

Magnetische resonantie voor de detectie van hersenletsels bij het paard

¹R. De Wael, ²K. Garreth, ³P. Gavin, ⁴R. Tucker, ¹H. van Bree, ¹I. Gielen

¹ Vakgroep Medische Beeldvorming en Orthopedie van de Kleine Huisdieren, Faculteit Diergeneeskunde, UGent, Salisburylaan 133, B-9820 Merelbeke

² Rood & Riddle Equine Hospital, 2150 Georgetown Road, Lexington, KY 40511, USA

³ MR vets, 30410 Hwy 200, Sandpoint, Idaho, USA

⁴ Radiology, Washington State University, 225 N. Grand Avenue, Pullman, Washington, USA

rhea.dewael@hotmail.com

SAMENVATTING

Aandoeningen van de hersenen komen zelden voor bij paarden. De diagnose, de uitbreiding van de pathologie en de eventuele planning van de chirurgische behandeling kunnen bepaald worden aan de hand van magnetic resonance imaging (MRI). Enkele congenitale aandoeningen, zoals Dandy-Walker-Like (DWS) syndroom en hydrocephalus, geven een typisch MRI-beeld, net zoals bloedingen, oedeem en infectie. Een tumor, hematoom, cyste en een abces zijn ruimte-innemende processen die elk hun specifieke eigenschappen hebben en daardoor een ander beeld geven op T1 en T2. De meest voorkomende tumoren zijn cholesterolgranuloma's van de *plexus choroideus*, hypofysetumoren en metastasen vanuit de neus, sinussen, het oog of een andere primaire tumor in het lichaam. MRI is de enige ante mortem techniek die gebruikt kan worden voor het stellen van de diagnose van equine nigropallidale encefalomalacia.

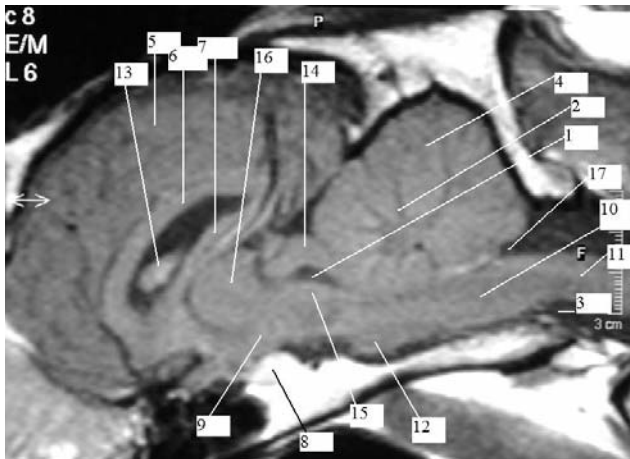
INLEIDING

Hersenaandoeningen worden beschreven bij paarden maar komen zelden voor (Thrall, 2007). Ze kunnen onderverdeeld worden in verschillende categorieën. Eerst zijn er de neoplasieën. De meest voorkomende massa's ter hoogte van de hersenen zijn cholesterolgranuloma's van de *plexus choroideus*. Deze zijn samengesteld uit cholesterolkristallen, afbraakproducten of rode bloedcellen die aanwezig zijn in het ventriculaire systeem (Vink-Nooteboom *et al.*, 1998; Thrall, 2007). Hypofysetumoren en meningioma's komen vrij zelden voor (Thomson *et al.*, 2001; Thrall, 2007). Andere tumoren, zoals een nasaal adenocarcinoma, ontstaan in de neusholte en breiden zich uit naar de hersenen, maar ook dit is zeldzaam (Matiasek *et al.*, 2001; Ferrell *et al.*, 2002; D'Angelo *et al.*, 2007; Thrall, 2007). Vervolgens zijn er de congenitale aandoeningen, waarvan hydrocephalus de meest voorkomende is. Minder voorkomende afwijkingen zijn cerebellaire abiotrofie, cerebellaire aplasie of hypoplasie, hydranencefalie, anencefalie en merocrania. Een ander voorbeeld is het Dandy-Walker-Like syndroom (Wong *et al.*, 2007). Dan zijn er de vasculaire afwijkingen, zoals een bloeding, hematoom, oedeem en de infectieuze en inflammatoire aandoeningen, zoals meningitis, encefalomyelitis en hersenabces (Gray *et al.*, 2001; Sanders *et al.*, 2001; Ferrell *et al.*, 2002; Spoormakers *et al.*, 2003; Audigié *et al.*, 2004; MacKay, 2004; Smith *et al.*, 2004; Pellegrini-Masini en Livesey, 2006; Feary *et al.*, 2007; Pusterla *et al.*, 2007; Thrall, 2007). Tenslotte zijn er de traumatische, degeneratieve en andere aandoeningen, zoals een intracraniale epidermoïd cyste (Sanders *et al.*, 2001; Ferrell *et al.*, 2002; Peters *et al.*, 2003; MacKay, 2004; Hakyemez *et al.*, 2005; Pelle-

grini-Masini en Livesey, 2006; Feary *et al.*, 2007; Thrall, 2007).

Hersenaandoeningen kunnen op verschillende manieren in beeld gebracht worden. Ten eerste is er de radiografie maar ze geeft echter weinig informatie. Dan is er computer tomografie (CT) waarbij men, net zoals bij radiografie, gebruik maakt van ioniserende straling. Bij CT worden er dwarse doorsneden genomen van het hoofd. Een nadeel van deze techniek is het "beam hardening artefact" ter hoogte van de caudale fossa, wat de detectie van de pathologie in de regio van de hersenstam praktisch onmogelijk maakt. Een recentere techniek, MRI genaamd, (Partain *et al.*, 1980; Thrall, 1986; Chaffin *et al.*, 1997; Vazquez *et al.*, 2001; Thrall, 2007) wordt bij paarden nog maar zeer weinig gebruikt door de hoge kostprijs, de gelimiteerde toegang en vooral doordat er weinig toestellen op de markt zijn die geschikt zijn voor paarden. Sinds de introductie van de open magneet is deze techniek gemakkelijker toegankelijk geworden voor grote dieren (Partain *et al.*, 1980; Thrall, 1986; Vazquez *et al.*, 2001; Spoormakers *et al.*, 2003; Feary *et al.*, 2007; Thrall, 2007).

