

Richtlijn voor behandeling van patiënten met trombotische microangiopathie

202~~41~~

INITIATIEF

Werkgroep [Benigne niet-oncologische H](#)ematologie van de Nederlandse Vereniging voor Hematologie
Nederlandse Federatie voor Nefrologie

IN SAMENWERKING MET

Richtlijnencommissie van Nederlandse Federatie voor Nefrologie
Landelijke werkgroep aHUS

FINANCIERING

Nederlandse Vereniging voor Hematologie
Nederlandse Federatie voor Nefrologie

Colofon

RICHTLIJN

©Nederlandse Vereniging voor Hematologie (NVvH)

Email: bestuur@hematologienederland.nl

©Richtlijnencommissie Nederlandse Federatie voor Nefrologie (NfN)

Moreelsepark 1, 3511 EP Utrecht

Tel 088-7705500

Email: secre@nefro.nl

SAMENSTELLING RICHTLIJNWERKGROEP

Namens subwerkgroep TTP van de NVvH (werkgroep niet-oncologische hematologie):

Dr. R. Fijnheer, hematoloog, voorzitter (r.fijnheer@meandermc.nl)

Prof. dr. J.J. Zwaginga, hematoloog (j.j.zwaginga@lumc.nl)

Dr. T. Netelenbos, hematoloog (t.netelenbos@hagaziekenhuis.nl)

Dr. L. Oosten, hematoloog (l.e.m.oosten@lumc.nl)

Dr. D. Evers, hematoloog (dorothea.evers@radboudumc.nl)

Namens de richtlijnencommissie van de NfN:

Dr H.W. van Hamersvelt, nefroloog (henk.vanhamersvelt@radboudumc.nl)

Namens de landelijke werkgroep aHUS¹:

Dr. N. van de Kar, kindernefroloog (nicole.vandekar@radboudumc.nl)

Prof. dr. J.F.M. Wetzels, nefroloog (jack.wetzels@radboudumc.nl)

Patiënten platform:

TTP patiënten vereniging (Stichting Zeldzame Bloedziekten): ~~Dhr L. Neijenhuis, Mw. A. van de Bunt~~
(alicevdbunt@gmail.com) (neijenhuis_8@msn.com)

Nierpatiënten-Vereniging Nederland (NVN): Mw. Marjolein Storm (storm@nvn.nl)

Alle rechten voorbehouden.

Deze richtlijn kan uitsluitend na voorafgaande toestemming van de Nederlandse Vereniging voor Hematologie en de Nederlandse Federatie voor Nefrologie worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch door fotokopieën of enige andere manier. Toestemming voor gebruik van tekst(gedeelten) kunt u schriftelijk of per e-mail aanvragen (adressen zie colofon).

¹ Bijlage 2 bevat de volledige samenstelling van de landelijke werkgroep aHUS

Samenvatting voor de praktijk

Deze multidisciplinaire richtlijn beschrijft de acute opvang en verdere behandeling van een patiënt met trombotische microangiopathie (TMA). Het snel herkennen van het ziektebeeld en de onderliggende oorzaak is van (levens)belang en het snel inzetten van behandeling is levensreddend bij TTP en kan irreversibel nierfunctieverlies bij aHUS voorkomen. Patiënten met TMA dienen derhalve te allen tijde met spoed geanalyseerd en behandeld te worden.

Verwarrend in de naamgeving is het feit dat de termen HUS en TTP beide het proces van trombotische microangiopathie beschrijven. In de richtlijn wordt derhalve de term TMA gebruikt zo lang als de exacte oorzaak nog niet bekend is.

Alle vormen van TMA hebben overlappende symptomatologie door obstructie van de microcirculatie met aggregaten van trombocyten en fibrinedraden, waardoor mechanische intravasculaire hemolyse optreedt met verbruik van bloedplaatjes en uiteindelijk orgaanschade in de organen waarin de microcirculatoire afwijkingen optreden.

De meest bekende oorzaken van TMA zijn:

- TTP door een verminderde activiteit van het enzym ADAMTS13
- STEC-HUS door gastro-intestinale infectie door shiga toxine producerende stammen *E. Coli* of *Shigella dysenteriae*
- Atypische HUS (aHUS) door dysregulatie van de alternatieve route van het complementsysteem
- Secundaire vormen van TMA bij o.a. medicatie, maligniteiten, zwangerschap en systeemziektes

Typische klinische kenmerken van TMA zijn Coombs-negatieve hemolytische anemie, trombopenie en wisselend uitval van orgaanfuncties (hersenen, nieren, hart en tractus digestivus), zodat patiënten zich bij veel verschillende specialisten kunnen presenteren.

In hoofdstuk 2.6 wordt aangegeven welk initieel laboratorium- en beeldvormend onderzoek moet worden verricht om diagnose TMA te kunnen stellen en ernst van orgaandysfunctie in kaart te brengen.

In hoofdstuk 2.7 wordt aangegeven welk aanvullend laboratorium- en beeldvormend onderzoek verricht moet worden om de oorzaak van de TMA te achterhalen met als belangrijkste adviezen:

- zo spoedig mogelijk onderzoek inzetten naar TTP (ADAMTS13) en STEC-HUS (fecesonderzoek en serologie).
- gezien grote belang van uitslag van ADAMTS13 activiteit voor verdere beleid dient de behandelaar goede afspraken met het laboratorium te maken zodat de uitslag van deze bepaling zo spoedig mogelijk, maar in ieder geval te allen tijde binnen 48 uur beschikbaar is.

In hoofdstuk 3 wordt uitgebreid ingegaan op de verschillende, deels zeldzame oorzaken van TMA.

In hoofdstuk 4.1 en figuur 5 wordt initiële behandeling bij verdenking TMA in afwachting van aanvullende resultaten beschreven met als belangrijkste adviezen:

- Bij verdenking van TMA is het belangrijk om in afwachting van specifieke testen direct met behandeling te starten tenzij er sprake is van eerder vastgestelde onderliggende ziekte, gebruik van TMA gerelateerde medicatie, sterke verdenking STEC-HUS (kinderen met bloederige diarree) en zwangerschap met evidente pre-eclampsie/HELPP.

- Aangezien plasmawisselingen (plasmaferese/plasmafiltratie) levensreddend zijn bij TTP en irreversibel nierfunctieverlies bij aHUS kunnen voorkomen, dient deze behandeling in de meeste gevallen zo spoedig mogelijk gestart te worden (na afname van bloed voor ADAMTS13 activiteit).
- Indien TTP uitgesloten is kan bij sterke verdenking op aHUS met name bij kinderen de voorkeur worden gegeven aan direct starten van behandeling met eculizumab.

Overige paragrafen van hoofdstuk 4 beschrijven de specifieke behandeling van TTP, STEC-HUS, aHUS en de secundaire vormen van TMA.

Hoofdstuk 5 beschrijft uitgebreid protocol voor behandeling van TTP en aanvullende/alternatieve behandeling bij recidieven of incomplete respons. Tevens worden adviezen gegeven voor anticonceptie en zwangerschap na doorgemaakte TTP.

Hoofdstuk 6 beschrijft uitgebreid protocol voor behandeling van aHUS en aanvullende behandeling met eculizumab bij incomplete respons of recidief, gebaseerd op consensus advies van de landelijke aHUS werkgroep met vertegenwoordigers in alle academische ziekenhuizen (zie bijlage 2). Deze landelijke aHUS werkgroep adviseert behandelaars om bij verdenking op aHUS zo vroeg mogelijk met één van hun vertegenwoordigers te overleggen over vroegtijdige inzet van eculizumab, hetgeen gezien kosten alleen in overleg met leden van landelijke aHUS werkgroep leden aanwezig in ieder academische ziekenhuis ingezet kan worden. In dit hoofdstuk worden tevens adviezen gegeven voor anticonceptie en zwangerschap na doorgemaakte aHUS.

Inhoudsopgave

Samenvatting voor de praktijk	3
1. Achtergrond	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Definitie en doelstelling	7
1.3 Afbakening en uitgangsvragen	7
1.4 Richtlijngebruikers	7
1.5 Sterkte van aanbevelingen op basis van SORT-methode	8
2. Klinisch beeld en diagnostiek van trombotische microangiopathie (TMA) in het algemeen	9
2.1 Inleiding	9
2.2 Centrale uitgangsvragen van deze richtlijn	10
2.3 Hoe herkent men een patiënt met TMA?	10
2.4 Welke gegevens uit de anamnese dient men te verkrijgen bij een nieuwe patiënt met TMA?	11
2.5 Welke gegevens bij lichamelijk onderzoek zijn relevant bij een nieuwe patiënt met TMA?	11
2.6 Welk initieel laboratorium- en beeldvormend onderzoek moet geschieden bij een patiënt die verdacht wordt van TMA?	12
2.7 Welk aanvullend laboratorium- en beeldvormend onderzoek kan verricht worden bij een patiënt met TMA?	13
3. Klinisch beeld, pathogenese en diagnostiek van specifieke oorzaken van trombotische micro-angiopathie	15
3.1 Trombotische trombocytopenische purpura (TTP)	15
3.2 Shigatoxine producerende <i>Escherichia Coli</i> hemolytisch uremisch syndroom (STEC-HUS)	15
3.3 Hemolytisch uremisch syndroom door infectie met <i>Streptococcus pneumoniae</i> (SP-HUS)	16
3.4 Atypisch hemolytisch uremisch syndroom (aHUS)	16
3.5 Trombotische microangiopathie door medicatie (drug-induced TMA = DITMA)	18
3.6 Trombotische microangiopathie door andere oorzaken	20
3.7 Zeldzame vormen van trombotische microangiopathie op kinderleeftijd	20
4. Behandeling	21
4.1 Welke initiële behandeling bij verdenking TMA is aangewezen in afwachting van aanvullende resultaten (figuur 5)?	21
4.2 Behandeling van TTP	22
4.3 Behandeling van STEC HUS	2322
4.4 Behandeling van TMA door medicatie (DITMA=Drug Induced TMA)	23
4.5 Behandeling van TMA secundair aan onderliggend lijden	23
4.6 Initiële behandeling van atypisch HUS (zie hoofdstuk 6 voor details)	2423

5. Behandelingsprotocol voor TTP.....	25
5.1 Inleiding.....	25
5.2 Definities van respons TTP op behandeling.....	25
5.3 Initiële behandeling van TTP	2625
5.4 Evaluatie en vervolgbeleid.....	2928
5.5 Recidief TTP.....	3130
5.6 Achtergrond behandeling van progressieve, recidief en refractaire TTP	31
5.7 Poliklinisch beleid en follow-up	32
5.8 Anticonceptie na TTP	33
5.9 Mogelijkheden voor zwangerschap na doorgemaakte TTP	33
5.10 Beleid bij zwangerschap na doorgemaakte TTP	3433
5.11 Behandeling congenitale vorm van TTP	3534
6. Behandelingsprotocol voor aHUS	3635
6.1. Inleiding.....	3635
6.2. Behandeling van eerste episode van aHUS.....	3736
6.3. Evaluatie activiteit aHUS 3 maanden na start eculizumab	3736
6.4. Voorzorgen volgens EMA bij behandeling met Eculizumab	3736
6.5. Eculizumab behandelingschema volgens EMA (EMA rapport 2013)	3837
6.6. Behandeling van recidief aHUS (zie ook figuur 7).....	3938
6.7. Behandeling aHUS veroorzaakt door antistoffen tegen factor H (figuur 8)	3938
6.8. Beleid bij ontvanger van niertransplantatie bij aHUS.....	4039
6.9. Donorselectie voor ontvanger van niertransplantatie	4039
6.10. Anticonceptie na aHUS.....	4140
6.11. Zwangerschap na aHUS.....	4140
7. Verantwoording	4244
7.1 Totstandkoming richtlijn werkgroep.....	4244
7.2 Verantwoording en werkwijze richtlijnwerkgroep	4244
7.3 Procedure voor commentaar en autorisatie	4344
7.4 Implementatie	4342
7.5 Juridische betekenis	4342
7.6 Procedure herziening.....	4342
7.7 Literatuur zoekverantwoording.....	4442
8. Referenties	4543
Bijlage 1 – SORT Grading	5447
Bijlage 2 – Samenstelling Landelijke werkgroep aHUS.....	5649
Bijlage 3 – Kwaliteitseisen voor een centrum voor de behandeling van TTP	5750
Bijlage 4 – Behandelcentra in NL met toegang tot caplacizumab	5851

1. Achtergrond

1.1 Aanleiding

Naar aanleiding van de introductie van caplacizumab en een nadere plaatsbepaling van rituximab in de behandeling van verworven TTP werd in oktober 2019 na goedkeuring namens de NVvH en de NFN een nieuwe versie van de richtlijn TMA gepubliceerd.

Sinds het regulier beschikbaar zijn van caplacizumab zijn er nieuwe gegevens beschikbaar die een aanpassing vragen van het indicatiegebied en de wijze waarop dit middel ingezet wordt. Idem rondom gebruik van rituximab zijn er nieuwe ontwikkelingen en daarmee nieuwe aanbevelingen. Deze aanbevelingen zijn opgenomen in hoofdstuk 5 van de huidige richtlijn waar de initiële behandeling van TTP en behandeling van het recidief wordt beschreven.

De huidige richtlijn blijft daarmee gebaseerd op internationale richtlijnen voor de behandeling en diagnose van TTP en atypische HUS (aHUS). (1-10)

1.2 Definitie en doelstelling

In de titel van de richtlijn wordt de term trombotische microangiopathie gebruikt als overkoepelende term voor een heterogene groep aandoeningen, die allemaal gekenmerkt worden door intravasculaire hemolyse, trombocytenverbruik en orgaanschade door geassocieerde microvasculaire vaatafsluiting.

Het doel van deze richtlijn is richting te geven aan differentiële diagnostiek van TMA, de therapeutische keuzes in de acute fase en de behandeling op langere termijn van TTP, aHUS, STEC-HUS en secundaire TMA.

1.3 Afbakening en uitgangsvragen

Het probleem van de in de richtlijn omschreven heterogene groep van aandoeningen is dat zij zich meestal acuut presenteren met overlappende symptomatologie zonder specifieke kenmerken voor de achterliggende oorzaak. Een tweede probleem is dat afhankelijk van de achterliggende aandoening, de diagnostiek ter bevestiging dan wel uitsluiting van de aandoening enige uren tot zelfs weken op zich kan laten wachten. Directe (=acute) behandeling is echter vaak (zoals bijvoorbeeld in geval van TTP en aHUS) noodzakelijk. Ten aanzien van de identificerende diagnostiek en behandeling is het doel van de richtlijn om zo spoedig mogelijk te komen tot een waarschijnlijkheidsdiagnose. Het acute behandelingsadvies is gericht op de aandoeningen met de hoogste morbiditeit en mortaliteit. Het onderwerp van de onderhavige richtlijn leent zich dus slechts gedeeltelijk voor een opbouw waarbij gebruikt wordt gemaakt van zogenaamde “uitgangsvraagstellingen”. Waar mogelijk zijn uitgangsvraagstellingen geformuleerd op een zo concreet mogelijke wijze. Ook zijn door de heterogene groep aandoeningen slechts algemene uitkomstmaten zoals overleving beschreven. De richtlijn beoogt niet een volledig leerboek te zijn. De richtlijn is bedoeld om aanbevelingen te geven, daar waar in de dagelijkse praktijk de belangrijkste knelpunten bestaan en tracht daarmee een betere uniformiteit van behandeling en daarmee een betere overleving van deze patiënten in Nederland te bewerkstelligen. Deze richtlijn is zoveel mogelijk gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek of consensus. Het niveau van bewijsvoering staat vermeld in de tekst.

1.4 Richtlijngebruikers

De richtlijn is geschreven voor hematologen, hematologen in opleiding, nefrologen, nefrologen-in-opleiding, internisten met interesse in trombotische microangiopathie, kinderarts-nefrologen en kinderarts-nefrologen in opleiding, kinderarts-hematologen en kinderarts-hematologen in opleiding.

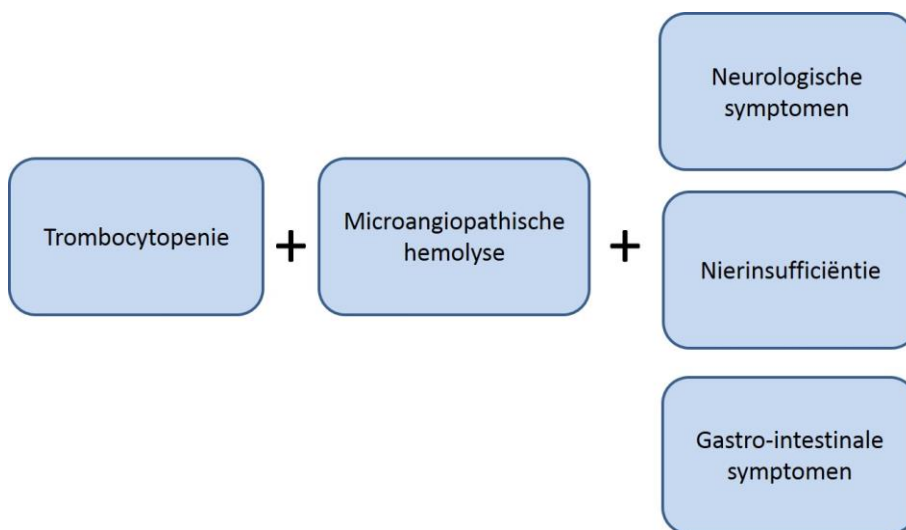
1.5 Sterkte van aanbevelingen op basis van SORT-methode

In deze richtlijn is de kwaliteit van het wetenschappelijk bewijs ten behoeve van het opstellen van 'evidence-based' aanbevelingen beoordeeld aan de hand van de SORT-methode. Deze methode is sterk patiënt georiënteerd (significante patiënt gerelateerde zorguitkomsten). Zie bijlage 1 voor een uitgebreide toelichting op de systematiek.

