

Sonderdruck aus „Zahnärztl. Welt / Reform“,
Heft 20, 82. Jahrgang 1973, Seiten 1004 — 1006

Institut für Analytische Chemie und Mikrochemie der Techn. Hochschule Wien (Vorstand: o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Hans Malissa) und Österr. Forschungsgesellschaft für Zahnschäden, Wien. Leiter des wiss. Forschungsprogrammes: MR. Dr. med. T. Till

10) Untersuchungen zur Löslichkeit der Bestandteile von Amalgamfüllungen während des Kau- und Trinkaktes — II. Teil

Fortsetzung aus Heft 19/1973, Seite 945

G. Wagner und T. Till, Wien

Problemstellung

Diese Untersuchungsreihe hat den Zweck, Informationen darüber zu erhalten, welche Bestandteile des Füllungsmaterials Amalgam sich bei der menschlichen Kaubewegung in Ionenform herauslösen und wie groß sie mengenmäßig sind.

Zu diesem Zweck wurden zwei menschliche Molaren mittlerer Größe, die ausgedehnte Amalgamfüllungen besaßen, in eine für solche Zwecke konstruierte Apparatur eingespannt, die es ermöglichte, die Kau-Mahlbewegung der beiden Antagonisten zu simulieren.

Sämtliche Untersuchungen wurden in speichelsimulierenden Pufferlösungen, die auf eine Temperatur zwischen 36.5 und 37.5°C gehalten waren, durchgeführt.

Arbeitshypothese und Methodik

Auch die hier durchgeführten Untersuchungen entsprechen den Vorgängen im Mund, so wie im I. Teil unserer Arbeit, nur bedingt. Bei den Kauvorgängen im Mund erfolgt sicher die Mahlbewegung so, daß zwischen den Zähnen in der Regel ein mehr oder minder harter Speisebrei als mechanischer Puffer (als mechanische Kaudruckbremse) die harte Berührung der Zähne unmittelbar vermeidet. Trotzdem kommt es auch zu un-

mittelbar harten Berührungen der Zahnokklusionsflächen. Amalgamfüllungen werden auf diese Art an ihrer Oberfläche mechanisch abpoliert.

Der untere Molar, der bei diesen Untersuchungen verwendet wurde, hatte eine mod-Füllung mit buccalem Seitenwandersatz, der obere Molar hatte ebenfalls eine mod-Füllung, aber mit Ersatz des m. b. Höckers durch Amalgam. Die Oberfläche der beiden Amalgamfüllungen zusammen betrug etwa 50 mm².

Um wegen der in der Literatur (lit. cit. 1, 2, 3, 4) recht unterschiedlich angegebenen Kaudruckgrößen keine Entscheidung treffen zu müssen, wurde dieser — sehr gering —, nämlich nur mit ein Kilopond gewählt. Es hatte sich bei Vorversuchen herausgestellt, daß dieser Druck völlig genügt, um die Amalgamoberflächen durch mechanische Wirkung zumindest teilweise immer „neu“ zu halten. Gemäß der oben erwähnten Literatur beträgt der auftretende Druck beim Eßakt ein Vielfaches von dem Druck, den wir — ohne Speisenzwischenlage — gewählt haben.

Die Amalgamfüllung des oberen (bewegten) Mahlzahnes stand über einen von der Innenseite her isoliert zugeführten Draht aus Platin, über einen 25 KOhm Widerstand, mit einem in 4 cm Entfernung davon angebrachten Blech aus Platingold (von ca. 80 mm² Oberfläche) in elektrischer Verbindung.

Elektrische Potentialdifferenzen zwischen dem unedleren Amalgam und einer Goldkrone — diesen Fall haben wir angenommen, treten immer auf (5,6) und sind vom pH-Wert des Speisebreies im Mund abhängig. Zumindest sind wir der Meinung, daß die bei diesen Versuchen gewählten Bedingungen den Gegebenheiten im Mund sehr ähnlich sind.

a) Die pH-Werte der verwendeten Pufferlösungen — wobei Puffergemische, wie sie im I. Teil unserer Arbeit verwendet wurden, zur Anwendung kamen — wurden mit 3.2, 5.1 und 6.8 gewählt. Durch entsprechende Verdünnung der Pufferlösungen wurde ihr spezifischer Widerstand so eingestellt, daß er dem Speichelwiderstand im Mund entsprach (lit. cit. 5 und 6). Der pH-Wert der Pufferlösungen in der Versuchsanordnung wurde stichprobenweise kontrolliert.

b) Die Temperatureinstellung konnte nicht wie bei den im I. Teil durchgeführten Arbeiten — im ruhenden Zustand — auf 37.0 ± 0,1° C eingehalten werden, sondern schwankte zwischen 36.5 und 37.5° C.

c) Messung der elektrischen Potentialdifferenzen.

