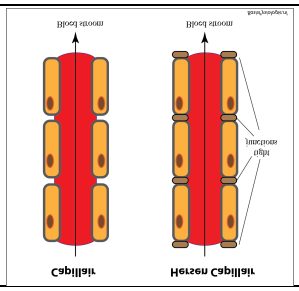
H.7. Bloed Circulatie en Glymfatische Systeem

A. Introductie:

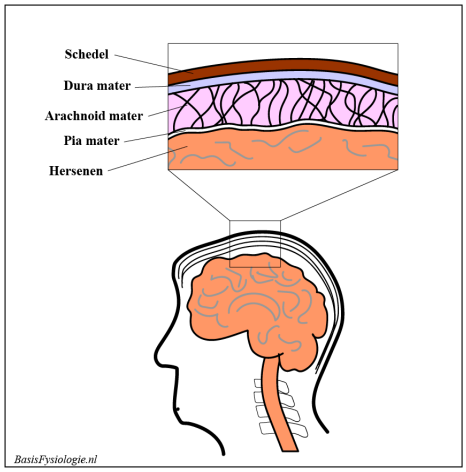
1. Er zijn veel bijzondere dingen aan het centrale zenuwstelsel (zoals u in de vorige pagina's hebt gezien), maar er is er nog één te gaan: de bloedsomloop en de lymfecirculatie.	2. De bloedsomloop is uiteraard van cruciaal belang voor ons welzijn en omdat onze hersenen zo 'kwetsbaar' zijn, hebben ze extra bescherming nodig, zelfs tegen het circulerende bloed!
3. En dan is er nog een verrassing: in het centrale zenuwstelsel bevinden zich GEEN lymfevaten!	4. Dat is vreemd! Is het lymfestelsel niet ontworpen om afvalstoffen uit de interstitiële vloeistof te verwijderen?
5. Ja, dat is waar, maar het is zo cruciaal dat er zich in het centrale zenuwstelsel een ander systeem heeft ontwikkeld: het glymfatische systeem. Dat systeem zullen we (ook) op deze pagina beschrijven.	

B. Bloedcirculatie:

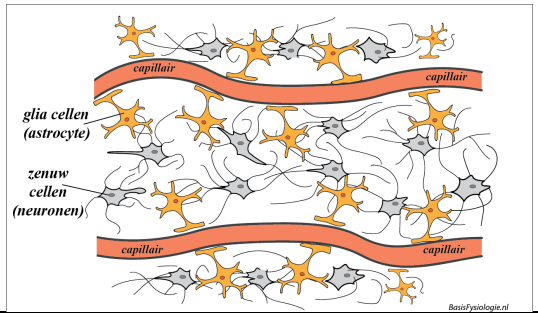
1. Net als in andere organen zijn de haarvaten in het centrale zenuwstelsel verantwoordelijk voor het transport van vocht en vele moleculen vanuit het bloed naar de interstitiële vloeistof en terug.	2. Dit geldt voor het transport van water, koolstofdioxide, zuurstof en andere in vet oplosbare stoffen zoals verdovende middelen en … Alcohol (wat LEUK!).
3. Sterker nog, er zit een enorme hoeveelheid bloedvaten, met name haarvaten, in het hersenweefsel. De lengte van alle haarvaten samen wordt geschat op meer dan 800 kilometer!	4. Het kwetsbare hersenweefsel moet echter ook beschermd worden tegen schadelijke stoffen die zich in het circulerende bloed kunnen bevinden.
5. Daarom zijn de haarvaten NIET permeabel voor plasma-eiwitten en andere grote moleculen, zoals therapeutische medicijnen. Deze niet-permeabiliteit wordt de B**loed-Hersenbarrière** genoemd!	6. Zoals u in het diagram kunt zien, wordt de grens van de haarvaten tussen het bloed en het interstitium, die gemakkelijk toegankelijk is in normaal weefsel, in de hersenen stevig afgesloten door tight junctions; vandaar de naam Bloed-Hersenbarrière!

7. Door deze barrière kunnen alleen de meest essentiële voedingsstoffen de haarvaten verlaten. Deze essentiële voedingsstoffen zijn natuurlijk de gassen (zuurstof en koolstofdioxide) en vet oplosbare moleculen.	
8. Daarnaast bestaan er ook verschillende transportsystemen, bijvoorbeeld om glucose naar de hersenen te transporteren.	9. Helaas maakt deze barrière het ook moeilijk of onmogelijk om medische behandelingen, zoals antimicrobiële medicijnen, in de hersenen toe te dienen.