2. Klinisch beeld en diagnostiek van trombotische microangiopathie (TMA) in het algemeen

2.1 Inleiding

Alle vormen van trombotische microangiopathie hebben overlappende symptomatologie die optreedt door obstructie van de microcirculatie met aggregaten van trombocyten en fibrinedraden. Hierdoor treedt mechanische intravasculaire hemolyse op en worden trombocyten verbruikt, waardoor uiteindelijk orgaanschade optreedt in de organen waarin de microcirculatorische afwijkingen optreden (Figuur 1).(2)



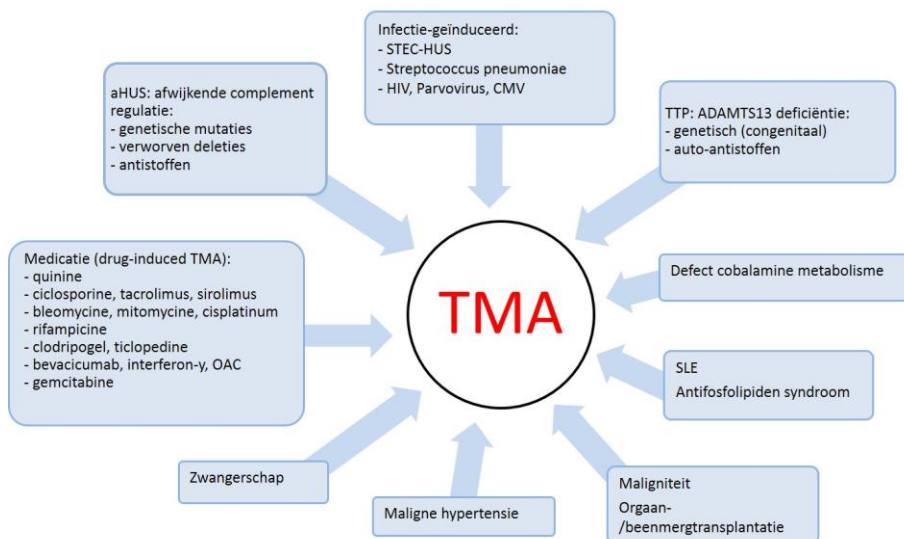
Figuur 1. Symptomatologie van trombotische micro-angiopathie

Er zijn diverse oorzaken van TMA bekend. Het klinisch beeld overlapt gedeeltelijk, maar soms is op grond van de voorgeschiedenis of bepaalde ziekteverschijnselen wel een oorzaak voor de TMA waarschijnlijk (Figuur 2). De meest bekende oorzaken zijn:

- TTP: hierbij ontstaat TMA door een verminderde activiteit van het enzym ADAMTS13.(8)
- STEC-HUS: hierbij wordt de TMA uitgelokt door een gastro-intestinale infectie veroorzaakt door shiga toxine producerende stammen *E. Coli* of *Shigella dysenteriae*.(6)
- Atypische HUS (aHUS): hierbij is sprake van dysregulatie van de alternatieve route van het complementsysteem en wordt vaak, maar niet altijd, een afwijking in het complementsysteem gevonden en/of antistoffen tegen complement factor H.(7)
- secundaire TMA:
 - medicatie = drug-induced TMA = DITMA(11)
 - overige aandoeningen zoals maligne hypertensie, zwangerschap (HELPP),(12) maligniteit (paraneoplastisch), post-stamceltransplantatie, virale infectie waaronder HIV, *Streptococcus pneumoniae* infectie, systeemziekte zoals SLE, antifosfolipidensyndroom.(13, 14)

Verwarrend in de naamgeving is het feit dat de termen HUS en TTP beide het proces van trombotische microangiopathie beschrijven. Aan deze termen kan men dan ook niet de

onderliggende oorzaak herkennen. Het is een kwestie van afspraak welke oorzaak-met-ziektebeeld met welk acronym wordt aangeduid. Wij pleiten ervoor om de term TMA te gebruiken zo lang de oorzaak van de TMA niet is vastgesteld.



Figuur 2. Oorzaken van trombotische micro-angiopathie.

2.2 Centrale uitgangsvragen van deze richtlijn:

- Hoe herkent men een patiënt met TMA op basis van klinische symptomen, anamnese en lichamelijk onderzoek (paragraaf 2.3, 2.4 en 2.5)?
- Welke aanvullende diagnostiek kan initieel (paragraaf 2.6) en later worden ingezet om het type TMA verder te differentiëren (paragraaf 2.7)?
- Welke aandoening-specifieke oorzaken zijn er en welke uitkomst kunnen we verwachten (hoofdstuk 3)?
- Welke behandeling moet initieel worden ingezet in afwachting van een diagnose (paragraaf 4.1)?
- Welke behandeling is voor de specifieke TMA's evidence based geïndiceerd (hoofdstuk 4 en meer gedetailleerd voor TTP in hoofdstuk 5 en voor aHUS in hoofdstuk 6)?

2.3 Hoe herkent men een patiënt met TMA?

Klinische symptomen zijn sterk afhankelijk van de oorzaak en de ernst van de intravasculaire hemolyse en de mate van betrokkenheid van de verschillende organen:

- Anemie gerelateerd: bleekheid, moeheid, dyspnoe, koud gevoel, hartkloppingen, hoofdpijn
- Trombopenie gerelateerd: bloedingen.
- Hemolyse gerelateerd: gele sclerae, donkere urine, koorts.
- Orgaan gerelateerd:
 - Nier: verminderde urineproductie, hypertensie en hoofdpijn, oedeem, dyspnoe, tachypnoe.

- Hersenen: verwardheid, hoofdpijn, afasie, dysarthrie, convulsies, visusstoornissen, TIA, CVA, delier, paresthesien, krachtsverlies, bewustzijnsdaling, coma.
- Huid en extremiteiten: ulcera, circulatiestoornissen, trombose.
- Hart: angina pectoris, myocardinfarct, decompensatio cordis, hypotensie.
- Tractus digestivus: buikpijn, bloeding, symptomen van pancreatitis, braken en diarree.
- Infectie of toxine gerelateerd: (bloederige-) diarree, koorts (voorafgaand aan TMA).

2.4 Welke gegevens uit de anamnese dient men te verkrijgen bij een nieuwe patiënt met TMA?

- Voorgeschiedenis: letten op trombo-embolieën, abortus, intra-uteriene vruchtdood, bloedtransfusies en onverklaarbare trombopenie.
- Aan-/afwezigheid van koorts, aanwezigheid van infecties, buikpijn.
- Ernst, type en duur van bloedingen in huid en slijmvliezen.
- Vochtinnname en urineproductie gedurende de dagen; verandering in kleur van de urine.
- (Bloederige) diarree, diarree bij familie of huisgenoten; voedings- en hygiëne-anamnese (barbecue, onvoldoende verhit vlees, fecaal verontreinigd voedsel).
- Neurologische symptomen, visusklachten.
- Risicofactoren voor HIV-infectie.
- Tropenbezoek (in verband met ziektes zoals malaria en dengue).
- Zwangerschap of zwangerschapskans, beloop van vorige zwangerschappen.
- Familieanamnese met vergelijkbare episodes/ diagnosen, nierziekten in familie, familieleden met eindstadium nierfalen, hypertensie, hart- en vaatziekten.
- Medicatiegebruik.
- Maligniteit of aanwijzingen hiervoor.
- Orgaantransplantatie of beenmergtransplantatie.
- Systeemziekte zoals SLE.

2.5 Welke gegevens bij lichamelijk onderzoek zijn relevant bij een nieuwe patiënt met TMA?

- Gewicht, lengte (nodig voor plasmawisseling).
- Bloeddruk, pols, vullingstoestand (oedemen, orthostase), aanwijzingen voor longoedeem, pleuravocht of pericardvocht.
- Oriënterend neurologisch onderzoek (o.a. bewustzijn, prikkelbaarheid, visus).

- Type en ernst van bloedingen: petechiën, ecchymosen (huid, slijmvliezen), in te delen volgens WHO Bloeding schaal:

WHO bloedingsgraad	Bloedingskenmerken
Graad 0	Geen bloeding.
Graad 1	Niet confluërende petechiën/purpura.
Graad 2	Milde, klinisch relevante bloeding zonder noodzaak tot transfusie en zonder hemodynamische instabiliteit.
Graad 3	Ernstige bloeding zonder hemodynamische instabiliteit waarvoor noodzaak bloedtransfusie en/of inwendige bloeding en/of cerebrale/retinale bloeding zonder neurologische uitval.
Graad 4	Zeer ernstig bloeding met hemodynamische instabiliteit en/of cerebrale/retinale bloeding met neurologische uitval.

- Aanwijzingen voor maligniteiten (tumoren, lymfklieren, huidafwijkingen, hepatomegalie, splenomegalie)
- Aanwijzingen voor systeemziekte (artritis, pleuritis, pericarditis, erytheem, tekenen van vasculitis van de huid)

2.6 Welk initieel laboratorium- en beeldvormend onderzoek moet geschieden bij een patiënt die verdacht wordt van TMA?

Het initiële laboratoriumonderzoek bij het ziektebeeld van TMA wordt gekenmerkt door:

- Coombs-negatieve hemolyse met fragmentocyten (=schistocyten)
- Hoog aantal reticulocyten (compensatoire beenmerg respons kan paar dagen duren)
- Verhoogd LDH en bilirubine
- Trombopenie
- Meestal nierfunctiestoornis

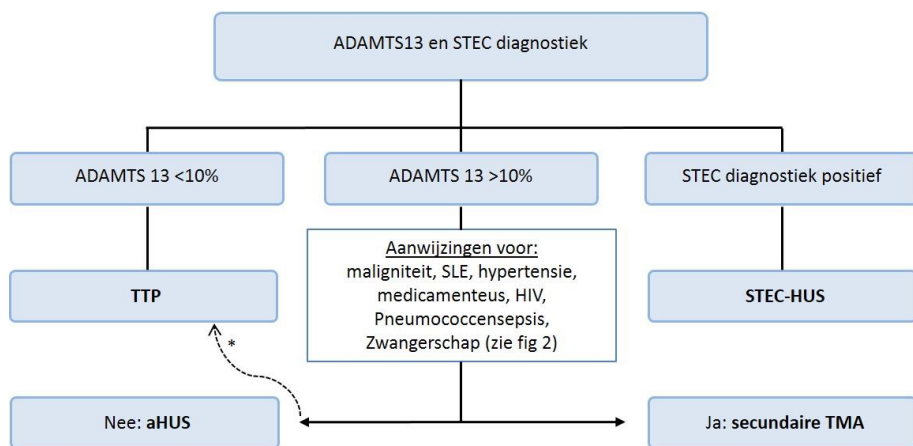
Deze afwijkingen bij het laboratoriumonderzoek variëren in ernst tussen de verschillende oorzaken en klinische beelden van TMA. Ze kunnen echter niet betrouwbaar differentiëren tussen de verschillende oorzaken. Let op: positieve Coombs test wordt gezien bij *Streptococcus pneumoniae* – HUS.

Het volgende onderzoek moet bij verdenking op TMA aanvullend direct worden ingezet:

- Bloedbeeld en uitstrijk van het bloed inclusief fragmentocyten
- Directe antiglobulinetest (directe Coombs)
- Bloedgroep en screening op irregulaire antistoffen
- Haptoglobine
- PT, aPTT en fibrinogeen (om verbruikscoagulopathie bij DIC uit te sluiten)
- Eventueel D-dimeer (om toegenomen fibrinolyse door DIC uit te sluiten)
- Bloedgas, natrium, kalium, (geïoniseerd) calcium, fosfaat
- Urine: sediment, eiwit/kreatinine ratio
- Leverfunctietesten, amylase, glucose, albumine
- Bij cardiale symptomen of afwijkend ECG: Troponine, NT-proBNP
- Bij vrouwen in fertile leeftijd: zwangerschapstest
- X-Thorax
- ECG

2.7 Welk aanvullend laboratorium- en beeldvormend onderzoek kan verricht worden bij een patiënt met TMA?

- Figuur 3 toont schematisch hoe resultaten van aanvullend onderzoek kunnen differentieren in de oorzaak van de TMA.
- Indien TTP en secundaire TMA onwaarschijnlijk worden geacht, bestaat er een verdenking op (a)HUS. In dit geval dient diagnostiek naar STEC bacterie verricht te worden; dit dient ook verricht bij patiënten van volwassen leeftijd en bij ontbreken van diarree. In principe wordt een combinatie van feces onderzoek én serologie ingezet:
 - seriële feceskweken, liefst 3 opeenvolgend (speciale kweekmedia o.a. Sorbitol MacConkey agar plaat)
 - PCR shiga toxine 1/2, evt aangevuld met PCR virulentie factoren STEC/moleculaire serotypering (meest wenselijk mbt fecale diagnostiek)
 - indien geen diarree/geen fecesproductie [bij opname](#): rectale swab voor kweek en PCR
 - serologie IgM antistoffen O-antigeen (O157 en evt andere O-serotypen)
- ADAMTS13: activiteitsbepaling en indien activiteit <10% additioneel ook anti-ADAMTS13 antistoffen bepalen (via Sanquin of lokaal laboratorium)
Indien ADAMTS13 <10% en afwezigheid van auto-antistoffen en geen alternatieve (medicamenteuze) verklaring: ADAMTS13 mutatie-analyse (congenitale TTP; via Sanquin of Radboudumc)
- C3, C4 en C3d (moet op ijs) (voor aHUS en systeemziekte zoals SLE)
- Virologisch onderzoek: serologisch onderzoek/PCR op HIV (bij risicofactoren), Hep A, B, C, parvovirus (als mogelijke oorzaken en/of verontreiniging apparatuur), CMV (in verband met eventuele reactivatie door plasmawisseling)
- Anticardiolipine antistoffen, lupus anticoagulans, anti-β2-glycoproteïne
- Bij aanwijzingen voor systeemziekte (SLE): ANA en evt ENA en anti-dsDNA
- Bij verdenking Streptococcus pneumoniae infectie: bacteriologische kweken/PCR, [urine test](#) [S. pneumoniae antigeen](#)
- Bij neurologische symptomen: afbeeldend onderzoek cerebrum (MRI of CT) voor uitsluiten bloedingen
- Bij ernstige hypertensie en/of visusstoornissen: fundoscopie door oogarts
- Met name bij jonge kinderen en bij TMA bij pulmonale hypertensie: methylmalonzuur en homocysteïne (serum/urine)



* TTP met normaal ADAMTS13 is zeldzaam

Figuur 3. Diagnostiek van TMA.

3. Klinisch beeld, pathogenese en diagnostiek van specifieke oorzaken van trombotische micro-angiopathie

3.1 Trombotische trombocytopenische purpura (TTP)

Acute TTP betreft meestal jonge vrouwelijke (vrouw:man 8:2) patiënten met diepe trombopenie ($<20-30 \times 10^9/L$ trombocyten) en symptomen, die vaak aan de hemolyse voorafgaan:

- CNS meestal aangedaan (70%)
- koorts (50%)
- meestal normale nierfunctie of slechts milde nierinsufficiëntie (creatinine $< 170 \mu\text{mol/L}$)
- 10% van de eerste aanvallen van TTP worden gezien tijdens zwangerschap
- Erfelijke vormen van TTP worden meestal op zeer jonge leeftijd gezien met soms alleen geïsoleerde trombopenie; ook zwangerschap of de postpartum periode is een bekende trigger. Positieve familie-anamnese maakt dit erfelijk bepaalde beeld van TTP makkelijker herkenbaar.(15)

Zonder behandeling loopt acute TTP in 90% van de gevallen dodelijk af. Door tijdige diagnose kan deze levensbedreigende aandoening momenteel bij 85% van de patiënten met succes worden behandeld.(16) Het betreft een zeldzame aandoening.

Acute TTP ontstaat bij vrijwel alle patiënten door een verminderde activiteit van het enzym dat von Willebrand Factor afbreekt tot kleinere eenheden, het protease ADAMTS13.(16-18)

- In geval van verworven TTP ontstaat de deficiëntie van ADAMTS13 door een verworven auto-antistof tegen ADAMTS13. In geval van congenitale TTP betreft het een synthesesstoornis van het ADAMTS13 eiwit.
- De sensitiviteit van ADAMTS13 activatie assay voor TTP is ongeveer 96%, de specificiteit is 90%-98%. (8, 17, 19)
- ADAMTS13 activiteit $<10\%$ is vrijwel bewijzend voor TTP. Bij ernstige infectieziekten (bijvoorbeeld malaria) kan ADAMTS13 ook tijdelijk zeer laag zijn. ADAMTS13 activiteit $\geq 10\%$ maakt de kans op TTP kleiner, maar sluit diagnose niet met zekerheid uit.
- Aanwezigheid van de ADAMTS13 auto-antistoffen is 100% specifiek voor verworven TTP.
- Afwezigheid van auto-antistoffen bij afwezig ADAMTS13 activiteit wijst bij een positieve familieanamnese op de zeldzame congenitale vorm (>150 patiënten wereldwijd). Hiervoor dient DNA diagnostiek voor mutatie analyse van het ADAMTS13 gen ingezet te worden (Sanquin, Radboudumc).(20)

3.2 Shigatoxine producerende *Escherichia Coli* hemolytisch uremisch syndroom (STEC-HUS)

- STEC-HUS is de meest voorkomende vorm van HUS (90%) en komt het meest voor op de kinderleeftijd:
 - In de meerderheid van de gevallen is er sprake van een prodromale fase van diarree, vaak bloederig van aard.
 - Het betreft vaak geïsoleerde gevallen van kinderen met contact met fecaal verontreinigd voedsel en/of diercontact, maar ook besmetting van mens naar mens is mogelijk.
 - STEC-HUS komt ook bij volwassenen voor. Diarree is zeker niet altijd aanwezig.
 - In $>90\%$ van de gevallen bestaan er ernstige nierfunctiestoornissen waarvoor in 50% dialyse noodzakelijk is.
 - In 20% van de gevallen zijn er neurologische verschijnselen in de acute fase (merendeel herstelt in het verdere beloop).

- Zeer zeldzaam zijn cardiale symptomen en pancreas betrokkenheid (hypoglycemieën).
- Recent zijn er ook epidemieën bij volwassenen geweest met ernstige nierinsufficiëntie.
- Op tijd stellen van de diagnose is cruciaal voor het beloop zodat adequate symptomatische behandeling waaronder nierfunctievervangende therapie (70%) tijdig gestart wordt. Mortaliteit in de acute fase bedraagt 2-5%. De morbiditeit op de lange termijn bedraagt 20-30% (hypertensie, proteïnurie, chronische nierinsufficiëntie) en 2-3% zal later eindstadium nierfalen ontwikkelen.(1)
- De meest voorkomende oorzaak is een gastro-intestinale infectie met Shigatoxine producerende E. Coli (STEC), in het merendeel met het serotype O157:H7.
- De diagnose wordt gesteld door positieve feceskweken en/of positieve fecale PCR Shigatoxinen en/of positieve serologie van antistoffen tegen O-antigeen(3) (voor richtlijn diagnostiek: www.rivm.nl). De detectiekans voor een positieve fecesweek bij STEC-HUS patiënt bedraagt 30%. Dit komt omdat een klein bacteriële load reeds voldoende is om ziek te worden en ten tijde van de diagnostiek bij opname, vaak 3-5 dagen na start diarree, de detectiekans sterk is afgenomen. PCR tegen Shigatoxinen laat de detectiekans tot 50% stijgen. In vergelijking met feceskweken is de serologie vaker positief dan de kweek/PCR. Deze antistoffen tegen O157 of andere O serotypes zijn na de infectie langer detecteerbaar dan de bacterie in de feces. Advies is om meerdere fecale kweken, dan wel rectal swabs indien geen feces beschikbaar, in te zetten (3 opeenvolgende fecesmonsters) en serologie tegen O-antigeen af te nemen (zie paragraaf 3.7).
- STEC-infectie is een meldingsplichtige infectie (GGD/RIVM).