MRI is gebaseerd op het fysische effect van nucleaire magnetische resonantie. Dit werd in 1946 ontdekt door Bloch en Purcell (Thrall, 1986). Sinds Damadian en Lauterbur in 1973 de eerste artikels publiceerden over het klinische gebruik van MRI, is deze techniek enorm geëvolueerd en wordt ze nu routinematig gebruikt in de humane geneeskunde (Partain *et al.*, 1980; Vazquez *et al.*, 2001). MRI heeft zijn nut al bewezen in de studie en de evaluatie van tumoren, infecties, infarcten, hematomen, demyelinisatieziekten, vasculaire afwijkingen en calcificaties in de hersenen van de mens en de kleine huisdieren omdat aan de hand van de verschillende sequenties abnormaal weefsel ge-



Figuur 1. Een parasagittaal T1-beeld van de normale hersenen van een paard. Volgende anatomische structuren zijn goed herkenbaar: 1. *Aqueductus mesencephali*. 2. *Arbor vitae*. 3. Cavum subarachnoïdale. 4. Cerebellum. 5. Cerebrum. 6. *Corpus callosum*. 7. Fornix. 8. Hypofyse. 9. Hypothalamus. 10. *Medulla oblongata*. 11. *Medulla spinalis*. 12. Pons. 13. *Septum pellucidum*. 14. *Tectum mesencephali*. 15. *Tegmentum mesencephali*. 16. Thalamus. 17. *Ventriculus quartus encephali*.

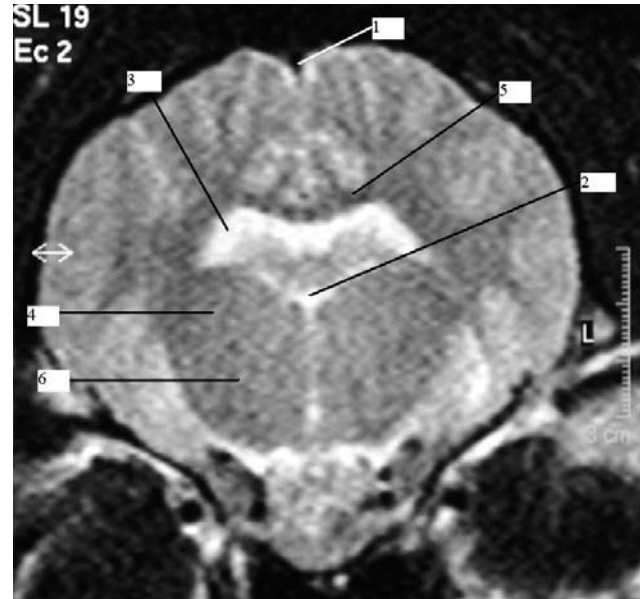
makkelijk kan onderscheiden worden van het normale hersenweefsel (Partain *et al.*, 1980; Vazquez *et al.*, 2001). De buitengewone anatomische detaillering van de hersenstructuren maakt dat deze techniek uitermate geschikt is voor de diagnose van hersenletsels bij het paard (Arencibia *et al.*, 2001).

Het doel van dit overzicht is de rol van MRI te beschrijven als diagnosetechniek bij hersenaandoeningen bij het paard.

MRI VAN DE NORMALE HERSENEN

Alvorens pathologische aandoeningen te kunnen onderscheiden, is het belangrijk om de normale anatomie van de hersenen van het paard en de normale MRI-beelden te herkennen.

De klinisch relevante structuren zijn zowel op T1 als T2 zichtbaar (Arencibia *et al.*, 2001; Vazquez *et al.*, 2001; Thrall, 2007). De gebruikte sequentie is afhankelijk van de structuur of aandoening die men wil visualiseren. T1 toont voornamelijk de anatomische structuren en de grijschaal is rechtvenredig met de signaalintensiteit (Vazquez *et al.*, 2001; Thrall, 2007). Daarnaast bestaat er ook T1 met contrast, waarbij gadolinium als contraststof intraveneus ingespoten wordt. Gadolinium is in het normale centrale zenuwstelsel niet aanwezig en de contrastcaptatie van het hersenweefsel wijst op een laesie ter hoogte van de bloed-hersenbarrière (Chaffin *et al.*, 1997; Gray *et al.*, 2001; Ferrell *et al.*, 2002; Audigié *et al.*, 2004; Thrall, 2007). T2 geeft een sterker weefselcontrast dan de andere sequenties en is ook belangrijk bij de detectie van vloeistof in de weefsels (Chaffin *et al.*, 2001; Thrall, 2007). Een andere belangrijke sequentie is de “inversion recovery” (IR) sequentie. Deze kan opgedeeld worden in STIR en FLAIR. STIR staat voor “short tau inversion recovery”, een sequentie die het vetsignaal onderdrukt en



Figuur 2. Een transversaal T2-beeld van de normale hersenen van een paard. Op dit beeld heeft het cerebrospinaal vocht een hyperintens signaal. Volgende anatomische structuren zijn goed herkenbaar: 1. *Sinus sagittalis dorsalis*. 2. *Ventriculus tertius*. 3. *Ventriculus lateralis*. 4. Thalamus. 5. *Corpus callosum*. 6. Hypothalamus.

die gebruikt wordt om aandoeningen van de *N. opticus* en letsels ter hoogte van de orbita aan te tonen. FLAIR staat voor “fluid-attenuated inversion recovery” en onderdrukt het signaal van het cerebrospinaal vocht, waardoor het vocht donker wordt op het MRI-beeld. Het wordt voornamelijk aangewend om processen in en rond de hersenventrikels te diagnosticeren (Ferrell *et al.*, 2002; Spoormakers *et al.*, 2003; Audigié *et al.*, 2004; Matiasek *et al.*, 2007; Thrall, 2007).

Een weefsel dat een hoog signaal uitzendt, is wit op een MRI-beeld en wordt hyperintens genoemd, terwijl een weefsel dat een laag signaal uitzendt, donker is op een MRI-beeld en hypo-intens genoemd wordt (Thrall, 2007).

Het dorsale beeld is het meest geschikt om de hersenen te evalueren. Het sagittale beeld, weergegeven in Figuur 1, is een overlangse doorsnede en geeft een overzicht van de structuren in het midden. Het transversale beeld (Figuur 2) kan worden gebruikt om zowel de anatomische relatie tussen de diepere structuren als de linker- met de rechterhelft te vergelijken (Arencibia *et al.*, 2001).

In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van het T1- en T2-beeld van de normale hersenen van het paard.

MRI VAN HERSENPATHOLOGIE

Neoplasieën

Neoplastisch – niet-neoplastisch

De differentiaaldiagnose van een ruimte-innemend proces kan een tumor, een hematoom, een abces, een cyste of eventueel een inflammatie of infectie zijn. Aan de hand van de anamnese en het algemeen klini-

Tabel 1. Vergelijking tussen de resultaten bekomen met T1- en T2-beelden van de normale hersenen van het paard.

