

Haar- Mineraalanalyse ; voordelen en grenzen van de hedendaagse diagnostiek.

Autor:

Dr. med. Gabriele Radermacher-Reuter, laboratoriumsarts bij RP Vitamino Analytic

Diffuse klachten zoals (chronische) vermoeidheid, uitputting, hoofdpijn, slapeloosheid, zenuwpijnen, veelvuldige infecties, allergieën, haaruitval en spijsverteringsproblemen worden steeds veelvuldiger genoemd in de medische praktijk. De therapeut of arts staat hierbij vaak voor schijnbaar onoplosbare problemen, omdat er geen duidelijke verklaring gevonden kan worden voor de klachten. Deze patiënten zien zich zelf als therapieresistent en hebben menig therapeutisch traject doorlopen, waardoor ze vertwijfeld geraakt zijn.

Achter deze diffuse klachten schuilen vaak verschuivingen in de mineraal- en sporenelementhuishouding.

Mineralen en sporenelementen zijn als basis voor vele stofwisselingsprocessen onontbeerlijk en daardoor ook belangrijk in de medische praktijk. Deze stoffen zijn betrokken bij de opbouw van vele weefsels zoals botten, tanden en organen en ondersteunen het lichaam in belangrijke mate bij het energie- en bouwstenentransport. Mineralen en sporenelementen zijn de 'basisbouwstenen' en activeren vele enzymen en co-enzymen. Ze spelen een belangrijke rol bij het instant houden van de kwaliteit van het zenuw- en hormoonstelsel.

Om al deze door sporenelementen en mineralen gestuurde functies te garanderen is een toereikende opname vanuit de voeding noodzakelijk. Dit wordt echter steeds minder vanzelfsprekend gezien de industriële voedingsbereiding en productie en de moderne levensstijl. Daarbij neemt ook steeds meer de belasting door zware metalen van het organisme toe, door vervuiling van het milieu en migratie van deze metalen vanuit prothesen (vullingen tanden, kronen enz.) Het is dus voor een goede diagnostiek en behandeling belangrijk inzicht te hebben in de mineraal- en sporenelementenstatus.

Diagnostische methoden

Om een kwantitatieve analyse te verkrijgen van de elementenstatus en mogelijke belastingsbronnen van zware metalen op te sporen, staan enkele methodes ter beschikking zoals bloed- en urineonderzoek en haar-mineraalanalyse. De bepaling welke onderzoeksmethode voor een specifieke patiënt het meest geschikt is, is belangrijk, omdat voor de verschillende tests gebruikte weefsels specifieke eigenschappen vertonen en ieder op een andere manier een correlatie vertoont met de andere lichaamsweefsels. Bloed- en urineanalyse worden routinematig gebruikt, waarbij het diagnostisch zwaartepunt ligt op de acute diagnostiek van aandoeningen en stofwisselingsstoringen. Haar-mineraalanalyse neemt een steeds belangrijke plaats in bij de diagnostiek. Talrijke studies tonen een verband aan tussen de concentraties van elementen in de haren en milieubelasting, voeding en levensstijl (5, 24).

Haren bestaan uit epitheliale vezels, die opgebouwd worden vanuit de haarwortel. Dit is het levende deel van een haar. Haarwortels onderscheiden zich door een hoge stofwisseling en behoren tot de meest stofwisselingsrijke weefsels. Via de haarpapil zijn de haren aangesloten op de bloedsomloop en worden ze zo continu gevoed met voedingsstoffen. Daarbij bestaat er ook een intensieve uitwisseling met stoffen uit de lymfe- en weefselvloeistof. De uitwisseling zorgt voor een afspiegeling in de haar van de concentraties van de essentiële elementen en van de zware metalen die in de weefsels aanwezig zijn.

Nieuw ontstane haarcellen sterven af, verhoornen en schuiven richting oppervlakte van de hoofdhuid. De concentraties van stoffen in de haarcel die zich tijdens de groei hebben afgezet blijven behouden in de dode haarcellen en kunnen gemeten worden.