Die Messungen erfolgten stromlos mittels eines Röhrenvoltmeters, einerseits zwischen der Amalgamfüllung des oberen Zahnes gegen das

Platingoldplättchen im belasteten (25 KOhm) und im unbelasteten (offenen) Zustand.

d) Materialzusammensetzung der Amalgamfüllung und des Platingold-Plättchens.

Die Amalgamfüllung des oberen Zahnes wurde nach Beendigung der Versuche herausgenommen und ein Teil des der Oberfläche abgewendeten Stückes einer naßchemischen Analyse zugeführt. Neben den Hauptmengen an Silber, Quecksilber und Zinn, die nicht weiter quantitativ bestimmt wurden, fand sich eine Menge an Kupfer von 2.3% und Zink 1.7%. Beim Platingoldplättchen handelte es sich um ein 22er Platingold.

e) Lösungsvorgänge vom Amalgam in den Pufferlösungen.

Wie bereits im I. Teil der Arbeit beschrieben, werden sich — auch ohne elektrolytischen Einfluß — der durch das „galvanische Element“ Platingold — Pufferlösung (Speichel)-Amalgam, geschlossen über Zahn — Kieferknochen — Zahnfleisch in Lösung gegangene Anteile die unedleren Bestandteile des Amalgams rein chemisch in der sauren Pufferlösung auflösen. Während im unbewegten Zustand, wie im Teil I der Arbeit beschrieben, bereits nach einigen Stunden bis Tagen eine Verarmung an unedlen Bestandteilen an der Oberfläche eintritt, wird durch die simulierte Kaubewegung die Oberfläche stets blank gehalten und damit können immer neue (Mikro) Schichten von unedlen Anteilen in Lösung gehen.

f) Qualitative und quantitative Bestimmung der in Lösung gegangenen Ionen.

Für den qualitativen Nachweis und die quantitative Bestimmung der in Lösung gegangenen Ionen wurden dieselben Methoden verwendet, die im Teil I unserer Arbeit zur Anwendung gelangten.

g) Zur zeitlichen Dauer der Untersuchungsreihe.

Die Versuche wurden so durchgeführt, daß sofort nach Einbringung der auf $\sim 37^\circ\text{C}$ vorgewärmten Pufferflüssigkeit in die Apparatur, die auftretenden Potentialdifferenzen wie unter c) beschrieben, gemessen wurden.

Die Mengen an Pufferflüssigkeit betrug 25 ml. Die Apparatur wurde in Bewegung (simulierte Kaubewegung) gesetzt und nach 12 Stunden abgestellt. Vorher wurden nochmals die Potentialdifferenzen gemessen und dann die Pufferlösung abgezogen und einer chemischen Analyse unterworfen. Dann erfolgte eine neue Füllung mit Pufferlösung, die Messung

der Potentialdifferenzen und weitere 12 Stunden Kaubewegung. Dies wurde durch vier mal 12 Stunden wiederholt.

Nimmt man als mittlere Zeit, die ein Mensch je Tag seinen Kauapparat in Bewegung hält, eine Stunde an, so bedeuten die vier mal 12 Stunden eine Zeitdauer von rund 1 1/2 Monaten.

Für die Verhältnisse in vivo muß man allerdings noch berücksichtigen, daß gemäß der Literatur die innerhalb eines Tages produzierte und zum größten Teil verschluckte Speichelmenge 1000 bis 1500 ml Speichel beträgt. Der pH-Wert des Speichels wird je nach den eingenommenen Getränken bzw. Speisen des Speichels unterschiedlichste Werte innerhalb von pH 3.0 bis 7.2 haben. Verhältnisse bezüglich des pH-Wertes und bezüglich der Verweilzeit des Speichels im Munde, die so komplexer Natur sind, daß sie in vitro nicht völlig entsprechend simuliert werden können. Durch die gewählte Zeitdauer und den gewählten pH-Wert bei einer innerhalb von 12 Stunden nicht gewechselten Pufferlösung sollten auch nur einmal Anhaltspunkte ermittelt werden, in welcher Größenordnung die in Ionenform in Lösung gegangene Menge der Bestandteile einer Amalgamfüllung überhaupt sind.

