

Können metallhaltige Dentallegierungen gesundheitsschädlich sein?

Neue Aspekte einer Praxisstudie

Von Claus Muss

In der vorliegenden Arbeit werden Metallbelastungen, die bei Patienten mit Edelmetall und Amalgamversorgung mit standardisierten Methoden



erhoben wurden, vorgestellt. Erstmals wird in dieser Arbeit auf die Belastung der Patienten

hingewiesen, die sich durch Goldlegierungen ergeben kann. In der vorliegenden Studie wurden die Belastungsdaten der Patienten mit dem Immunstatus verglichen. Weiterhin weisen Aspekte aus der orthomolekularen Medizin in diesem Kollektiv darauf hin, dass die zahnärztliche Versorgung mit Amalgam- und/oder gewissen Goldlegierungen u. U. ein Gesundheits-Risiko für Patienten bedeuten kann.

Metalle sind in der restaurativen Zahnheilkunde aufgrund ihrer Vorteile in der Verarbeitung häufig im Einsatz. Verarbeitungsvorteile und Haltbarkeit haben dazu geführt, dass sie zu den wichtigsten Werkstoffen der restaurativen Zahnheilkunde

zählen. Entgegen der landläufigen Ansicht sind Metalle jedoch keineswegs biokompatibel und daher nicht selten Auslöser multipler Gesundheitsstörungen (Drasch und Röder 1995, Drasch et al. 1992 und 1993 sowie 1999, Muss et al. 2000).



Gesundheitliche Belastung durch Metalle

Bereits die Diskussion um Gesundheitsstörungen durch Amalgamfüllungen führte erstmals zu einer kritischen Auseinandersetzung mit der Materie. Fehlende Standards zum Biomonitoring verhinderten allerdings zwangsläufig in der Folge kontrollierte klinische Studien zu diesem Thema mit dem Resultat, dass trotz gewisser Einschränkungen in der Verarbeitung, Amalgamfüllungen noch weiterhin zum Standard der zahnärztlichen Versorgung zählen. Erstmals wurde nun der Versuch in einer Langzeitpraxisstudie unternommen, unter standardisierten Bedingungen die Toxizität verschiedener Metalle aus Dentallegierungen zu untersuchen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen bestätigten das toxische Potential von Metalllegierungen in der Zahnheilkunde für den Gesamtorganismus.

Metalle entfalten ihre Toxizität häufig erst in einer protrahierten Reaktion. Belastungen aus Dentallegierungen werden daher selten akut sondern eher subakut bis chronisch evident. Bei einer chronischen Metallexposition lassen sich immuntoxische Mechanismen nur selten direkt ableiten, da sich die Dosis-Wirkungsbeziehungen nicht streng linear verhalten. Die genetisch determinierte Entgiftungskapazität verschiedener an der Detoxifikation beteiligter Enzymsysteme, wie z. B. das Cytochrom P 450 System und die Glutathion-S-Transferase trägt zur Symptomenvarianz belasteter Patienten bei (Arnold von Versen 2001). Aufgrund der unterschiedlichen Aktivitäts-

reserven dieser Enzymsysteme ist es daher möglich, dass unterschiedliche klinische Bilder und Verlaufsformen bei den Patienten zu beobachten sind (Bieger et al. 1997, Ohlenschläger 1997, Wassermann 1998, Prang et al. 2001, Stejskal et al. 2001).

Fehlende Standards

Die Beurteilung der Belastungssituation nach der Höhe der resorbierten Metallkonzentration in Körperflüssigkeiten liefert keine verlässlichen Ergebnisse, weil viele Metalle, wie z. B. das Amalgam-Quecksilber, im Körper nach der Resorption zwischen den Kompartimenten Blut und Speichergewebe unverteilt werden (Drasch 1994). Da diese Tatsache in den bislang empfohlenen Referenzwerten nicht berücksichtigt werden, stellen sie keine verlässlichen Standards für ein fundiertes Biomonitoring dar (Müller 2002). Der Mangel an validen Studiendaten verschärfte die Unsicherheit bezüglich der Amalgamfrage. Epidemiologische Daten konnten bislang nur wenig zu einem Konsens beitragen, da sie z. T. auf unterschiedlich sensitiven Untersuchungsmethoden basierten. Während beispielsweise die kutane Testung auf Amalgamunverträglichkeit nur selten positive Ergebnisse zeigte, produzierten sensitivere Untersuchungsmethoden, wie z. B. der Lymphozytentransformationstest, wesentlich häufiger Sensibilisierungsreaktionen bei Amalgamträgern (Müller 2002).