Haren bestaan voor een groot gedeelte uit keratine. Deze proteïnen bestaan met name uit het zwavelhoudend aminozuur cysteïne, dat een hoge affiniteit heeft met positief geladen metaalionen. De affiniteit met metaalionen bevordert de stapeling van zware metalen en sporenelementen in de haar. In vergelijking met bloed- en urineanalyse zijn in de haren hogere concentraties van deze elementen aanwezig (15).

Daarbij is door de geringe groeisnelheid van haren (ongeveer 1 cm per maand) de opname zeer goed van de sporenelementen die in het lichaam in zeer kleine concentraties voorkomen. Door de relatief hoge

concentraties van de metalen in de haren is het mogelijk via haar-mineraalanalyse een groot aantal elementen tegelijkertijd te detecteren. De concentraties zijn over een periode tot drie maanden terug in kaart te brengen.

Haar-mineraalanalyse is niet invasief en niet belastend voor de patiënt.

Factoren die de concentraties van metalen in het haar beïnvloeden .

Er zijn enkele factoren die de resultaten van de haarmineraal-analyse nadelig kunnen beïnvloeden. Het is daarom zeer belangrijk uiterst zorgvuldig om te gaan met het afnemen van het haarmonster, de meting en de interpretatie van het onderzoek.

Haren staan sterk onder invloed van exogene factoren. Deze factoren zijn later niet meer te herleiden en beïnvloeden de in de haren opgeslagen elementen. Het is daarom belangrijk dat omgevingsfactoren geen contaminatie veroorzaken op het haarmonster. In studies is gewezen op het belang van het correct nemen van het haarmonster. (33). Afname van het haarmonster zo dicht mogelijk bij de hoofdhuid, op het achterhoofd, op een plek die afgedekt wordt door andere haren geeft minimale risico's op contaminatie. Er dient altijd echter rekening gehouden te worden met eventuele verontreinigen van het haarmonster, zeker als er drastische en geïsoleerde waardes aangetoond worden in de analyse. Dit kan een 'valse' uitslag zijn door een exogene verontreiniging.

Chemisch behandeld haar is ongeschikt als haarmonster, omdat de mineralenstatus grondig veranderd kan zijn. Bleken en haarpermanent veranderen de haarstructuur zo, dat opgeslagen sporenelementen niet meer langer vastgehouden worden (15).

Haarverven en haarkleuringen bevatten soms zware metalen.

Ook haarverzorgingsproducten kunnen bijvoorbeeld selenium bevatten of zink en zo de werkelijke aanwezige concentratie van sporenelementen maskeren of veranderen. Zinkhoudende verzorgingsproducten maskeren daarbij ook vaak een verlaging van andere elementen (17).

Voor de werkelijke meting wordt daarom ook altijd een speciale reinigingsprocedure gestart van het haarmonster, volgens een gestandaardiseerd protocol, om zo mogelijke externe verontreinigen te verwijderen.

Ook het geslacht van de patiënt heeft invloed op de concentratie van sporenelementen in de haren en is zo een belangrijke parameter. Vrouwen hebben in de regel hogere concentraties van de elementen, met name calcium en magnesium (30).

Daarnaast speelt ook de lichaamszone waarvan het haarmonster genomen is een rol. Schaamhaar bevat lagere concentraties van elementen dan hoofdhaar (30)

Het is dus belangrijk voor een correcte interpretatie van de gegevens het geslacht te vermelden en van welke zone het monster genomen is.

Ook de natuurlijke haarkleur heeft invloed op de samenstelling van de elementenconcentratie in het haar. Gepigmenteerd haar is rijker aan de sporenelementen koper en zink (30).

Grijze haren bevatten in het algemeen lagere concentraties sporenelementen (3).

Het cysteïne gehalte is lager van grijs haar, dus ook de binding van de metalen.

Er zijn grote individuele verschillen tussen het aanvangspunt en snelheid van de depigmentatie van de haren. Naast erfelijke factoren speelt het voedingspatroon, rookgedrag en stress een belangrijke rol. Het grijs worden hangt daarbij ook nauw samen met het individuele stofwisselingsproces. In een studie werd vastgesteld dat vroegtijdige vergrijzing een correlatie kan hebben met osteoporose (23). Daarom is het bij een niet homogeen samengesteld haarmonster belangrijk het aantal grijze haren in de meting mee te betrekken.

