generell für ungefähr 30 Sekunden eingestellt ist (Blackmore 1989; Redway und Knight 1998). Dies ist aber nicht notwendigerweise die Zeitdauer, für die die Nutzer ihre Hände in den Luftstrom halten. Redway und Knight (Redway und Knight 1998) haben herausgefunden, dass Männer und Frauen durchschnittlich ihre Hände für 20 bzw. 25 Sekunden im Luftstrom reiben. Patrick et al. (Patrick et al. 1997) stellte fest, dass Männer Warmluft-Händetrockner durchschnittlich für 17 Sekunden nutzen, während es bei Frauen nur 13,3 Sekunden waren. In einer 2006 von Dyson Limited unternommenen empirischen Studie (nicht veröffentlicht, Daten gespeichert) in den Waschräumen einer Autobahnraststätte wurden 5.000 Handtrocknungsvorgänge aufgezeichnet. Männer verwendeten die Warmluft-Händetrockner dabei durchschnittlich 20 Sekunden lang, während Frauen die Trockner für nur 16 Sekunden nutzten. Interessanterweise konnte festgestellt werden, dass 37 % der Frauen für nicht mehr als 10 Sekunden versuchten, ihre Hände zu trocknen, während nur 9 % der Frauen 30 Sekunden oder mehr an den Trocknern zubrachten. Unter der Voraussetzung, dass diese berichteten durchschnittlichen Trockenzeiten weit unter 30 Sekunden liegen, kann gefolgert werden, dass die meisten Nutzer von Warmluft-Händetrocknern nicht die komplette Trocknung ihrer Hände erreichen. Das bedeutet aber auch, dass damit ein größeres Potential für die Bakterienübertragung von den Händen und Fingerspitzen zur nächsten berührten Oberfläche gegeben ist. Es ist also festzuhalten, dass es nicht unbedingt bedeuten muss, dass die Hände trocken sind, wenn man sie für 30 Sekunden unter einem Warmluft-Händetrockner getrocknet hat. In der Tat geben Redway und Knight (Redway und Knight 1998) an, dass es durchschnittlich 43 Sekunden braucht, bis die Hände bei Verwendung eines Warmluft-Händetrockners zu 95 % trocken sind.

Viele Nutzer von Warmluft-Händetrocknern kürzen den Trockenprozess ab, weil er einfach zu lange dauert und sie nicht warten wollen. Die kürzere Trockenzeit des AirbladeTM Trockners könnte bei der Bewältigung dieses Problems helfen und die allgemeine Akzeptanz von Händetrocknern bei den Nutzern erhöhen, sprich, dass sowohl die Leute den Trockner eher benutzen, als auch sicherzustellen, dass die Hände der Anwender auch wirklich trocken sind, wenn sie den Trockner verlassen. Dies könnte theoretisch zu gesundheitlichen

Vorteilen führen, da eine bessere Einhaltung der Vorschriften bezüglich Handhygiene die Verbreitung von Infektionserregern durch die Hände erheblich reduzieren könnte.

Die Auswirkungen des Händereibens wurden in Studie (B) untersucht. Die Hände bei Nutzung eines Warmluft-Händetrockners zu reiben, hatte umfassenden Einfluss auf die Anzahlen an Bakterien auf der Hautoberfläche. Wurden die Hände still in den Luftstrom unter diesen Geräten gehalten (mit den Handinnenflächen nach oben), war die Verringerung der Anzahl der von der Haut nach Trocknung übertragenen Bakterien viel höher, als wenn die Hände aneinander gerieben worden wären. In der Tat stiegen die Bakterienaufkommen für einige Stellen enorm an, sofern die Hände aneinander gerieben wurden (Abbildung 4). Diese Beobachtung stimmt mit den Ergebnissen von Yamamoto et al. (Yamamoto et al. 2005) in ähnlichen Tests überein. Es scheint, dass das schnelle Reiben der Hände die äußeren Hautschichten stört und Bakterien von den Poren auf die Oberfläche überträgt. Ein weiterer eventuell beitragender Faktor ist die reinigende Wirkung der Seife, die die Ansammlungen von kommensalen Bakterien, wie Staphylococci und Propionibakterien, trennt und damit die Anzahl an Koloniebildenden Einheiten erhöht. Daher wurde Studie (B) ohne Seifenanwendung durchgeführt, um die Auswirkungen der Reinigungsmittel zu verringern und den Schwerpunkt auf die Reibebewegung zu legen.