3.3 Hemolytisch uremisch syndroom door infectie met *Streptococcus pneumoniae* (SP-HUS)

- HUS veroorzaakt door een infectie met *Streptococcus pneumoniae* (SP) wordt met name gezien op de kinderteeltijd, maar kan ook bij ouderen voorkomen en is zeldzaam.(21)
- Bij de pathofysiologie speelt neuraminidase geproduceerd door deze bacterie een belangrijke rol. De door neuraminidase geknipte sialzuren aan oppervlakte van endotheel, trombocyten en erythrocyten maken dat het cryptische Thomsen Friedreich antigeen (T-antigeen) tot expressie komt, wat reageert met reeds aanwezige antilichamen in de circulatie.
- De diagnose is niet altijd eenvoudig te stellen gezien de overeenkomsten met de kliniek van disseminerende intravasculaire stolling (DIC).
- Naast de klassieke trias van HUS wordt hier juist een positieve directe Coombs gevonden (detectie van T-antigeen-antilichaam interactie in plasma, 90% positief).(22)
- Bewijzend voor een SP-HUS is het aantonen van de bacterie in bloed en/of liquor, maar deze kweken zijn ondanks kliniek vaak negatief. [Een urinetest op S. Pneumoniae antigeen kan bijdragend zijn.](#)
- Een andere methode is het indirect aantonen van neuraminidase activiteit middels een transferrine isoelectric focussing assay, alwaar het glycosyleringspatroon van transferrine een kenmerkend patroon vertoont.(23)

3.4 Atypisch hemolytisch uremisch syndroom (aHUS)

Bij de eerste presentatie is de kliniek vaak niet altijd even duidelijk:(4, 7, 24)

- In het merendeel (80%) van de gevallen wordt een abrupt begin gezien met meestal ernstige nierinsufficiëntie (>85%), soms als geïsoleerd symptoom, waarvoor vaak dialyse nodig is (60%).
- Vaak (ernstige) hypertensie en oedeem.
- Hemolyse staat meer op de voorgrond dan trombopenie (zelden $<20 \times 10^9/L$ trombocyten). In ongeveer 50% van de patiënten is het trombocytengetal $>100 \times 10^9/L$.(7)

Bij een klein deel van de patiënten wordt een subklinisch beloop van weken tot maanden gezien:

- subklinische anemie;
- fluctuerend aantal trombocyten;
- proteïnurie en hematurie met hoogstens licht verminderde nierfunctie;
- meestal hypertensie.

Vaak wordt er een uitlokkende factor beschreven zoals bovenste luchtweginfectie of gastro-intestinale infectie, vaccinatie en zwangerschap.

Ook aHUS kent extrarenale symptomen in de acute fase:

- meest frequent: neurologische symptomen (30-40%).
- weinig frequent: cardiale ischemie (myocardinfarct, cardiomyopathie).

aHUS kent familiale (15-20%) alsmede sporadische vormen en kan recidiveren. Eerste manifestaties kunnen op alle leeftijden optreden, ook bij genetische oorzaken (bijvoorbeeld in zwangerschap).

De diagnose aHUS wordt gesteld indien er geen andere oorzaken voor HUS aanwezig zijn, dat wil zeggen geen STEC infectie, ADAMTS13 activiteit $\geq 10\%$ en geen andere onderliggende oorzaken van secundaire TMA zoals zwangerschap, medicijngebruik of hypertensieve crises.(2, 7)

Verlaagd complement C3 kan een aanwijzing zijn voor aHUS, maar wordt lang niet bij alle patiënten beschreven. Een normaal serum C3 sluit de diagnose aHUS derhalve niet uit. Het meten van de complement eiwitten C3/C4 wordt wel ingezet, maar heeft geen discriminerende functie in de differentiaal diagnose. Een verlaagd C3 kan wel een aanwijzing zijn voor aHUS. Een verhoogd complement activatie product C3d kan wijzen op een verhoogde activatie van de alternatieve route van het complement systeem.

Het pathofysiologisch mechanisme is ondertussen steeds duidelijker: aHUS ontstaat ten gevolge van een ongecontroleerde activatie van de alternatieve route van het complement systeem (zie figuur 4).

- Bij 40 tot 60% van de patiënten kan inmiddels een afwijking in één of meer van de genen betrokken bij complementregulatie (factor H, factor H related 1-5, factor I, MCP, C3, factor B en trombomoduline) aangetoond worden.(25)
- Tussen de 6-10% van de patiënten heeft een verworven vorm met auto-antistoffen tegen factor H. Deze auto-antistoffen zijn geassocieerd met een homozygote deletie van complement factor H gerelateerd proteïne 1 en 3 en deze antistoffen worden meestal aangetroffen bij kinderen en jong-volwassenen.
- Naast mutaties in de complement genen worden ook twee met aHUS geassocieerde haplotypen van factor H en MCP beschreven die predisponeren tot het krijgen van aHUS. De aanwezigheid van deze beide haplotypen verhoogt bij patiënten met een aangetoonde mutatie in één van de complementgenen de penetrantie op het krijgen van aHUS van 50% naar 70-80%.(26)

Dit alles maakt dat men tegenwoordig spreekt over een genetisch complement profiel, zogenaamd complementtype met een verhoogde vatbaarheid voor aHUS.

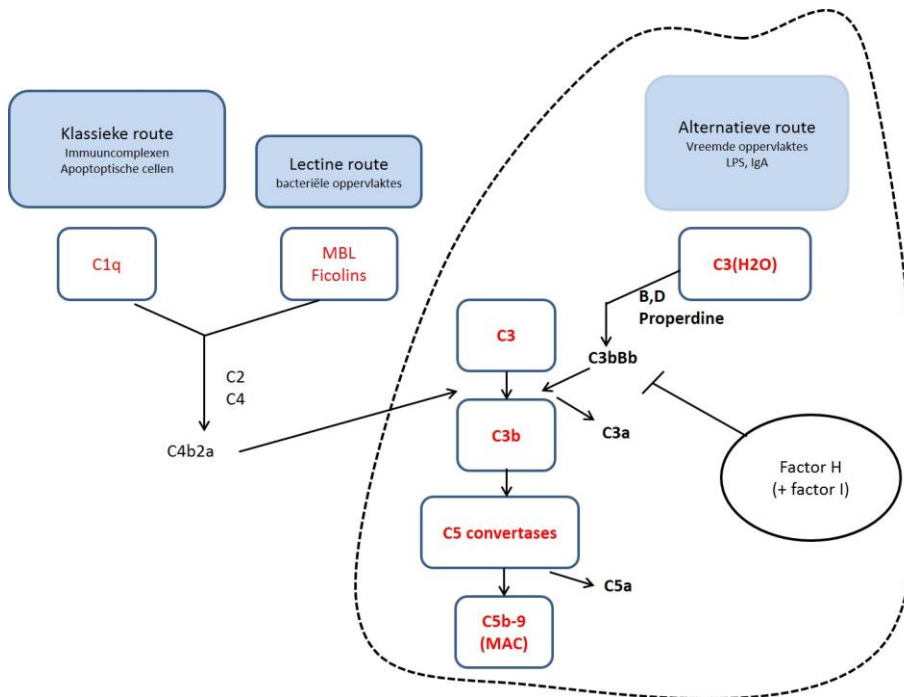
Genetische analyse van complementgenen alsmede aantonen van de aanwezigheid van antistoffen tegen factor H wordt gedaan in het Radboudumc te Nijmegen:

<https://order.radboudumc.nl/producten/aandoeningen/complement-gemedieerde-ziekten/atypisch-hemolytisch-uremisch-syndroom-ahus>

en door Sanquin te Amsterdam:

<https://www.sanquin.org/binaries/content/assets/diagnostic-tests/formulieren/genoom-diagnostiek-m.b.v.-targeted-ngs-273.pdf>

Alle patiënten met aHUS dienen hierop getest te worden, mede omdat de genetische achtergrond belangrijk is voor het inschatten van de prognose en het risico op recidief na niertransplantatie. Genetische analyse is ook nodig met het oog op donorselectie.



Figuur 4. Het pathofysiologisch mechanisme bij aHUS: dysregulatie van de alternatieve route van het complement systeem door o.a. 'loss of function' mutaties in factor H en I of juist 'gain of function' mutaties in factor B en C3. Dit leidt uiteindelijk tot een persisterende activatie van de alternatieve route.

3.5 Trombotische microangiopathie door medicatie (drug-induced TMA = DITMA)

Meerdere medicamenten kunnen TMA veroorzaken, waarbij de diagnose moeilijk kan zijn door ontbreken van specifieke testen om aan te tonen dat het desbetreffende geneesmiddel verantwoordelijk is voor de TMA.⁽¹¹⁾ Om de diagnose aannemelijk te maken dienen andere vormen van TMA uitgesloten te worden (diagnose per exclusionem).

Bij verdenking op DITMA dient het verdachte geneesmiddel uiteraard gestaakt te worden, maar door overlap van het klinische beeld met andere vormen van TMA kan het erg moeilijk zijn om het optimale beleid te bepalen.

Indien relatie tussen geneesmiddel en TMA onduidelijk is, kan een poging gedaan worden om geneesmiddel-afhankelijke antilichamen aan te tonen (zeker bij 'levensreddende' geneesmiddelen).

In de USA zijn er mogelijkheden om dit te testen in Blood Center of Wisconsin:

<https://www.versiti.org/medical-professionals/products-services/diagnostic-labs>

Bij onvoldoende respons op staken van medicatie moet alternatieve diagnose van aHUS opnieuw overwogen worden.

Er kan onderscheid gemaakt worden tussen:

- idiosyncratische, antilichaam gemedieerde vormen die onafhankelijk zijn van dosis van medicijn en meestal acuut ontstaan binnen 21 dagen na start van het geneesmiddel of binnen 24 uur na herhaalde blootstelling aan het desbetreffende geneesmiddel.
- toxische vormen die dosisafhankelijk zijn en vooral optreden bij hoge cumulatieve dosis of eenmalige blootstelling aan zeer hoge dosis zoals bij chemotherapie.

Bij onderstaande middelen moet in ieder geval DITMA overwogen worden, maar deze lijst is zeker niet compleet. Voor een uitgebreider overzicht en complete lijst met medicatie wordt verwezen naar:

- recente systematische review(11)
- website met overzicht van alle gepubliceerde rapporten van DITMA
<http://www.ouhsc.edu/platelets/DITMA.htm>

heeft opmaak toegepast: Nederlands (standaard)

heeft opmaak toegepast: Nederlands (standaard)

Antilichaam gemedieerde DITMA:

- Quinine (kan ook in drankjes zoals tonic verwerkt zijn en bij rechallengen met kleine hoeveelheden DITMA veroorzaken)
- Antibiotica zoals trimethoprim-sulfamethoxazol en penicilline
- Gemcitabine (naast toxisch gemedieerde DITMA)
- Antipsychoticum quetiapine
- Immunomodulatorische middelen zoals anti-T cel monoclonaal OKT3 en anti-TNF monoclonaal adalimumab
- Clopidrogel en ticlopidine (zie aparte paragraaf hieronder)

Toxisch gemedieerde DITMA

- Calcineurineremmers zoals tacrolimus en ciclosporine (risico hoger bij combinatie met chemotherapie en/of totale lichaamsbestraling bij stamceltransplantatie)(27)
- mTOR remmers zoals sirolimus en everolimus (al dan niet in combinatie met calcineurineremmers)
- Chemotherapeutica zoals gemcitabine, mitomycine, vincristine en pentostatine
- Angiogenese remmers (anti-VEGF) zoals monoclonaal bevacizumab en de tyrosine kinase remmer sunitinib
- Interferon-alfa en interferon-beta
- Cocaïne en (onterecht) intraveneus toegediend oxymorfine

Clopidrogel en ticlopidine geassocieerde DITMA/TTP

- ADP/P2Y₁₂ receptor blokkers zoals clopidogrel, prasugrel, ticagrelor en het vroeger veel gebruikte ticlopidine kunnen een TMA beeld uitlokken, waarbij relatief vaak (ernstige) ADAMTS13 deficiëntie met ernstige trombocytopenie ($<20 \times 10^9/L$) kan worden aangetroffen, met name bij blootstelling langer dan 14 dagen en vaker bij ticlopidine (80%) dan bij clopidrogel (22%).(28)
- In de literatuur is er veel discussie in hoeverre associatie tussen de wereldwijd zeer veel gebruikte ADP/P2Y₁₂ receptor blokkers en TTP op coincidentie of causale relatie berust.
- Aangezien er sprake kan zijn van ernstige antistof gemedieerde ADAMTS13 deficiëntie en plasmawisseling in dergelijke gevallen levensreddend kan zijn, dient bij TMA bij deze middelen met spoed ADAMTS13 activiteit bepaald te worden. Bij deze vorm is er casuïstiek over het positieve effect van plasmawisseling bij ADAMTS13 $<10\%$ (SORT level C).(29)
- Bij aanwezigheid van TMA dienen deze middelen gestaakt te worden.

3.6 Trombotische microangiopathie door andere oorzaken

TMA die voorkomt bij maligne hypertensie, antifosfolipiden syndroom, scleroderma, sepsis, CMV, HIV, parvovirus, maligniteit, stamceltransplantatie en zwangerschap (HELLP, pre-eclampsie) onderscheidt zich door de anamnese, gegevens bij lichamelijk onderzoek, aanvullend onderzoek en onderliggende ziekte.(12, 27)

3.7 Zeldzame vormen van trombotische microangiopathie op kinderleeftijd

DGKE (diacylglycerol kinase epsilon) mutatie

- Recentelijk is een TMA-beeld bij kinderen jonger dan 1 jaar gerapporteerd dat berust op een DGKE (diacylglycerol kinase epsilon) mutatie.
- Opvallend hierbij is, naast de kenmerken van TMA, het frequent voorkomen van een nefrotisch syndroom.
- Bij dit beeld is in de meeste gevallen geen betrokkenheid van het complement systeem.(30)

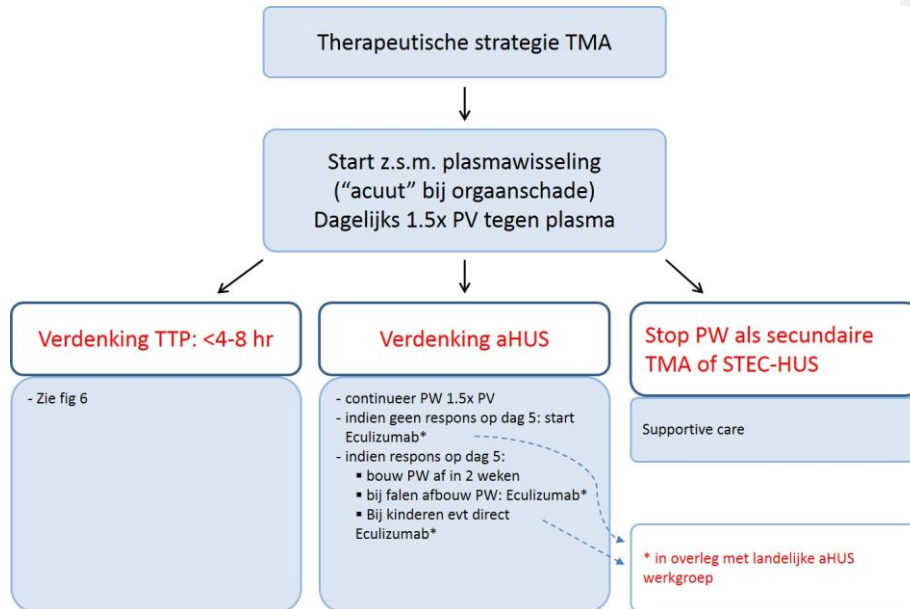
Cobalamine C deficiëntie

- Ook een TMA-beeld op basis van cobalamine C deficiëntie, de meest voorkomende vorm van vitamine B12 deficiëntie, wordt met name gezien bij jonge kinderen. Hierbij wordt een verhoogd serum homocysteïne alsmede een verhoogd methylmalonzuur gevonden.
- Opvallend in deze groep is de beschrijving van ernstige pulmonale hypertensie bij een subcategorie.
- Ook hier is een tijdige diagnose voor behandeling noodzakelijk.(31)
- De diagnose dient bevestigd te worden door DNA analyse van het cobalamine C coderende MMACHC gen.(32)

4. Behandeling

4.1 Welke initiële behandeling bij verdenking TMA is aangewezen in afwachting van aanvullende resultaten (figuur 5)?

- Bij verdenking van TMA is het belangrijk om in afwachting van specifieke testen direct met behandeling in de vorm van plasmawisselingen te starten tenzij er sprake is van:
 - Eerder vastgestelde onderliggende ziekte. Dit geldt echter niet voor HIV en mogelijk catastrofaal antifosfolipiden syndroom, waar behandeling met plasmawisseling wel geïndiceerd zijn.
 - Gebruik van TMA gerelateerde medicatie (drug-induced TMA, zie 4.4)
 - Sterke verdenking STEC-HUS (kinderen met bloederige diarree)
 - Zwangerschap met evidente pre-eclampsie/HELLP
 - Hypertensieve crise (maligne hypertensie)
- Aangezien plasmawisselingen (plasmaferese/plasmafiltratie) levensreddend zijn bij TTP en irreversibel nierfunctieverlies bij aHUS kunnen voorkomen, dient deze behandeling in de meeste gevallen zo spoedig mogelijk gestart te worden (na afname van bloed voor ADAMTS13 activiteit). Het moment van start wordt mede gedicteerd door de ernst van de trombocytopenie en de ernst van het (neurologische) klinisch beeld.
- Dit geldt ook voor TMA in de zwangerschap, met name bij ernstige trombopenie, neurologische symptomen of acute nierinsufficiëntie met TMA zonder andere tekenen van HELPP, omdat HELLP en pre-eclampsie qua symptomatologie met TTP of aHUS kunnen overlappen.⁽¹²⁾
- In de praktijk wordt TTP in de meeste centra behandeld door de hematoloog en alle andere vormen van TMA die gepaard gaan met nierfunctiestoornissen (aHUS, STEC-HUS) door de nefroloog, waarbij goede samenwerking noodzakelijk is gezien overlap tussen klinische beelden.
- De plasmawisselingen kunnen plaatsvinden met centrifugetechniek (plasmaferese met citraat, meestal onder verantwoordelijkheid van de hematoloog) of met filtratietechniek (plasmafiltratie met heparine of citraat, meestal onder verantwoordelijkheid van de (kinder)nefroloog). De gepubliceerde klinische studies met eindpunt mortaliteit zijn vaak onduidelijk of plasmaferese of plasmafiltratie is toegepast. Plasmaferese (met citraat) heeft het voordeel dat er geen heparine nodig is. Indien (acute) behandeling alleen met plasmafiltratie uitgevoerd kan worden, zal dit bij ernstige trombopenie uitgevoerd moeten worden zonder heparine of met citraat antistolling.
- Bij plasmawisselingen kunnen zo nodig prednison i.v. en anti-histaminica gegeven worden ter profylaxe van (allergische) reacties op plasma.
- Bij sterke verdenking op aHUS kan met name bij kinderen de voorkeur worden gegeven aan direct starten van behandeling met eculizumab. Zie paragraaf 4.6 en hoofdstuk 6.