Anatomische structuur	T1	T2
Hersenen (*), spieren van het hoofd	Intermediair signaal: grijs	Laag signaal: donkerder
Cortex: grijze stof ten opzichte van de witte stof	Hypo-intens: beetje donkerder	Hyperintens: wit (de witte stof is hypointens, zwart)
Cerebrospinaal vocht (ter hoogte van het hersenventrikelsysteem en de subarachnoidale ruimte)	Negatieve signaalintensiteit: zwart, hypointens	Hoge signaalintensiteit: wit, hyperintens
Bot (schedel)	Indirecte visualisatie door vet in beenmerg, aflijning van de corticale randen (verwaarloosbaar signaal)	Hoog signaal medullaire holte, verwaarloosbaar signaal corticaal been
Vet, hoofdhuid, beenmerg	Helder signaal, hoge signaal-intensiteit in vergelijking met de omgevende structuren: wit, hyperintens	Daling intensiteit. Vet heeft een intermediair signaal, dus grijs

(* myelencephalon, pons, vermis, hersenhemisferen, mesencephalon, kleine hersenen, thalamus, hypothalamus, hippocampus, epifyse, fornix, ...)

Tabel 2. Differentiaaldiagnose van een neoplasië en een niet-neoplastisch proces op T1 en T2.

	T1	T2
Tumor	Hypo- of iso-intens	Hyperintens
Bloeding	Hyperintens	Hyperintens
Hematoom	Gemengd signaal met hyperintense rand	Hyperintense rand
Abces	Hypo- of iso-intens	Hyperintens
Cyste	Hypo-, iso- of hyperintens (afhankelijk van de inhoud)	Hyperintens

Tabel 3. De verschillende sequenties en hun beeld bij een tumor.

Tumor	T1	T2	T1 post gadolinium
Intensiteit ten opzichte van spierweefsel	Iso-intens	Hyperintens	
Intensiteit ten opzichte van vetweefsel	Hypo-intens	Hypo-intens	
Cholesterolgranuloma		Hypo-intens	Contrastaanverving
Hypofysetumor	Iso-intens	Hyperintens	Rand van contrastaanverving
Hersenstammelanoma	Iso-intens	Variabele intensiteit	
Metastasen	Iso-intens	Hyperintens	Contrastaanverving

sche onderzoek kan al een eerste onderscheid gemaakt worden (Ferrell *et al.*, 2002; Spoormakers *et al.*, 2003; MacKay, 2004; Pellegrini-Masini en Livesey, 2006). Intracraniale ruimte-innemende letsels geven een verplaatsing van de positie van de normale hersenstructuren (bijvoorbeeld een “midline shift” op de transversale snede). Een dergelijk letsel resulteert in een compressie op het hersenparenchym en het ventrikelsysteem (mass-effect) (Fike *et al.*, 1986).

In Tabel 2 worden de verschillen in intensiteit op T1 en T2 weergegeven van een tumor, een bloeding, een hematoom, een abces en een cyste. Bij een bloeding is de intensiteit afhankelijk van het stadium en bij een cyste is de intensiteit afhankelijk van de cyste-inhoud (Ferrell *et al.*, 2002; Spoormakers *et al.*, 2003; Audié *et al.*, 2004; Matiasek *et al.*, 2007). Op Figuur 3 wordt een cyste ter hoogte van de *plexus choroideus* weergegeven.

Verschillende neoplasiëën

Hersentumoren zijn zeer zeldzaam bij paarden (Thrall, 2007). Enkele voorbeelden worden weergegeven in Tabel 3.

Op een MRI-beeld is een hersentumor op T1 iso-intens en op T2 hyperintens ten opzichte van het omgevende spierweefsel. Ten opzichte van het omgevende vetweefsel is een hersentumor zowel op T1 als T2 hypo-intens. Het al dan niet aanwezig zijn van contrastaanverving op T1 met contrast speelt een rol in de herkenning van het type tumor (Matiasek *et al.*, 2007; Thrall, 2007). Door de grootte en uitbreiding van de tumor kan het aanpalende hersenweefsel een compressie ondergaan en dit geeft een mild oedemateus beeld op T2 en FLAIR (Matiasek *et al.*, 2007). Bovendien kan de tumor een interne hydrocephalus veroorzaken door een obstructie van het *foramen interventriculare*, met

een drukatrofie van de wanden van de ventrikels, of door een compressie van andere structuren in het ventriculaire systeem (Vink-Nooteboom *et al.*, 1998).

Een cholesterolgranuloma van de *plexus choroideus* is op de MRI-beelden zichtbaar als een massa die een perifere tot totale verkalking vertoont, meestal ter hoogte van de laterale ventrikels. De calcificatiezones bevatten veel met lipofuscine en hemosiderine beladen macrofagen. Deze tumor is het beste zichtbaar op T1 post contrast terwijl de mineralisatie en de hemosiderine een hypo-intens signaal geven op T2 (Vink-Nooteboom *et al.*, 1998; Ferrell *et al.*, 2002; Thrall, 2007).

Een hypofyse tumor is iso-intens op T1 en hyperintens op T2 (Figuur 4). Bij het gebruik van contrast is er een rand van contrastaanverving aanwezig rond de sferische structuur. Het hyperintense signaal wijst op een proteïnerijke vloeistof in de nodule (Ferrell *et al.*, 2002). De differentiaaldiagnose van dit MRI-beeld is een cyste met een proteïnerijke inhoud of een hypofyse neoplasmie, zoals een adenoma of een ependymoma. Bij een ependymoma van de neurohypofyse zijn er vasculaire vullingsdefecten aanwezig in de massa, waardoor deze zich onderscheidt van een macroadenoma (Thomson *et al.*, 2001; Ferrell *et al.*, 2002).

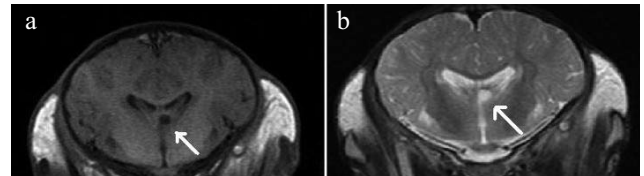
Een maligne melanoma is op T1 iso-intens ten opzichte van het omgevende hersenweefsel en op T2 kan de intensiteit variëren (Covington *et al.*, 2004).

Metastasen van andere tumoren, zoals een neuroendocriene retrobulbaire tumor, een nasaal adenocarcinoma of een squameus celcarcinoom, komen af en toe voor (Davis *et al.*, 2002; D'Angelo *et al.*, 2007; Matiasek *et al.*, 2007). Het nut van MRI bij het stellen van een diagnose bestaat uit het lokaliseren en het meten van de grootte van de tumor (D'Angelo *et al.*, 2007). Metastasen in de hersenen zijn iso-intens op T1, hyperintens op T2 en er is aanverving van contrast op de T1 beelden post contrast (Matiasek *et al.*, 2007; Thrall, 2007).

