

KERNFISIKA EN KWASJIORKOR

B. SPOELSTRA, Dept. Fisika, Universiteit van Zoeloeland

ABSTRACT

Health problems can often be traced back to one or the other form of deficiency. In order to study the role of trace elements in the human body it is necessary to develop techniques through which tiny samples taken from the body can be analysed. A suitable method, viz. proton induced X-ray emission (PIXE) is described. This method was used to study a number of trace elements in kwashiorkor patients. It seems that a multi-variant analysis of blood samples, with the concentrations of different trace elements as variables, can, under favourable circumstances, after one hour yield sufficient information to enable one to diagnose kwashiorkor in patients.

In die tradisionele Chinese medisyne neem die “gebreksindroom” ’n fundamentele plek in. Dit staan bekend as die “Yin-Yang”-teorie en verklaar volgens aanhangers daarvan die werking van organe en die patogeenese van siektetoestande. Pasiënte met so ’n gebreksindroom word in twee groepe ingedeel, naamlik dié wat ’n “Yin”-gebrek het, en dié wat ’n “Yang”-gebrek het. Terapie word dan ook daarop gebaseer om hierdie tekorte aan te vul. Hierdie praktyke word tot vandag toe in China algemeen toegepas. Dit is moontlik dat daar fisiese gronde bestaan vir hierdie teorie, en wetenskaplikes het ook al probeer om ’n korrelasie aan te toon tussen ’n sekere gebrek en “Yin”- of “Yang”-tipe toestande (kyk Li Ming-Chien e.a. 1981).

In ons samelewing is dit nie so ’n vreemde verskynsel om gesondheidsprobleme aan ’n “gebrek in die gestel” toe te dig nie. Baie mense glo aan die medisinale waarde van seewater (wat immers baie ryk is aan ’n verskeidenheid noodsaaklike spoorelemente vir die menslike liggaam). Koperringe word gedra vir rumatiek, en verskeie patentmiddels wat ryk is aan minerale, maak aanspraak op die vermoë om die gestel op te bou en ’n oplossing vir ’n verskeidenheid van kwale te bied. Die gereelde gebruik van multivitamines en spoorelementkomplekse raak al hoe meer alledaags.

Om meer te verstaan van die werking van spoorelemente in die menslike sisteem en van die patogeniese rol van ’n oormaat of gebrek aan verskillende van hierdie elemente is dit nodig dat tegnieke ontwikkel word waarmee klein monsters van die menslike liggaam ontleed kan word. Dit is byvoorbeeld nodig dat mens nie net ’n bloedanalise moet kan uitvoer nie

Koers, 47(4) 1982.

B. Spoelstra

maar dat daar selfs vasgestel kan word wat die samestelling is van komponente van die bloed soos die rooibloedliggaampies of die proteïengedeeltes of selfs van seldele soos die mitochondria in die selle. Benewens bloedmonsters is daar soms monsters van klierweefsel of been, byvoorbeeld, waarvan 'n analise lig op 'n siektetoestand kan werp. Aangesien sulke toetse in baie gevalle op lewende pasiënte uitgevoer moet word, moet die analise so sensitief wees dat die kleinste moontlike monster geneem hoef te word.

ANALISEMETODES

Tegnieke wat aangewend kan word, is onder andere atoom-absorpsie-spektroskopie of emissiespektroskopie, X-straalfluoresensie, neutronaktiveringsanalise of aktivering met gelaaiete deeltjies soos protone.

Die eerste twee tegnieke vereis dat die monster in die ontledingsprosedure vernietig word. In die geval van X-straalfluoresensie word 'n monster met massa van die orde van 'n gram verkies. Neutronaktiveringsanalise is 'n baie sensitiewe metode vir elemente met 'n groot neutroninvangsdeursnit en geskikte halveringstyd van die isotoop wat gevorm word wanneer 'n neutron ingevang word. Wanneer biologiese monsters vir spoorelemente geanaliseer word, sal monsters met massa groter as 100 mg wenslik wees. Hoewel dit 'n besonder kragtige metode is met wye toepassingsmoontlikhede, het dit die nadele dat die sensitiwiteit baie varieer van element tot element en dat die lengte van die meettyd vir verskillende elemente verskil. Aktivering met gelaaiete deeltjies is by uitstek geskik waar een spesifieke element bepaal moet word.