Figuur 5. Initiële behandeling bij TMA.
PV = plasmavolume. PW = plasmawisseling.

4.2 Behandeling van TTP

- De initiële behandeling van verworven TTP berust op 3 peilers:
 - Substitutie van ADAMTS13 en verwijdering van inhiberende antistoffen middels plasmawisselingen;
 - Immuunmodulatie middels prednison;
 - Inhibitie van trombotische micro-angiopathie middels caplacizumab.
- Details van deze behandeling en achtergrond worden besproken in hoofdstuk 5.

4.3 Behandeling van STEC HUS

- Bij STEC-HUS is er geen plaats voor plasmawisseling (plasmaferese/plasmafiltratie; SORT level B).(33)
- Behandeling dient te bestaan uit adequate supportive care, goede vocht- en mineralen huishouding, bloeddrukregulatie, nierfunctievervangende therapie en zonodig bloedtransfusies.
- De STEC infectie dient in principe niet met antibiotica behandeld te worden aangezien er aanwijzingen zijn dat vroege behandeling van een STEC infectie met sulfa bevattende en beta-lactam antibiotica de kans op ontwikkeling van HUS juist verhogen door inductie van een precursor faag met het shigatoxine gen en vervolgens toename van release van shigatoxine uit dode bacteriën.(34, 35) Ook gebruik van fluoroquinolones is controversieel omdat deze middelen in vitro shigatoxine fagen kunnen induceren en in vivo in dierstudies zowel lagere als hogere kans op ontwikkeling van HUS hebben laten zien. Enkele kleine klinische studies met fluoroquinolones hebben echter géén of lagere kans op ontwikkeling van HUS laten zien. Subinhibitoire concentraties van gentamycine, meropenem en azitromycine lieten in vitro geen toename van shigatoxine productie zien en azitromycine liet daarbij door remming van RNA-afhankelijke eiwitsynthese de laagste shigatoxine productie zien. Gezien deze gunstige resultaten loopt er momenteel in Frankrijk een RCT met azitromycine behandeling van diarree geassocieerde HUS. 34a Gezien al deze gegevens zou het wellicht verstandig zijn om bij keuze van antibiotica voor andere infecties dan de STEC hiermee rekening te houden.
- Gezien het risico op exacerbatie dient men zeer terughoudend te zijn met trombocytentransfusie. De plaats van antibiotica bij STEC is onzeker, maar uit recent onderzoek is gebleken dat antibiotica (mits afgestemd op de E. Coli resistentie c.q. gevoeligheid) niet schadelijk en mogelijk effectief zijn.(36)
- Bij STEC-HUS is er geen bewijs voor het gebruik van eculizumab (SORT level B).(6)

4.4 Behandeling van TMA door medicatie (DITMA=Drug Induced TMA)

- Bij verdenking op DITMA dient het verdachte geneesmiddel uiteraard gestaakt te worden en is er in principe geen plaats voor behandeling met plasmawisseling (SORT level B),(33) maar door overlap van het klinische beeld met andere vormen van TMA kan het erg moeilijk zijn om het optimale beleid te bepalen door onzekerheid over de diagnose.
- Vooral bij antistof gemedieerde vormen van DITMA (zie 3.5) zal het in afwachting van verdere onderzoeken vaak noodzakelijk zijn om patiënt (tijdelijk) met plasmawisselingen te behandelen. Antistoffen zullen geleidelijk verdwijnen als het verantwoordelijke medicijn niet meer gegeven wordt.
- Bij een TMA beeld tijdens gebruik van ADP/P2Y₁₂ receptor blokkers zoals clopidogrel dient ADAMTS13 activiteit zo spoedig mogelijk bepaald te worden en bij verlaagde activiteit dient patiënt behandeld te worden zoals bij TTP gebruikelijk is (SORT level C).(29)

4.5 Behandeling van TMA secundair aan onderliggend lijden

Bij TMA geassocieerd met een onderliggende ziekte of zwangerschap moet over het algemeen de onderliggende oorzaak/aandoening worden behandeld (SORT level B).(2, 8) Plasmawisseling heeft hierbij geen plaats behoudens bij HIV met beeld van TTP en mogelijk bij het catastrofaal antifosfolipiden syndroom:

- Bij TMA tijdens zwangerschap kan het moeilijk zijn om te differentiëren tussen HELPP, TTP en aHUS en dient bij twijfel aan de diagnose HELPP gestart te worden met plasmawisseling in afwachting van aanvullende diagnostiek (zie ook 4.1; SORT level B).(12)

- Bij het catastrofaal antifosfolipiden syndroom vormt adequate antistolling de hoeksteen van de behandeling en kan plasmawisseling als aanvullende behandeling overwogen worden (SORT level C).(13)
- Bij HIV-geassocieerde TMA met aanwijzingen voor TTP (verlaagde ADAMTS13 activiteit) dient de plasmawisseling gestart te worden in combinatie met anti-HIV therapie (SORT level C).(37) Bij HIV-geassocieerde TMA en normale ADAMTS13 activiteit is er geen plaats voor plasmawisseling (zie NFN richtlijn HIV en nierziekten van september 2015).
- Bij TMA na allogene stamceltransplantatie dient ciclosporine als graft versus host preventie zo mogelijk gestaakt of in dosis gereduceerd te worden (SORT level C).(11, 27)
- Bij TMA na niertransplantatie dient de calcineurineremmer gestaakt te worden(38) en is voorzichtigheid geboden bij het gebruik van sirolimus als alternatief, aangezien hierbij ook TMA beschreven is.

4.6 Initiële behandeling van atypisch HUS (zie hoofdstuk 6 voor details)

- Gezien de complexiteit van de behandeling is een landelijke werkgroep aHUS opgericht met in ieder UMC een vertegenwoordigende nefroloog en kindernefroloog (zie bijlage 1). Het verdient aanbeveling om bij iedere patiënt met vermoedelijke aHUS in een zo vroeg mogelijk stadium met één van de leden van deze werkgroep te overleggen.
- Bij verdenking op aHUS dient diagnostiek ter uitsluiting van andere oorzaken van HUS/TMA zo spoedig mogelijk te worden ingezet (in ieder geval ADAMTS13 en diagnostiek naar STEC-HUS).
- Omdat de uitslagen niet meteen beschikbaar zullen zijn, wordt zo spoedig mogelijk gestart met bij voorkeur dagelijkse plasmaferese/plasmafiltratie (zie 4.1 en figuur 5; SORT level B).(7)
- Bij kinderen kan overwogen worden om in overleg met de landelijke werkgroep aHUS (zie bijlage 1) direct te starten met eculizumab.
- Indien er na 4 sessies plasmawisseling geen verbetering optreedt (duidelijke stijging van aantal trombocyten en daling van LDH) bij normale ADAMTS13 activiteit ($\geq 10\%$) en afwezigheid van STEC/EHEC-infectie, dient overlegd te worden met een lid van de landelijke werkgroep aHUS van één van de UMC's (zie bijlage 1) voor overplaatsing van patiënt voor behandeling met eculizumab (een remmer van het terminale complement complex) conform de richtlijn aHUS (zie figuur 7 en hoofdstuk 6).(39)
- Bij behandeling met eculizumab is vaccinatie tegen *Neisseria meningococcae* bacterie een vereiste (zie hoofdstuk 6.4).
- In de eerste 2 weken van behandeling met eculizumab is antibiotische profylaxe tegen meningococcon infectie noodzakelijk.
- Tijdens eculizumab behandeling dient te allen tijde onverwijld medische evaluatie plaats te vinden bij koorts, hoofdpijn of andere klachten die kunnen passen bij meningitis.
- Bij bekende patiënten met aHUS en afwijkingen in het complement systeem moet bij een aanval afhankelijk van eerdere beloop zo nodig direct eculizumab worden ingezet.
- Naast plasmawisselingen en eculizumab moet ook gezorgd worden voor agressieve bloeddrukbehandeling (tot $< 130/80$ mm Hg) en dient eventueel luxerende medicatie direct gestaakt te worden.

5. Behandelingsprotocol voor TTP

5.1 Inleiding

Gezien acute noodsituatie met vaak snel verergerende orgaanschade dient plasmawisseling zo spoedig mogelijk gestart te worden en dient niet gewacht te worden op de uitslag van ADAMTS13 activiteit als bevestiging van de diagnose. Kwaliteitseis voor het als centrum behandelen van TTP is dat te allen tijde (dag, nacht weekend) plasmawisseling kan starten uiterlijk 4-6 uur na (verdenking op) de diagnose TTP (kwaliteitseis I). Daarnaast dient een TTP behandelcentrum te allen tijde opvang en snelle start van behandeling te kunnen regelen voor een TTP patiënt uit de verwijzende ziekenhuizen (kwaliteitseis II). Tevens moet gewaarborgd zijn dat de ADAMTS13 uitslag binnen 48 uur bekend is (kwaliteitseis III).

Indien plasmawisseling niet per direct mogelijk is, dienen 2-3 eenheden plasma toegediend te worden en dient de patiënt zo snel mogelijk overgeplaatst te worden naar een TTP behandelcentrum met plasmaferese mogelijkheid. Indien vervoer niet mogelijk is: overleg met TTP behandelcentrum over alternatieven.

Een systematische review uit 2007 heeft laten zien dat plasmawisseling ten opzichte van plasmainfusie effectiever is.(16)

5.2 Definities van respons TTP op behandeling

Respons	Voorwaarden
Hematologische complete respons (vanaf dag 7), <u>hCR</u>	- Trombocyten $>150 \times 10^9/L$ - LDH $\leq 1.5 \times \text{ULN}$ binnen normaalwaarden >2 aaneengesloten dagen
Immunologische complete respons, <u>iCR</u>	- Hematologische complete respons - ADAMTS13 activiteit $\geq 10\%$
<u>Hematologische remissie</u>	- <u>hCR aanhoudend >30 dagen na laatste plasmaferese en caplacizumab gift</u>
<u>Immunologische remissie</u>	- <u>iCR aanhoudend >30 dagen na laatste plasmaferese en caplacizumab gift</u>
<u>Hematologisch recidief</u>	- <u>T $<150 \times 10^9/L$ na aanvankelijke hCR</u>
<u>Immunologisch recidief</u>	- <u>ADAMTS13 activiteit $<10\%$ na aanvankelijke iCR</u>
Partiële respons (vanaf dag 7)	- $>50\%$ stijging van trombocyten én absoluut aantal $\geq 60 \times 10^9/L$ zonder normalisatie - $>50\%$ daling van LDH vergeleken met uitgangswaarde zonder normalisatie - geen klinische verslechtering
Geen respons	- Trombocyten $<60 \times 10^9/L$ en/of - Trombocyten stijging $<50\%$ en LDH daling $<50\%$
Progressieve ziekte	- Klinische achteruitgang met ontbreken herstel trombocyten en/of stijging LDH tijdens plasmaferese

Complete remissie	- Trombocyten $>150 \times 10^9/L$ en LDH binnen normaalwaarden, gedurende ≥ 4 weken aanhoudend na behandeling
Recidief	- Recidief ziekte na ≥ 4 weken complete remissie

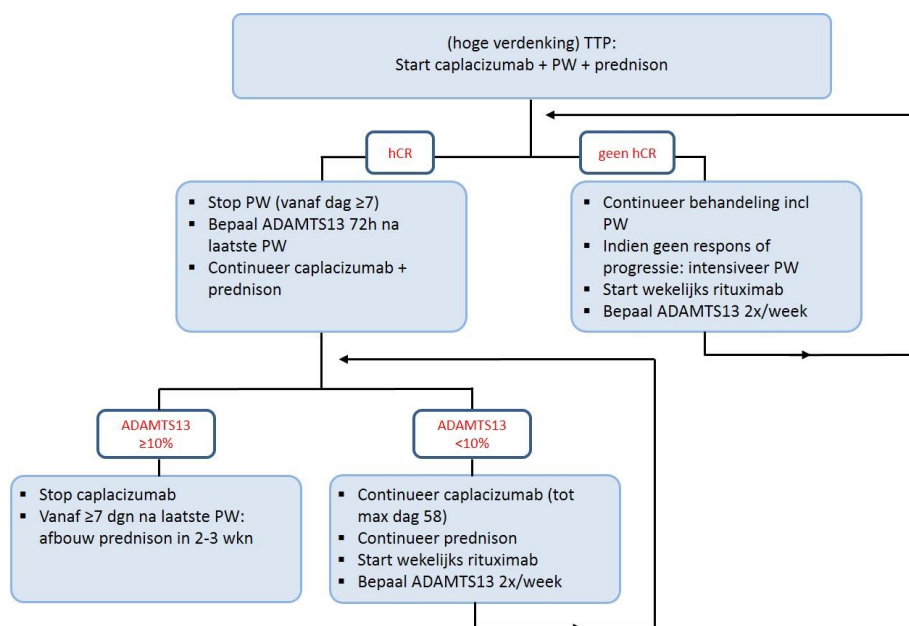
Definities gebaseerd op Cuker et al, Blood 2021, (40) met als aanpassing de afwezigheid in onderscheid tussen een exacerbatie ('vroeg recidief', namelijk <4 weken na laatste plasmaferese en anti-VWF therapie) en recidief (>4 weken na laatste plasmaferese en anti-VWF therapie).

5.3 Initiële behandeling van TTP

De initiële behandeling van verworven TTP bestaat uit:

1. Substitutie van ADAMTS13 en verwijdering van inhiberende antistoffen middels plasmawisselingen;
2. Immunosuppressie middels prednison;
3. Inhibitie van trombotische micro-angiopathie middels caplacizumab.

Figuur 6 illustreert schematisch het behandelingschema van verworven TTP.



Figuur 6. Behandelingschema verworven TTP.

PW = plasmawisseling. hCR = hematologische complete remissie.

Plasmawisseling

- In geval van neurologische symptomen, orgaanischemie en bedreigde zwangerschap is plasmawisseling levensreddend en dient dit *onmiddellijk* gestart te worden (SORT level A). Ook bij twijfel over de diagnose dient patiënt zo snel mogelijk behandeld te worden als TTP met plasmawisseling.

In een systematische review is aangetoond dat plasmawisseling superieur is ten opzichte van plasma-infusie (relatieve risico 0.31, 95% betrouwbaarheidsinterval 0.12–0.79) (SORT level A).¹⁶

Indien plasmawisseling echter niet (direct) beschikbaar is: infundeer 2-3 EH plasma en plaats patiënt zo snel mogelijk over naar een centrum met plasmaferese mogelijkheid en beschikbaarheid caplacizumab (zie bijlage 4).

- Plasmavolume:
 - Start met dagelijks 1.5 maal het plasmavolume.
 - Verlaag na 3 dagen het plasmavolume naar 1.0 maal (SORT level A).(41)
 - Berekening te wisselen plasmavolume, zie voor details formules en monogram bijlage 5:
 - Volwassenen ≥ 14 jaar: Nadler formule(42)
 - Kinderen ≤ 14 jaar: Linderkamp monogram(43)
- Duur plasmawisseling:
 - Uitgangspunt is 7 wisselingen in 9 dagen, met op de eerste 3 dagen dagelijks plasmawisseling.
 - Stop met plasmawisseling als er minimaal 2 dagen achtereenvolgende sprake is van een hematologische complete respons. NB bij een goede respons kunnen de plasmawisselingen al vanaf dag 5 gestaakt worden.
 - Indien na 7 wisselingen geen hematologische complete remissie is bereikt, dient een tweede cyclus van 5 plasmawisselingen in 7 dagen gestart te worden totdat een hematologische complete remissie bereikt is (zie evaluatie week 1) (SORT level A).(41)
- Techniek: Plasmawisseling kan gebeuren in de vorm van plasmaferese (centrifugetechniek) of plasmafiltratie (dialysetechniek) aangezien beide technieken even effectief lijken te zijn in het verwijderen van hoog multimeer von Willebrand factor, zoals aangetoond in een kleine Nederlandse studie.(44) Bij de gepubliceerde klinische studies met eindpunt mortaliteit is vaak onduidelijk of plasmaferese of plasmafiltratie is toegepast. Plasmaferese heeft als voordeel dat er geen heparine nodig is. Indien (acute) behandeling alleen met plasmafiltratie uitgevoerd kan worden, zal dit gezien de meestal ernstige trombopenie uitgevoerd moeten worden zonder heparine (citraat antistolling als vervanger). Bovendien zal dagelijkse plasmawisseling bij voorkeur pas gestopt worden wanneer een alternatieve diagnose (zeer) waarschijnlijk is.
- Infusietoegang: Bij voorkeur wordt de centraal veneuze catheter geplaatst vooraf aan de 1e gift caplacizumab of vindt plasmaferese plaats middels perifere veneuze toegang. Het eerste kan echter in de praktijk leiden tot vertraging in toediening van een 1e dosis caplacizumab. Derhalve kan het zijn dat, zeker bij een fulminante trombo-ischemische presentatie van TTP, het (theoretisch) bloedingsrisico van CVC plaatsing na reeds een gift caplacizumab geaccepteerd moet worden.

Caplacizumab

Caplacizumab is een gehumaniseerd nanobody dat bindt aan het A1-domein van het von Willebrand factor (VWF) eiwit. Door deze binding wordt de interactie van VWF met het glycoproteïne Ib-IX-V op de trombocyt voorkomen waardoor het micro-angiopathische proces een halt wordt toegeroepen. Op deze manier dient het middel ter overbrugging tot intreden van immunologisch effect van prednison en eventueel andere immunosuppressieve middelen (SORT level B). Belangrijkste bijwerking inherent aan dit mechanisme is het optreden van bloedingen. Het middel is derhalve (relatief) gecontra-indiceerd bij een TTP gepaard gaande met levensbedreigende bloedingen (WHO graad 3-4). Behandeling met caplacizumab tot maximaal 58 dagen na laatste plasmaferese is veilig en effectief gebleken in de eerste lijnsbehandeling van TTP.(45-50) De voor plasmaferese benodigde hoeveelheid plasma neemt met meer dan 30% af, responsen treden sneller op met reductie van exacerbaties en de ziekenhuis- en opnameduur wordt verkort. Wel is de kans op een recidief TTP in de periode na staken van het middel groter indien geen immunologische complete respons (=ADAMTS13 activiteit $\geq 10\%$) is bereikt. De werkgroep is van mening dat caplacizumab als initiële behandeling aan de standaardbehandeling van plasmawisseling en corticosteroïden bij alle patiënten dient te worden toegevoegd.