V Versuchsergebnisse

Bei den einzelnen pH-Werten (3.2, 5.1 und 6.8) ergaben sich zwischen dem Amalgam des oberen (bewegten) Zahnes und dem in der Pufferlösung ruhenden Platingoldplättchen folgende Spannungswerte:

Bemerkung: Vor Beginn der Versuche wurde die Amalgamfüllung beider Zähne mittels Polierpapier bestens abpoliert, so daß eine blanke Oberfläche vorhanden war.

Tabelle 1

Bei pH 3.2	Spannung ohne Belastung	mit 25 KOhm Belastung
Zeitpunkt 0	-630 mV	-480 mV
nach 12 Stunden	-600 mV	-460 mV
nach 24 Stunden	-595 mV	-450 mV
nach 36 Stunden	-580 mV	-445 mV
nach 48 Stunden	-570 mV	-440 mV

Nach jeweils 12 Stunden wurde die Pufferlösung erneuert (mit jeweils gleichem pH), ein Abpolieren erfolgte nicht.

Bei pH 5.1	Spannung ohne Belastung	Belastung mit 25 KOhm
Zeitpunkt 0	-605 mV	-460 mV
nach 12 Stunden	-600 mV	-456 mV
nach 24 Stunden	-590 mV	-450 mV
nach 36 Stunden	-582 mV	-430 mV
nach 48 Stunden	-575 mV	-420 mV

Nach je 12 Stunden Pufferlösungen erneuert, ohne abpolieren.

Bei pH 6.8	Spannung ohne Belastung	mit 25 KOhm Belastung
Zeitpunkt 0	-430 mV	-400 mV
nach 12 Stunden	-420 mV	-390 mV
nach 24 Stunden	-417 mV	-375 mV
nach 36 Stunden	-406 mV	-352 mV
nach 48 Stunden	-400 mV	-340 mV

Auch hier Erneuerung der Pufferlösung ohne abpolieren nach jeweils 12 Stunden.

Die abgezogenen Pufferlösungen wurden einer chemischen Analyse auf Ionen von Zinn, Zink, Kupfer, Quecksilber und Silber unterzogen.

Vergleicht man die hier gemessenen Spannungswerte mit vergleichbaren Werten im I. Teil der Arbeit, unter fast gleichen Bedingungen, nur mit dem Unterschied, daß diesmal durch die simulierte Kaubewegung die Oberfläche der Amalgamplomben praktisch stets blank gehalten wurden, so kann man erkennen, daß:

Bei pH = 3.0 (bzw. 3.2) innerhalb der ersten 48 Stunden die zwischen dem Amalgam und dem Platingold auftretende Spannung bei ruhenden Elektrolyten (Trinkvorgang) um 40,6% der Anfangsspannung gesunken war; bei Bewegung und simuliertem Kauvorgang jedoch nur um 8,5%.

Bei pH = 5.0 (bzw. 5.1) im ruhenden Zustand um 41%, beim simulierten Kauvorgang jedoch nur um 9,0%

und endlich bei pH = 6.9 (bzw. 6.8) im ruhenden Zustand um 59,5% beim simulierten Kauvorgang nur um 15% gesunken war.

Dies bedeutet aber, daß beim Kauvorgang immer eine fast „neue“ Oberfläche für den Elektrolysenvorgang zur Verfügung steht und daher eine „Verwitterung“ des Amalgames sehr langsam eintreten wird.

Analyse der in Ionenform in Lösung gegangener Anteile je 1 ml Pufferlösung:

	Zinn	Zink	Kupfer	Quecksilber	Silber
	in 10 ⁻⁶ g				
pH = 3.2					
0 bis 12 Stunden	16.0	12.0	6.1	0.4	nicht bestimmt
36 bis 48 Stunden	14.5	11.0	5.5	0.3	um 0.1
pH = 5.1					
0 bis 12 Stunden	9.6	5.8	3.2	0.08	nicht bestimmt
36 bis 48 Stunden	8.7	5.3	2.9	0.05	unter 0.01
pH = 6.8					
0 bis 12 Stunden	5.0	2.6	0.2	nicht bestimmbar	
36 bis 48 Stunden	4.2	2.1	0.2	nicht bestimmbar	

Vergleicht man die Zahlenwerte der Ionenkonzentrationen, die sich bei — gleichem pH-Wert — bei unbewegtem Material — simuliertem Trinkakt gegenüber den Konzentrationen bei bewegten Zähnen — simuliertem Kauakt — ergeben, so findet man, daß bei unbewegtem Material sehr rasch eine Verarmung an unedleren Bestandteilen an der Oberfläche eintritt, was sich durch eine Abnahme der elektrischen Spannung zwischen Amalgam und Platingold und durch eine geringere Menge an in Lösung gegangenen Ionen andererseits bemerkbar macht.

