Verhaltensauffälligkeiten und Hyperaktivität bei Kindern und Erwachsenen

Bewertung von Schadstoff-Belastungen und Mineralstoff-Imbalancen durch die Bestimmung von toxischen Metallen, Mineralstoffen und Spurenelementen im Haar

Philip Horsch¹, Hugo Schurgast²

¹ORTHO-Analytic AG, CH-Rapperswil, ²Antistress AG, CH-Rapperswil

Bei Verhaltensauffälligkeiten und der sogenannten Hyperaktivität handelt es sich um ein komplexes Störungsbild, das durch verschiedene Komponenten charakterisiert sein kann. Aufmerksamkeitsstörungen, Lernschwierigkeiten, schlechte schulische Leistungen, motorische Unruhe, übermässiger Bewegungsdrang, Störungen der Grob- und Feinmotorik, Übererregbarkeit, niedrige Hemm- und Frustrationsschwelle, Aggressivität, hohe Stör- und Gewaltbereitschaft. Diese Symptome können teilweise miteinander auftreten.

Meist ist der erste therapeutische Schritt das gemeinsame Gespräch, wo auch der Psychologe (bei Kindern und Jugendlichen der Schulpsychologe) häufig involviert wird. Dabei spielt das psychosoziale Umfeld des Betroffenen eine wichtige Rolle. Eltern, Lehrer und Psychologen sind jedoch in zunehmendem Masse im Umgang mit diesen Problemfällen überfordert. Dann wird auch die Medizin bzw. der Arzt miteinbezogen. Dieser verordnet oft stark wirksame Psychopharmaka (z.B. Ritalin®).

Mit der vorliegenden Arbeit soll gezeigt werden, dass Verhaltensstörungen, Hyperaktivität und Lernschwierigkeiten nicht nur von psychosozialen Faktoren abhängen und nicht nur mit symptomatisch wirkenden Medikamenten angegangen werden können. Vielmehr sollen frühere Studien bestätigt werden, die gezeigt haben, dass dieses Krankheitsbild von Stoffwechselstörungen (chronisch toxische Be-

Hintergrund: Verhaltensauffälligkeiten haben nicht nur psychosoziale Gründe, sondern werden durch gut belegte und biochemisch nachvollziehbare Stoffwechsel-Störungen mitverursacht. Ritalin und andere Psychopharmaka können bei Verhaltensauffälligkeiten kurz- und mittelfristig sinnvoll sein. Diese Medikamente können die Symptome durchaus positiv beeinflussen – sie können aber in der Regel die zugrunde liegenden stoffwechselbedingten Ursachen nicht beheben. **Studienziel:** Nachweis von Verschiebungen im Mineralstoff- und Spurenelementhaushalt sowie von übermässigen Belastungen mit toxischen Spurenelementen bei hyperaktiven und verhaltensauffälligen Personen. **Design:** Retrospektive Datenanalyse. **Methoden:** In der vorliegenden Studie wurde das mittels einer Haar-Mineral-Analyse bestimmte, biochemische Profil von 1257 verhaltensauffälligen Personen statistisch ausgewertet. **Ergebnisse:** Die verhaltensauffälligen Personen zeigten um 25% resp. 23% erniedrigte Werte im Bereich der Mineralstoffe Calcium und Magnesium. Daneben konnten signifikante Belastungen des Körpers mit den toxischen Metallen Aluminium und Blei nachgewiesen werden. **Schlussfolgerung:** Es ist in weiteren Untersuchungen abzuklären, inwieweit Mineralstoff-Imbalancen und Schadstoff-Belastungen Verhaltensstörungen mitverursachen können. Um einen langfristigen Behandlungs-Erfolg von Verhaltensstörungen zu ermöglichen, müssen die festgestellten Stoffwechsel-Ungleichgewichte resp. Umweltbelastungen mittels diverser Interventionen korrigiert werden. Dabei stehen ein paralleler Einsatz der schulmedizinischen Massnahmen zusammen mit Ernährungsinterventionen und eine gezielte separate Mikronährstoff-Zufuhr im Vordergrund.