- Indicatie: sterke verdenking op of reeds bewezen TTP (ADAMTS13 activiteit <10%). Bij gerede twijfel over de diagnose TTP én afwezigheid van orgaanischemie wordt behandeling met prednison en plasmaferese opgestart in afwachting van de ADAMTS13 activiteit. Indien ADAMTS13 activiteit <10% blijkt alsnog caplacizumab aan de behandeling toevoegen.
Behoudens enkele case reports zijn er geen Vanwege onvoldoende gegevens over veiligheid van wordt—caplacizumab gebruik ontraden tijdens de zwangerschap en tijdens het geven van borstvoeding (51, 52).
- Dosis:
 - Dag 1:
 - 10 mg IV eenmalig toedienen 0-6 uur voorafgaand aan plasmawisseling
 - 10 mg SC eenmalig toedienen direct aansluitend aan plasmawisseling
 - Vanaf dag 2 na laatste plasmawisseling:
 - 10 mg SC dagelijks toedienen direct aansluitend aan plasmawisseling
- Duur: deze is afhankelijk van het moment van bereiken van een immunologische remissie (=ADAMTS13 activiteit ≥10%). Zodra bereikt, wordt caplacizumab gestaakt.(53) De behandelduur wordt uiterlijk 58 dagen gecontinueerd, ook indien nog geen immunologische remissie is bereikt. Indien echter op dag 58 ook nog geen hematologische respons is bereikt, overweeg continueren en intensiveer waar mogelijk immunosuppressieve behandeling. Overleg in deze situatie *altijd* met de TTP werkgroep over vervolg van behandeling (bij voorkeur middels privacy-veilige TTP siilo app). Alle TTP behandelcentra zijn via een afgevaardigde vertegenwoordigd in de landelijke TTP werkgroep en hebben toegang tot deze app (kwaliteitseis VI; zie voor centra bijlage 4).
- Toetsing gebruik: Behandeling met caplacizumab dient altijd overlegd te worden met en getoetst te worden door de TTP werkgroep (middels privacy-veilige TTP siilo app). Indien overleg vóór af aan start niet mogelijk is (nacht, weekend, zeer spoedeisende situatie) dient dit uiterlijk de eerstvolgende werkdag plaats te vinden (kwaliteitseis V).

Caplacizumab bij kinderen <18 jaar

- Er zijn nauwelijks beperkt data over de behandeling met caplacizumab bij kinderen met verworven TTP; de inclusieleeftijd in de gepubliceerde fase 2 en fase 3 trials was vanaf 18 jaar.(45, 47) Het gebruik van caplacizumab bij kinderen met TTP is beschreven in meerdere case reports bij in totaal 6 kinderen (leeftijd 3, 10, 12, 13, 15, 17 jaar).(49, 54-57) De behandeling met caplacizumab bij verworven TTP bij kinderen vanaf 12 jaar met een lichaamsgewicht boven de 40 kg is gebaseerd op een farmacokinetisch-farmacodynamisch populatiemodel en goedgekeurd door de EMA. Behandeling met caplacizumab dient altijd getoetst te worden door de TTP werkgroep (middels privacy-veilige TTP siilo app).
- Er is Gezien de zeer beperkte data omtrent gebruik van caplacizumab in de behandeling van verworven TTP bij kinderen <12 jaar en met een lichaamsgewicht <40 kg. Volgens een vervolgstudie op bovengenoemd simulatiemodel induceert een dosis van 5 mg bij kinderen >2 jaar en <40 kg een caplacizumab exposure en suppressie van vWF:Ag levels vergelijkbaar met levels in volwassenen.(58). is H Het is wenselijk om contact op te nemen met de TTP werkgroep hoe caplacizumab voor deze leeftijdsgroep kan worden ingezet bij de behandeling.

Prednison

- Startdosis is prednison 1 mg/kg, dosis continueren tot 7 dagen na laatste plasmaferese en bouw af in 3-4 weken (overweeg op geleide ADAMTS13 bepaling en bijwerkingen) maximaal 3 weken. Hierna in 2-3 weken afbouwen tot 0 mg.
- Indien gestart is met methylprednisolon 1 gram 1dd gedurende 3 dagen, hierna vervolgen met oraal prednison 1 mg/kg met duur en afbouwschema zoals hierboven.
- In geval van gerede twijfel aan de diagnose TTP en belangrijke contra-indicaties (infecties) kan start van corticosteroiden worden uitgesteld totdat de diagnose TTP zeer waarschijnlijk is (bevestiging van ADAMTS13 activiteit <10%).(9, 16)

Overige maatregelen:

- Met de introductie van caplacizumab is er geen indicatie voor aspirine of andere trombocyten aggregatierekkers bij cardiale ischemie/CVA.
- Foliumzuur 1dd 5 mg tot het bereiken van een complete remissie.
- Protonpompremmer tijdens de volledige behandeling met prednison, inclusief afbouwen.
- Erytrocytentransfusie bij symptomatische anemie (Zie CBO Bloedtransfusie richtlijn 2020).
- Trombocytenconcentraat alleen bij levensbedreigende bloedingen (WHO graad 3-4) en niet preventief bij ingrepen of bloedingen WHO graad 1-2. Gezien de pathofysiologie van TTP is terughoudendheid met trombocytentransfusie gewenst. De negatieve invloed van trombocytentransfusie bij TTP is echter onzeker (SORT level C).(41)
- Er is geen plaats voor plasma-infusie als onderhoud/tapering (SORT level B).(8)
- Indien ADAMTS13 antistoffen niet aantoonbaar blijken bij ADAMTS13 activiteit <10% en er geen alternatieve verklaring bestaat voor het klinisch TMA beeld (zoals drug-induced TTP) moet gedacht worden aan de zeldzame vorm congenitale TTP. Bij een congenitale TTP is immunosuppressieve behandeling niet zinvol en de waarde van caplacizumab tot heden niet uitgezocht. De behandeling is gestoeld op substitutie van plasma middels plasmawisseling in plaats van plasmawisseling. Belangrijk is om de diagnose te bevestigen middels mutatie-analyse. Zie verder paragraaf 5.12.

5.4 Evaluatie en vervolgbeleid

Vanaf dag 7 wordt zowel de hematologische als immunologische respons beoordeeld.

Indien hematologische complete respons wordt plasmawisseling gestaakt. 72 uur na de laatste plasmawisseling wordt ADAMTS13 activiteit bepaald (NB dit interval dient ter voorkoming van een foutief-normaal resultaat voor ADAMTS13 activiteit als gevolg van ADAMTS13 substitutie terwijl nog wel actieve TMA). Indien sprake is van een immunologische complete respons (ADAMTS13 activiteit $\geq 10\%$) wordt caplacizumab gestaakt. Prednison wordt vanaf 7 dagen na de laatste plasmawisseling in 2-3 weken afgebouwd tot 0 mg. Indien geen sprake is van een immunologische complete respons wordt caplacizumab en prednison gecontinueerd en wordt tevens gestart met 2^e lijns immunosuppressieve behandeling middels rituximab (375 mg/m², 1x/week gedurende 4 weken) (SORT level B). ADAMTS13 activiteit wordt 2x/week bepaald tot een immunologische complete respons bereikt is waarbij gehandeld wordt zoals hierboven beschreven.

Indien op dag 7 géén hematologische complete respons is bereikt worden caplacizumab en prednison 1 mg/kg gecontinueerd en wordt tevens gestart met 2^e lijns immunosuppressieve behandeling middels rituximab (375 mg/m², 1x/week gedurende 4 weken) (SORT level B).(59, 60) Vanuit farmacokinetisch oogpunt kan overwogen worden om de 4 giften rituximab in een frequentie van 2x per week toe te dienen, zolang er ook plasmaferese plaats vindt. Alhoewel het dosisinterval geen effect heeft op de snelheid van bereiken en diepte van B-cel depletie en de klinische meerwaarde vooralsnog onduidelijk is, wordt met dit schema sneller adequate dalspiegels van rituximab bereikt.(61) In geval van geen respons of progressieve ziekte kan overwogen worden om de plasmawisselingen te intensiveren (2dd à 1.0 plasmavolume).

Bovenstaande is schematisch weergegeven in figuur 6 en per type respons samengevat in onderstaande tabel.

Evaluatie vanaf dag 7, respons	Beleid
Hematologische complete respons (minimaal 2 dagen achtereen)	<ul style="list-style-type: none">- Stop plasmawisseling. NB de plasmawisselingen kunnen bij goede respons al vanaf dag 5 gestaakt worden.- Bepaal ADAMTS13 activiteit 72 uur na laatste plasmawisseling- Indien immunologische complete respons:

	<ul style="list-style-type: none"> * stop caplacizumab * afbouw prednison in 2-3 weken vanaf ≥ 7 dagen na laatste plasmawisseling * herhaal ADAMTS13 activiteit uiterlijk 6 weken na laatste gift caplacizumab <p>- Indien geen immunologische complete respons:</p> <ul style="list-style-type: none"> * continueer caplacizumab * continueer prednison 1 mg/kg (tot maximaal 3 weken) * start wekelijks rituximab, 4 weken 375 mg/m² * herhaal ADAMTS13 activiteit 2x/week tot $\geq 10\%$. Handel dan als onder immunologische complete respons.
Partiële hematologische respons	<p>- Tweede cyclus plasmawisseling: 5 keer in 7 dagen à 1.0x plasmavolume</p> <p>- Prednison 1 mg/kg continueren</p> <p>- Start wekelijks rituximab, 4 weken 375 mg/m². Overweeg toediening 2x/week.</p> <p>- Herhaal ADAMTS13 activiteit 2x/week</p> <p>- Zodra bereiken hematologische complete respons: volg dit beleid</p>
Geen hematologische complete respons of progressieve ziekte	<p>- Tweede cyclus plasmawisseling: <u>5 keer in 7 dagen à 1.0x plasmavolume. In geval van geen respons of progressie:</u> overweeg intensiveren (2 dd 1.0x plasmavolume)</p> <p>- Prednison 1 mg/kg continueren</p> <p>- Start wekelijks rituximab, 4 weken 375 mg/m². Overweeg toediening 2x/week.</p> <p>- Herhaal ADAMTS13 activiteit 2x/week</p> <p>- Zodra bereiken hematologische complete respons: volg dit beleid</p>

Evaluatie en vervolgbeleid nadien:

- Wanneer na 3 weken prednison 1 mg/kg nog geen complete **hematologische** respons is bereikt, wordt op basis van steroïd-refractairiteit prednison in 2-3 weken afgebouwd tot 0 mg (SORT level C).
- Indien op dag 30 nog geen immunologische remissie is bereikt na minimaal 3 giften rituximab, dient 3^e lijnsbehandeling met immunosuppressiva sterk overwogen te worden. Overweeg hiervoor:
 - Cyclofosfamide pulse (600mg/m² IV) gift 1+2 à 1 week, gift 3-6 maandelijks (SORT level C)(62)
 - Ciclosporine A 4-6 mg/kg/dag po in 2 dosis (SORT level C)(63-65)
 - Vincristine IV 2 mg op dag 1 en 1 mg op dag 4 en 7 (SORT level C)(66-69)
 - Alternatief: splenectomie (SORT level C)(62, 70)

Overleg in deze situatie laagdrempelig met de TTP werkgroep over timing en keuze van behandeling (middels privacy-veilige TTP siilo app).

heeft opmaak toegepast: Nederlands (standaard)

heeft opmaak toegepast: Nederlands (standaard)

5.5 Recidief TTP

- **Milde klinische presentatie zonder neurologische/cardiale symptomen met trombocyten $>80 \times 10^9/L$**
 - Prednison 1 mg/kg gedurende 2 weken en maximaal 3 weken. Daarna in 2-3 weken afbouwen.
 - Dagelijks infusie van 2-3 EH plasma.
 - Overweeg (herhaling van) rituximab (375 mg/m², 1x/week gedurende 4 weken, SORT level C). Indien er nog een diepe B-cel lymfopenie bestaat, lijkt de rationale voor herhaling van rituximab beperkt, alhoewel gerichte data hierover ontbreekt.
 - Bij uitblijven verbetering binnen 72 uur: plasmawisseling.
 - Bepaal ADAMTS13 activiteit 2x/week. Bij geen herstel $\geq 10\%$: start additionele immunosuppressieve therapie. Keuze afhankelijk van eerdere behandelingen en respons, voor opties zie onder initiële behandeling.
- **Bij trombocyten $<80 \times 10^9/L$**
 - Herstart primaire behandeling
 - Indien recidief ≥ 1 maand na laatste dosis caplacizumab: herstart primaire behandeling middels prednison, plasmawisseling en caplacizumab (zie paragraaf 5.3).
 - Indien recidief ≤ 1 maand na laatste dosis caplacizumab: herstart prednison en plasmaferese, intensiveer immunosuppressieve therapie, vervolg ADAMTS13 activiteit 2x/week, en overleg laagdrempelig met de TTP werkgroep (middels privacy-veilige TTP siilo app). Keuze immunosuppressieve therapie afhankelijk van eerdere behandelingen en respons (voor opties zie paragraaf 5.3). Overweeg (herhaling van) rituximab (375 mg/m², 1x/week gedurende 4 weken, SORT level C). Indien er nog een diepe B-cel lymfopenie bestaat, lijkt de rationale voor herhaling van rituximab beperkt, alhoewel gerichte data hierover ontbreken.
- **Bij ≥ 2 recidieven**
 - Overweeg splenectomie (SORT level C) of (additionele) immunosuppressieve behandeling bij patiënt in remissie. Keuze afhankelijk van eerdere behandelingen en respons, voor opties zie onder initiële behandeling.

5.6 Achtergrond behandeling van progressieve, recidief en refractaire TTP

Persisterende aanwezigheid van ADAMTS13 antistoffen in remissie en/of persisteren/recidiveren ADAMTS13 activiteit $<10\%$ is een risicofactor voor een klinisch recidief TTP (RR 6.0 voor recidief binnen 1 jaar). (8, 18, 20)

Voor progressieve ziekte/recidief ziekte zijn er een aantal behandelmogelijkheden:

- a. Continueren, intensiveren, herstarten plasmawisseling
- b. Rituximab
- c. Splenectomie
- d. Alternatieve immunosuppressieve behandeling: cyclofosfamide, ciclosporine of vincristine.
Alle studies met deze middelen laten een effect op de hematologisch respons zien. Er zijn geen data beschikbaar over de immunologisch respons (=ADAMTS13 activiteit).
- e. Indien bedreigde vitale functies: naast immuunmodulerende behandeling toevoegen caplacizumab

Plasmawisseling

Continueren/ herstarten van plasmawisseling is van deze mogelijkheden het belangrijkste. Indien de TTP progressief is onder plasmawisseling dan is verdere intensivering van wisselingen (2dd/ophogen volume) aangewezen (SORT level B).(8)

Rituximab

Er zijn aanwijzingen dat toevoegen van rituximab aan plasmawisseling synergistisch kan werken en recidieven voorkomt (SORT level B).(59, 60) Rituximab dient aansluitend aan plasmawisseling toegediend te worden, gezien deze antistof anders door de plasmawisseling direct weer verwijderd wordt. Er zijn aanwijzingen dat onder plasmawisseling behandeling adequate rituximab spiegels trager bereikt worden.(61)

Splenectomie

Voor splenectomie zijn 2 studies verschenen met gunstige uitkomst bij progressieve/refractaire TTP ondanks plasmawisseling en om recidieven te voorkomen.(62, 70)

In de studie van Kappers-Klunne uit 2005 met 9 patiënten met refractaire ziekte werd in 5 patiënten een snel klinisch herstel gezien. Één patiënt overleed aan progressieve ziekte.(70)

De Franse studie uit 2012 met 13 patiënten met progressieve ziekte laat een gunstige respons in 12 patiënten zien en 1 overleden patiënt een dag na splenectomie.(62)

Gezien de snelle respons is er bij acuut bedreigde, refractaire ziekte een plaats voor splenectomie.

Cyclofosfamide of ciclosporine

Cyclofosfamide pulse therapie is als *salvage* therapie beschreven met gunstig resultaat in 5 patiënten (SORT level C).(62)

Ciclosporine toegevoegd aan plasmawisseling met een behandelduur van 6 maanden leek in 2 klinische prospectieve studies bijdragend aan respons. Vooralsnog wordt dit alleen ingezet bij ontbreken van respons / progressieve ziekte (SORT level B).(63-65)

Vincristine

Vincristine IV 2 mg dag 1 en 1 mg dag 4+7. Een positieve en snelle respons is gezien in meerdere case series.(66-69) Vincristine toedienen ná de plasmaferese.

Caplacizumab

Zie paragraaf 5.3.

5.7 Poliklinisch beleid en follow-up

Gezien ADAMTS13 activiteit prognostisch is voor het risico op recidief wordt deze herhaald uiterlijk 6 weken na de laatste dosis caplacizumab en nadien na 3, 6 en 9 maanden gedurende het eerste jaar na het event. Bij uitblijven van een (immunologisch) recidief volstaat daarna jaarlijkse bepaling [zolang poliklinische controle gehandhaafd blijft](#).

Patiënten met een verlaagde ADAMTS13 activiteit (<10%) na bereiken van een hematologische complete respons hebben een 74% risico op recidief binnen 7 jaar. Pre-emptieve behandeling met rituximab is zeer efficiënt in het voorkomen van een recidief (risicoreductie 74%, number needed to treat 1.6) (SORT level B). Er zijn geen ernstige bijwerkingen waargenomen.