Abb. 1:
Belastungen im Speichel in Abhängigkeit von der Goldkronenversorgung



Die in unserer Praxisstudie erhobenen Belastungsdaten präsentieren neben den Metallkonzentrationen zusätzliche immunologische Parameter und die biochemische Stoffwechselanalyse der Patienten. Im Folgenden werden die Ergebnisse aus einer Praxisstudie mit 151 Patienten, die mit Amalgam bzw. Zahngold (n=79) versorgt waren dargestellt.

Ergebnisse der Belastungsanalyse

In dem selektionierten Praxisklientel wurden durchschnittliche Quecksilber-, Gold- und Palladiumkonzentrationen im Speichel zwischen $38,3 \pm 42,7 \mu\text{g/d}$ bzw. $64,7 \pm 184,4$ sowie $6,1 \pm 9,8 \mu\text{g/d}$ gefunden. Die Höchstkonzentrationen der Quecksilber-, Gold- und Palladiumbestimmungen lagen dagegen im Speichel bei $881,8 \mu\text{g/l}$ und $2962 \mu\text{g/l}$ bzw. $42,7 \mu\text{g/l}$.

In der Untersuchung wurde durch Abnahme des Nüchtern- und Kauspeichels darauf geachtet, dass eine exogene Kontamination des Speichels, etwa durch Kaureste aus Nahrungsmitteln vermieden wurde. Die Goldkonzentrationen korrelierten weiterhin statistisch signifikant ($p < 0,05$; $r_s =$) mit der Anzahl der Goldversorgungen bei den Patienten (Abb. 1).

Leider muss man feststellen, dass es für diese offenkundige Edelme-

Quecksilberbelastung durch Amalgam im Praxisklientel № 151

		Hg im Morgenurin	Hg im DMPS-Urin	Hg im Serum	Hg im Vollblut
N	151	151	151	151	151
Mittelwert		1,1358	18,2070	3193	9900
Median		7300	7,8600	2500	8000
Standardabweichung		1,2957	29,3288	4000	1,4099
Minimum		,00	,00	,00	,00
Maximum		8,83	205,20	1,70	12,40

Die Quecksilberkonzentrationen der Amalgamträger im Blut und Urin sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

tallbelastung aus Dentallegierungen noch immer keine Referenzwerte zur Orientierung der Belastungshöhe gibt. Offensichtlich war man in der zahnärztlichen Materialkunde bislang durch in-vitro-Ergebnisse fälschlicherweise davon ausgegangen, dass Edelmetalllegierungen chemisch inert seien, und keine nennenswerte Metallemission aus den Edelmetalllegierungen zu erwarten sei (Marxkors und Meiners 1993, Wirz 1993).

Unsere Untersuchungen ergaben ferner, dass ausgelöste Edelmetalle in vivo auch gastrointestinal resorbiert werden. Dies zeigten die Blut- und Urinuntersuchungen bei den Patienten. Dabei korrelierten die Gold-Speichelkonzentrationen bei den Probanden (n=79)

signifikant mit deren Gold-Belastungswerten ihrer Serumwerte ($p < 0,01$), siehe Abb. 2.