Schlüsselwörter: Hyperaktivität, Verhaltensstörungen, Haaranalyse, Schwermetalle, Aluminium, Calcium, Magnesium

Behavioral Disorders and Hyperactivity in Children and Adults

An investigation using hair analysis of the relationship between toxic load and mineral-imbalances on behavioral disorders

Background: Behavioral disorders are not only associated with psychosocial factors but also with well-documented and biochemically transparent metabolic imbalances. Ritalin and other medications may be effective for behavioral disorders and hyperactivity in the short or medium term. These medications may moderate the symptoms – however, they usually cannot correct metabolic imbalances. **Aim of the study:** To investigate the relationship between mineral imbalance and toxic load and hyperactivity in adults and children. **Design:** Retrospective data-analysis. **Methods:** The biochemical profile, determined by a hair mineral analysis, of 1257 persons with behavioral disorders and hyperactivity, was statistically evaluated. **Results:** The study population showed a 25% and 23% reduced content in calcium and magnesium, respectively. Furthermore, significant amounts of the toxic elements aluminium and lead could be detected. **Conclusion:** Further research is needed to determine the extent to which mineral imbalance and toxic load may be underlying causes of behavioral disorders. To enhance the therapeutic success of behavioral disorders, the stated metabolic imbalances as well as the body burdens have to be corrected by various interventions. The main emphasis is on a parallel application of classical methods together with nutritional interventions and a separate, individualised intake of micronutrients.

Key words: hyperactivity, behavioral disorders, hair analysis, heavy metals, aluminium, calcium, magnesium

lastungen, Störungen des Mikronährstoff-Haushaltes) mitgeprägt wird. Dadurch sollen neue therapeutische Wege eröffnet werden.

Methode

Die Auswahl der hyperaktiven Personen erfolgte aufgrund anamnestischer Angaben. Der intrazelluläre Status von 31 verschiedenen lebensnotwendigen Mineralstoffen und Spurenelementen, sowie von potentiell toxischen Elementen wurde im Haar bestimmt. Ausführung: ORTHO-Analytic AG, Fluhstrasse 30, CH-8640 Rapperswil.

Gewinnung der Haare

Die Gewinnung der Haarproben erfolgte durch die Therapeuten resp. durch die Patienten selbst. Zur Analyse gelangten unbehandelte Kopf- und Körperhaare.

- Die Kopfhare wurden vom Hinterkopf und Nackenbereich direkt am Haaransatz entnommen. Die Länge der Haare vom Ansatz an betrug maximal 5 cm.
- Als Körperhaare wurden Schamhaare verwendet, die oberhalb der Pubis entnommen wurden.

Entfernung von externen Verunreinigungen

Die Haare wurden in einem speziellen Verfahren gewaschen, um anhaftende Verunreinigungen wie Staubpartikel, Blütenpollen, Haarmittel etc. auszuwaschen. Ca. 300 mg Haare wurden hierzu mit einer wässrigen Tensid-Lösung versetzt und geschüttelt, mit Ethanol gewaschen und anschliessend mit destilliertem Wasser gründlich gespült.

Mineralisierung

Die zur Gewichtskonstanz getrockneten Haare wurden mit konzentrierter Salpetersäure erst 2 Stunden lang bei Raumtemperatur, dann dicht verschlossen während zwei Stunden unter Erwärmung auf 80°C aufgeschlossen und anschliessend mit Wasser ad 10.0 ml verdünnt.

Messung

Die Messung der 30 Elemente erfolgte mittels ICP-OES (Varian Vista MPX). In

einem ersten Messgang wurden die Elemente Calcium, Magnesium, Phosphor, Zink, Chrom, Mangan, Molybdän, Kupfer, Eisen, Natrium, Kalium, Silizium, Kobalt, Strontium, Barium, Vanadium, Nickel, Germanium, Lithium, Silber, Cadmium, Blei, Aluminium, Beryllium, Gold, Platin, Zinn und Schwefel bestimmt. Die Hydridbildner Selen und Arsen sowie das Quecksilber wurden in einem zweiten Messgang nach Reaktion mit Borhydrid analysiert. Damit ergab sich eine Verbesserung der effektiven Nachweisgrenzen dieser drei Elemente um einen Faktor 5 bis 10.

Statistische Auswertung

Die Daten wurden mittels der Statistik-Software SPSS Version 12.0.1 ausgewertet. Zur Beurteilung der Resultate wurde der Median herangezogen.