Die Ergebnisse für die "unbewegten Hände" bei Nutzung der Warmluft-Händetrockner dienen ausschließlich veranschaulichenden Zwecken. In Wirklichkeit werden Benutzer von Warmluft-Händetrocknern ihre Hände naturgemäß immer im warmen Luftstrom reiben. Damit erhöhen sie aber voraussichtlich die Anzahl an Bakterien auf den Handoberflächen. Dies steht im Gegensatz zu den Benutzern eines Airblade™ Händetrockners. Die zusätzlich von den Hautschuppen oder vom Innern der Poren durch das Reiben freigesetzten Bakterien sind wahrscheinlich Teil der normalen Mikroflora der jeweiligen Person. Die flüchtigen Elemente werden voraussichtlich während des Waschvorgangs substantiell entfernt. Während diese ein nur sehr geringes pathogenes Potential für den Überträger haben, könnten sie doch eine Bedrohung darstellen, wenn sie auf Menschen mit geschwächtem Immunsystem oder auf solche mit offenen Wunden übertragen würden. Daher sind Trocknungsabläufe im Gesundheitswesen wünschenswert, die dazu beitragen, die Mengen an Bakterien auf der Haut und die Übertragung Koloniebildender Einheiten zu verringern. Weitere Nachforschungen werden benötigt, um zu beurteilen, welche gesundheitlichen Vorteile tatsächlich aus deren Anwendung erwachsen können. Diesbezüglich untersuchen wir gerade, ob Mikroben von Händetrocknern (inklusive Airblade™) und

Papierhandtüchern während des Trockenvorgangs verbreitet werden oder nicht und ob dies zu einer Verunreinigung der umliegenden Umgebung führt.

In Studie (B) übertraf die Anwendung von Papierhandtüchern durchgehend alle anderen Methoden zur Trocknung und dies besonders unter Berücksichtigung der auf Handflächen und Fingerspitzen zurückgelassenen Bakterien. Dies lässt den Schluss zu, dass Bakterien, die sich während des Reibens auf der Hautoberfläche neu ansiedeln, bei der Trocknung mit Papierhandtüchern gemeinsam mit der Feuchtigkeit physisch entfernt wurden (Blackmore 1989; Redway 1994; Taylor et al. 2000). Damit scheinen Papierhandtücher Bakterien auf eine Art zu entfernen, die nicht von konventionellen Warmluft-Händetrocknern nachgeahmt werden kann. Allerdings ist festzuhalten, dass Handtücher sehr stark verunreinigt werden können (Taylor et al. 2000), so dass dieser Umstand schon an sich eine Gefährdung der Hygiene darstellen könnte. Die hygienische Entsorgung benutzter Papierhandtücher ist ein mit dieser Trocknungsmethode in direkter Verbindung stehendes Problem. Dies gilt besonders für Orte, an denen viele Händetrocknungen stattfinden, wie beispielsweise in öffentlichen Toiletten. Entsorgungsbehälter können schnell voll sein, die Vorräte an sauberen Handtüchern erschöpft. Tritt dies ein, bleiben die Hände feucht und das Risiko einer bakteriellen Übertragung steigt.

Die hier berichtete Studie zeigt schlüssig, dass das effiziente Trocknen der Hände für die Verhinderung der Umsiedlung von Bakterien von der Handoberfläche auf die als nächstes berührten Oberflächen nach dem Waschen wichtig ist. Die Ergebnisse bieten eine Beweisgrundlage für die Entwicklung und Verbesserung der hygienischen Vorgehensweisen zur Trocknung der Hände. Der ultra-schnelle Airblade™ Händetrockner erwies sich hinsichtlich der Verringerung der Übertragung von Bakterien gegenüber den Warmluft-Händetrocknern als überlegen. Es entsteht kein Papiermüll und seine kurze, nur 10 Sekunden dauernde Trocknungszeit und die Verwendung HEPA-gefilterter Luft sollte dazu führen, dass die Vorschriften bezüglich Handhygiene besser eingehalten werden können und damit dazu beitragen, dass die Verbreitung infektiöser Wirkstoffe über den Handkontakt verringert wird.