Naast het op de juiste manier afnemen van het haarmonster, speelt de gebruikte meetmethode een belangrijke rol. De analyse van de concentraties van de betreffende elementen zit in het sporen bereik en het ultra-sporen bereik. Dit maakt de kansen op meetfouten groot. De technische uitvoering van een haar-mineraalanalyse vraagt dus een hoge precisie en validatie. De ICP-MS-Methode (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) onderscheidt zich door een grote gevoeligheid, gekoppeld aan goed uit te voeren kwaliteitscontroles. Via deze methode is het mogelijk uit een monster vele elementen parallel te meten, ook als deze aanwezig zijn in zeer lage concentraties. Daarnaast is continue kwaliteitsborging nodig om systematische meetfouten uit te sluiten. Hierbij speelt het gebruik van referentiemateriaal een grote rol (haarmonsters met bekende concentratie aan elementen) die naast het ingestuurde haarmonster op de exact dezelfde manier door het hele proces loopt. Door het vergelijken van de uitslag van de meting met het referentiemateriaal kan de foutgevoeligheid en kwaliteit van de meetcyclus gecontroleerd worden. Bruikbare en betrouwbare resultaten van haar-mineraalanalyse zijn dus alleen mogelijk als er voldoende garantie is voor de kwaliteit en analysecontrole.

De gemeten waarde van een monster wordt vergeleken met het statistisch gemiddelde van een referentiegroep. Dit gemiddelde wordt vastgesteld door van een grote groep patiënten te bepalen in welk bereik de concentraties van de diverse elementen zitten. Vanuit deze gegevens wordt een vergelijking gemaakt met wat vanuit de vakliteratuur bekend is en uit bevolkingsonderzoek. De onderste grens wordt met de 10 percentiel waarde aangegeven. Dit cijfer staat voor de 10 procent van de populatie die in dit gebied zit. Hetzelfde verhaal telt voor de bovenste 10 percentiel waarde, die de grens aan geeft voor de 10 procent van de populatie waarbij de waarde boven deze grens zit. De referentiewaarde is zoals eerder genoemd ook afhankelijk van geslacht en plaats waar het haarmonster afgenomen is. Regelmatige bijstelling van de referentiewaarden is noodzakelijk. De laatste jaren is bijvoorbeeld de referentiewaarde van lood naar beneden toe bijgesteld, omdat in de controlegroep een daling te zien was van de loodconcentraties in de haren. Dit heeft te maken met de overschakeling naar loodvrije benzine, waardoor er minder lood in het milieu komt.

De kracht van haar-mineraalanalyse

Haar-mineraalanalyse maakt verstoringen in de elementenhuishouding zichtbaar die op den duur leiden tot allerlei diffuse ziektebeelden. De meetgegevens in relatie tot de referentiewaarden zijn alleen te gebruiken in samenhang met uitgebreide informatie over de patiënt zoals mogelijke belastingsbronnen, gebruikt tandmateriaal, leef- en voedingsgewoontes, gebruik medicamenten enz. Haar-mineraalanalyse kan op zichzelf staand geen diagnostisch instrument zijn om aandoeningen te diagnosticeren. Daar is aanvulling voor nodig van ander laboratoriumonderzoek zoals bloed- en urineonderzoek en ontlastingsonderzoek. De biochemische processen in het lichaam zijn uiterst complex en worden niet alleen bepaald door de mineralen en sporenelementen.

Er zijn echter wel duidelijk correlaties vastgesteld tussen pathologische processen en de mineralenstatus:

- Bij 90% van de patiënten die een hartinfarct hadden gehad, zijn lagere concentraties in de haren gevonden van calcium t.o.v. de controlegroep (4).
- Bij een autopsiestudie is een correlatie vastgesteld tussen het calciumgehalte in de haren en in de aorta (4).
- Studies toonden aan dat bij epilepsie de koper, ijzer, calcium en magnesiumconcentraties hoog zijn met tegelijkertijd optredend, verlaagde zinkconcentratie. Het meest opvallende resultaat was de afwijkende magnesium-zinkverhouding. Deze verhouding is bij gezonde mensen ongeveer 1 maar bij epileptici hoger. De verhouding magnesium-zink correleert ook met de sterkte van de epileptische klachten. Door de verhouding via voeding te normaliseren, trad een verbetering op van de klinische symptomen (3).