Resultate

Alter / Geschlecht

Die in dieser Studie untersuchten hyperaktiven Patienten sind zu 51% männlich und zu 49% weiblich. Üblicherweise setzt sich die geschlechtsbezogene Verteilung aus 34% männlichen und 66% weiblichen Personen zusammen. Dies bestätigt die aus der Literatur bekannte Tatsache, dass Knaben bzw. Männer häufiger von aggressiven Verhaltensstörungen, Hyperaktivität und Lernstörungen betroffen sind als Mädchen bzw. Frauen.

Die Altersverteilungen bei der Norm wie auch bei den Hyperaktiven zeigen

sowohl bei 10 Jahren wie auch bei 40 Jahren 2 Maxima auf. Das Minimum dazwischen liegt bei 17 Jahren.

Potentiell toxische Spurenelemente

Die statistische Auswertung der hyperaktiven Personen (n=1257) hat im Vergleich zu der Norm relevante Unterschiede ergeben. Bezüglich der Belastung mit potentiell toxischen Spurenelementen ist aus **Tabelle 1** ersichtlich, dass die Patienten mit Verhaltensauffälligkeiten und Hyperaktivität eine klar höhere Belastung mit Aluminium, Blei und Silber aufweisen. Verglichen mit der Norm (n = 21'027) zeigen diese Patienten eine um 34% höhere Aluminium-, 30% höhere Blei- und 15% höhere Silberbelastung. **Abbildung 1** und **Abbildung 2** zeigen die Boxplots von Blei resp. Aluminium.

Im Gegensatz dazu sind die Quecksilber- und Zinn-Haarwerte bei den Hyperaktiven um über 26% resp. 9% vermindert. Der Boxplot von Quecksilber ist in **Abbildung 3** dargestellt.

Mineralstoffe / essentielle Spurenelemente

Die Auswertungen der Haar-Mineral-Analysen haben ebenfalls bei den lebenswichtigen Mineralstoffen und Spurenelementen markante Unterschiede erbracht. Die verhaltensauffälligen Patienten weisen bei den Mineralstoffen um 25% niedrigere Calcium- und um 23% niedrigere Magnesium-Werte als die Norm. Ebenfalls zeigt Natrium eine Verminderung bei den Hyperaktiven von über 11%. Die Boxplots von Calcium und Magnesium

Tab. 1. Mediane [mg/kg] der potentiell toxischen Spurenelemente im Haar

Potentiell toxische Spurenelemente	Abk.	Konz. [mg/kg] Hyperaktiv	Konz. [mg/kg] Norm	Ratio Hyperaktiv/Norm %
Aluminium	Al	5.5	4.1	34.1
Arsen	As	0.07	0.07	0.0
Beryllium	Be	0.01	0.01	0.0
Blei	Pb	1.12	0.86	30.2
Cadmium	Cd	0.05	0.05	0.0
Gold	Au	0.07	0.07	0.0
Platin	Pt	0.42	0.43	-2.3
Quecksilber	Hg	0.25	0.34	-26.5
Silber	Ag	0.15	0.13	15.4
Zinn	Sn	0.38	0.42	-9.5

sind in **Abbildung 4** und **Abbildung 5** dargestellt.

Bei den essentiellen Spurenelementen sind die Elemente Eisen um 7%, Mangan um 8% und Chrom um 33% erhöht.

Die weiteren in **Tabelle 2** aufgeführten Spurenelemente lassen entwe-

der keine auffälligen Unterschiede erkennen oder aber es liegen keine eindeutigen Daten vor über deren biochemische Relevanz. Insbesondere die Erdalkali Strontium und Barium zeigen ein ähnliches Bild wie Calcium und Magnesium, obschon die Essentialität dieser Elemente nicht belegt ist.

Diskussion

Die in dieser Studie gefundenen Ergebnisse bestätigen die bereits in den vergangenen 30 Jahren publizierten Resultate von Mikronährstoff- und Schwermetallanalysen (Haare, Blut, Dentin) bei verhaltensauffälligen und

Abb. 1. Auswertung von Aluminium (Boxplot). Es werden die hyperaktiven Personen mit der Norm verglichen. Angaben in ppm [mg/kg].