Aus den erhobenen Daten kann abgeleitet werden, dass die Metallexposition durch Dentallegierungen möglicherweise den ganzen Organismus des Patienten erfassen kann. Nicht resorbierte Metalle werden nach dem Verschlucken via naturales über den Stuhl ausgeschieden. In unserem Kollektiv erreichte die enterale Quecksilberausscheidung Höchstwerte von $700 \mu\text{g/kg}$. Bei $88,6\%$ (78/88) der Amalgamträger wurde Quecksilber im Stuhl und bei $68,4\%$ (54/79) bzw. $48,1\%$ (38/79) der zahngoldversorgten Patienten

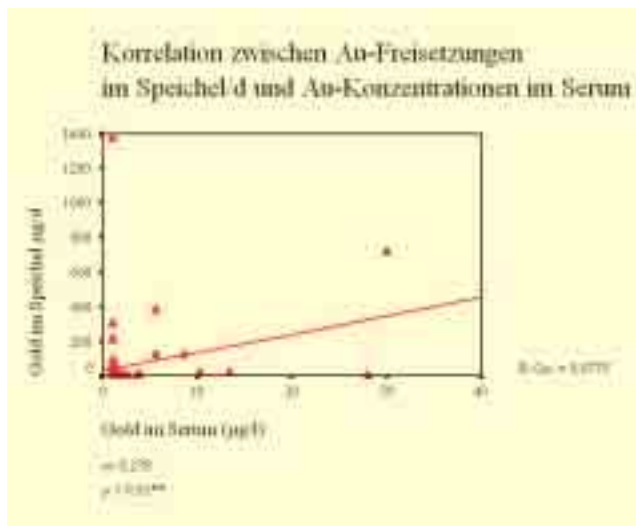


Abb. 2: Gold-Serumkonzentration in Abhängigkeit von der Speichelbelastung

		Au im Blut	Au im Serum	Pd im Blut	Pd im Serum
1-3 Goldzähne	N	34	34	34	34
	Mittelwert	<2,00	<2,00	3,08	5,70
	Standardabweichung	<2,00	<2,00	6,56	<5,00
	Median	<2,00	<2,00	<5,00	<5,00
	Minimum	<2,00	<2,00	<5,00	<5,00
	Maximum	6,50	13,30	32,00	17,80
4-8 Goldzähne	N	32	32	32	32
	Mittelwert	<2,00	2,73	6,03	<5,00
	Standardabweichung	<2,00	3,71	14,27	<5,00
	Median	<2,00	<2,00	<5,00	<5,00
	Minimum	<2,00	<2,00	<5,00	<5,00
	Maximum	9,10	17,40	82,70	15,90
> 8 Goldzähne	N	13	13	13	13
	Mittelwert	<2,00	5,91	4,05	8,73
	Standardabweichung	<2,00	10,42	8,37	7,27
	Median	<2,00	<2,00	<5,00	<5,00
	Minimum	<2,00	<2,00	<5,00	<5,00
	Maximum	4,20	29,90	11,40	26,80
Insgesamt	N	79	79	79	79
	Mittelwert	<2,00	2,76	3,68	5,22
	Standardabweichung	<2,00	5,14	10,08	<5,00
	Median	<2,00	<2,00	<5,00	<5,00
	Minimum	<2,00	<2,00	<5,00	<5,00
	Maximum	9,10	29,90	82,70	26,80

Die Gold- und Palladiumkonzentrationen im Blut der Zahngoldträger sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

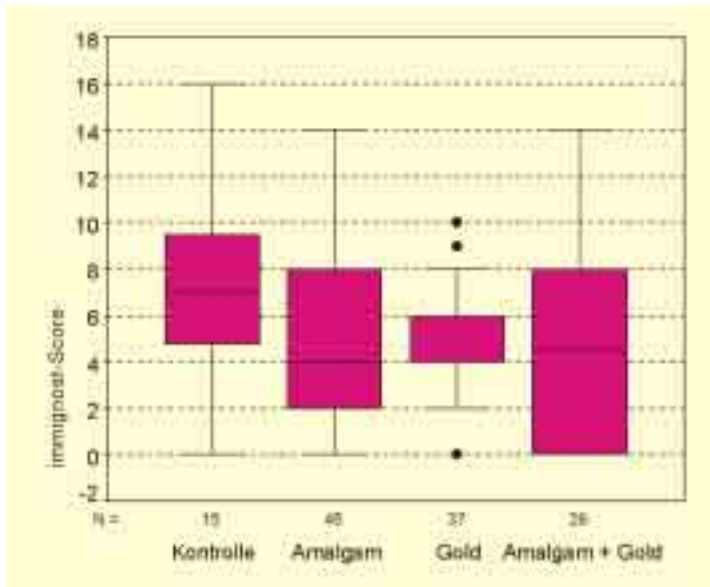


Abb. 3
Immunantwort in Abhängigkeit von der Zahnversorgung mit Amalgam- bzw. Goldkronen