Bei dem simulierten Kauakt hingegen wurden die Oberflächen immer blank geschleift, die elektrische Spannung nahm nur wenig ab, ebenso die Menge der in Lösung gegangenen Ionen aus dem Amalgam.

Der wesentlich höhere Kupfergehalt bei den im II. Teil der Arbeit beschriebenen Versuchen ergibt sich aus der Tatsache, daß das Plombenmaterial, mit dem die Zähne plombiert waren, einen wesentlich höheren Kupfergehalt an sich aufwies, als das im I. Teil der Arbeit verwendete „Agestan-Amalgam“, nämlich 2,3%.

Zusammenfassung

Wie aus den Tabellen ersichtlich, gehen im sauren Milieu je nach dem pH-Wert auch bei einer älteren Amalgam-Plombe, Anteile von Zinn, Zink, Kupfer und Quecksilber in Ionenform in Lösung. Die in Lö-

sung gegangenen Mengen sind beim Kauakt, bei welchem mehr oder minder frische Oberflächen durch den mechanischen Poliervorgang geschaffen werden, größer als bei ruhenden Zähnen, wo eine Verarmung an unedleren Bestandteilen und damit eine „Passivierung“ auftritt.

Wenngleich die in Lösung gegangenen Metallionen nicht sehr erheblich sind, werden dem Patienten doch ständig kleinste Mengen auch an nicht essentiellen Spurenelementen zugeführt.

Somit weisen diese Untersuchungsergebnisse auf die Notwendigkeit hin, die Verwendung des Amalgams als Reparaturmaterial nur unter vorsichtiger Einhaltung bestimmter Voraussetzungen zu empfehlen.

Literatur:

1. J. Scheff und H. Pichler: „Handbuch der Zahnheilkunde V“ Spezifischer Kaudruck, Band V, S. 197, Verlag Urban & Schwarzenberg, Wien 1930.

2. A. Kantorowicz: „Klinische Zahnheilkunde“, Der Kaudruck, S. 557, Verlag H. Meusser Berlin 1927.

3. K. Thielemann: „Biomechanik der Parodontose“, Indirekte Belastungsschäden d. Parodontiums a) Kraftgröße. S. 9, 10, Verlag J. A. Barth, München 1956.

4. A. Heusser: „Klinik der Zahn-, Mund- und Kiefererkrankungen“, Kauapparat des Menschen, S. 76 — 80, Verlag A. Hüthig Heidelberg 1971.

5. T. Till und G. Wagner: „Über elektrochemische Untersuchungen an verschiedenen Zahnreparaturmaterialien“ ZWR 80, 8. 334 — 339 (1971).

6. G. Wagner und T. Till: „Über elektrochemische Untersuchungen an verschiedenen Zahnreparaturmaterialien“ II. Teil ZWR 81, 490 — 494 (1972).

Besonderer Dank gebührt Herr Dipl.-Ing. Dr. techn. o. Professor Hanns Malissa, Vorstand des Institutes für Analytische Chemie und Mikrochemie der Technischen Hochschule Wien, für sein Entgegenkommen, die Durchführung der Untersuchungen an seinem Institut zu gestatten und bestens zu unterstützen.

Den Herren J. Franek und W. Kwiecinski sei an dieser Stelle für ihren persönlichen Einsatz bei der Durchführung der Messungen bestens gedankt.

Dem Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung sei für die leihweise Überlassung des Zweizellenpolarographen der beste Dank ausgesprochen.

Anschriften der Verfasser:

ao. Prof. Dr. G. Wagner, Abteilungsleiter am Institut für Analytische Chemie und Mikrochemie der Technischen Hochschule Wien, A-1060 Wien VI., Getreidemarkt 9, Med.-Rat Dr. T. Till, Facharzt für Zahnheilkunde, A-1010 Wien I., Riemergasse 14.