Abb. 2. Auswertung von Blei (Boxplot). Es werden die hyperaktiven Personen mit der Norm verglichen. Angaben in ppm [mg/kg].

Abb. 3. Auswertung von Quecksilber (Boxplot). Es werden die hyperaktiven Personen mit der Norm verglichen. Angaben in ppm [mg/kg].

Abb. 4. Auswertung von Calcium (Boxplot). Es werden die hyperaktiven Personen mit der Norm verglichen. Angaben in ppm [mg/kg].

hyperaktiven Kindern und Erwachsenen. Bereits in den 70er- und 80er-Jahren konnte gezeigt werden, dass chronisch toxische Belastungen mit Schwermetallen und Aluminium sowie Störungen des Mikronährstoffhaushalts (Calcium- und Magnesiumdefizite) zu Verhaltensauffälligkeiten, Hyperaktivität und Lernschwierigkeiten führen können [1–18,20,22–25,27,28, 33]. Aber auch neuere Studien haben diese Resultate immer wieder bestätigt [19,26,29–32,34–41,42].

Chronisch toxische Belastung mit Blei

DAVID et al. [1] zeigten als eine der ersten, dass eine erhöhte Bleiaufnahme eine der Ursachen für die Hyperaktivität bei Kindern darstellt. GOLTER et al. [2] sowie SILBERGELD und GOLDBERG [3] gelang es zu zeigen, dass Blei via Muttermilch beim Säugling Hyperaktivität erzeugen kann. Es scheint, dass eine Bleizufuhr in den ersten 2–3 Lebensjahren sich besonders nachteilig auf das Lernvermögen des Säuglings auswirkt [4,5].

NEEDLEMAN fand in einer Studie mit über 4000 Neugeborenen, dass zwischen dem Bleigehalt der Nabelschnur und kongenitalen Abweichungen beim Neugeborenen eine signifikante Korrelation besteht [6].

In einer weiteren Untersuchung kam DAVID zu dem Ergebnis, dass die Ursache von Lernschwierigkeiten viel häufiger auf erhöhte Bleispiegel zurückgeführt werden müsse, als bisher angenommen [7].

GITTELMAN und ESKENAZI [8] sowie auch EPPRIGHT [29] und STEIN [30] zeigten in ihren Publikationen, dass hyperaktive Kinder signifikant höhere Bleispiegel als normalen Kindern besitzen.

Eine Beeinträchtigung der Lernfähigkeit durch Blei wurde auch von MARLOWE [9], RIMLAND [10], PIHL [11] und THATCHER [12] festgestellt.

Verschiedene Studien in verschiedenen Ländern haben ferner ergeben, dass Blei bereits in bescheidenen Konzentrationen im Organismus neurotoxisch wirkt [13–17].

Messungen von Blei im Blut haben ergeben, dass Bleispiegel von 10 µg/dl den IQ von Kindern um 4–5 Punkte senkten. Zu ähnlichen Ergebnissen ist

Abb. 5. Auswertung von Magnesium (Boxplot). Es werden die hyperaktiven Personen mit der Norm verglichen. Angaben in ppm [mg/kg].

Tab. 2. Mediane [mg/kg] der Mineralstoffe und Spurenelemente im Haar

Mineralstoffe/essent. Spurenelemente	Abk.	Konz. [mg/kg] Hyperaktiv	Konz. [mg/kg] Norm	Ratio Hyperaktiv/Norm %
Barium	Ba	0.61	0.73	–16.4
Calcium	Ca	759	1007	–24.6
Chrom	Cr	0.08	0.06	33.3
Cobalt	Co	0.06	0.06	0.0
Eisen	Fe	8.2	7.7	6.9
Germanium	Ge	0.10	0.10	0.0
Kalium	K	3.8	3.9	–1.0
Kupfer	Cu	16.2	16.4	–1.0
Lithium	Li	0.04	0.04	0.0
Magnesium	Mg	42.6	55.2	–22.8
Mangan	Mn	0.13	0.12	8.3
Molybdän	Mo	0.06	0.06	0.0
Natrium	Na	7.7	8.7	–11.5
Nickel	Ni	0.20	0.20	0.0
Phosphor	P	153	158	–3.2
Schwefel	S	42363	42277	0.2
Selen	Se	0.68	0.67	1.5
Silizium	Si	13.5	13.9	–2.5
Strontium	Sr	2.92	3.80	–23.2
Vanadium	V	0.04	0.04	0.0
Zink	Zn	196	201	–2.4

NEEDLEMAN [18,19] gekommen, der die Bleibelastung von Kindern im Dentin bestimmte und dabei einen direkten Zusammenhang zwischen dem Ausmass der Bleikontamination und dem Verhalten des Kindes in der Schule (Schulleistung, Ausdauer, Konzentrationsfähigkeit, Hyperaktivität, Tag-

träume, Gehorsam, Kameradschaft) fand.