Wanneer haar-mineraalanalyse?

Het evenwicht van de sporenelementen en mineralen in het lichaam is van een groot aantal factoren afhankelijk zoals voeding, beroepsmatige blootstelling aan gevaarlijke stoffen, levensstijl, medicatie, implantaten (vullingen). Voor een precieze op de casus afgestemde uitslag en interpretatie van de gemeten waarden zijn de gegevens van de patiënt onontbeerlijk.

Met haar-mineraalanalyse is het mogelijk een goed inzicht te krijgen in de elementenstatus van de patiënt en mogelijke toxische zware metaalbelasting, gezien over een langere periode.

Daarom leent deze methode zich in het bijzonder voor:

- preventief onderzoek
- onderzoek naar het voedingspatroon en opname van voedingsstoffen
- het volgen van een therapie (met name orthomoleculaire behandeling)
- controle van situaties waar een verhoogde behoefte is aan essentiële elementen (zwangerschap, groeifasen, duursport)
- Het in kaart brengen van een verhoogd verlies van essentiële elementen door ziektes aan de spijsvertering of nieren

Het nut van haar-mineraalanalyse voor verificatie en bepaling van de mineralen- sporenelementen deficiënties is ook met wetenschappelijke studies bevestigd. Zo is bijvoorbeeld bekend dat kinderen met ontwikkelingsstoornissen lagere concentraties zink in de haren hebben dan gezonde kinderen. Door suppletie van zink werd het klinisch beeld positief beïnvloed (9)

Een ander onderzoek bevestigt de nut van de inzet van haar-mineraalanalyse bij de controle en monitoring van substitutietherapie. Bij een groep steeg de lage seleniumwaarde na inname van een seleniumhoudend gist (inname over een periode van 2 weken) in het haarmonster (12).

De verhoogde behoefte aan calcium, ijzer zink en koper in de zwangerschap periode heeft vaak verlaagde concentraties tot gevolg. Huang et al. stelden deze samenhang vast in een studie met 70 zwangere vrouwen en een controle groep van 66 niet zwangere vrouwen. Met het verder verlopen van de zwangerschap zag men een duidelijk dalende lijn in de concentratie van deze elementen. Voor calcium en ijzer was deze verlaging het duidelijkst in de eerste en tweede maand van de zwangerschap (14). Een stijging van de waardes van de betreffende elementen was waarneembaar bij de zwangere vrouwen die een substitutietherapie volgden (18).

Haar-mineraalanalyse is bij uitstek het medium om zware metalen op te sporen, omdat de rijkelijk in de keratine aanwezige zwavelhoudend cysteïne een grote capaciteit heeft om zware metalen te binden. Zware metalen kunnen zeer belangrijke enzymatische processen verstoren. Ze worden ook opgeslagen in zogenoemde depot-organen en kunnen zo het functioneren van deze organen negatief beïnvloeden. Het is belangrijk daarbij te beseffen dat zware metalen ook in subtoxische concentraties schade kunnen opleveren, zeker als de concentraties gedurende langere tijd aanwezig zijn. Onderzoek gaf aan dat voormalige arbeiders uit loodverwerkende bedrijven (gemiddeld was men 16 jaar geleden daarin werkzaam geweest) lager scoorden in neurologische en psychologische tests dan de controle groep (27).

Een causale samenhang tussen verhoogde loodconcentraties in de haren en het cognitief functioneren is ook in andere studies vastgesteld. Kinderen met verhoogde loodconcentraties scoorden slechter op reactievermogen (20). Ook de correlatie tussen de concentraties van lood in de haren en concentratiestoornissen zijn vastgesteld (22, 31).

Het gevolg van belasting van metalen op de elementhuishouding (en daarmee direct op het organisme) zijn vaak onverklaarbare klachten. Deze klachten zijn dan ook vaak aanleiding om een haar-mineraalanalyse te laten uitvoeren.

Mogelijke oorzaken van een belasting zijn:

- verontreiniging in drinkwater en voeding
- beroepsmatige blootstelling aan gevaarlijke stoffen
- milieuvervuiling
- prothesen (tanden, gewrichten enz.)
- sport en vrije tijd (contact met lood door jacht, vissen enz.)
- roken

De verhouding tussen metaalconcentraties in de haren en belastingsbronnen is door diverse onderzoeken bevestigd. (2, 16, 32, 34, 35).