C. Laatste nieuws: Het Glymfatische systeem.

1. Maar we blijven kampen met het probleem van het gebrek aan lymfevaten in de hersenen. Hoe voert de hersenen afvalstoffen en dergelijke af?	2. Laatste nieuws! Er bestaat immers wel een lymfestelsel in de hersenen, maar dat verschilt in meerdere opzichten aanzienlijk van dat in andere organen.
3. Er zijn lymfevaten die zich, samen met de slagaders, aders en zenuwen, in de arachnoïdale ruimte bevinden. Deze ruimte bevindt zich tussen de dura mater en de pia mater, net onder de schedel.	
4. Samen vormen deze lagen de hersenvliezen: a) Dura mater (buitenste laag) b) Arachnoid mater (middelste laag) c) Pia mater (binnenste laag) *Trouwens, 'mater' is Latijn voor 'moeder'!*	
5. Maar onder de hersenvliezen, in de hersenen, zitten slagaders, aders en heel veel zenuwen, maar geen lymfevaten!	6. In de interstitiële ruimte, tussen de neuronen, stroomt nog steeds vloeistof vanuit de haarvaten naar de interstitiële ruimte om zuurstof etc. aan te voeren en terug te stromen naar de haarvaten om CO2 etc. af te voeren.
7. Maar hoe zit het met de afvalstoffen die niet terugkeren naar de haarvaten en die in andere organen via de lymfevaten worden afgevoerd?	8. Hier komt een nieuw systeem om de hoek kijken, nieuw omdat het recentelijk is ontdekt, maar natuurlijk al miljoenen jaren bestaat! Dit is het **glymfatische systeem**.

D. De Glia cellen:

1. Dit diagram toont de architectuur van het hersenweefsel tussen de haarvaten. Zoals je kunt zien, zijn er haarvaten en veel zenuwcellen. Maar interessant genoeg is er ook een ander celtype prominent aanwezig: de gliacellen (ook wel astrocyten genoemd).	
2. En zoals “beloofd” zijn er geen lymfevaten.	3. Het huidige concept van het glymfatische systeem is dat er in plaats van de lymfevaten gliacellen zijn die zorgen voor de verwijdering van afvalproducten uit de interstitiële ruimte.
4. Hoe dat precies gebeurt, is nog niet helemaal duidelijk, maar op deze tekening is al een aanwijzing te zien: veel gliacellen lijken een ‘voetje’ te hebben dat zich dicht bij een capillairmembraan bevindt.	5. Onlangs werd in deze "voeten" een kanaal gevonden dat, wanneer deze kanalen geblokkeerd werden, leidde tot lokale interstitiële zwelling. Met andere woorden, de gliacellen, samen met deze kanalen, zijn verantwoordelijk voor de afvoer van overtollig vocht en afvalstoffen uit het hersenweefsel.
6. Interessant genoeg is dit glymfatische systeem pas de laatste jaren ontdekt en beschreven. Toen ik fysiologie begon te studeren (zo'n ±40 jaar geleden; 😆) wist nog niemand iets over dit systeem!	7. Het moet echter duidelijk zijn dat dit een ontwikkelende ‘verhaal’ is en dat veel laboratoria over de hele wereld nu hard aan het werk zijn om dit interessante probleem op te lossen!
8. En, oh ja, waarom heet dit nieuwe systeem "glymfatisch"? Omdat dit woord een samentrekking is van "glia" en "lymfe"!	

E. Wie ontdekte het Glymfatische Systeem?

1. In 2013 ontdekten (en beschreven) de Deense neurowetenschapper Maiken Nedergaard en haar team het glymphatisch systeem.	2. Ze gaf dit systeem de naam ‘glymfatisch’ omdat het lijkt op het lymfestelsel, maar gliacellen nodig heeft om te kunnen functioneren.
3. Maar zoals altijd in de wetenschap was zij niet de eerste (of de laatste) die dit systeem bestudeerde.	4. Eerdere wetenschappers, zoals Rudbeck (18e eeuw!), Csanda (1966) en vele anderen, hebben ook 'gewerkt' aan het probleem van de lymfecirculatie in het centrale zenuwstelsel. En zoals u zich nu kunt voorstellen, zullen we de komende jaren nog veel meer leren!