PROTONGEÏNDUSEERDE X-STRAALEMISSIE (PIXE)

X-strale speel alreeds 'n belangrike rol in die medisyne, met baie diagnostiese en terapeutiese toepassings. Die gebruik van X-strale om ook elemente te identifiseer is alreeds 'n ou bekende tegniek. Teen 1970 het daar egter 'n publikasie verskyn van 'n Sweedse navorsingsgroep (T.B. Johansson, R. Axelsson en S.A.E. Johansson) wat 'n kombinasie van kernfisikamodes en X-straaltegnieke gebruik het vir 'n baie gevoelige ontleding van monsters, wat self mikroskopies klein kan wees. Hierdie monsters hoef nie net van biologiese aard te wees nie, maar enige monster, van metaal, mineraal, stof, as of selfs gasse kan ontleed word om te bepaal *watter* elemente daarin teenwoordig is, en *hoeveel* daarvan. Dit is boonop 'n gevoeliger metode vir elemente soos fosfor, swawel, nikkel, koper, sink, yster en ander elemente, wat 'n belangrike rol in die menslike liggaam en ook in baie ander

Kernfisika en kwasjiorkor

biologiese sisteme, as die meeste ander metodes wat vir hierdie werk gebruik kan word. Alle elemente in die monster word gelyktydig in een enkele relatief kort (ongeveer 'n halfuur) meting bepaal sonder dat die monster vernietig word.

Die basiese beginsel is dat 'n versneller in 'n kernfisik laboratorium gebruik word om die monster te bombardeer met waterstofkerne (dit is protone). Protone dra 'n positiewe elektriese lading, en wanneer dit met hoë spoed digby 'n atoom in die monster verbybeweeg, kan die elektrone in die binneste skille van die atoom versteur word. In werklikheid word energie oorgedra na die atoom toe, en van hierdie energie word dan as 'n X-straal uitgestraal. Dit is reeds in 1913 deur Moseley ontdek dat elke element X-strale uitstraal met 'n golflengte wat aan daardie element eie is. Indien hierdie X-strale waargeneem word en die golflengte ofswel energie daarvan asook die hoeveelheid van elke golflengte akkuraat bepaal kan word, kan die spoorelementkonsentrasie daaruit afgelei word. In die praktyk word die K-X-strale gebruik vir die ontleding van elemente met atoomgetalle tussen 15 en 50, terwyl L-straling vir elemente met hoër atoomgetalwaardes gebruik word.

'n Belangrike beginsel wat uit die werk van Johansson en sy medewerkers te voorskyn gekom het, was dat die protone net die regte snelheid (of energie) moet hê om die beste resultate te lewer. Indien die monster met protone van te lae energie gebombardeer word, word min X-strale geproduseer en die metode verloor sy gevoeligheid. Indien die protone se energie te hoog is, word te veel *nie-karakteristieke* X-strale geproduseer, wat die sensitiwiteit vir die karakteristieke straling verlaag. Oor die algemeen word protone, versnel met 3 miljoen volt, as die gunstigste vir hierdie werk beskou.

Een van die belangrike redes van die welslae van hierdie tegniek is die ontwikkeling in die sestigerjare van 'n nuwe generasie van instrumente waarmee X-strale waargeneem kan word. Hierdie detektore, wat van germanium- of silikonkristalle gemaak word, het die voordeel dat selfs sagte X-strale individueel waargeneem kan word en die energie (golflengte) van elke X-straal akkuraat bepaal kan word. Die metode staan bekend as protongeïnduseerde X-stralemissie-analise (PIXE).

Die basiese tegnieke is bekend in fisikalaboratoriums, die apparatuur vir werk soos hierdie is redelik beskikbaar in die RSA en dit is voor die hand liggend dat hierdie metode ook toepassing sou vind in 'n verskeidenheid van navorsingsterreine in die Republiek van Suid-Afrika.