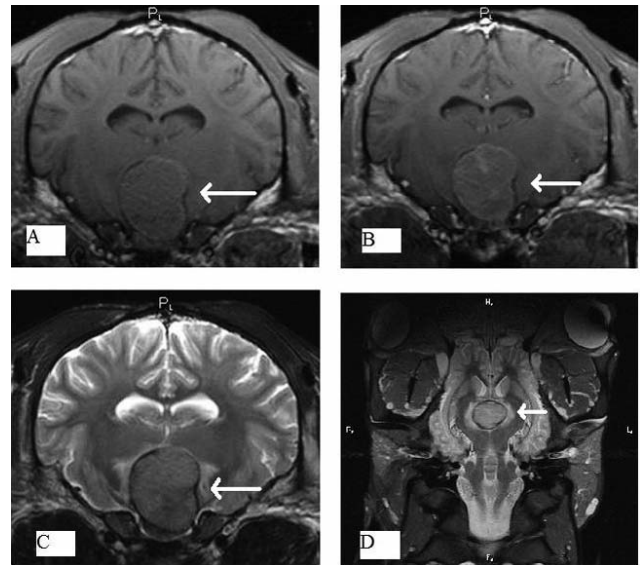
Congenitale aandoeningen

Aangeboren afwijkingen van de hersenen zijn zeldzaam bij paarden. De meest voorkomende is hydrocephalus (Wong *et al.*, 2007). Hydrocephalus bestaat uit een accumulatie van cerebrospinaal vocht in het ventriculaire systeem door ofwel een obstructie van de afvoer ofwel ten gevolge van een vochtproductie die groter is dan de afvoercapaciteit (Thrall, 2007). De sequenties die gebruikt worden voor het vaststellen van hydrocephalus, zijn T1, T1 met contrast, T2, maar ook FLAIR, die door de verlengde inversietijd het vloeistofsignaal van het cerebrospinaal vocht onderdrukt. Vooral T2 en FLAIR kunnen gebruikt worden om een hydrocephalus te herkennen omdat de vloeistofdilatatie ter hoogte van de laterale ventrikels hyperintens is op T2 en dezelfde zone hypo-intens is op FLAIR (Ferrell *et al.*, 2002). Op Figuur 5 is een T2-beeld te zien waarop een hydrocephalus zichtbaar is.

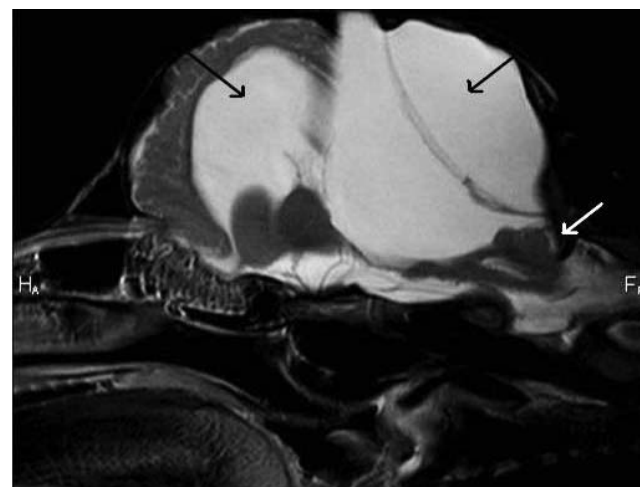
Een ander voorbeeld van een aangeboren afwijking is het Dandy-Walker-Like Syndroom. Drie hoofdredenen om een congenitale afwijking aan te duiden als



Figuur 3. Figuur 3a is een transversaal T1-beeld ter hoogte van de hersenen. De cyste (witte pijl) ter hoogte van de laterale linkerventrikel is hypo-intens. Figuur 3b is een transversaal T2-beeld waarop de cyste hyperintens is. Zowel op T1 als T2 is de cyste iso-intens ten opzichte van het cerebrospinaal vocht.



Figuur 4. Dit is een MRI-beeld van een hypofysetumor (witte pijl). Op het T1-beeld pre contrast (A) is de tumor iso-intens met een hyperintense rand en op T1 post contrast (B) is er een minimale contrastaanverving aanwezig. Zowel op het transversale T2-beeld (C) als het dorsale STIR-beeld (D) heeft de tumor een laag signaal.



Figuur 5. Sagittaal T2-beeld doorheen de hersenen van een veulen van 1 maand oud. Links is rostraal en rechts caudaal. Er is een veralgemeende dilatatie van alle hersenventrikels aanwezig, wat wijst op hydrocephalus (zwarte pijlen). Er is ook een hernia van de vermis van het cerebellum doorheen het *foramen magnum* (witte pijl).

DWS zijn aplasie of hypoplasie van de cerebellaire vermis, dilatatie van de vierde ventrikel en communicerende hydrocephalus met vergrote laterale ventrikels en de afwezigheid van het *corpus callosum*. Deze afwijkingen zijn dan ook het beste te visualiseren met MRI (Wong *et al.*, 2007; Schmidt *et al.*, 2008).

Epilepsie bij paarden is zeldzaam. MRI kan gebruikt worden om de differentiaaldiagnose te stellen van de congenitale idiopathische vorm van epilepsie of van epilepsie door een andere oorzaak, zoals bijvoorbeeld druk door een massa of infectie van de hersenen. Bij juveniele idiopathische epilepsie zijn er geen afwijkingen waar te nemen op MRI (Aleman *et al.*, 2006).