wurde Gold (Au) und Palladium (Pd) im Stuhl mit einem Maximum von 700 µg Hg bzw. 1100 µg Au und 540 µg Pd/kg Faeces nachgewiesen. Gold und Palladium wurde von Zahn-goldträgern bis zu 1100 µg/kg bzw. 540 µg/kg Faeces ausgeschieden (Muss et al. 2002).

Immunologische Parameter im Kollektiv

Die vorgelegten Ergebnisse stellen die ersten verfügbaren Daten zur Metallbelastung durch Amalgam-quecksilber und Edelmetalle aus Dentallegierungen bei Patienten unter kontrollierten Bedingungen dar. Zur Klärung der toxischen Relevanz dieser Belastungskonzentrationen waren dringend weitere Untersuchungen zum Gesundheitszustand

der untersuchten Patienten erforderlich. Dabei zeigten sich bei unseren Patienten mit Amalgam- und Edelmetallversorgungen im Vergleich mit einem metallfrei versorgten Kontrollkollektiv signifikant häufiger Immundefizite im Bereich der T-Zell-Regulation ($p < 0,01$). Die T-Zell-Immunantwort wurde mit dem Recall-Response im kutanen Test (ehemals Multitest Immignost) standardisiert erfasst (Abb. 3).

Patienten mit Amalgamfüllungen hatten signifikant niedrigere Immunscores (kutane Recallantwort mit standardisierten Antigenen im Multitest-Immignost®-System) im Vergleich zu Patienten ohne Amalgamversorgung. Das Gleiche traf bei den Patienten auch auf die Versorgung mit Goldkronen zu. Diese Daten weisen auf die immunsup-

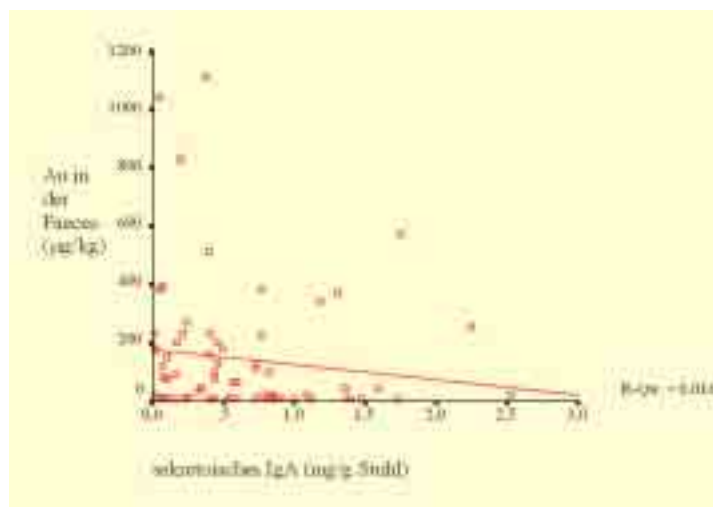


Abb. 4:
Signifikant erniedrigte sIGA-Extinktion in der Faeces in Abhängigkeit von der enteralen Goldevasion ($p < 0,05$).

pressiven Effekte, die von resorbier-tem Metall aus Dentallegierungen ausgehen können, hin (Muss et al. 2000 b).