Bestätigung

Die vorliegende Studie wurde finanziert von Dyson Limited, Malmesbury, Großbritannien.

Die Studie wurde in Auszügen im Jahr 2007 auf dem 17. Europäischen Kongress für klinische Mikrobiologie und infektiöse Erkrankungen in München, Deutschland, vorgestellt.

Literaturhinweise

- Ansari, S.A., Springthorpe, V.S., Sattar, S.A., Tostowaryk, W. und Wells, G.A. (1991) Comparison of cloth, paper, and warm air drying in eliminating viruses and bacteria from washed hands. *Am J Infect Control* 19, 243-249.
- Blackmore, M.A. (1989) A comparison of hand drying methods. *Catering and Health* 1, 189-198.
- BSI (1997) Chemical disinfectants and antiseptics. Hygienic handwash. Test method and requirements (Phase 2/Schritt 2) London: British Standards Institute.
- Charbonneau, D.L., Ponte, J.M. und Kochanowski, B.A. (2000) A method of assessing the efficacy of hand sanitizers: use of real soil encountered in the food service industry. *J Food Prot* 63, 495-501.
- Collins, F. und Hampton, S. (2005) Hand-washing and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Br J Nurs* 14, 703-707.
- Gould, D. (1994) The significance of hand-drying in the prevention of infection. *Nurs Times* 90, 33-35.
- Jumaa, P.A. (2005) Hand hygiene: simple and complex. *Int J Infect Dis* 9, 3-14.
- Larson, E.L., Hughes, C.A., Pyrek, J.D., Sparks, S.M., Cagatay, E.U. und Bartkus, J.M. (1998) Changes in bacterial flora associated with skin damage on hands of health care personnel. *Am J Infect Control* 26, 513-521.
- Leyden, J.J., McGinley, K.J., Kaminer, M.S., Bakel, J., Nishijima, S., Grove, M.J. und Grove, G.L. (1991) Computerized image analysis of full-hand touch plates: a method for quantification of surface bacteria on hands and the effect of antimicrobial agents. *J Hosp Infect* 18 Suppl B, 13-22.
- Matthews, J.A. und Newsom, S.W. (1987) Hot air electric hand driers compared with paper towels for potential spread of airborne bacteria. *J Hosp Infect* 9, 85-88.
- Merry, A.F., Miller, T.E., Findon, G., Webster, C.S. und Neff, S.P. (2001) Touch contamination levels during anaesthetic procedures and their relationship to hand hygiene procedures: a clinical audit. *Br J Anaesth* 87, 291-294.
- Patrick, D.R., Findon, G. und Miller, T.E. (1997) Residual moisture determines the level of touch-contact-associated bacterial transfer following hand washing. *Epidemiol Infect* 119, 319-325.
- Pittet, D. (2000) Improving compliance with hand hygiene in hospitals. *Infect Control Hosp Epidemiol* 21, 381-386.
- Pittet, D., Allegranzi, B., Sax, H., Dharan, S., Pessoa-Silva, C.L., Donaldson, L. und Boyce, J.M. (2006) Evidence-based model for hand transmission during patient care and the role of improved practices. *Lancet Infect Dis* 6, 641-652.
- Redway, K. (1994) Hand Drying: a study of bacterial types associated with different hand drying methods and with hot air dryers: Universität von Westminster.
- Redway, K. und Knight, B. (1998) Hand Drying: a study of the hygiene and efficiency of different hand drying methods: Universität von Westminster.
- (Bericht der Vereinigung der Hersteller von Papiertüchern, Swindon, Großbritannien.)
- Rotter, M., Sattar, S., Dharan, S., Allegranzi, B., Mathai, E. und Pittet, D. (2009) Methods to evaluate the microbicidal activities of hand-rub and hand-wash agents. *J Hosp Infect* 73, 191-199.
- Taylor, J.H., Brown, K.L., Toivonen, J. und Holah, J.T. (2000) A microbiological evaluation of warm air hand driers with respect to hand hygiene and the washroom environment. *J Appl Microbiol* 89, 910-919.
- Yamamoto, Y., Ugai, K. und Takahashi, Y. (2005) Efficiency of hand drying for removing bacteria from washed hands: comparison of paper towel drying with warm air drying. *Infect Control Hosp Epidemiol* 26, 316-320.