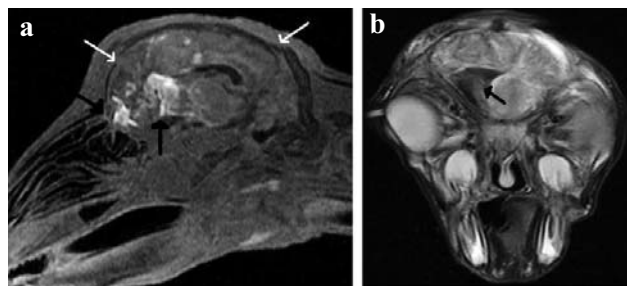
Vasculaire aandoeningen

Bloeding

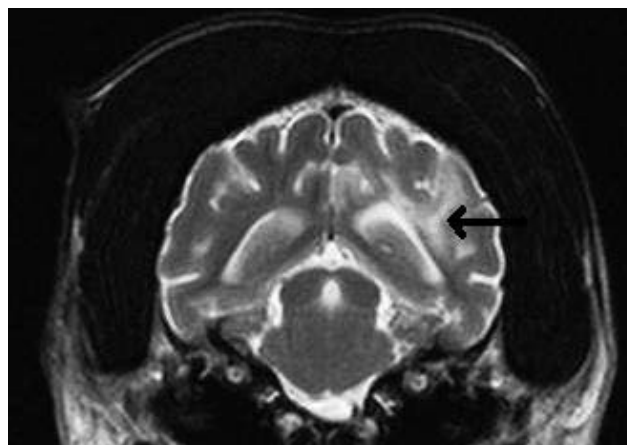
Een bloeding van de hersenen kan verschillende oorzaken hebben, zoals trauma, septicaemie, inflammatie, DIC (Sanders *et al.*, 2001; Ferrell *et al.*, 2002; Audigié *et al.*, 2004; MacKay, 2004; Pusterla *et al.*, 2007). Ernstige bloedingen zorgen voor een compressie van de hersenen tegen de schedel maar ook voor een obstructie van de afvoer van het cerebrospinale vocht. Beide resulteren in een stijging van de intracraniale druk (MacKay, 2004). Bij een intracraniale bloeding komen verschillende stoffen extravasaal terecht. De stoffen methemoglobine, hemoglobine, hemosiderine en ijzer hebben een belangrijke invloed op het MRI-beeld. Het vrijgekomen methemoglobine geeft zowel op T1 als T2 een hyperintens signaal (Ferrell *et al.*, 2002). De vrijgekomen hemoglobine en haar afbraakproducten veroorzaken een hypo-intens signaal op T2 (Audigié *et al.*, 2004). Hemosiderine veroorzaakt ook een hypo-intens signaal op T2 (Ferrell *et al.*, 2002). De stijging van de ijzerconcentratie veroorzaakt een hyperintens beeld op T1 en een hypo-intens beeld op T2 in de beginfase. Als de ijzerconcentratie nog meer stijgt, wordt de bloeding op beide sequenties zichtbaar als een hyperintens beeld (Sanders *et al.*, 2001) (Tabel 5). Een voorbeeld van een bloeding met fractuur wordt weergegeven op Figuur 6.

Hematoom

Een hematoom ontstaat initieel na een bloeding maar na verloop van tijd gaat het zich organiseren (Ferrell *et al.*, 2002; Thrall, 2007). Op MRI is een grote heterogene laesie zichtbaar. De rand van de laesie heeft hetzelfde signaal als een intracraniale bloeding



Figuur 6. Figuur 6a is een sagittaal T1-beeld van het hoofd van een 8 dagen oud veulen dat een trauma onderging. Multipiele fracturen zijn aanwezig in het schedeldak (witte pijlen). Rostraal in het hersenparenchym zijn meerdere hyperintense zones (zwarte pijlen) zichtbaar. Figuur 6b is een transversaal T2-beeld zichtbaar ter hoogte van het rostraal hersenparenchym met een hypointense zone in het hersenparenchym. Het gaat hier om een bloeding met de typische kenmerken van methemoglobinevorming in het subacute stadium (zwarte pijl).



Figuur 7. Transversaal T2-beeld ter hoogte van de hersenen, het hyperintense signaal (zwarte pijl) is een zone van oedeem.

door de aanwezigheid van het extracellulaire methemoglobine (Ferrell *et al.*, 2002). In Tabel 4 wordt een beeld gegeven van een hematoom tijdens de verschillende fasen van het rijpingsproces.

Disseminated intravascular coagulation

Disseminated intravascular coagulation (DIC) is een systemische aandoening (acuut of chronisch) waarbij een veralgemeende bloeding optreedt door een disfunctie van de bloedplaatjes en de stollingsfactoren. Het kan optreden ter hoogte van het ganse lichaam en dus in ook de hersenen. Op een MRI-beeld is zowel op T1 als T2 een hyperintens beeld zichtbaar (Ferrell *et al.*, 2002; Pusterla *et al.*, 2007).

Tabel 4. MRI-beeld van het rijpingsproces van een hematoom in het humane hersenweefsel (uit Thrall, 2007).

Fase	Tijdsduur	Hemoglobine	T1	T2
Hyperacuut	< 24 u	Oxyhemoglobine	Iso- of hypo-intens	Hyperintens
Acuut	1-3 dagen	Deoxyhemoglobine	Iso- of hypo-intens	Hypo-intens
Vroeg subacuut	> 3 dagen	Methemoglobine	Hyperintens	Hypo-intens
Laat subacuut	> 7 dagen	Methemoglobine	Hyperintens	Hyperintens
Chronisch	> 14 dagen	Hemosiderine	Iso- of hypointens	Hypo-intens

Tabel 5. Verschil in beeld op T1 en T2 tussen de stoffen die vrijkomen bij een bloeding, het algemeen MRI-beeld van een bloeding, hematoom, DIC of oedeem op T1 en T2.

	T1	T2
Bloeding	Hyperintens	Hyperintens
Methemoglobine	Hyperintens	Hypo- of hyperintens
Hemoglobine		Hypo-intens
Hemosiderine	Iso- of hypo-intens	Hypo-intens
IJzer	Hyperintens	Hypo-intens bij lage concentratie en hyperintens bij hoge concentratie
Hematoom	Gemengd signaal met hyperintense rand	Hyperintense rand
DIC	Hyperintens	Hyperintens
Oedeem	Hypo-intens	Hyperintens

Tabel 6. Letsels die bij equine nigropallidale encefalomalacia zichtbaar zijn op de verschillende sequenties bij MRI.

Sequentie	Beeld
T1	Er zijn bilaterale, focale, hyperintense omschreven signalen ter hoogte van de zone van de <i>globus pallidus</i> zichtbaar. Hetzelfde patroon is ook bilateraal te zien in de zone van de <i>substantia nigra</i> .
T2	Er zijn bilaterale, focale, goed omschreven, heterogene hyperintense zones in de regio van de <i>substantia nigra</i> zichtbaar en de <i>globus pallidus</i> vertoont een hyperintens signaal.
T1 post contrast	Er is een normale contrastaanverving wat betreft de <i>plexus choroideus</i> van de laterale en derde ventrikel, de vene van het <i>corpus callosum</i> en de dorsale sagittale sinus. Toch vertonen de zones van de <i>globus pallidus</i> en de <i>substantia nigra</i> geen enkele contrastaanverving. Er is ook een bilaterale focale hyperintense ring die de regio van de <i>globus pallidus</i> omringt. Zowel de <i>globus pallidus</i> als de <i>substantia nigra</i> heeft dezelfde focale zones van hyperintensiteit.

Oedeem

Oedeem ter hoogte van de hersenen (Figuur 7) is meestal secundair aan een ander proces, zoals een trauma, fractuur, bloeding, ontsteking, DIC, hematoom, abces of een ander ruimte-innemend proces (Ferrell *et al.*, 2002; Spoormakers *et al.*, 2003; Audigié *et al.*, 2004; Feary *et al.*, 2007; Pusterla *et al.*, 2007).