Durch die vorliegenden Ergebnisse konnte ein statistisch signifikanter Effekt der Schwermetall- und Edelmetallbelastung auf immunologischer Effektorebene nachgewiesen werden. Neben der T-Helfer-Zell-Ebene wurden auch Parameter der unspezifischen Immunantwort untersucht. Hierzu zählt u. a. auch das auf den Schleimhäuten ausgeschiedene (sekretorische Immunglobulin A= sIGA), das als erste Immunbarriere die Schleimhäute vor Fremdbesiedelung schützt. In unseren Untersuchungen zeigte sich eine signifikant verminderte sIGA-Synthese ($p < 0,05$) bei den zahngoldversorgten Patienten (Muss et al. 2000 a; Abb. 4). Da wie oben gezeigt, abgeschlucktes Zahngold auch enteral ausgeschieden wird, erklären sich möglicherweise hierdurch gastrointestinale Störungen des Immunsystems bei Zahngoldträgern.

Neben dem direkten immuntoxischen Effekt ließ sich die Toxizität der Schwer- und Edelmetalle auch durch ihren Einfluss auf die homöostatische Regulation essenzieller Spurenelemente, wie z. B. Selen, zeigen. Da essenzielle Spurenelemente wie Selen als Cofaktoren antioxidativer Enzyme (Glutathionperoxidase, Katalase, Superoxiddismutase) wirken, führt ein Verlust an aktiven Selenvalenzen im Organismus zwangsläufig zu eingeschränkten Stoffwechselregulationsvorgängen und vermehrtem oxidativem Stress (Bieger 1998, Frank und Bieger 2000).

Eine Selendepletion entsteht bei Amalgamquecksilberbelastung letztendlich durch die Bildung fester Komplexe, die renal ausgeschieden werden (Muss 2002). In unseren Studienergebnissen konnten wir eine lineare Korrelation zwischen den Quecksilber- und Selenkonzentrationen im Blut ($r_s = + 0,202$, Abb. 4) bei unseren Patienten sowie eine äquimolare renale Evasion der beiden Elemente nachweisen. Die Quecksilberkonzentration im Vollblut kor-

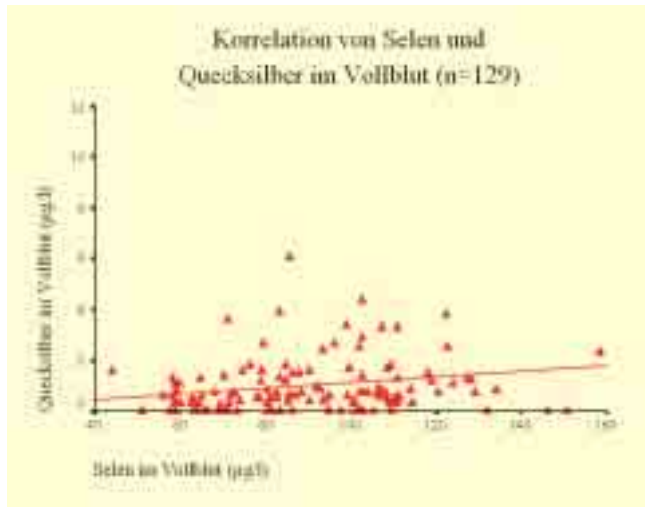


Abb. 5:
Korrelation zwischen Selen und Quecksilber im Blut bei amalgambelasteten Patienten (n = 129).

relierte positiv mit der jeweiligen Selenkonzentration ($r_s = +0,236$, Abb. 5).

Diskussion der Ergebnisse

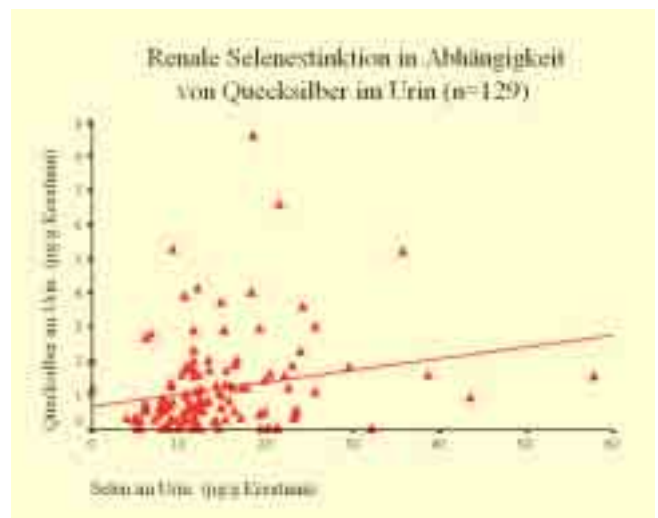
Bei allen hier aufgeführten Untersuchungen wurde das Klientel nach bestimmten Ein- und Ausschlusskriterien selektiert, sodass die Kontamination der Belastungsdaten mit anderweitigen Ursachen weitestgehend ausgeschlossen werden konnte.