Bewoners van gebieden waarin zich metaalverwerkende industrie bevind zoals hoogovens hebben vaak een verhoogde concentratie lood en cadmium in de haren (16).

Bij rokers ziet men duidelijk verhoogde cadmium-, arsenicum-, kobalt-, chroom-, nikkel- en loodconcentraties (35).

Kwik heeft zelfs in zeer lage concentraties een schadelijk effect op het organisme. Belasting van kwik is meestal terug te voeren op amalgaamvullingen of hoge consumptie van vis. Haar-mineraalanalyse is volledig geaccepteerd als methode om contaminatie met kwik op te sporen. Onderzoek toont aan dat er een duidelijk verband is met concentraties kwik in het haar en de consumptie van kwik bevattende vis (1).

Kwik in haren door amalgaam is aangetoond bij mensen die met amalgaam werken.

Bij 20 studenten in de tandheelkunde die veel met amalgaam werkten zag men een duidelijk verhoogde concentraties van kwik in de haren die ook in het bloed en urine aan te tonen was (34).

Inzichtelijk maken van verstoringen via haar-mineraalanalyse; casusbespreking

Een tekort aan essentiële mineralen en sporenelementen ontstaat vaak door resorptiestoornissen in het maag-darmsysteem. Dit komt vaak door pathogene organismen in de darmen met gelijktijdige reductie van de darmflora die ontstaat door de beschadigde darmwand.

Voorbeeld

Bij een patiënt van 31 jaar is door middel van microbiologische onderzoek een darmmycose vastgesteld. Ondanks de behandeling met Nystatine en Mutaflor klaagt de patiënt na 3 maanden nog steeds over sterke diarree, opgeblazen gevoel en vermoeidheid.

Via de haar-mineraalanalyse stelt men een tekort aan de essentiële elementen vast (kalium, borium, kobalt, ijzer, selenium en vanadium). Verder constateert men een lage calcium-, kalium- en magnesiumconcentratie. Deze elementen zijn essentieel voor een goede prikkeloverdracht in de zenuwen en spieren en daarom ook belangrijk voor de darmfunctie. In dit geval is door de schimmelbelasting het darmslijmvlies zo beschadigd dat de opname van deze elementen nog verder verstoord is geraakt. De optredende vermoeidheid is typerend voor een gebrek aan kalium en ijzer.

Naast de verlaagde waardes, gaf het onderzoek als uitkomst ook verhoogde concentraties indium en gallium. Dit kon herleid worden tot het bij de patiënt gebruikte tandmateriaal. Ook als de precieze (schadelijke) invloed van bepaalde elementen nog niet goed bekend is, kan men schade aan het organisme bij een chronische belasting niet uitsluiten!

De therapie werd aangepast door de schadelijke metalen af te voeren via detoxificatie en het in fasen opbouwen van de darmflora.

Na 6 weken werd opnieuw een haar-mineraalanalyse uitgevoerd . Het klinische beeld was duidelijk verbeterd in deze periode en de spijsverteringsklachten waren flink afgenomen. Dit was ook zichtbaar via de haar-mineraalanalyse waarin nu de te lage elementwaardes naar een normaal niveau gestegen waren. De verhoogde concentraties van indium en gallium waren nu ook gedaald tot een normale waarde. De concentratie koper was wel nog verlaagd wat duidt op een nog aanwezige resorptiestoornis. Ook kwam nu naar voren dat chroom en zilver in verhoogde concentraties aanwezig zijn. Aangezien schimmels zware metalen kunnen binden en dat nu de bij de patiënt aanwezige schimmelbelasting meer onder controle is, kan het zijn dat deze waardes gemaskeerd waren door de schimmelbelasting en daardoor in het vorig onderzoek niet naar voren kwamen.

De verhoogde waardes van cer en lanthaan waren terug te voeren op het rookgedrag van patiënt van de laatste drie maanden.