- Bij een persisterend verlaagde ADAMTS13 activiteit (<10%) én geen rituximab in de initiële behandeling is het advies om rituximab te starten (375 mg/m², 4 giften, wekelijks).(71) Deze behandeling kan zo nodig herhaald worden indien na initiële respons de ADAMTS13 activiteit opnieuw daalt tot <10%.(72) [Overweeg ook pre-emptieve behandeling met rituximab of evt steroïden in geval van een ADAMTS13 activiteit <20% in dalende trend \(SORT level C\)](#). Indien rituximab in de initiële behandeling gegeven is, zal een inschatting gemaakt moeten worden over

Met opmerkingen [FR(1): Of prednison in zwangerschap

de zinvolheid van herhaling (o.b.v. termijn na initiële toediening, herstel perifere B-cellen). Alhoewel gegevens ontbreken, is de werkgroep van mening dat in geval herhaling van rituximab niet zinvol lijkt, alternatieve immunosuppressieve behandeling overwogen moet worden (SORT level C). Overweeg hiervoor:

- Splenectomie (SORT level C)
- Alternatief:
 - Cyclofosfamide pulse (600mg/m²) gift 1+2 a 1 week, gift 3-6 maandelijks (SORT level C)(62)
 - Ciclosporine A 4-6 mg/kg/dag in 2 dosis (SORT level C)(63-65)
 - Vincristine IV 2 mg dag 1 en 1 mg dag 4 en 7 (SORT level C)(54, 67-69)

De TTP patiëntenvereniging geeft aan dat veel patiënten een lange nacontrole willen hebben (~~halfjaarlijks~~, kwaliteitseis IV) en ook gebaat zijn bij aandacht voor conditioneel fysieke herstel, bijvoorbeeld via een fysiotherapeutisch programma. Patiënten met een doorgemaakte TTP hebben significant ~~vaker klachten meer tekenen~~ van chronische vermoeidheid, depressie, verminderd concentratie vermogen, ervaren verlaagde vitaliteit en hebben een verhoogd mortaliteit. Mede gezien de noodzaak tot levenslange controles kan TTP inmiddels beschouwd worden als chronische aandoening. Ook komen hypertensie en andere auto-immuunziekten frequenter voor.(71, 73)

5.8 Anticonceptie na TTP

- Bij vrouwen moet na een TTP aanval gezorgd worden voor adequate anticonceptie om ongeplande zwangerschap en bijbehorend risico op recidief TTP te voorkomen.
- Vrouwen moeten na een TTP aanval bij voorkeur geen orale anticonceptie gebruiken, waarbij oestrogenen waarschijnlijk het grootste risico vormen (SORT level C).(8)
- Er zijn geen goede gegevens beschikbaar over de veiligheid van anticonceptie met uitsluitend progestagenen, maar deze vormen van anticonceptie zijn effectief en vermoedelijk veilig (SORT level C). Er kan hierbij gekozen worden voor:
 - IUD met progestageen (zoals Mirena spiraal)
 - 3-maandelijkse subcutane progesteron injecties ("prikpil")
 - implantaten met progestageen (zoals Implanon)
 - orale progestagenen (zoals orgametril, norethisteron)

5.9 Mogelijkheden voor zwangerschap na doorgemaakte TTP

- Gezien de relatieve zeldzaamheid van de aandoening en de grote kans op complicaties verdient het de voorkeur dergelijke zwangerschappen te laten begeleiden in gespecialiseerde centra, waarbij patiënten al verwezen dienen te worden in de preconceptionele fase voor een preconceptioneel onderzoek en advies.
- Patiënten moeten op de hoogte gebracht worden van de te verwachten complicaties bij moeder en kind ~~zoals~~ recidief TTP, pre-eclampsie en foetale dood. M.n. een recidief in het 2^e trimester geeft een sterk verhoogd risico op foetale dood t.g.v. een op dat moment nog onvoldoende ontwikkelde placentaire capaciteit. In een USA registratie van 16 zwangerschappen in 10 vrouwen verliepen 10 zwangerschappen (63%) zonder complicaties en leidden 13 (81%) zwangerschappen tot de geboorte van een gezond kind. Recidief TTP trad in 2 zwangerschappen (12.5%) laat in de zwangerschap op en 5 (31%) zwangerschappen werden gecompliceerd door pre-eclampsie. (12, 74, 75)
- Sterk verlaagde ADAMTS13 activiteit (<10%) geeft een grotere kans op een recidief TTP gedurende de zwangerschap met secundaire maternale en foetale complicaties bij

heeft opmaak toegepast: Engels (Verenigde Staten)

zwangerschap. (76) De beperkte case series suggereren dat een normaal ADAMTS13 gehalte sterk voorspellend is voor een veilige ongecompliceerde zwangerschap. In geval van een ADAMTS13 activiteit <10% ~~in deze situatie kan dient pre-emptief~~ rituximab overwogen te worden, ~~waarbij~~ vanwege ~~placentaire het passage eren van de placenta is~~ het advies ~~is~~ om conceptie uit te stellen tot minimaal zes maanden na de laatste gift (zie ook 5.8). (12, 77) Indien ADAMTS13 activiteit <10% of sterk dalende activiteit (naar <20%) tijdens de zwangerschap optreedt zonder tekenen van klinisch recidief kan als rituximab-sparende behandeling start van prednison met eventueel ook plasma-infusie overwogen worden (SORT level C).

5.10 Beleid bij zwangerschap en partus na doorgemaakte TTP

Monitoring tijdens zwangerschap:

In onderstaande tabel staan de adviezen met betrekking tot frequentie en bepalingen weergegeven.

Termijn	Handelingen
Vanaf 8 weken	<u>1x/8 weken</u> Maandelijks RR controle, bloedbeeld, LDH, bilirubine, ASAT, ALAT, ADAMTS13.
Vanaf 28 weken	Maandelijks <u>Wekelijks</u> RR controle, bloedbeeld, LDH, bilirubine, ASAT, ALAT. Maandelijks ADAMTS13.
<u>Week 1-4</u> 1e week postpartum	<u>1x/week</u> Dagelijks RR controle, bloedbeeld, LDH, bilirubine, ASAT, ALAT. <u>In week 4</u> ADAMTS13.
<u>2e en 3e week</u> postpartum	<u>2x per week</u> RR controle, bloedbeeld, LDH, bilirubine, ASAT, ALAT.
<u>Bij dalend ADAMTS13</u>	<u>Intensieveer controle frequentie (interval afhankelijk van AD, mate van daling)</u>
Bij stijging LDH, daling trombocyten	Dagelijks controle. ADAMTS13.
Bij (beginnende) TTP*	Start plasmawisseling + corticosteroiden (1 mg/kg) volgens protocol TTP behandeling.

* Trombocyten <100 x 10⁹/L, Hb daling >0.5 mmol/L, LDH stijging >20%, fragmentocyten in de differentiatie.

Beleid rond de partus en neonatale controle:

Er ontbreekt casuïstiek omtrent eventuele risico's voor het pasgeboren kind. Echter, gezien IgG antistoffen de placenta kunnen passeren, is bij nog circulerende antistoffen in voldoende titers op theoretische gronden een risico op TTP activiteit bij het pasgeboren kind niet uit te sluiten. Op basis hiervan komt de werkgroep tot onderstaande adviezen:

- Indien immunologische remissie moeder (ADAMTS13 activiteit >10%): geen noodzaak laboratorium monitoring bij het pasgeboren kind.
- Indien geen immunologische remissie moeder (ADAMTS13 activiteit <10%) of hematologisch recidief TTP: theoretisch risico voor het kind. Adviezen:
 - o (zo mogelijk) schedelelektroden en microbloedonderzoek bij het kind vermijden; indien kunstverlossing voorkeur voor forceps boven vacuumextractie
 - o postpartum eenmalige laboratorium controle bij kind. Indien trombopenie: ook eenmalig ADAMTS13 activiteit.

5.11 Behandeling congenitale vorm van TTP

Lage tot afwezige ADAMTS13 activiteit zonder aanwezigheid van auto-antistoffen tegen ADAMTS13 wijst op de congenitale vorm van TTP, veroorzaakt door een homozygote of compound heterozygote ADAMTS13 genmutaties.(20) Behandeling is gericht op suppletie van functioneel ADAMTS13.

- In de acute episode: plasmainfusie 10-15 ml/kg. Bij volume intolerantie of neonatale hyperbilirubinemie kan ADAMTS13 suppletie middels plasmawisseling bereikt worden.
- In remissie: iedere 2-3 weken plasma-infusie (10-15 ml/kg plasma) om ontbrekende ADAMTS13 aan te vullen.(78)
- Het doel is streven naar normalisatie van trombocyten (SORT level C).
- Tijdens een zwangerschap wordt geadviseerd om vanaf 20 weken de plasmainfusies te intensiveren naar wekelijks. Tevens dient gestart te worden met ascal en ook met laag-moleculair gewichtsheparine in geval van obstetrische complicaties. De bevalling dient bij een termijn van 36-37 weken opgewekt te worden. Plasmainfusies dienen wekelijks tot 6 weken postpartum gecontinueerd te worden.(12, 79)

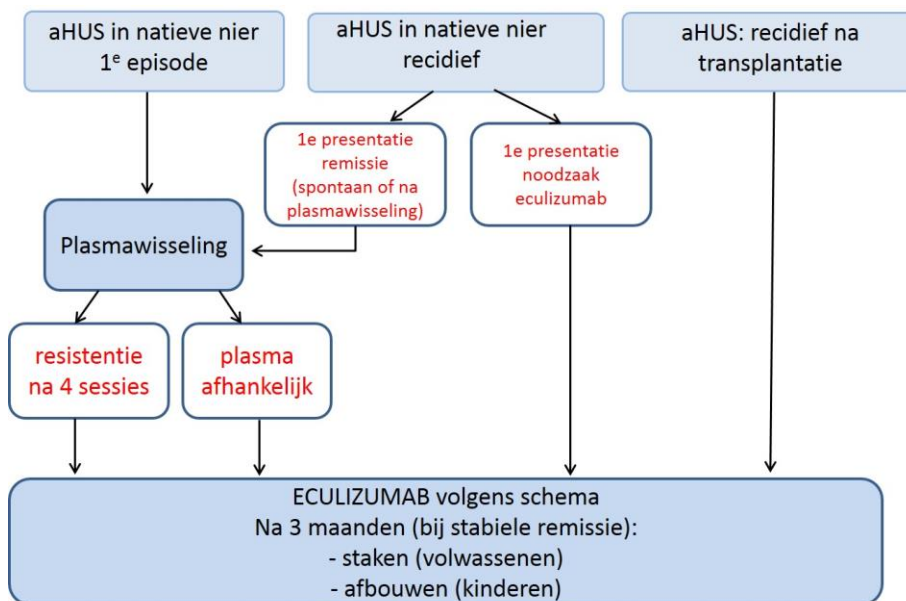
6. Behandelingsprotocol voor aHUS

6.1. Inleiding

Behandeling van (verdenking op) aHUS met plasmawisseling/eculizumab dient plaats te vinden volgens (consensus) advies van de landelijke werkgroep aHUS (zie figuur 7).

Dit algoritme is volgens de landelijke werkgroep aHUS gebaseerd op resultaten van de prospectieve studies en expertopinie van de werkgroep leden. De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

1. Spontane remissies en plasmawisseling-geïnduceerde remissies komen voor bij aHUS.
2. Eculizumab is bewezen effectief bij patiënten met therapie resistente aHUS.
3. De effectiviteit van eculizumab bij patiënten met therapie-resistente aHUS is aangetoond in studies waarbij eculizumab werd toegediend bij ineffectiviteit van 4 plasmawisseling behandelingen.
4. Eculizumab kan succesvol worden gebruikt bij patiënten met een plasma-afhankelijke aHUS.
5. Er is geen bewijs voor de noodzaak van levenslange behandeling met eculizumab.
6. Er is geen bewijs voor de noodzaak van profylactische therapie bij patiënten met aHUS die een niertransplantatie ondergaan.
7. Plasmawisseling als behandeling is onvoldoende effectief bij recidief aHUS na niertransplantatie (SORT level B).(80)
8. Levende donor nierdonatie heeft de voorkeur bij patiënten met aHUS.



Figuur 7. Behandeling van aHUS.

6.2. Behandeling van eerste episode van aHUS

- Start plasmawisseling (1.5x plasmavolume) zo spoedig mogelijk (zie figuur 7, SORT level B).(7)
- Indien geen effect na 4 opeenvolgende dagen plasmawisseling (1.5x plasmavolume) bij normale ADAMTS13 activiteit en afwezigheid STEC infectie: overleg met de landelijke aHUS werkgroep (zie bijlage 1) in het kader van indicatie, voorwaarden en mogelijkheden van switch naar eculizumab volgens EMA SORT level A (zie 6.4 & 6.5 EMA vaccinatie / antibiotica schema en eculizumab dosis schema).(44)
- Indien goed effect van plasmawisseling en bereiken van remissie: plasmawisseling afbouwen tot stop.
- Indien plasma afhankelijk (geen titratie/afbouw mogelijk): switch naar eculizumab volgens EMA schema en voorwaarden (zie 6.4 & 6.5).
- Een behandeling met eculizumab wordt gedurende 3 maanden gecontinueerd.
- Bij een eerste episode aHUS bij kinderen kan in voorkomende gevallen in overleg met de landelijke werkgroep aHUS de voorkeur worden gegeven aan eculizumab boven plasmawisseling als primaire behandeling.
- Naast plasmawisselingen en eculizumab moet ook gezorgd worden voor agressieve bloeddrukbehandeling (tot waardes <130/80 mm Hg) en dient eventueel luxerende medicatie direct gestaakt te worden (SORT level B/C).

6.3. Evaluatie activiteit aHUS 3 maanden na start eculizumab

Er is sprake van goede respons van aHUS 3 maanden na start eculizumab bij:

- normalisatie van hematologische parameters
- normalisatie of stabilisatie nierfunctie
- afwezigheid of stabilisering proteïnurie
- genormaliseerde bloeddruk al dan niet met behulp van anti-hypertensiva.

Bij goede respons op eculizumab 3 maanden na start:

- bij volwassenen: stop eculizumab in overleg met landelijke werkgroep aHUS
- bij kinderen >6 jaar: staken eculizumab na overleg met de landelijke werkgroep
- bij kinderen <6 jaar: verminderen van de dosering eculizumab en continueren van de behandeling op geleide van de serumspiegels van eculizumab of de CH50 activiteit, in overleg met de werkgroep.
- Zorgvuldig klinisch monitoren om aHUS recidieven in een vroege fase op te sporen na staken eculizumab.

6.4. Voorzorgen volgens EMA bij behandeling met Eculizumab

Vaccinatie

LET OP: voorafgaande aan start eculizumab of tenminste zo snel mogelijk indien eculizumab therapie geïndiceerd is:

- Vaccinatie tegen *meningococci* (bij voorkeur geconjugeerde vaccins): Quadrivalent conjugaat vaccin (anti-A,C,Y,W) (Menactra >9 maanden oud (USA), Menveo (>2 maanden) of Nimenrix (>1 jaar) EN anti-B vaccin Bexsero (>2 maanden).
- De opbrengst van antistoffen tegen *meningococci* is onzeker bij patiënten met complementdeficiëntie, complementblokkade en wanneer patiënt immunosuppressieve therapie heeft.

- Patiënten met eindstadium nierfalen ten gevolge van aHUS moeten gevaccineerd worden tegen meningococcen voorafgaand aan plaatsing op wachtlijst voor niertransplantatie. Overweeg tevens vaccineren van gezinsleden.
- Vaccinatie tegen *Streptococcus pneumoniae* en *Haemophilus influenza* is geïndiceerd bij kinderen en wordt geadviseerd bij volwassenen (op kinderleeftijd in verplichte RIVM schema).

Antibiotica profylaxe

- Vaak feneticilline (Broxil), dosering afhankelijk van gewicht; alternatief ciprofloxacine (Ciproxin).
- Bij patiënten die starten met eculizumab verplicht tot en met twee weken na vaccinatie.
- Verplicht bij kinderen gedurende de gehele behandeling met eculizumab (tevens zo in Frankrijk en Groot-Brittannië).
- Bij kinderen dienen antibiotica nog 60 dagen na stoppen eculizumab behandeling doorgegeven te worden.
- Bij oudere kinderen kan in overleg met de behandelend arts besloten worden om laagdrempelig antibiotica te gebruiken indien aanwezigheid van klachten passend bij een bacteriële infectie.

Veiligheidsinformatie aan patiënt met betrekking tot eculizumab behandeling

- Patiënten die behandeld worden met eculizumab dienen goed geïnformeerd te worden over de symptomen van een *meningococcen* infectie en de noodzaak tot zeer snelle behandeling in deze. Men kan overwegen de patiënt reeds een antibiotica kuur in eigen beheer te geven.
- Er dient advies gegeven te worden bij reizen naar het buitenland (informatiebrief ziektebeeld en symptomen waarbij contact met arts gezocht dient te worden: hoofdpijn met misselijkheid of braken, hoofdpijn met een stijve nek of rug, koorts >39 graden, huiduitslag, verwardheid, hevige spierpijn in combinatie met griepachtige symptomen, gevoeligheid voor licht).

6.5. Eculizumab behandelingschema volgens EMA (EMA rapport 2013)

http://www.ema.europa.eu/docs/en_GB/document_library/EPAR_Product_Information/human/000791/WC500054208.pdf

Eculizumab wordt altijd intraveneus toegediend.

Gewicht	Eculizumab (IV) dosering en frequentie
5-10 kg	week 1+2: 300 mg/dosis 1x per week (inductie) daarna: 300 mg/dosis 1x per 3 weken (onderhoud)
10-20 kg	week 1: 600 mg/dosis 1x per week (inductie) week 2: 300 mg/dosis 1x per week daarna: 300 mg/dosis 1x per 2 weken (onderhoud)
20-30 kg	week 1 t/m 3: 600 mg/dosis 1x per week (inductie) daarna: 600 mg/dosis 1x per 2 weken (onderhoud)
30-40 kg	week 1+2: 600 mg/dosis 1x per week (inductie) week 3: 900 mg/dosis 1x per week daarna: 900 mg/dosis 1x per 2 weken (onderhoud)
≥ 40 kg	week 1 t/m 4: 900 mg/dosis 1x per week week 5: 1200 mg/dosis 1x per week (inductie) daarna: 1200 mg/dosis 1x per 2 weken (onderhoud)

De gepubliceerde klinische trials laten zien dat er meestal een normalisatie van trombocyten aantal optreedt in 7 dagen, gevolgd door normalisatie van LDH rond 14 dagen. Een verbetering in eGFR volgt hierna (eGFR stijgende lijn tot 8-10 weken).