Die hier dargestellten Fakten weisen auf ein immuntoxisches Potential von Schwer- und Edelmetalllegierungen hin. Welche Fakten sind zur Immuntoxizität von Edelmetallverbindungen bislang gesichert? Goldverbindungen wurden bislang in der Rheumatherapie zur Immunsuppression therapeutisch genutzt (Missler-Karger 1997). Hieraus ist bekannt, dass auf molekularer Ebene resorbierte Goldverbindungen die Freisetzung lysosomaler Enzyme und Produktion proinflammatorischer Zytokine aus Makrophagen und damit die Antigenprozessierung verhindern. Unter Goldeinfluss wird ferner die Expression von Adhäsionsmolekülen, die Verringerung der Antikörperproduktion sowie die Hemmung proteolytischer Enzyme beobachtet. Resorbiertes Gold kann auch an Enzyme durch Sulfhydrylgruppen und durch Lysin bzw. Histidylgruppen allosterisch binden. Außerdem denaturieren Goldverbindungen durch Ausfällung bzw. Oxidation von Methionin Eiweißver-

bindungen irreversibel und führen so zur Präsentation kryptischer Peptide auf MHC-Klasse II-Molekülen an CD4+ T-Zellen. Durch diese goldinduzierte Veränderung von Peptidstrukturen ist eine Induktion von Autoimmunreaktionen möglich (Shaw 1979, Burmester und Barthel 1996, Griem und Gleichmann 1995 und 1996).

Die Ergebnisse zeigten auch einen immuntoxischen Effekt bei amalgamexponierten Patienten. Die Exposition mit dem Prooxidans Quecksilber aus Amalgamfüllungen kann immunsuppressiv wirken. Freie Radikale (ROS) können in Gegenwart von Prooxidantien, wie z. B. Quecksilber, zur Schädigung von DNA, zur Peroxidation von Membranlipiden sowie zur Oxidation von Proteinen und der Funktionseinschränkung bzw. zur Bildung von Neoantigenen mit dem Risiko der Induktion von Autoimmunreaktionen führen (Stejskal et al. 2001).

Abb. 6:
Korrelation zwischen Selen und Quecksilber im Urin bei amalgambelasteten Patienten (n = 129).



Dr. Dr. med.
Claus Muss

Bahnhofstraße 8
86150 Augsburg

Immunologische und umweltmedizinische Schwerpunktpraxis

Ernährungsmediziner (DGEM)

Arzt für Naturheilverfahren-Homöopathie-Chirotherapie-Akupunktur

Da der Quecksilbertransport im Blut gebunden an freie Selenvalenzen der Enzyme erfolgt (Yoneda und Suzuki 1997 und Yoneda et al. 1998), kann eine feste komplexe Quecksilber-Selenbindung den oxidativen Stress durch Selendepletion forcieren. Quecksilber-gebundenes Selen steht in diesem Fall für antioxidative Aufgaben (Aktivitätsverlust der Glutathionperoxidase) in den Zellen nicht mehr zur Verfügung (Muss 2002). Freie Radikale (ROS) treten beim oxidativen Stress mit Phosphorlipiden aus Zellmembranstrukturen in Wechselwirkung und initiieren dadurch letztendlich die Lipidperoxidation mit ungesättigten Fettsäuren. Dabei kommt es zur Abspaltung eines H-Atoms an der Fettsäure und zur Bildung von Fettsäureperoxid-Radikalen, die über Sekundärreaktionen zu Autooxidationsprodukten wie MDA, 4-HNE und PGF2 alpha führen. Immunologische Defizite werden durch radikalinduzierte Läsionen an Immunzel-

len erklärbar. Außerdem ist von einem Immunshift auf Regulator-ebene durch den erhöhten oxidativen Stress auszugehen (Bieger 1998, Müller 2002, Mayer et al. 2002).