Erhöhte Bleispiegel lassen sich nicht nur bei Kindern in städtischen Agglomerationen finden, sondern auch in ländlichen Gegenden [20].

Erhöhte Bleigewebespiegel bei Kindern mit Verhaltensstörungen bzw.

Schulproblemen sind häufig. Unsere eigenen Studien haben bereits im Jahre 1992 einen Anteil von 24% ergeben [21], andere Quellen berichten von mindestens 15% [20].

Gemäss einem Report der WHO [22] kann eine massive Belastung mit Blei zu Ataxie und Konvulsionen führen. Die unerwünschten neurologischen Wirkungen werden möglicherweise durch eine Zerstörung der Myelinschicht [23], durch eine axonale Degeneration der Nerven oder durch einen präsynaptischen Block hervorgerufen [24].

Haar ist ein geeignetes Untersuchungsmaterial für eine erhöhte chronische Bleibelastung, wie schon mehrfach nachgewiesen worden ist [35,36,37].

Erhöhte Bleispiegel im Haar von verhaltensauffälligen Kindern wurden von diversen Autoren (MINDER, TUTHILL, MARLOWE) aufgezeigt [31–34].

Chronisch toxische Belastung mit Aluminium

HOWARD bestätigte in seiner bereits 1984 publizierten Studie, dass ein hoher Anteil von Kindern mit Hyperaktivität oder Lernschwierigkeiten erhöhte Aluminiumwerte aufweisen [25].

Erhöhte Haar-Aluminiumkonzentrationen wurden von MARLOWE et al. schon vor über 10 Jahren mit kindlichen Verhaltensstörungen und motorischen Störungen in einen Zusammenhang gebracht [26].

Ebenso haben Studien bei jugendlichen Straftätern erhöhte Aluminiumwerte ergeben [27,28].

Die Bedeutung erniedrigter Quecksilber-Spiegel bei verhaltensauffälligen Personen

Die Belastung mit dem hochtoxischen Quecksilber ist bei den von uns untersuchten Personen um 27% tiefer als bei der Norm. Dieses zunächst paradoxe Resultat erscheint in einem neuen Licht, wenn neuere Studienergebnisse von Quecksilber-Bestimmungen bei autistischen Kindern genauer betrachtet werden. HOLMES [38] konnte zeigen, dass die Haar-Quecksilberwerte bei autistischen Kindern signifikant tiefer liegen als bei gesunden Kindern. Auch bei einer Studie auf den Seychellen

wurde die Entwicklung von rund 700 Kindern prä- und postnatal während längerer Zeit beobachtet [39,40]. Die Mütter der beobachteten Kinder standen unter der Exposition von Methylquecksilber, herrührend von einer fischreichen Ernährung. Dabei wurde das Quecksilber bei den Kleinkindern in verschiedenen Geweben (Haare, Herzmuskelgewebe usw.) untersucht. Je niedriger die Quecksilber-Werte lagen, desto schlechter waren die Resultate der IQ-Tests. Gemäss des heutigen Erkenntnisstandes scheint es, dass autistische und verhaltensauffällige Menschen Quecksilber nicht mehr ausscheiden können. Sie speichern diese in gewissen Geweben und Kompartimenten. Deshalb zeigen bei diesen Personen die Haar- und Blutanalysen niedrige Werte. Diverse Untersuchungen lassen vermuten, dass beispielsweise Antibiotika die Quecksilber-Ausscheidung massiv stören können [41]. Ein tiefer Quecksilberwert im Blut und im Haar solcher Personen bedeutet also nicht, dass eine Quecksilber-Exposition ausgeschlossen werden kann. Bei einem unbestätigten Verdacht soll deshalb in solchen Fällen ein Dimaval-Mobilisationstest (Quecksilber-Bestimmung vor und nach Dimaval-Gabe im Urin) durchgeführt werden.