6.6. Behandeling van recidief aHUS (zie ook figuur 7)

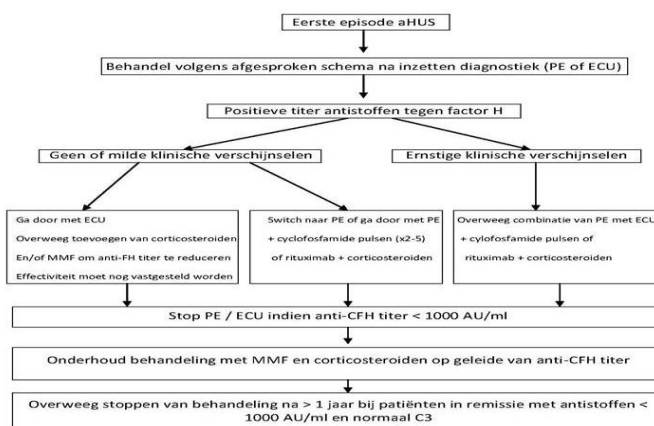
Behandeling bij een recidief aHUS is afhankelijk van de respons op therapie bij eerste presentatie:

- Bij genetisch bewezen MCP mutatie zou op theoretische gronden plasmawisseling niet zinvol zijn. Als een recidief echter niet snel spontane remissie laat zien, dient plasmawisseling overwogen te worden omdat er vaak meerdere complementafwijkingen (zie 3.4: genetisch complement profiel, zogenaamd complementtype met een verhoogde vatbaarheid voor aHUS) of antistoffen aanwezig kunnen zijn, die met de huidige genetische technieken (nog) niet aangetoond kunnen worden.
- Destijds in spontane remissie of in remissie met behulp van plasmatherapie:
 - Recidief in eerste instantie wederom behandelen met plasmatherapie volgens protocol (SORT level B).
 - Indien geen effect na 4 opeenvolgende dagen plasmawisseling: switch naar eculizumab volgens EMA schema (SORT level B).
 - Indien plasmawisseling afhankelijk (geen titratie /afbouw mogelijk): switch naar eculizumab volgens EMA schema (SORT level B).
- Destijds in remissie met eculizumab:
 - Recidief direct behandelen met eculizumab volgens EMA schema (SORT level B).

6.7. Behandeling aHUS veroorzaakt door antistoffen tegen factor H (figuur 8)

Bij de behandeling van deze vorm van aHUS dient volgens de landelijke werkgroep aHUS aan onderstaande uitgangspunten voldaan te worden:

1. Check of er geen andere genetische oorzaken van complement dysregulatie tevens aanwezig zijn.
2. Behandelingschema aHUS op basis van antistoffen tegen factor H berust op internationale literatuur (consensus) (SORT level B).(4)
3. Eculizumab is effectief in behandeling van aHUS op basis van antistoffen tegen factor H, maar zal niet de productie van antistoffen beïnvloeden. Er wordt zelden een spontane vermindering van antistofproductie waargenomen.
4. Tijdige adequate plasmaferese gecombineerd met immunosuppressiva (prednison, cyclofosfamide of rituximab) reduceert de titers van anti-factor H (CFH) en brengt aHUS in remissie.
5. Stop plasmaferese en eculizumab indien antistoftiter tegen factor H onder cut-off waarde voor desbetreffende laboratorium valt (in Nijmegen <1000 arbitrary units (AU)/ml).
6. Onderhoudstherapie met corticosteroiden en MMF of azathioprine op geleide van antistoftiters.
7. Overweeg stoppen onderhoudsbehandeling na 1 jaar indien patiënt in remissie en indien anti-CFH titer onder cutoff waarde voor desbetreffende laboratorium valt en serum C3 normaal.



Figuur 8. Behandeling aHUS veroorzaakt door antistoffen tegen factor H

6.8. Beleid bij ontvanger van niertransplantatie bij aHUS

1. Bevestig de diagnose aHUS (kliniek, afwezigheid STEC, geen ADAMTS13 deficiëntie; geen andere oorzaken HUS: zie diagnostieklijst aHUS).
2. Bij verdenking aHUS: verricht genetische screening van de bekende complement/coagulatie genen geassocieerd met aHUS en controleer op aanwezigheid antistoffen tegen factor H.
3. Indien mogelijk voorkeur voor levende donor.
4. Indien verwante donor, denk aan genetische analyse donor (zie 6.9 donorselectie).
5. Transplantatie volgens aHUS-transplantatie-protocol.

6.9. Donorselectie voor ontvanger van niertransplantatie

1. Er is een duidelijke voorkeur voor een nier van een levende donor (related/non-related) gezien geringere ischemie/reperfusieschade en daardoor lagere kans op recidief aHUS.
2. In geval van een verwante levende donor gelden de volgende adviezen:
 - a. Pathogene mutatie gevonden in ontvanger en niet bij verwante donor → laag risico aHUS bij de verwante donor → verwante donor wordt geaccepteerd.
 - b. Verwante donor heeft dezelfde pathogene mutatie als ontvanger = hoog risico aHUS bij donor = geen levende donatie.
 - c. Er wordt een mutatie/variantie gevonden bij de ontvanger, waarvan de pathogeniciteit niet duidelijk is. Deze mutatie/variantie wordt ook gevonden bij de donor → matig verhoogd risico = geen levende donatie. *
 - d. Geen mutatie gevonden bij ontvanger of verwante donor = matig verhoogd risico = geen levende donatie.* §

*NB 1: bij de risico-inschatting spelen vele factoren een rol (voorgeschiedenis, eerdere ingrepen, zwangerschappen etc). Voorgesteld wordt om patiënten met een intermediair (matig verhoogd) risico te bespreken om te komen tot consensus over het beleid.

§NB2: indien er geen pathogene mutaties worden gevonden is het essentieel dat de diagnose aHUS bij de ontvanger terecht is gesteld. Immers, het stellen van de diagnose aHUS zal leiden tot het niet accepteren van een verwante donor.

3. Donor van wachtlijst: transplantatie kan overwogen worden indien ontvanger genetisch optimaal geanalyseerd is en geïnformeerd over eculizumab – niertransplantatie protocol. In principe geen nieren accepteren van non-heart beating donoren of marginale donoren. Totale ischemietijd donornier dient zo kort mogelijk te zijn en transplantatie moet binnen 24 uur haalbaar zijn. Bij voorkeur wordt geen transplantatie gedaan indien de ontvanger donor-specifieke antistoffen (DSA) klasse I/II antistoffen heeft (Luminex).

NB: Er worden geen adviezen gegeven voor patiënten die eerder transplantatie hebben ondergaan (met recidief aHUS) of voor patiënten met een ernstige de novo TMA na transplantatie. Dit zijn uitzonderlijke situaties, die zullen worden besproken in de landelijke aHUS werkgroep.

6.10. Anticonceptie na aHUS

- Bij vrouwen moet na HUS episode gezorgd worden voor adequate anticonceptie om ongeplande zwangerschap en bijbehorend risico op recidief HUS te voorkomen.
- Vrouwen moeten na een aHUS episode bij voorkeur geen orale anticonceptie gebruiken, waarbij oestrogenen waarschijnlijk het grootste risico vormen (SORT level C).(8)
- Er zijn geen goede gegevens beschikbaar over de veiligheid van anticonceptie met uitsluitend progestagenen, maar deze vormen van anticonceptie zijn effectief en vermoedelijk veilig (SORT level C). Er kan hierbij gekozen worden voor:
 - IUD met progestageen (zoals Mirena spiraal)
 - 3-maandelijkse subcutane progesteron injecties (“prikpil”)
 - implantaten met progestageen (zoals Implanon)
 - orale progestagenen (zoals orgametril, norethisteron)

6.11. Zwangerschap na aHUS

In het algemeen is een zwangerschap voor een patiënte met aHUS een groot risico. Algemene richtlijnen zijn niet te maken. Gezien de relatieve zeldzaamheid van de aandoening en de voortdurend nieuwe ontwikkelingen bij de behandeling en preventie van aHUS is het raadzaam om patiënten met zwangerschapswens te verwijzen naar één van de universitaire centra voor preconceptioneel onderzoek en advies.

7. Verantwoording

7.1 Totstandkoming richtlijn werkgroep

De trombotische microangiopathieën (TMA's) waartoe TTP behoort, karakteriseren zich door trombopenie, anemie door hemolyse en meer of minder orgaanschade. Deze patiënten kunnen zich qua symptomen presenteren bij internisten, internist-hematologen, nefrologen, kinderartsen, kinderarts-nefrologen, kinderarts-hematologen of infectiologen, maar ook bij neurologen of obstetici. Hoewel een waarschijnlijkheidsdiagnose vaak mogelijk is, kan in veel gevallen niet afgewacht worden totdat een identificerende diagnose gesteld is en moet acuut met behandeling gestart worden. Voor TMA's in brede zin is zowel in het diagnostisch traject als bij de behandeling intensieve interactie en afstemming nodig tussen hematologen (vanwege de bloedbeeldafwijkingen) en nefrologen (vanwege de vaak ernstig gestoorde nierfunctie). Om die reden heeft de Werkgroep ~~benigne niet-oncologische~~ hematologie van de Nederlandse Vereniging voor Hematologie contact gezocht met de Nederlandse Federatie voor Nefrologie en is de voorliggende richtlijn ontstaan uit samenwerking tussen:

- Werkgroep ~~benigne niet-oncologische~~ hematologie van de Nederlandse Vereniging voor Hematologie
- Richtlijnencommissie van de Nederlandse Federatie voor Nefrologie
- Landelijke werkgroep aHUS met vertegenwoordigers uit de academische centra (zie bijlage 2)

De huidige versie van deze richtlijn betreft een update van de in 2014 gepubliceerde richtlijn.

Samenstelling richtlijn werkgroep en belangen

Alle werkgroepleden hebben verklaard onafhankelijk gehandeld te hebben bij het opstellen van de richtlijn en hebben belangenverklaringen ondertekend waarbij is aangegeven welke betrekkingen zij onderhielden met commerciële bedrijven, organisaties of instellingen die in verband staan met het onderwerp van de richtlijn ~~waarin alle eventuele individuele banden met de farmaceutische industrie zijn vastgelegd~~. De belangenverklaringen zijn op te vragen bij de betrokken wetenschappelijke verenigingen. Onderstaand in de tabel wordt een overzicht gegeven van de richtlijn-werkgroepleden van de NVvH en hun relevante belangen.

- Dr. R. Fijnheer, hematoloog, voorzitter – geen belangen
- Prof. dr. J.J. Zwaginga, hematoloog – ~~volgt~~ Swedish Orphan Biovitrum (The Netherlands) B.V. Dienstverlening honorarium 2021 en Vergoeding gastvrijheid 2022 en Dienstverlening honorarium 2023; Amgen Dienstverlening honorarium en onkosten 2022; Genzyme Dienstverlening honorarium en gastvrijheid 2022
- Dr. T. Netelenbos, hematoloog – geen belangen ~~volgt~~
- Dr. L. Oosten, hematoloog - volgt
- Dr. D. Evers, hematoloog – geen belangen
- L. Neijenhuis – geen belangen

L. Neijenhuis heeft als vertegenwoordiger van de TTP patiënten vereniging (Stichting Zeldzame Bloedziekten) ook een verklaring ingevuld waarin geen belangen zijn vermeld.

heeft opmaak toegepast: Lettertype:

7.2 Verantwoording en werkwijze richtlijnwerkgroep

Het concept van deze richtlijn is voorgelegd aan de Nierpatiënten Vereniging Nederland en de Stichting Zeldzame Bloedziekten en het commentaar op deze richtlijn is verwerkt in de definitieve versie. De richtlijn wordt ter kennisgeving aangeboden aan de Vereniging van Hematologisch Laboratoriumonderzoek (VHL).

In de verschillende fasen van de ontwikkeling van het concept van de richtlijn is zoveel mogelijk rekening gehouden met de implementatie van de richtlijn en de daadwerkelijke uitvoerbaarheid van de aanbevelingen.

Voor de richtlijnontwikkeling en de huidige update werd literatuurstudie verricht, waarbij met name gezocht is naar studies met grote patiëntcohorten en vergelijking van verschillende behandelingen. Ten aanzien van de diagnostiek maar ook door het ontbreken van gerandomiseerde klinische studies (RCT's) op het gebied van behandeling van de diverse (tot) TMA (leidende) aandoeningen is vaak sprake van op *expert opinion* beruste aanbevelingen.

De patiëntgerichte SORT methode is aangehouden om de beschikbare studies, richtlijnen en expert opinies te beoordelen (zie Bijlage 1 voor de werkwijze SORT systematiek).

7.3 Procedure voor commentaar en autorisatie

Na ontvangst van het commentaar van het patiëntplatform (TTP patiënten vereniging) en de aHUS kennisgroep van de Nierpatiënten-Vereniging Nederland (NVN) werd het volgende traject gestart:

- **NVvH:** de conceptringrichtlijn werd ter becommentariëring voorgelegd aan alle leden van de NVvH (hoor en wederhoor). De leden werden gedurende een maand in de gelegenheid gesteld hun commentaar in te sturen.
- **NfN:** de richtlijn is op ... voor commentaar geplaatst op de website van de NfN. Alle leden werden verzocht binnen 2 maanden commentaar in te sturen. Op basis van het ontvangen commentaar van leden zijn enkele kleine wijzigingen in de richtlijn aangebracht. Op de algemene ledenvergadering van de NfN tijdens de wordt de richtlijn definitief geaccordeerd.

De commentaren vanuit de NVvH, en NfN werden vervolgens beoordeeld en verwerkt door de richtlijnwerkgroep. De richtlijn werd op door de richtlijnwerkgroep inhoudelijk vastgesteld.

7.4 Implementatie

Het is de verantwoordelijkheid van de individuele behandelaar de inhoud van deze richtlijn te implementeren in de dagelijkse klinische praktijk. Om het gebruik echter in de dagelijkse praktijk te bevorderen wordt deze richtlijn verspreid onder de professionals van de bij de totstandkoming van deze richtlijn betrokken organisatie(s):

- Per mail naar de leden van de NVvH en NfN.
- Publicatie op het openbare gedeelte van de website van de NVvH (www.hematologienederland.nl) en NfN (www.nefro.nl).
- Op de website www.nefrovisie.nl zal met een link naar de richtlijn verwezen worden.
- Publicatie van een aangepaste vorm zal plaatsvinden in Nederlands Tijdschrift voor Hematologie en Nederlands Tijdschrift voor Nefrologie.

7.5 Juridische betekenis

De richtlijn bevat aanbevelingen van algemene aard. Het is mogelijk dat in een individueel geval deze aanbevelingen niet van toepassing zijn. Het is de verantwoordelijkheid van de behandelend arts te beoordelen of de richtlijn in de praktijk en/of in het belang van een goede geïndividualiseerde zorg voor de patiënt toepasbaar is. Zo nodig [wordt gemotiveerd afgeweken van de richtlijn].

7.6 Procedure herziening

Uiterlijk vijf jaar na verschijnen van deze richtlijn wordt door beide wetenschappelijke verenigingen (NVvH, NfN) beoordeeld of deze richtlijn nog actueel is. De geldigheid van de richtlijn komt eerder te vervallen wanneer nieuwe ontwikkelingen het nodig maken om eerder een herzieningstraject te

starten. De betrokken werkgroepen houden deze ontwikkelingen bij en overleggen jaarlijks of eerdere aanpassingen aan de richtlijn nodig zijn.

7.7 Literatuur zoekverantwoording

Referenties zijn afkomstig uit PubMed met de zoekstrategie HUS, TTP, TMA. In kader van behandeling zijn alle beschikbare gecontroleerde en gerandomiseerde klinische studies (RCTs) geïncludeerd. Voor de pathofysiologie zijn artikelen geraadpleegd uit de verschillende vaktijdschriften.

8. Referenties

1. Campistol JM, Arias M, Ariceta G, Blasco M, Espinosa L, Espinosa M, Grinyo JM, Macia M, Mendizabal S, Praga M, Roman E, Torra R, Valdes F, Vilalta R, Rodriguez de Cordoba S. An update for atypical haemolytic uraemic syndrome: diagnosis and treatment. A consensus document. *Nefrologia*. 2015;35(5):421-47. eng spa. Epub 2015/10/13. doi:10.1016/j.nefro.2015.07.005. Cited in: Pubmed; PMID 26456110.
2. George JN, Nester CM. Syndromes of thrombotic microangiopathy. *N Engl J Med*. 2014 Aug 14;371(7):654-66. eng. Epub 2014/08/15. doi:10.1056/NEJMra1312353. Cited in: Pubmed; PMID 25119611.
3. Gould LH, Bopp C, Strockbine N, Atkinson R, Baselski V, Body B, Carey R, Crandall C, Hurd S, Kaplan R, Neill M, Shea S, Somsel P, Tobin-D'Angelo M, Griffin PM, Gerner-Smidt P. Recommendations for diagnosis of shiga toxin--producing *Escherichia coli* infections by clinical laboratories. *MMWR Recomm Rep*. 2009 Oct 16;58(Rr-12):1-14. eng. Epub 2009/10/17. Cited in: Pubmed; PMID 19834454.
4. Loirat C, Fakhouri F, Ariceta G, Besbas N, Bitzan M, Bjerre A, Coppo R, Emma F, Johnson S, Karpman D, Landau D, Langman CB, Lapeyraque AL, Licht C, Nester C, Pecoraro C, Riedl M, van de Kar NC, Van de Walle J, Vivarelli M, Fremeaux-Bacchi V. An international consensus approach to the management of atypical hemolytic uremic syndrome in children. *Pediatr Nephrol*. 2016 Jan;31(1):15-39. eng. Epub 2015/04/11. doi:10.1007/s00467-015-3076-8. Cited in: Pubmed; PMID 25859752.
5. Menne J, Kielstein JT, Wenzel U, Stahl RA. [Treatment of typical hemolytic-uremic syndrome. Knowledge gained from analyses of the 2011 *E. coli* outbreak]. *Internist (Berl)*. 2012 Dec;53(12):1420-30. Therapie des typischen hamolytisch-uramischen Syndroms. Erkenntnisse aus dem E.-coli-Ausbruch 2011. ger. Epub 2012/11/28. doi:10.1007/s00108-012-3107-5. Cited in: Pubmed; PMID 23179596.
6. Menne J, Nitschke M, Stingele R, Abu-Tair M, Beneke J, Bramstedt J, Bremer JP, Brunkhorst R, Busch V, Dengler R, Deuschl G, Fellermann K, Fickenscher H, Gerigk C, Goettsche A, Greeve J, Hafer C, Hagenmuller F, Haller H, Herget-Rosenthal S, Hertenstein B, Hofmann C, Lang M, Kielstein JT, Klostermeier UC, Knobloch J, Kuehbachner M, Kunzendorf U, Lehnert H, Manns MP, Menne TF, Meyer TN, Michael C, Munte T, Neumann-Grutzeck C, Nuernberger J, Pavenstaedt H, Ramazan L, Renders L, Repenthin J, Ries W, Rohr A, Rump LC, Samuelsson O, Sayk F, Schmidt BM, Schnatter S, Schocklmann H, Schreiber S, von Seydewitz CU, Steinhoff J, Stracke S, Suerbaum S, van de Loo A, Viscchedyk M, Weissenborn K, Wellhoner P, Wiesner M, Zeissig S, Buning J, Schiffer M, Kuehbachner T. Validation of treatment strategies for enterohaemorrhagic *Escherichia coli* O104:H4 induced haemolytic uraemic syndrome: case-control study. *Bmj*. 2012 Jul 19;345:e4565. eng. Epub 2012/07/21. doi:10.1136/bmj.e4565. Cited in: Pubmed; PMID 22815429.
7. Nester CM, Thomas CP. Atypical hemolytic uremic syndrome: what is it, how is it diagnosed, and how is it treated? *Hematology Am Soc Hematol Educ Program*. 2012;2012:617-25. eng. Epub 2012/12/13. doi:10.1182/asheducation-2012.1.617. Cited in: Pubmed; PMID 23233643.
8. Scully M, Hunt BJ, Benjamin S, Liesner R, Rose P, Peyvandi F, Cheung B, Machin SJ. Guidelines on the diagnosis and management of thrombotic thrombocytopenic purpura and

Gewijzigde veldcode

heeft opmaak toegepast: Engels (Verenigde Staten)

heeft opmaak toegepast: Engels (Verenigde Staten)

heeft opmaak toegepast: Engels (Verenigde Staten)

other thrombotic microangiopathies. *Br J Haematol*. 2012 Aug;158(3):323-35. eng. Epub 2012/05/26. doi:10.1111/j.1365-2141.2012.09167.x. Cited in: Pubmed; PMID 22624596.