Immuneffekte möglich

Die vorliegenden Daten aus der Belastungsanalyse und den zusätzlich erhobenen Parametern machen deutlich, dass von Quecksilber-Amalgam bzw. Edelmetallen ein effektiver Immuneffekt ausgehen kann und unter gewissen Bedingungen ein gesundheitliches Risiko durch diese Dentallegierungen nicht auszuschließen ist. In unseren Untersuchungen konnten keine Diffe-

renzierungen bezüglich der Zusammensetzung der Legierungsmetalle vorgenommen werden. Auch die Versorgungsdauer war bei den Patienten unterschiedlich, sodass hieraus nicht die Haltbarkeit bestimmter Legierungen abgeleitet werden kann.

In der Gruppe mit Edelmetallbelastungen befanden sich jedoch auch Patienten mit Hochgoldlegierungen, sodass künftig über eine innere Versorgung bei diesen Legierungsanteilen nachgedacht werden sollte. In besonderen Belastungssituationen, wie der Exposition mit diesen Metallen kann ein erhöhter Bedarf an Spurenelementen und Vitaminen zur Entgiftung entstehen. Durch Zufuhr be-

stimmter antioxidativ wirkender Spurenelemente, wie z. B. Selen und Zink sowie gewisser Vitamine, lässt sich das Immunsystem solcher belasteter Patienten möglicherweise stabilisieren. Prophylaktisch können daher Vitalstoffgaben in angemessenen Dosen dazu beitragen, gesundheitlichen Schaden bei unvermeidbaren Belastungen abzuwenden.

Im nächsten Artikel wird ausgeführt, wie eine Belastung durch Metalle aus Dentallegierung in der Praxis nachgewiesen werden kann und wie eine zahnärztliche Metalentsorgung unter Berücksichtigung einer optimalen Vitalstoffversorgung kunstgerecht durchgeführt werden kann.