Om de diagnose oedeem van de hersenen te stellen, kan het MRI-beeld van T1 en van T2 vergeleken worden. Op T1 is oedeem hypo-intens en dezelfde zone op T2 is hyperintens (Ferrell *et al.*, 2002; Spoormakers *et al.*, 2003; Audigié *et al.*, 2004).

In Tabel 5 worden de verschillen tussen de MRI-beelden weergegeven van de vasculaire aandoeningen, waaronder oedeem.

Infectieus - inflammatoir

Meningitis en encefalomyelitis

De ontstekingsreactie is het beste zichtbaar wanneer het T1-beeld pre en post contrast vergeleken wordt. Er is dan contrastaanverving aanwezig. Encefalitis is hypo-intens tot iso-intens op T1 en toont contrastaanverving op T1 post contrast. Zowel op T2 als op FLAIR is er een gestegen signaalintensiteit aanwezig in een diffuus of vlekkerig patroon (Gray *et al.*, 2001; Smith *et al.*, 2004; Pellegrini-Masini en Livesey, 2006; Feary *et al.*, 2007; Thrall, 2007).

Hersenabces

Het typische beeld op MRI van een hersenabces is een ruimte-innemende ontstekingsreactie met vloeistofkarakter in het centrum en een rand met postgadolinium contrastaanverving. Het ruimte-innemend proces is hypo-intens tot iso-intens op T1 en hyperintens op T2. Ook is er oedeem aanwezig rond de laesie. De grote ruimte-innemende laesie in de hersenen is afgeleid door een dik en goed omschreven fibreus kapsel dat iso-intens is met het hersenparenchym op T1, hypo-intens is op T2 en contrastaanverving vertoont op T1 post contrast (Ferrell *et al.*, 2002; Spoormakers *et al.*, 2003; Audigié *et al.*, 2004; Thrall, 2007).

Een ruptuur van het abces in de laterale ventrikels is een veel voorkomende complicatie. Daarom is een FLAIR-sequentie nuttig. Bij een ruptuur ontstaat een stijging van proteïnen en van de celinhoud van het cerebrospinale vocht en een daling van de waterprotonmobiliteit, waardoor een hogere signaalintensiteit ter hoogte van de laterale ventrikels waarneembaar is (Audigié *et al.*, 2004).

Trauma

Traumatische hersenletsels ontstaan meestal na een slag op het hoofd, maar kunnen ook veroorzaakt worden door de krachten die een zogenaamde “whiplash” veroorzaken. De slag op het hoofd kan een botafwijking veroorzaken, zoals een fractuur of barst (Figuur 6a), met secundair een bacteriële meningitis.

De schade ter hoogte van de hersenen is meestal gelegen op de plaats van de slag (coup) of aan de overzijde ervan (contrecoup). Ernstige bloedingen op eender welke plek veroorzaken een compressie van de hersenen tegen de schedel, waardoor de intracraniale druk stijgt. Bloedingen in of rond het *foramen interventriculare* of de *aqueductus mesencephali* zorgen voor een obstructie van de afvoer van het cerebrospinale vocht, wat hydrocephalus veroorzaakt. Dit geeft een verdere stijging van de intracraniale druk. Extravasale bloedcellen veroorzaken daarenboven nog een ontstekingsreactie in de hersenen. Bij te hoge druk ontstaat “coning” van het cerebellum, dit wil zeggen dat een deel van de kleine hersenen door het *foramen magnum* gedrukt wordt (Ferrell *et al.*, 2002; MacKay, 2004; Pellegrini-Masini en Livesey, 2006; Feary *et al.*, 2007; Thrall, 2007).

Degeneratieve aandoeningen

Equine nigropallidale encefalomalacia is een specifieke aandoening bij paarden die resulteert in een progressieve degeneratie van de zones in de hersenen die verantwoordelijk zijn voor de fijne motoriek en die een grote gelijkenis vertoont met de ziekte van Parkinson bij de mens (Sanders *et al.*, 2001; Ferrell *et al.*, 2002). Er is geen diagnostische test beschikbaar voor deze aandoening zodat MRI een hulpmiddel kan zijn voor de diagnose (Sanders *et al.*, 2001).

Op MRI is een ontsteking van de *globus pallidus* en de *substantia nigra* waar te nemen en er is geen contrastaanverving aanwezig ter hoogte van de letsels (Sanders *et al.*, 2001; Ferrell *et al.*, 2002) (Tabel 6). De hyperintense ringen op het post contrast T1-beeld zijn dezelfde structuren die gezien worden op de pre contrast beelden. Deze beelden zijn pathognomonisch voor de diagnose van equine nigropallidale encefalomalacia (Sanders *et al.*, 2001).

Andere

Intracraniale epidermoïd cyste

De cyste is zichtbaar op MRI als een ruimte-innemend proces met een onregelmatige vorm en wordt gekarakteriseerd door een lange T1- en T2-relaxatietijd. Op T1 en T2 is de cyste iso-intens ten opzichte van het cerebrospinale vocht en op FLAIR is de cyste hyperintens ten opzichte van het cerebrospinale vocht. Bij het paard wordt de cyste omgeven door een dik fibreus kapsel dat bescherming biedt tegen een ruptuur. Bij een ruptuur van het kapsel ontstaan complicaties, zoals meningitis (Peters *et al.*, 2003; Hakyemez *et al.*, 2005).

MEERWAARDE EN BEPERKINGEN VAN MRI BIJ HET PAARD

Bij het gebruik van MRI dient het paard onder algemene anesthesie gebracht te worden daar het dier gedurende een langdurige tijd moet geïmmobiliseerd worden in een laterale of dorsale positie (Chaffin *et al.*,

1997; Thrall, 2007; Leece *et al.*, 2008). Een groot nadeel van MRI is de monitoring van de patiënt die moeilijk bereikbaar is in de ijzervrije omgeving. Daarenboven is het sterfterisico na anesthesie bij het paard groter dan bij eender welke andere diersoort, namelijk 0,9% (Franci *et al.*, 2006; Leece *et al.*, 2008). De belangrijkste complicaties na de anesthesie zijn postanesthetische myopathie/neuropathie en koliek. “Post-anesthetic myopathy/neuropathy syndrome” (PAMNS) komt voor bij 0,81% van de paarden en is afhankelijk van de positie van de patiënt en de duur van de anesthesie. Tijdens MRI liggen de paarden meestal in laterale decubitus en blijven ze zo liggen tot na de recovery. Een anesthesieduur van meer dan 90 minuten verhoogt het risico tot 1,98% en de aanwezigheid van hypotensie is nog een bijkomende risicofactor voor PAMNS. Sterfte treedt op bij 0,12% van de aangetaste paarden (Franci *et al.*, 2006). Postanesthetische koliek komt voor bij 1,5% van de paarden als complicatie na een algemene anesthesie bij MRI (Andersen *et al.*, 2006).