B. Spoelstra

Die toepassing van die metode om meer insig te verkry oor kwasjiorkor is moontlik 'n goeie voorbeeld hiervan (kyk Spoelstra e.a., 1981:305)

KWASJIORKOR

Dit is nie altyd bekend nie dat kwasjiorkor nog vry algemeen in ons dorpe en stede voorkom, hoewel daar in Suid-Afrika al groot vordering gemaak is met die bekamping daarvan. Hierdie siektetoestand, wat 'n gevolg van *wanvoeding* is en van *ondervoeding* onderskei moet word, eis 'n hoë tol onder jong kinders in lande van die Derde Wêreld. Dit word toegeskryf aan 'n gebrek aan proteïene in die dieet. Die naam *Kwasjiorkor* kom na bewering uit Ekwatoriaal-Afrika, waar die siekte bekend staan as "die siekte wat die ouer kind kry sodra die volgende een gebore word". Daar is waarskynlik goeie gronde vir hierdie benaming omdat borsvoeding van die ouer kind dan gestaak word en die kind dan dikwels meteens 'n dieet van slegs koolhidrate ontvang.

Dit is bekend dat kwasjiorkorpasiënte 'n abnormaal lae serumproteïenpatroon het. Verder is die meeste spoorelemente proteïengebode, sodat mens by hierdie pasiënte waarskynlik 'n gebrek aan spoorelemente te wagte kan wees.

'n Gebrek aan magnesium by kwasjiorkorpasiënte is 'n bekende verskynsel (kyk byvoorbeeld Prinsloo, 1973, maar studies in Zimbabwe het aangetoon dat daar moontlik nie 'n verband met die siekte bestaan nie.

Dit is wel goed bekend dat chroom 'n belangrike spoorelement is by die metabolisme van koolhidrate. Navorsing in Egipte het daarenteen ook aangetoon dat 'n gebrek aan chroom alleen nie tot kwasjiorkor lei nie.

Van die simptome is diarree, swelling van die liggaam en ledemate, velsere, rooierige verkleuring van die hare, 'n lustelose houding en vertraagde groei. Die toestand vereis normaalweg hospitalisasie van etlike weke, en na ontslag is dit nie altyd moontlik om te verseker dat die pasiënt die korrekte dieet ontvang nie. Dit skyn of kinders wat hierdie toestand ontwikkel het, 'n agterstand by ander kinders behou en moontlik permanente skade aan die sentrale senuweestelsel opdoen. In nadoodse ondersoeke van sulke gevalle is histologiese en biochemiese verandering in die neurone en rugmurg gevind.

Indien aanvaar word dat kwasjiorkor verband hou met 'n gebrek aan proteïene, is dit moontlik dat daar 'n gebrek aan opname van sekere

Kernfisika en kwasjiorkor

noodsaaklike spoorelemente deur die liggaam kan ontwikkel. Daar word bespiegel dat dit die oorsaak kan wees van die velprobleme (Prasad, 1978:806) (dit is bekend dat 'n gebrek aan sink velprobleme kan veroorsaak) en van die verkleuring van die hare. Dit sou dus van waarde wees vir diagnosering, behandeling en opvolging van die behandeling indien 'n studie van spoorelemente by kwasjiorkorpatiënte gemaak kan word. Die elemente wat veral hier belangrik is, is chroom, koper, selenium, sink en yster. Die beskikbaarheid van klein monsters, die behoefte aan analise van 'n hele aantal elemente gelyktydig en die sensitiwiteit wat nodig is, het 'n PIXE-analise vereis.