Literatur

- Arnold von Versen, B.: Buntes klinisches Bild. Zt. Umweltmedizin 9 (38) 24-25 (2001).
- Bieger, W. P.: Oxidativer Stress durch Quecksilberverbindung. Zt. Umweltmedizin (6) 93-97 (1998).
- Bieger, W. P., Noppeney, H., Mayer, W., von Baehr, R.: Immuntoxikologie der Dentalmetalle. Zt. Umw. Med. (4) 232-238 (1997).
- Burmester, G. R., Barthel, H. R.: Wirkungsmechanismen von Gold bei der Behandlung der rheumatoiden Arthritis. Z. Rheumatol (55) 299-306 (1996).
- Drasch, G., Muss, C., Roeder, G.: Gold and Palladium Burden from Dental Restoration Materials. J. Trace Elem Med Biol (14) 71-75 (2000).
- Drasch, G., Schupp, L., Riedl, G., Günther, G.: Einfluss von Amalgamfüllungen auf die Quecksilberkonzentration im menschlichen Organismus. Dtsch. Zahnärztl. Z. 47 (8) 490-496 (1992).
- Drasch, G., Schupp, L., Höfl, H., Reinke, R.: Mercury burden of human fetal and infant tissues. 8th International Symposium on Trace Elements in Man and Animals, Dresden. 16-22 Mai (1993).
- Drasch, G.: Mercury. In: Handbook on metals in clinical and analytic chemistry. Seiler, H. G., Sigel, A., Sigel, H. (1994).
- Drasch, G., Roeder, G.: Zahn-amalgam in der Schwangerschaft; Geburtshilfe Frauenheilkd. 55 (6) 63-65 (1995).
- Frank, I., Bieger, W. P.: Immuntoxikologie chronischer Quecksilberbelastungen Zt. Umw. Med. (2) 94-100 (2000).
- Griem, P., Gleichmann, E.: Metal ion induced autoimmunity. Current opinion in Immunology (7) 831-838 (1995).
- Griem, P., Gleichmann, E.: Erwünschte und unerwünschte Wirkungen von Gold-Antirheumatika. Z. Rheumatol (55) 348-358 (1996).
- Mayer, W. r., Bastram, F., Bieger, W. P.: MCS - Eine chronische Entzündung? Zt. Umw. Med. 46 (10) 141-149. Marxkors, R., Meiners, H.: Taschenbuch der zahnärztlichen Werkstoffkunde. 4. Aufl. Carl Hanser Verlag München Wien 1993.
- Muss, C., Drasch, G., Roeder, G., Arnold, B.: Fördern Edelmetalle aus zahnärztlichen Legierungen den intestinalen Candida-Befall durch suppressive Wirkung auf das darmassoziierte Immunsystem? Zt. Umw. Med. (8) 34 173-175 (2000a).
- Muss, C., Drasch, G., Roeder, G., Arnold, B.: Untersuchungen zur immunsuppressive Wirkung von Dentallegierungen unter Verwendung von Recall-Antigenen - eine Praxis-Studie (8) Zt. Umw. Med. (8) 35 228-233 (2000b).
- Muss, C.; Drasch, G., Köster, H. D.: Die enterale Evasion dentaler Legierungsmetalle - Eine Praxisstudie. Ärztezeitschrift für Naturheilverfahren (42) 9 660-664 (2001).
- Muss, C.: Immunologische Störungen des T-zell-assoziierten Immunsystem durch Mangel an essenziellen Spurenelementen Selen, Zink und Kupfer Zt. Erfahrungsheilkunde (4) 264-271 2002.
- Ohlenschläger, G.: Das Cytochrom p450-System, die Glutathion-S-Transferasen und die Metallothioneine: Drei wichtige Entgiftungssysteme des Menschen und ihre optimierende Beeinflussbarkeit durch orthomolekulare Substanzen. Zt. Umw. Med. (4) 19 242-250 (1997).
- Prang, N. S. von Baehr, V., Bieger, W. P.: Erhöhte genetische Suszeptibilität gegenüber Umweltgiften bei schadstoffbelasteten Patienten mit chronischem Erschöpfungssyndrom. Zt. Umw. Med. (9) 38 38-45 (2001).
- Missler-Karger, B.: „Ridaura“ (Auranofin). Wissenschaftliche Basisinformation zu Ridaura. Yamanouchi Pharma. Heidelberg (1997).
- Müller, K. E.: BfArM verfolgt Strategien der Vergangenheit. Zt. Umw. Med. (19) 46 128-133 (2002).
- Shaw, C. F.: Gold. In: Metals and Their Compounds in the Environment. Merian. (Hrsg.). VCH Verlagsgesellschaft mbH. Weinheim, New York, Basel, Cambridge (1991).
- Wassermann, O.: Gesundheitsstörungen durch Einwirkungen von Substanzen in subtoxischen Konzentrationen. Z. Umw. Med. 6 (2) 86-89 (1998).
- Stejskal, J., Stejskal, V., Müller, K. E.: Die Bedeutung der Metalle für die Entwicklung von Autoimmunität und ihre Verbindung zum neuroendokrinen System. Z. Umw. Med. 40 (9) 160-169 (2001).
- Wirz, J.: Klinische Material- und Werkstoffkunde. Quintessenz Verlags GmbH. Berlin Chicago, London, Moskau, Sao Paulo und Tokio (1993).
- Yoneda, S., Suzuki, K. T.: Equimolar Hg-Se Complex Binds to Selenoprotein P. Biochem. Biophys. res. com. (231) 7-11 (1997).
- Yoneda, S., Sasakura, C., Suzuki, K. T.: Binding sites for the equimolar (Hg-Se) unit complex comprise cationic and anionic centers in selenoprotein P. Metal ions in Biology and Medicine: 5 (85-88) (1998). □