Ook dient bij MRI rekening gehouden te worden met het feit dat de magneet alle ijzerhoudende materiaal in de omgeving aantrekt. Dit kan gevaarlijk zijn voor de patiënt. Er dienen dan ook strenge veiligheidsmaatregelen in acht genomen te worden (Thrall, 2007). Het paard wordt daarom op een speciale (zelfgemaakte) tafel gelegd waarvan de basis bestaat uit hout of roestvrij staal (dus geen ijzer of metaal omdat deze materialen problemen geven met het magnetische veld van het MRI-toestel) met daarop een stevige plastic plaat waarop een dik kussen ligt ter ondersteuning van het paard (Ferrell *et al.*, 2002; Audigié *et al.*, 2004; Matiasek *et al.*, 2007; Thrall, 2007).

Er zijn ook nadelen verbonden aan MRI. Er bestaan meer artefacten dan bij CT, zoals het “flow artefact” dat zichtbaar wordt na het gebruik van contrastvloeistof en lijkt op een ontstekingsreactie. Een ander voorbeeld is het “susceptibility artefact” dat ontstaat wanneer materialen met een groot verschil in consistentie op beeld worden gebracht of wanneer ze magnetisch worden door de aanwezigheid van het externe magnetische veld (Gray *et al.*, 2001; Spoomakers *et al.*, 2003). De onderzoeken duren langer, dus er is meer risico op complicaties en er is een minder goede detectie van botabnormaliteiten, acute hersenbloedingen en intracraniaal gas (Chaffin *et al.*, 1997; MacKay, 2004; Franci *et al.*, 2006; Thrall, 2007; Leece *et al.*, 2008).

MRI biedt verschillende voordelen ten opzichte van CT. Vooreerst is er het gebruik van niet-ioniserende straling waardoor het stralingsgevaar vermeden wordt (Partain *et al.*, 1980; Thrall, 1986; Chaffin *et al.*, 1997). Verder geeft MRI een buitengewone anatomische detaillering van de zachte weefsels en het centrale zenuwstelsel. Deze techniek is uiterst gevoelig voor zowel fysiologische als pathologische processen ter hoogte van het hoofd en het centrale zenuwstelsel (Arencibia *et al.*, 2001; Ferrell *et al.*, 2002; Audigié *et al.*, 2004; Thrall, 2007). Bovendien is er een hogere sensitiviteit dan bij CT voor de detectie van vroege infarcten en oedeem

(MacKay, 2004). Ook kan een aantal hinderlijke artefacten vermeden worden, vooral dan het "beam hardening artefact" dat op CT een schaduw geeft ter hoogte van de hersenstam. Daarenboven geeft MRI de mogelijkheid om beelden in elk vlak (transversaal, dorsaal, sagittaal) te verkrijgen onafhankelijk van de positie van de patiënt (Partain *et al.*, 1980; Spoomakers *et al.*, 2003; MacKay, 2004; Thrall, 2007).

MRI kan ook uitgevoerd worden bij het staande paard onder sedatie. Hierbij kunnen de ledematen tot aan de carpus en tarsus gevisualiseerd worden. Deze techniek wordt vooral gebruikt voor het stellen van de diagnose van podotrochleose bij het paard (Thrall, 2007; Sherlock *et al.*, 2009).

BESLUIT

Sinds Lauterbur in 1973 het eerste artikel publiceerde over het klinische gebruik van MRI is de techniek enorm geëvolueerd en wordt ze nu routinematig gebruikt in de humane geneeskunde. Door de ontwikkeling van nieuwe technieken die de contrastresolutie nog verbeterden en door de ervaring is MRI een techniek geworden waarvan de afwezigheid ondenkbaar is geworden in de moderne neurologie (Partain *et al.*, 1980; Vazquez *et al.*, 2001). De buitengewone anatomische detaillering van de hersenstructuren maakt dat deze techniek uitermate geschikt is voor de diagnose van hersenletsels bij het paard (Arencibia *et al.*, 2001).