Wechselwirkungen zwischen Blei und Aluminium mit dem Calcium- und Magnesium-Stoffwechsel

Interaktionen zwischen Blei und Aluminium mit dem Calcium- und Magnesiumhaushalt sind aus der toxikologischen Literatur bekannt. So kann eine ungenügende Zufuhr von Calcium zu einem erhöhten Risiko für Bleibelastungen führen. Calcium ist einerseits in der Lage, die intestinale Aufnahme von Blei zu reduzieren, andererseits wird bei einer adäquaten Calciumzufuhr die renale Bleielimination gesteigert [43–45]. Auch Magnesium ist als kompetitiver Inhibitor von Blei bekannt [47].

Auch chronische Aluminiumbelastungen werden durch die Qualität des Calcium- und Magnesiumstatus modifiziert [48,49]. GOYER [50] zeigte die kompetitiven Wechselwirkungen zwischen Blei und Calcium auf der zellulären und molekularen Ebene, insbeson-

dere die Wirkungen von Blei auf neurologische Störungen. Diese können sich gerade während einer Schwangerschaft oder während des kindlichen Wachstums als Verhaltensstörungen oder Lernschwierigkeiten manifestieren.

Diese Wechselwirkungen zeigen, dass die in der Nahrungskette sowie in Artikeln des täglichen Bedarfs ubiquitär vorkommenden toxischen Metalle nicht zwingend zu Stoffwechselproblemen führen müssen. Dies hängt einerseits von Menge, Zeitdauer und Expositionsweg ab, andererseits wird aber auch die Gefahr einer chronischen Intoxikation durch die Versorgungssituation mit Mikronährstoffen modifiziert. Neuere Arbeiten zeigen, dass die Gabe von Calcium- und Magnesiumpräparaten bei Menschen mit Verhaltensauffälligkeiten und Hyperaktivität sehr eindrucksvolle therapeutische Erfolge erzielt werden konnten [51,52]. Diese Therapieerfolge sind als dramatisch zu bezeichnen, wenn hinsichtlich Mikronährstoff-Analytik und -Supplementierung sehr gezielt auf das individuelle biochemische Profil eingegangen werden kann [53].

Ausblick

Die biochemischen Daten zu Verhaltensstörungen liegen seit einem Vierteljahrhundert auf dem Tisch. Wir konnten mit unserer Studie, die mit über 1200 verhaltensauffälligen Probanden eine statistisch relevante Zahl umfasst, die zum Teil altbekannten Daten erhärten. Es ist schwer verständlich, warum diese Daten im medizinischen Alltag nicht zur Kenntnis genommen und in der Praxis umgesetzt werden. Dies um so mehr, als dass auch mit aussagekräftigen Interventionsstudien, die mit Mikronährstoff-Supplementierungen bei verhaltensauffälligen und gewaltbereiten Personen gearbeitet haben, dramatische Verbesserungen erzielt worden sind, von denen man mit den konservativen Methoden oft nur träumen kann.

Es ist uns wichtig, nochmals auf die praktische Bedeutung von Fachdisziplinen wie Biochemie oder Toxikologie hinzuweisen. Screening-Untersuchungen (Mineralstoffe, Spurenelemente,

Schwermetalle usw.) können im Behandlungskonzept jedes Patienten wertvolle Hinweise über das biochemische Profil eines Menschen geben. Damit ist es möglich, den Patienten nicht nur symptomatisch zu betreuen, sondern ihm – entsprechend seines biochemischen Profils – eine die Stoffwechsel-Ungleichgewichte ausgleichende, begleitende Mikronährstoff-Supplementierung zukommen zu lassen. Dies ist ein wesentlicher Fortschritt im Vergleich zur heutigen bestehenden symptomatisch ausgerichteten Beratungs- und Behandlungspraxis.