De tweede haar-mineraalanalyse maakt het resultaat van de gevolgde therapie inzichtelijk en geeft ook een duidelijk richtlijn voor verder therapeutische interventies

Samenvatting

Haar-mineraalanalyse maakt het mogelijk deficiënties van sporenelementen en mineralen op te sporen evenals belasting met zware metalen. Dit over een langere periode (3 maanden) gezien waarbij ook zeer lage concentraties opgespoord kunnen worden.

Verstoringen in de elementenhuishouding kunnen een groot scala aan niet te verklaren klinische klachten geven zoals ME, ADHD, allergieën, verlaagde weerstand enz.

Haar-mineraalanalyse maakt het mogelijk de werkelijke oorzaak op te sporen en kan de gevolgde behandeling op resultaat en effectiviteit beoordelen op basis van objectieve meetbare gegevens.

Alleen bij goed doorgevoerde kwaliteitsborging en interpretatie van de meetgegevens, in relatie tot de gegevens van de patiënt, kan dit instrument effectief gebruikt worden. Haar-mineraalanalyse is geen vervanging voor klinische diagnostiek of een anamnese, maar kan wel inzichtelijk maken welke rol metalen en mineralen spelen in het betreffende ziekteproces en zo onopgemerkte blokkades op biochemische gebied oplossen.

Literatuur

1. Airey, D.: Mercury in human hair due to environment and diet: a review; *Environ Health Perspect* 52 (1983), 303-316
2. Ashraf, W., Jafar, D. und Iqbal, J.: Utilization of scalp Hair for evaluating eplepsy in male and female groups of the Pakistan population; *Sci Total Environ* 164 (1995), 69-73
3. Afreiter, S., Hancock, R.G.V.: Pigmentation and temporal effects on trace elements in hair; *Biol Trace Element Res* 26-27 (1990), 721-728
4. Bacsó, J., Horwarth, M., Horwarth, S., Baliesky, M., Mahunkáné, I., Szucs, M.: *Magy Belrv Arch* 35 (1982), 245-250
5. Batzevich, V. A.: Hair trace elemenjt analysis in human ecology studies; *Sci Total Environ* 164 (1995), 89-98
6. Becher, B.: Der Einfluss von Schwermetallen auf das Immunsystem, *Journal für orthomolekulare Medizin* 7, 1/1999, 67-76
7. Borella, P., Rovesti, S. Castelgrandi, E. und Bargellini, A.: Quality control in hair analysis: a systematic study on washing procedures for trace element determinations; *Microchim Acta* 123 (1996), 271-280
8. Campbell, J. D.: Hair analysis: A diagnostic tool for measuring mineral status in humans; *J Orthomol Psych* 14 (198?), 276-280
9. Chen, X. C., Yin, T. A., He, J. S., Ma, Q. Y., Han, Z. M und Li, L. X.: Low levels of zinc in hair and blood, pica, anorexia, and poor growth in Chinese preschool children; *Am J, Clin Nutr* 42 (1985), 694-700
10. Erickson, J. E., Shirhta, H. und Patterson, C.: Sceletal concentrations of lead in ancient peruvians; *N Engl J Med* 300 (1979), 946
11. Foo, S. C., Khoo, N. Y., Heng, A., Chau, L. H., Chia, S. E., Ong, C. N., Ngim, C. H. und Jeyaratnam, J.: Metals in hair as biological indices for exposure; *Int Arch Occup Environ Health* 65 (1993), 83-86
12. Gallagher, M. L., Wegg, P., Crounse, R., Bray, J., Webb, A. und Settle, E. A.: Selenium levels in nex growth hair and in whole blood during ingestion of a selenium supplement for six weeks; *Nutr Res* 4 (1984), 577-582
13. Hac, E. und Krechniak, J.: Mercury concentrations in hair exposed in vitro to mercury vapour; *Biol Trace Elem Res* 39 (1993), 109-115
14. Huang, H. M., Leung, P. L., Sun, D. Z. und Zhu, M. G.: Hair and serum calcium, iron, copper, and zinc levels during normal pregnancy at three trimesters; *Biol Trace Elem Res* 69 (1999), 111-120
15. Katz, S. A. und Katz, R. B.: Use of hair analysis for evaluating mercury intoxication of the human body: a review; *J Apl Toxicol* 12 (1992), 79-84
16. Langeneckhardt, D.: Untersuchung von Blei und Kadmium in Kopfhaaren der Bevölkerung in der Umgebung einer Metallhütte; *Z Umweltmed* 7 (1999), 360-365
17. Le Blanc, A., Dumas, P., Lefevre, L.: Trace element content of commercial shampoos: impact on trace element levels in hair; *Sci Total Environ* 229 (1999), 121-124
18. Leung, P. L., Huang, H. M., Sun, D. Z. und Zhu, M. G.: Hair concentrations of calcium, iron, and zinc in pregnant women and effects of supplementation; *Biol Trace Elem Res* 69 (1999), 269-282
19. MacPerson, A., Balint, J. und Bacsó, J.: Beard calcium concentration as a marker for coronary heart disease as affected vy supplementation with micronutrient including selenium; *Analyst* 120 (1995), 871-875