MONSTERNEMING EN ANALISE

In die reël word van kinders wat in die hospitaal opgeneem word met simptome soos dié van kwasjiorkor, met opname bloedmonsters geneem. Met die hospitaalowerhede is gereël dat vir geïdentifiseerde kwasjiorkorgevalle ongeveer 3 ml van hierdie monsters in spesiale, gesuiwerde houers bewaar is met die oog op PIXE-analise. Dit was natuurlik nodig dat die monsters vir bewaring bevries moes word en dat besonderhede van elke pasiënt aangeteken word. Op dié wyse is van die Ngwelczanhospitaal by Empangeni oor 'n tydperk van ongeveer 6 maande 45 monsters verkry. Terselfdertyd is 37 monsters verkry van 'n kontrolegroep bestaande uit kinders van dieselfde ouderdom maar nie kwasjiorkorgevalle nie. Monster-neming in so 'n situasie is moeilik kontroleerbaar, omdat die monsters oor 'n lang periode deur verskillende lede van die hospitaalpersoneel versamel word. Foute word ook soms gemaak met besonderhede oor pasiënte, wat veroorsaak het dat sekere van die aanvanklike stel monsters nie ingesluit is by die 45 kwasjiorkor en 37 ander wat ontleed is nie.

'n Redelik eenvoudige voorbereiding word uitgevoer op elke monster wat ontleed word. Dit is nodig dat 'n dun, homogene laag van elke bloedmonster op 'n dun plastiekfilm berei word. Hiervoor was dit nodig dat die bloed met ultrasoniese golwe behandel word om dit te homogeniseer en klontvorming af te breek. Verder moes 'n verwysingselement (in hierdie geval itrium) in bekende konsentrasie bygevoeg word. Elke monster is daarna met protone beskiet en die X-straaalpektrum is op 'n magneetband bewaar, vanwaar dit met 'n rekenaar ontleed kon word om die nodige besonderhede aangaande die elemente in die bloed te verkry.

B. Spoelstra

RESULTATE

Soveel faktore speel 'n rol by die bepaling van die sporelementkonsentrasies in die menslike bloed dat groot variasies hierin glad nie ongewoon is nie. Wanneer die konsentrasies van 'n enkele element beskou word (sink, byvoorbeeld), vind mens dat enkele lede van die kwasjiorkorgroep groter konsentrasies vertoon as sekere van die kontrolegroep.

Wanneer gemiddelde waardes vergelyk word, toon dit 'n laer konsentrasie by die kwasjiorkorgroep as by die kontrolegroep by alle elemente wat bepaal is, behalwe broom. Die waardes is: (gemiddelde konsentrasie by die kwasjiorkorgroep tot gemiddelde konsentrasie by die kontrolegroep) chloor: 0,41, kalium: 0,61, kalsium: 0,65, yster: 0,83, koper: 0,67, sink: 0,36 en broom: 1,18 (Spoelstra e.a. 1981:305). Statistiese analise toon dat die verskille in alle gevalle behalwe dié van broom betekenisvol is. Die elemente selenium en chroom was teenwoordig in konsentrasies wat te laag was om met ons metode te bepaal. Dit kan egter bepaal word deur meer moeite te doen met die monsterprosessering, byvoorbeeld deur bloedserum te neem en dit te veras en die as dan vir protonbombardement op 'n dun film te fikseer.

'n Beter skeiding tussen die kwasjiorkorgroep en die kontrolegroep word verkry wanneer 'n multivariantanalise uitgevoer word, met die konsentrasies van die verskillende bepaalbare elemente as veranderlikes. So 'n gelyktydige behandeling van al die elemente skei die kwasjiorkorgroep oortuigend van die kontrolegroep, sodat slegs 9 van die kontrolegroep in die "kwasjiorkorg gebied" en slegs 4 van die kwasjiorkorgroep in die kontrolegroep se "gebied" lê. Dit beteken dat 'n analise soos hierdie op 'n bloedmonster uitgevoer kan word en dat in die gunstigste omstandighede na ongeveer een uur die resultate beskikbaar kan wees om die geval met 'n redelike sekerheid onder die kwasjiorkorgroep of onder die kontrolegroep te klassifiseer. Weens die gespesialiseerde aard van die analise is dit natuurlik nie in hierdie stadium prakties uitvoerbaar nie, en die koste daaraan verbonde en apparaat wat vereis word, dui ook daarop dat so 'n analisemethode as 'n diagnostegniek vir die voorsienbare toekoms nie uitvoerbaar sal wees nie. Die waarde van hierdie werk moet dus eerder daarin gesien word dat die potensiaal van die metode aangetoon is en dat bykomende besonderhede oor die siektetoestand kwasjiorkor gevind is. Hierdie nuwe gegewens kan van waarde wees in die behandeling van die toestand en beter begrip gee van sekere van die simptome wat daarmee gepaard gaan.