Literatur

- David O. et al.: Lead and hyperactivity. *Lancet* 1972; 2: 900–903
- Golter M. et al.: Growth, behaviour, and brain catecholamines in lead-exposed neonatal rats: a reappraisal. *Science* 1975; 187 (4174): 359–361
- Silbergeld E.K., Goldberg A.M.: Lead-induces behavioral dysfunction: an animal model of hyperactivity. *Exp. Neurol.* 1974; 42 (1): 146–157
- Carson T.L. et al.: Slowed learning in lambs prenatally exposed to lead. *Arch. Environ. Health* 1974; 29 (3): 154–156
- Brown D.R.: Neonatal lead exposure in the rat: decreased learning as a function of age and blood lead concentrations. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 1975; 32 (3): 628–637
- Needleman H.L. et al.: The relationship between prenatal exposure to lead and congenital anomalies. *JAMA* 1984; 251 (22): 2956–2959
- David O. et al.: Lead levels and mental retardation. *Lancet* 1976; 2 (8000): 1376–1379
- Gittelman R., Eskenazi B.: Lead and hyperactivity revisited. An investigation of nondisadvantaged children. *Arch. Gen. Psychiat.* 1983; 40 (8): 827–833
- Marlowe M. et al.: Hair mineral content as a predictor of learning disabilities. *J. Learning Disabilities* 1984; 17 (7): 418–421
- Rimland B.: Hair mineral analysis and behaviour: an analysis of 51 studies. *J. Learning Disabilities* 1983; 16 (5): 279–285
- Pihl R.O., Parkes M.: Hair element content in learning disabled children. *Science* 1977; 198 (4313): 204–206
- Thatcher R.W., Lester M.L.: Nutrition, environmental toxins and computerized EEG: a mini-max approach to learning disabilities. *J. Learning Disabilities* 1985; 18 (5): 287–297
- Hansen O.N. et al.: Proc. Int. Conf. Heavy Metals Environment, Edinburgh: CEP Consultants, Athens, 1985, 51–53.
- Winneke G., Hrdina K., Brockhaus A.: Neuropsychological studies in children with elevated tooth lead concentrations. I. Pilot study. *Int. Arch. Occup. Env. Health* 1982; 51 (2): 169–183
- Hatzakis A. et al.: Proc. Int. Conf. Heavy Metals Environment, Edinburgh: CEP Consultants, Athens, 1985, 47f
- Hawk B.A. et al.: Proc. Int. Conf. Heavy Metals Environment, Edinburgh: CEP Consultants, Athens, 1985, 38–40
- Valciukas J.A. et al.: Central nervous system dysfunction due to lead exposure. *Science* 1978; 201 (4354): 465–467
- Needleman H.L. et al.: Deficits in psychological and classroom performance of children with elevated dentine lead levels. *N. Engl. J. Med.* 1979; 300 (13) 689–695
- Needleman H.L., Low lead exposure and the development of children. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health* 2004; 35 (2): 252–254
- Lin Fu J.S., Lead exposure among children – a reassessment. *N. Engl. J. Med.* 1979; 300 (13) 731–732
- Schurgast H., Orthomolekulare Medizin und Verhaltensstörungen bei Kindern. *Erfahrungshandbuch* 4/1992: 299–303
- Recommended Health-Based Limits in Occupational Exposure to Heavy Metals, WHO Study Group, Technical Report Series 647, WHO, Geneva, 1980
- Buchthal F., Behse F.: Electrophysiology and nerve biopsy in men exposed to lead. *Brit. J. Ind. Med.* 1979; 36 (2): 135–147
- Nordberg G.F.: Effects and dose response relationships of toxic metals. A report from an international meeting. *Scand. J. Work Environ Health* 1976; 2 (1) 37–43
- Howard J.M.: Clinical import of small increases in serum aluminium. *Clin. Chem.* 1984; 30 (10): 1722–1723
- Marlowe M.: Low level aluminium exposure and childhood motor performance. *J. Orthomol. Med.* 1992; 7: 147–152
- Schauss A.: Diet, crime and delinquency. Parker House, Berkeley 1981
- Rimland B.: Hair mineral analysis and behaviour: an analysis of 51 studies. *J. Learning Disabilities* 1983; 16 (5): 279–285