20. Minder, B., Das-Smaal, E. A., Brand, E. F. J. M. und Orlebeke, J. F.: Exposure to lead and specific attentional problems in schoolchildren; *J Learn Disabil* 27 (1994), 393-399
21. Needleman, H. L., Gunnoe, C., Leviton, A., Reed, R., Peresie, H. and Barrett, C.: Deficits in psychological and classroom performance of children with elevated dentine lead levels; *New Engl J Med* 300 (1979), 689-695
22. Needleman, H. L., Schell, A., Bellinger, D., Leviton, A., Allred, E. N.: The long-term effects of exposure to low doses of lead in childhood, an 11-year follow-up report; *New Engl J med* 322 (1990), 83-88
23. Orr-Walker, B.J., Evans, M.C., Ames, R.W., Clearwater, J.M., Reid I.R.: Premature hair graying and bone mineral density; *J Clin Endocrin Metab* 82 (1997), 3580-3583
24. Ponzetta, M. T., Nardi, S., Calliari, I. und Lucchese, M.: Trace elements in human scalp hair and soil in Irian Jaya, *Biol Trace Elem Res* 62 (1998), 199-212
25. Radermacher-Reuter, G.: Welche Rolle spielen Mineralstoffe und Spurenelemente für das Immunsystem? *J.f. Orthomolekulare Medizin* 1 (2002), 69-80
26. Sandford, M. K. und Kissling, G. E.: Multivariate analyses of elemental hair concentrations from a medieval nubian population; *Am J Phys Anthropol* 95 (1994), 41-52
27. Schwartz, B. S., Stewart, W. F., Bolla, K. I., Simon, D., Bandeen-Roche, K., Gordon, B., Links, J. M. und Todd, A. C.: Past adult lead exposure is associated with longitudinal decline in cognitive function; *Neurology* 55 (2000) 1144-1150
28. Seidel, S., Kreutzer, R., Smith, D., McNeel, S. und Gilliss, D.: Assessment of commercial laboratories performing hair mineral analysis; *JAMA* 285 (2001) 67-72
29. Sky-Peck, H.H.: Distribution of trace elements in human hair; *Clin Physiol Biochem* 8 (1990), 70-80
30. Sturaro, A., Parvoli, G., Doretti, I., allegri, G. und Costa, C.: The influence of colour, age, sex on the content of zinc, copper, nickel, manganese and lead in human hair; *Biol Trace Element Res* 40 (1994), 1-8
31. Tuthill, R. W.: Hair lead levels related to children's classroom attention-deficit behavior; *Arch Environ Health* 51 (1996) 214-220
32. Wenzel C.: Was leistet die Haar-mineraalanalyse? *J.f. Orthomolekulare Medizin* 1 (2001), 79-89
33. Wilhelm, M. und Ohnesorge, F. K.: Cadmium, copper, lead, and zinc concentrations in human scalp and pubic hair; *Sci Total Environ* 92 (1990), 199-206
34. Wilhelm, M., Müller, F. und Idel, H.: Biological monitoring of mercury vapour exposure by scalp hair analysis in comparison to blood and urine; *Toxicol Letters* 88 (1996), 221-226
35. Wolfesperger, M., Hauser, G., Gößler, W. und Schlangenhausen, C.: Heavy metals in human hair samples from Austria and Italy: influence of sex and smoking habits; *Sci Total Environ* 156 (1994), 235-242