LITERATUUR

- Aleman M., Gray L.C., Williams D.C., Holliday T.A., Madigan J.E., LeCounter R.A., Magdesian K.G. (2006). Juvenile idiopathic epilepsy in Egyptian Arabian foals: 22 cases (1985-2005). *Journal of Veterinary Internal Medicine* 20, 1443-1449.
- Andersen M.S., Clark L., Dyson S.J., Newton J.R. (2006). Risk factors for colic in horses after general anaesthesia for MRI or nonabdominal surgery: absence of evidence of effect from perianaesthetic morphine. *Equine Veterinary Journal* 38, 368-374.
- Arencibia A., Vazquez J.M., Ramirez J.A., Ramirez G., Villar J.M., Rivero M.A., Alayon S., Gil F. (2001). Magnetic resonance imaging of the normal equine brain. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 42, 405-409.
- Audigié F., Tapprest J., George C., Didierlaurent D., Foucher N., Faurie F., Houssin M., Denoix J.M. (2004). Magnetic resonance imaging of a brain abscess in a 10-month-old filly. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 45, 210-215.
- Chaffin M.K., Walker M.A., McArthur N.H., Perris E.E., Matthews N.S. (1997). Magnetic resonance imaging of the brain of normal neonatal foals. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 38, 102-111.
- Covington A.L., Magdesian K.G., Madigan J.E., Maleski K., Gray L.C., Smith P.A., Wisner E.R. (2004). Recurrent esophageal obstruction and dysphagia due to a brainstem melanoma in a horse. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 18, 245-247.
- D'Angelo A., Bertuglia A., Capucchio M.T., Riondato F., Zanatta R., Gandini G. (2007). Central vestibular syndrome due to a squamous cell carcinoma in a horse. *The Veterinary Record* 161, 314-316.
- Davis J.L., Gilger B.C., Spaulding K., Robertson I.D., Jones S.L. (2002). Nasal adenocarcinoma with diffuse metastases involving the orbit, cerebrum, and multiple cranial nerves in a horse. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 221, 1460-1463.
- Fearny D.J., Magdesian K.G., Aleman M.A., Rhodes D.M. (2007). Traumatic brain injury in horses: 34 cases (1994-2004). *Journal of the American Veterinary Medical Association* 231, 259-266.
- Ferrell E.A., Gavin P.R., Tucker R.L., Sellon D.C., Hines M.T. (2002). Magnetic resonance for evaluation of neurological disease in 12 horses. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 43, 510-516.
- Fike J.R., Cann C.E., Turowski K., Higgins R.J., Turrell J.M., Ax L. (1986). Differentiation of neoplastic from non-neoplastic lesions in dog brain using quantitative CT. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 27, 121-128.
- Franci P., Leece E.A., Brearley J.C. (2006). Post anaesthetic myopathy/neuropathy in horses undergoing magnetic resonance imaging compared to horses undergoing surgery. *Equine Veterinary Journal* 38, 497-501.
- Gray L.C., Magdesian K.G., Sturges B.K., Madigan J.E. (2001). Suspected protozoal myeloencephalitis in a two-month-old colt. *The Veterinary Record* 149, 269-273.
- Hakyemez B., Aksoy U., Yildiz H., Ergin N. (2005). Intracranial epidermoid cysts: diffusion-weighted, FLAIR and conventional MR findings. *European Journal of Radiology* 54, 214-220.
- Kreeger J.M., Templer A., Turnquist S.E., Bailey K.L., Johnson P.J., Wilson D.A. (2002). Paranasal meningioma in a horse. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 14, 322-325.
- Leece E.A., Corletto F., Brearley J.C. (2008). A comparison of recovery times and characteristics with sevoflurane and isoflurane anaesthesia in horses undergoing magnetic resonance imaging. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 35, 383-391.
- MacKay R.J. (2004). Brain injury after head trauma: pathophysiology, diagnosis, and treatment. *The Veterinary Clinics of North America. Equine practice* 20, 199-216.
- Matiasek K., Cronau M., Schmahl W., Gerhards H. (2007). Imaging features and decision making in retrobulbar neuroendocrine tumours in horses - case report and review of literature. *Journal of Veterinary Medicine. A, Physiology, Pathology, Clinical Medicine* 54, 302-306.
- Partain C.L., James A.E., Watson J.T., Price R.R., Coulam C.M., Rollo F.D. (1980). Nuclear magnetic resonance and computed tomography. *Radiology* 136, 767-770.
- Pellegrini-Masini A., Livesey L.C. (2006). Meningitis and encephalomyelitis in horses. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice* 22, 553-589.
- Peters M., Brandt K., Wohlsein P. (2003). Intracranial epidermoid cyst in a horse. *Journal of Comparative Pathology* 129, 89-92.
- Pusterla N., Luff J.A., Myers C.J., Vernau W., Affolter V.K. (2007). Disseminated intravascular coagulation in a horse with *Streptococcus equi* subspecies *zooepidemicus* meningoencephalitis and interstitial pneumonia. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 21, 344-347.
- Sanders S.G., Tucker R.L., Bagley R.S., Gavin P.R. (2001). Magnetic resonance imaging features of equine nigropallidal encephalomalacia. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 42, 291-296.
- Schmidt M.J., Jawinski S., Wigger A., Kramer M. (2008). Imaging diagnosis - Dandy Walker malformation. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 49, 264-266.
- Sherlock C.E., Mair T.S., ter Braake F. (2009). Osseous lesions in the metacarpo(tarso)phalangeal joint diagnosed using low-field magnetic resonance imaging in standing horses. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 50, 13-20.

- Smith J.J., Provost P.J., Paradis M.R. (2004). Bacterial meningitis and brain abscesses secondary to infectious disease processes involving the head in horses: seven cases (1980-2001). *Journal of the American Veterinary Medical Association* 224, 739-742.
- Spoormakers T.J.P., Ensink J.M., Goehring L.S., Koeman J.P., Ter Braake F., van der Vlugt-Meijer R.H., van den Belt A.J.M. (2003). Brain abscesses as a metastatic manifestation of strangles: symptomatology and the use of magnetic resonance imaging as a diagnostic aid. *Equine Veterinary Journal* 35, 146-151.
- Thomson S., Chakrabarty A., Marks P. (2001). Ependymoma of the neurohypophysis. *British Journal of Neurosurgery* 15, 277-278.
- Thrall D.E. (1986). *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology. First edition.* W.B. Saunders Company, Philadelphia, p. 537-538.
- Thrall D.E. (2007). *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology. 5th Edition.* Saunders elsevier, Missouri, p. 50-77; 119-178.
- Vazquez J.M., Rivero M., Gil F., Ramirez J.A., Ramirez G., Vilar J.M., Arencibia A. (2001). Magnetic resonance imaging of two normal equine brains and their associated structures. *The Veterinary Record* 148, 229-232.
- Vink-Nooteboom M., Junker K., van den Ingh T.S.G.A.M., Dik K.J. (1998). Computed tomography of cholesterinic granulomas in the choroid plexus of horses. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 39, 512-516.
- Wong D., Winter M., Haynes J., Sponseller B., Schleining J. (2007). Dandy-Walker-Like Syndrome in a Quarter Horse Colt. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 21, 1130-1134.

Uit het verleden

ARTISTE VÉTÉRINAIRE - DEN ARTIEST

356

MÉMOIRE. — M. MAMMERICKX

ELÈVES BELGES BREVETÉS ARTISTES VÉTÉRINAIRES
PENDANT L'OCCUPATION FRANÇAISE (1795-1815) (114).

Département des Deux-Nèthes (province d'Anvers).

Dèle, Jacques (Alfort);
Métayer, ? (Alfort);
Renard, ? (Alfort);
Van den Putte, Jean-Baptiste (Alfort);
Verbert, Jean (Alfort).

Département de la Dyle (province de Brabant).

Arnould, François (Alfort);
Bouqueau, Augustin (Alfort);
Cholet, Eloy (?);
Deceuleneer, Jean-Baptiste (Alfort);
Flament, Jérôme (?);
Foelen, Charles (Alfort);
Foelen, Joseph (Alfort);
Gamond, Charles (Alfort);
Goyens, Henri (Alfort);
Mallue, Jean (Alfort);
Mathieu, Hubert (Alfort);
Michotte, Etienne (Alfort);
Pauwels, Jacques (Alfort);
Roupp, ? (?).

Département de l'Escaut (province de la Flandre orientale).

Coppieters, Bernard (Alfort);
Debeir, Jacques (Alfort);
De Deken, Dominique (Alfort);
Egehls, Henri (Alfort);
Milliau, Pierre (Alfort);
Vanassche, François (Alfort);
Volbracht, Philippe (Alfort);

Département des Forêts (province de Luxembourg et Grand-Duché de Luxembourg).

Arendt, Jean (Alfort);
Bastien, Laurent (Alfort);
Dutreux, Charles (Alfort);
Lejeune, Ferdinand (Alfort);

Een illustratie bij het stukje *Artiste vétérinaire: den artiest* dat verscheen in VDT, jg. 79 (2010) nr. 1, p. 88. De hier gedeeltelijk weergegeven lijst van 'vétérinaire artiesten' uit de Franse Tijd werd ontleend aan Mammerickx, M. (1967). *Histoire de la médecine vétérinaire Belge*, Académie de Médecine, Brussel, p. 356.