Kernfisika en kwasjiorkor

NATUURWETENSKAP EN ONS SAMELEWING

Die metode wat hierbo beskryf is, het natuurlik veelvoudige toepassings, byvoorbeeld ten opsigte van ander siektetoestande waar spoorelemente of toksiese elemente ter sprake is, in die forensiese laboratorium van die polisie diens, vir besoedelingstudies en besoedelingsbeheer, prospektering en verskeie ander “buitegewone” ondersoekte.

Voorbeelde hiervan wat genoem kan word, is katarak in die oog (in Japan gedoen), ontleding van ink en papier van historiese dokumente (VSA), 'n ondersoek na die hoë voorkoms van kanker van die strottehoof in 'n sekere deel van Transkei (Johannesburg), spoorelemente in tandemalje, (Johannesburg), antieke potskerwe uit Jordanië (Swede) en baie ander.

Daar kan verwag word dat nuwe toepassings steeds gevind sal word. Daar bestaan reeds (byvoorbeeld in Florida, VSA) laboratoria wat hierdie soorte analises op 'n roetinebasis doen, ook op aanvraag. Die moontlikheid dat ook in die RSA 'n ouer tipe kernfisiese versneller aangekoop word of onttrek word van die algemene navorsingwerk wat daarmee gedoen word, en voltyd in so 'n laboratorium vir roetine-PIXE-analises aangewend word is 'n oorweegbare proposisie. Sulke ondersoekte kan dan vir 'n deel van die tyd vir mediese toepassings beskikbaar wees.

Die natuurwetenskaplike bevind hom dikwels in die posisie dat groot somme geld benodig word vir navorsing met geen opvallende toepassing oor die kort termyn nie. Verdeling van gelde word dan 'n moeilike etiese en politieke kwessie, omdat dieselfde geld vir behuising, volksgesondheid ens. aangewend kan word. Die relatief klein investering in navorsing wat in Suid-Afrika gemaak word (relatief klein in vergelyking met die ander nywerheidslande,) is sekerlik goed regverdigbaar, ook uit 'n Christelike oogpunt: het die mens nie 'n Bybelse opdrag om oor die skepping te heers en om God se openbaring aan ons in die natuur na te speur nie? Verder het 'n belegging in navorsing, selfs van 'n suiwer “basiese” aard, in so baie gevalle verrassend gou toepassing gekry om die kwaliteit van die lewe op byna elke gebied te verbeter. In die proses vind ons soms ongewone assosiasies: Yin-Yang en PIXE; kernfisika en kwasjiorkor.

LITERATUUR

JOHANSSON T.B., AKSELSSON R. & JOHANSSON S.A.E. 1970. X-ray analysis: elemental analysis at the 10^{-12} g level. *Nucl. Instr. & Meth.*,

B. Spoelstra

84:141.

LI MING-CHIEN *et al* 1981. PIXE analysis of human serum — a preliminary study on the correlation between trace elements in human serum and the “Deficiency Syndrom Complex” theory of traditional Chinese medicine. (in Particle Induced X-ray emission and its analytical applications” Johansson S.A.E. *ed* North Holland.

PRASAD A.S. 1978 Trace elements and iron in human metabolism. New York: Plenum Medical Book Co.

PRINSLOO J.G. 1973. *South African Medical Journal*, 44 (2313).

SPOELSTRA B., SELLSCHOP J.P.F., ANNEGARN H.J. & RENAN M.J. 1981. Whole blood analysis of kwashiorkor cases by PIXE. *Nucl. Instr. & Meth.*, 181.