- Epwright T.D. et al.: Results of blood lead screening in children referred for behavioral disorders. *Mo Med* 1997; 94 (6): 295–297
- Stein J. et al.: In harm's way: toxic threats to child development. *J. Dev. Behav. Pediatr.* 2002; 23 (1 Suppl) S13–S22
- Minder B. et al.: Exposure to lead and specific attentional problems in schoolchildren. *J. Learn. Disabil.* 1994; 27 (6): 393–399
- Tuthill R.W.: Hair lead levels related to children's classroom attention-deficit behaviour. *Arch. Environ. Health* 1996; 51 (3): 214–220
- Marlowe M. et al.: Main and interaction effects of metal pollutants on visual-motor performance. *Arch. Environ. Health* 1985; 40 (4): 221–225
- Marlowe M., Bliss L.B.: Hair element concentrations and young children's classroom and home behaviour. *J. Orthomol. Med.*, 8 (1993) 79–88
- Schuhmacher M. et al.: Impact of reduction of lead in gasoline on the blood and hair lead levels in the population of Tarragona Province, Spain. *Sci. Tot. Environ.* 1996; 184 (3): 203–209
- Sedki A. et al.: Lead in children's hair, as related exposure in wastewater spreading field of Marrakesh (Morocco). *Trace Elements and Electrolytes* 1996; 13 (1): 18–21
- Torrente M. et al.: Metal concentrations in hair and cognitive assessment in an adolescent population. *Biol. Trace Elem. Res.* 2005; 104 (3): 215–221
- Holmes A.S. et al.: Reduced levels of mercury in first baby haircuts of autistic children. *Int. J. Toxicology* 2003; 22 (4): 277–285
- Davidson P.W. et al.: Neurodevelopmental outcomes of Seychellois children from the pilot cohort at 108 months following prenatal exposure to methylmercury from a maternal fish diet. *Environ. Res.* 2000; 84 (1): 1–11
- Myers G.J. et al.: Prenatal methylmercury exposure from ocean fish consumption in the Seychelles child development study. *Lancet* 2003; 361(9370): 1686–1692
- Boyd H., Symposium "Heavy Metal Detoxification", American College for Advancement in Medicine, Orlando, May 2005.
- Lech T., Calcium and magnesium content in hair as a predictor of diseases in children, Part I: Neurological disorders, Trace Elements and Electrolytes 18 (3) 2001, 112–121
- Kostial K. et al., Dietary calcium and blood lead levels in women, *Biol. Trace Elem. Res.*, 28 (1991) 181–184
- Mahaffey K.R. et al., Differences in dietary intake of calcium, phosphorus and iron of children having normal and elevated blood lead concentrations, *J. Nutr.*, 106 (1976) 53
- Sorrell M. et al., Interactions of lead, calcium, vitamin D and nutrition in lead-burdened children, *Arch. Environ. Health*, 32 (4) (1977) 160–164
- Bogden J.D. et al., Dietary calcium modifies concentrations of lead and other metals in rats, *J. Nutr.*, 122 (1992) 1351–1360
- Guiet-Bara A. et al., Magnesium: a competitive inhibitor of lead and cadmium, *Magnesium Res.*, 3 (1) (1990) 31–36.
- Nielsen F.H. et al., Dietary magnesium, manganese and boron affect the response of rats to high dietary aluminium, *Magnesium*, 7 (3) (1988) 133–147.
- Spencer H. et al., Osteoporosis: Calcium fluoride and aluminium interactions, *J. Am. Coll. Nutr.*, 4 (1985) 121–128.
- Goyer R.A., Nutrition and metal toxicity, *Am. J. Clin. Nutr.*, 61 (suppl.) (1995) 646S–650S
- Baerlocher K., Magnesium in der Pädiatrie, *Ärztliche Praxis*, Nr. 4, 25.01.2005
- Mousain-Bosc M. et al., Magnesium and Vitamin B6 Intake Reduces Central Nervous System Hyperexcitability in Children, *J. Am. Coll. Nutr.*, 23 (5) (2004) 545S–548S
- Walsh W.J. et al., Reduced violent behaviour following biochemical therapy, *Physiology & Behaviour*, 82 (2004) 835–839

Korrespondenzadresse:

Dr. Philip Horsch
ORTHO-Analytic AG
Fluhstrasse 30, CH-8640 Rapperswil
Tel. 055 210 90 16, Fax 055 210 90 12
services@orthoanalytic.ch
www.orthoanalytic.ch