

Contrastmiddel voor MRI-scans

MRI staat voor Magnetic Resonance Imaging. Deze techniek wordt in ziekenhuizen gebruikt voor onderzoek aan bijvoorbeeld bloedvaten. Soms gebruikt men voor het maken van een MRI-scan het contrastmiddel OMNISCAN™. Dit wordt in de bloedbaan geïnjecteerd.

figuur 1

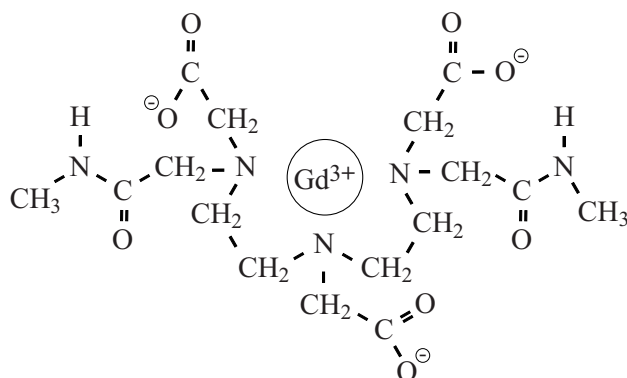


OMNISCAN™ bevat gadodiamide. Dit is een verbinding van het element gadolinium (Gd). In die verbinding komen Gd^{3+} ionen voor. Door de magnetische eigenschappen van Gd^{3+} ionen geeft de MRI-scan een betere afbeelding. In de natuur komt de isotoop Gd-158 het meest voor.

- 3p 1 Hoeveel protonen, neutronen en elektronen bevat een Gd^{3+} ion met massagetal 158? Noteer je antwoord als:
aantal protonen: ... aantal neutronen: ... aantal elektronen: ...

In een gadodiamide-deeltje is een Gd^{3+} ion ingekapseld door een organisch deeltje. Zie figuur 2 voor een structuur van een gadodiamide-deeltje.

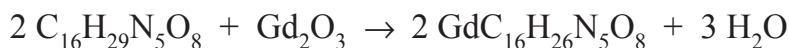
figuur 2



Gadodiamide is goed oplosbaar in water. De gadodiamide-deeltjes blijven in de oplossing intact en vallen niet uiteen tot ionen.

- 2p 2 Leg uit op microniveau, aan de hand van figuur 2, dat gadodiamide goed oplosbaar is in water.

Gadodiamide kan worden bereid uit gadolinium(III)oxide via de volgende reactie:



- 2p 3 Leg uit, aan de hand van formules in de reactievergelijking, of deze reactie een zuur-basereactie is.

Vrije Gd^{3+} ionen zijn giftig voor mens en dier. De LD50 voor muizen is 42 mg kg^{-1} . Gd^{3+} ionen in gadodiamide-deeltjes zijn veel minder giftig. De LD50 van Gd^{3+} ionen in gadodiamide verschilt een factor 100 met de LD50 van vrije Gd^{3+} ionen.

- 2p 4 Geef de LD50 (voor muizen) van Gd^{3+} ionen in gadodiamide.

Voor de mens wordt als veilige dosering van gadodiamide de grens van $0,1 \text{ mmol per kg}$ lichaamsgewicht aangehouden. Hierop is de onderstaande doseringskaart voor OMNISCAN™ gebaseerd.

doseringskaart voor volwassenen

lichaamsgewicht (kg)	50	60	70	80	90	100
volume (mL)	10	12	14	16	18	20

Met een berekening kan worden aangetoond dat bij een dosering die op de doseringskaart is vermeld, de veiligheidsgrens niet wordt overschreden.

- 3p 5 Geef de berekening voor een persoon van 60 kg. Maak hierbij gebruik van:
- de molaire massa van gadodiamide is 574 g mol^{-1} ;
 - informatie uit het etiket in figuur 1.

Men verwacht dat het gebruik van gadodiamide toeneemt. Omdat gadodiamide via de urine wordt uitgescheiden, zal het gehalte aan gadodiamide in afvalwater toenemen.

Dit kan voor milieuproblemen zorgen omdat gadodiamide niet in een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) wordt afgebroken.

In een laboratorium werd onderzocht of gadodiamide kan worden verwijderd uit een oplossing door middel van de scheidingsmethode adsorberen. De conclusie was dat verwijdering niet lukt met deze scheidingsmethode.

- 2p 6 Beschrijf in grote lijnen hoe een experiment kan worden uitgevoerd om te onderzoeken of gadodiamide uit een oplossing kan worden verwijderd met behulp van Norit[®]-poeder als adsorptiemiddel.

In tabel 1 staan gemiddelden van een aantal metingen van het Gd^{3+} gehalte.

tabel 1

locatie	rivier-water	uitstroom van rioolwaterzuivering (wordt geloosd op het oppervlaktewater)	afvalwater ziekenhuizen
Gd^{3+} gehalte ($\mu g L^{-1}$)	0,2	1,1	100

Hoewel nog geen methode bestaat om gadodiamide uit afvalwater te verwijderen, wordt bij RWZI's al nagedacht over de wijze waarop de eventuele verwijdering kan worden uitgevoerd. Een chemisch technoloog stelt voor om de urine van mensen bij wie gadodiamide is gebruikt, apart te verzamelen en daaruit het gadodiamide te verwijderen.

- 2p 7 Geef een argument dat de chemisch technoloog kan noemen waarom het effectiever is om gadodiamide te verwijderen uit de apart verzamelde urine dan uit rioolwater. Motiveer je antwoord.