9. Zheng XL, Vesely SK, Cataland SR, Coppo P, Geldziler B, Iorio A, Matsumoto M, Mustafa RA, Pai M, Rock G, Russell L, Tarawneh R, Valdes J, Peyvandi F. ISTH guidelines for treatment of thrombotic thrombocytopenic purpura. *J Thromb Haemost*. 2020 Jul 15. eng. Epub 2020/09/12. doi:10.1111/jth.15010. Cited in: Pubmed; PMID 32914526.

10. Zheng XL, Vesely SK, Cataland SR, Coppo P, Geldziler B, Iorio A, Matsumoto M, Mustafa RA, Pai M, Rock G, Russell L, Tarawneh R, Valdes J, Peyvandi F. Good practice statements (GPS) for the clinical care of patients with thrombotic thrombocytopenic purpura. *J Thromb Haemost*. 2020 Aug 4. eng. Epub 2020/09/12. doi:10.1111/jth.15009. Cited in: Pubmed; PMID 32914535.

11. Al-Nouri ZL, Reese JA, Terrell DR, Vesely SK, George JN. Drug-induced thrombotic microangiopathy: a systematic review of published reports. *Blood*. 2015 Jan 22;125(4):616-8. eng. Epub 2014/11/22. doi:10.1182/blood-2014-11-611335. Cited in: Pubmed; PMID 25414441.

12. Scully M, Thomas M, Underwood M, Watson H, Langley K, Camilleri RS, Clark A, Creagh D, Rayment R, McDonald V, Roy A, Evans G, McGuckin S, Ni Ainle F, Maclean R, Lester W, Nash M, Scott R, P OB. Thrombotic thrombocytopenic purpura and pregnancy: presentation, management, and subsequent pregnancy outcomes. *Blood*. 2014 Jul 10;124(2):211-9. eng. Epub 2014/05/27. doi:10.1182/blood-2014-02-553131. Cited in: Pubmed; PMID 24859360.

13. Cervera R, Serrano R, Pons-Estel GJ, Cervera R, Hualde L, Shoenfeld Y, de Ramon E, Buonaiuto V, Jacobsen S, Zeher MM, Tarr T, Tincani A, Taglietti M, Theodossiades G, Nomikou E, Galeazzi M, Bellisai F, Meroni PL, Derksen RH, de Groot PG, Baleva M, Mosca M, Bombardieri S, Houssiau F, Gris JC, Quere I, Hachulla E, Vasconcelos C, Fernandez-Nebro A, Haro M, Amoura Z, Miyara M, Tektonidou M, Espinosa G, Bertolaccini ML, Khamashta MA. Morbidity and mortality in the antiphospholipid syndrome during a 10-year period: a multicentre prospective study of 1000 patients. *Ann Rheum Dis*. 2015 Jun;74(6):1011-8. eng. Epub 2014/01/28. doi:10.1136/annrheumdis-2013-204838. Cited in: Pubmed; PMID 24464962.

14. Jodele S, Laskin BL, Dandoy CE, Myers KC, El-Bietar J, Davies SM, Goebel J, Dixon BP. A new paradigm: Diagnosis and management of HSCT-associated thrombotic microangiopathy as multi-system endothelial injury. *Blood Rev*. 2015 May;29(3):191-204. eng. Epub 2014/12/09. doi:10.1016/j.blre.2014.11.001. Cited in: Pubmed; PMID 25483393.

15. Alwan F, Vendramin C, Liesner R, Clark A, Lester W, Dutt T, Thomas W, Gooding R, Biss T, Watson HG, Cooper N, Rayment R, Cranfield T, van Veen JJ, Hill QA, Davis S, Motwani J, Bhatnagar N, Priddee N, David M, Crowley MP, Alamelu J, Lyall H, Westwood JP, Thomas M, Scully M. Characterization and treatment of congenital thrombotic thrombocytopenic purpura. *Blood*. 2019 Apr 11;133(15):1644-1651. eng. Epub 2019/02/17. doi:10.1182/blood-2018-11-884700. Cited in: Pubmed; PMID 30770395.

16. Brunskill SJ, Tusold A, Benjamin S, Stanworth SJ, Murphy MF. A systematic review of randomized controlled trials for plasma exchange in the treatment of thrombotic thrombocytopenic purpura. *Transfus Med*. 2007 Feb;17(1):17-35. eng. Epub 2007/02/03. doi:10.1111/j.1365-3148.2006.00720.x. Cited in: Pubmed; PMID 17266701.

17. Groot E, Hulstein JJ, Rison CN, de Groot PG, Fijnheer R. FRETTS-VWF73: a rapid and predictive tool for thrombotic thrombocytopenic purpura. *J Thromb Haemost*. 2006

heeft opmaak toegepast: Engels (Verenigde Staten)

Mar;4(3):698-9. eng. Epub 2006/02/08. doi:10.1111/j.1538-7836.2005.01767.x. Cited in: Pubmed; PMID 16460463.

18. Verbij FC, Fijnheer R, Voorberg J, Sorvillo N. Acquired TTP: ADAMTS13 meets the immune system. *Blood Rev.* 2014 Nov;28(6):227-34. eng. Epub 2014/09/13. doi:10.1016/j.blre.2014.07.004. Cited in: Pubmed; PMID 25213289.

19. Hulstein JJ, Rison CN, Kappers-Klunne MC, Hene RJ, Franx A, de Groot PG, Brand A, Fijnheer R. [Activity loss of Von Willebrand factor cleaving protein (ADAMTS-13) is diagnostic for primary and pregnancy-related thrombotic thrombocytopenic purpura]. *Ned Tijdschr Geneesk.* 2004 Oct 2;148(40):1972-6. Afwezige activiteit van Von Willebrand-factorsplitsend eiwit (ADAMTS-13) diagnostisch voor primaire en zwangerschapsgerelateerde trombotische trombocytopenische purpura. dut. Epub 2004/11/05. Cited in: Pubmed; PMID 15524133.

heeft opmaak toegepast: Engels (Verenigde Staten)

20. Sadler JE. Von Willebrand factor, ADAMTS13, and thrombotic thrombocytopenic purpura. *Blood.* 2008 Jul 1;112(1):11-8. eng. Epub 2008/06/25. doi:10.1182/blood-2008-02-078170. Cited in: Pubmed; PMID 18574040.

21. Spinale JM, Ruebner RL, Kaplan BS, Copelovitch L. Update on Streptococcus pneumoniae associated hemolytic uremic syndrome. *Curr Opin Pediatr.* 2013 Apr;25(2):203-8. eng. Epub 2013/03/14. doi:10.1097/MOP.0b013e32835d7f2c. Cited in: Pubmed; PMID 23481474.

22. Burin des Roziers N, Chadebech P, Bodivit G, Guinchard E, Bruneel A, Dupre T, Chevret L, Jugie M, Gallon P, Bierling P, Noizat-Pirenne F. Red blood cell Thomsen-Friedenreich antigen expression and galectin-3 plasma concentrations in Streptococcus pneumoniae-associated hemolytic uremic syndrome and hemolytic anemia. *Transfusion.* 2015 Jun;55(6 Pt 2):1563-71. eng. Epub 2015/01/06. doi:10.1111/trf.12981. Cited in: Pubmed; PMID 25556575.

23. de Loos F, Huijben KM, van der Kar NC, Monnens LA, van den Heuvel LP, Groener JE, de Moor RA, Wevers RA. Hemolytic uremic syndrome attributable to Streptococcus pneumoniae infection: a novel cause for secondary protein N-glycan abnormalities. *Clin Chem.* 2002 May;48(5):781-4. eng. Epub 2002/04/30. Cited in: Pubmed; PMID 11978611.

heeft opmaak toegepast: Engels (Verenigde Staten)

24. Noris M, Remuzzi G. Atypical hemolytic-uremic syndrome. *N Engl J Med.* 2009 Oct 22;361(17):1676-87. eng. Epub 2009/10/23. doi:10.1056/NEJMra0902814. Cited in: Pubmed; PMID 19846853.

25. Caprioli J, Noris M, Brioschi S, Pianetti G, Castelletti F, Bettinaglio P, Mele C, Bresin E, Cassis L, Gamba S, Porrati F, Bucchioni S, Monteferrante G, Fang CJ, Liszewski MK, Kavanagh D, Atkinson JP, Remuzzi G. Genetics of HUS: the impact of MCP, CFH, and IF mutations on clinical presentation, response to treatment, and outcome. *Blood.* 2006 Aug 15;108(4):1267-79. eng. Epub 2006/04/20. doi:10.1182/blood-2005-10-007252. Cited in: Pubmed; PMID 16621965.

26. Bresin E, Rurali E, Caprioli J, Sanchez-Corral P, Fremaux-Bacchi V, Rodriguez de Cordoba S, Pinto S, Goodship TH, Alberti M, Ribes D, Valoti E, Remuzzi G, Noris M. Combined complement gene mutations in atypical hemolytic uremic syndrome influence clinical phenotype. *J Am Soc Nephrol.* 2013 Feb;24(3):475-86. eng. Epub 2013/02/23. doi:10.1681/asn.2012090884. Cited in: Pubmed; PMID 23431077.

27. van der Plas RM, Schiphorst ME, Huizinga EG, Hene RJ, Verdonck LF, Sixma JJ, Fijnheer R. von Willebrand factor proteolysis is deficient in classic, but not in bone marrow

transplantation-associated, thrombotic thrombocytopenic purpura. *Blood*. 1999 Jun 1;93(11):3798-802. eng. Epub 1999/05/26. Cited in: Pubmed; PMID 10339486.

28. Bennett CL, Kim B, Zakarija A, Bandarenko N, Pandey DK, Buffie CG, McKoy JM, Tevar AD, Cursio JF, Yarnold PR, Kwaan HC, De Masi D, Sarode R, Raife TJ, Kiss JE, Raisch DW, Davidson C, Sadler JE, Ortel TL, Zheng XL, Kato S, Matsumoto M, Uemura M, Fujimura Y. Two mechanistic pathways for thienopyridine-associated thrombotic thrombocytopenic purpura: a report from the SERF-TTP Research Group and the RADAR Project. *J Am Coll Cardiol*. 2007 Sep 18;50(12):1138-43. eng. Epub 2007/09/18. doi:10.1016/j.jacc.2007.04.093. Cited in: Pubmed; PMID 17868804.

29. Jacob S, Dunn BL, Qureshi ZP, Bandarenko N, Kwaan HC, Pandey DK, McKoy JM, Barnato SE, Winters JL, Cursio JF, Weiss I, Raife TJ, Carey PM, Sarode R, Kiss JE, Danielson C, Ortel TL, Clark WF, Rock G, Matsumoto M, Fujimura Y, Zheng XL, Chen H, Chen F, Armstrong JM, Raisch DW, Bennett CL. Ticlopidine-, clopidogrel-, and prasugrel-associated thrombotic thrombocytopenic purpura: a 20-year review from the Southern Network on Adverse Reactions (SONAR). *Semin Thromb Hemost*. 2012 Nov;38(8):845-53. eng. Epub 2012/11/01. doi:10.1055/s-0032-1328894. Cited in: Pubmed; PMID 23111862.

30. Lemaire M, Fremeaux-Bacchi V, Schaefer F, Choi M, Tang WH, Le Quintrec M, Fakhouri F, Taque S, Nobili F, Martinez F, Ji W, Overton JD, Mane SM, Nurnberg G, Altmuller J, Thiele H, Morin D, Deschenes G, Baudouin V, Llanas B, Collard L, Majid MA, Simkova E, Nurnberg P, Rioux-Leclerc N, Moeckel GW, Gubler MC, Hwa J, Loirat C, Lifton RP. Recessive mutations in DGKE cause atypical hemolytic-uremic syndrome. *Nat Genet*. 2013 May;45(5):531-6. eng. Epub 2013/04/02. doi:10.1038/ng.2590. Cited in: Pubmed; PMID 23542698.

31. Komhoff M, Roofthoof MT, Westra D, Teertstra TK, Losito A, van de Kar NC, Berger RM. Combined pulmonary hypertension and renal thrombotic microangiopathy in cobalamin C deficiency. *Pediatrics*. 2013 Aug;132(2):e540-4. eng. Epub 2013/07/10. doi:10.1542/peds.2012-2581. Cited in: Pubmed; PMID 23837176.

32. Van Hove JL, Van Damme-Lombaerts R, Grunewald S, Peters H, Van Damme B, Fryns JP, Arnout J, Wevers R, Baumgartner ER, Fowler B. Cobalamin disorder Cbl-C presenting with late-onset thrombotic microangiopathy. *Am J Med Genet*. 2002 Aug 1;111(2):195-201. eng. Epub 2002/09/05. doi:10.1002/ajmg.10499. Cited in: Pubmed; PMID 12210350.

33. Schwartz J, Padmanabhan A, Aqui N, Balogun RA, Connelly-Smith L, Delaney M, Dunbar NM, Witt V, Wu Y, Shaz BH. Guidelines on the Use of Therapeutic Apheresis in Clinical Practice-Evidence-Based Approach from the Writing Committee of the American Society for Apheresis: The Seventh Special Issue. *J Clin Apher*. 2016 Jun;31(3):149-62. eng. Epub 2016/06/21. doi:10.1002/jca.21470. Cited in: Pubmed; PMID 27322218.

34. Freedman SB, Xie J, Neufeld MS, Hamilton WL, Hartling L, Tarr PI, Alberta Provincial Pediatric Enteric Infection T, Nettel-Aguirre A, Chuck A, Lee B, Johnson D, Currie G, Talbot J, Jiang J, Dickinson J, Kellner J, MacDonald J, Svenson L, Chui L, Louie M, Lavoie M, Eltorki M, Vanderkooi O, Tellier R, Ali S, Drews S, Graham T, Pang XL. Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli* Infection, Antibiotics, and Risk of Developing Hemolytic Uremic Syndrome: A Meta-analysis. *Clin Infect Dis*. 2016 May 15;62(10):1251-1258. Epub 20160224. doi:10.1093/cid/ciw099. Cited in: Pubmed; PMID 26917812.

35. Liu Y, Thaker H, Wang C, Xu Z, Dong M. Diagnosis and Treatment for Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli* Associated Hemolytic Uremic Syndrome. *Toxins (Basel)*. 2022 Dec 23;15(1). The authors declare no conflict of interest. Epub 20221223. doi:10.3390/toxins15010010. Cited in: Pubmed; PMID 36668830.

36. Agger M, Scheutz F, Villumsen S, Molbak K, Petersen AM. Antibiotic treatment of verocytotoxin-producing *Escherichia coli* (VTEC) infection: a systematic review and a proposal. *J Antimicrob Chemother.* 2015 Sep;70(9):2440-6. eng. Epub 2015/06/21. doi:10.1093/jac/dkv162. Cited in: Pubmed; PMID 26093376.
37. Brecher ME, Hay SN, Park YA. Is it HIV TTP or HIV-associated thrombotic microangiopathy? *J Clin Apher.* 2008;23(6):186-90. eng. Epub 2008/11/01. doi:10.1002/jca.20176. Cited in: Pubmed; PMID 18973113.
38. Zarifian A, Meleg-Smith S, O'Donovan R, Tesi RJ, Batuman V. Cyclosporine-associated thrombotic microangiopathy in renal allografts. *Kidney Int.* 1999 Jun;55(6):2457-66. eng. Epub 1999/06/03. doi:10.1046/j.1523-1755.1999.00492.x. Cited in: Pubmed; PMID 10354295.
39. Legendre CM, Licht C, Muus P, Greenbaum LA, Babu S, Bedrosian C, Bingham C, Cohen DJ, Delmas Y, Douglas K, Eitner F, Feldkamp T, Fouque D, Furman RR, Gaber O, Herthelius M, Hourmant M, Karpman D, Lebranchu Y, Mariat C, Menne J, Moulin B, Nurnberger J, Ogawa M, Remuzzi G, Richard T, Sberro-Soussan R, Severino B, Sheerin NS, Trivelli A, Zimmerhackl LB, Goodship T, Loirat C. Terminal complement inhibitor eculizumab in atypical hemolytic-uremic syndrome. *N Engl J Med.* 2013 Jun 6;368(23):2169-81. eng. Epub 2013/06/07. doi:10.1056/NEJMoa1208981. Cited in: Pubmed; PMID 23738544.
40. Cuker A, Cataland SR, Coppo P, de la Rubia J, Friedman KD, George JN, Knoebl PN, Kremer Hovinga JA, Lammle B, Matsumoto M, Pavenski K, Peyvandi F, Sakai K, Sarode R, Thomas MR, Tomiyama Y, Veyradier A, Westwood JP, Scully M. Redefining outcomes in immune TTP: an international working group consensus report. *Blood.* 2021 Apr 8;137(14):1855-1861. Epub 2021/02/03. doi:10.1182/blood.2020009150. Cited in: Pubmed; PMID 33529333.
41. Swisher KK, Terrell DR, Vesely SK, Kremer Hovinga JA, Lammle B, George JN. Clinical outcomes after platelet transfusions in patients with thrombotic thrombocytopenic purpura. *Transfusion.* 2009 May;49(5):873-87. eng. Epub 2009/02/13. doi:10.1111/j.1537-2995.2008.02082.x. Cited in: Pubmed; PMID 19210323.
42. Nadler SB, Hidalgo JH, Bloch T. Prediction of blood volume in normal human adults. *Surgery.* 1962 Feb;51(2):224-32. Epub 1962/02/01. Cited in: Pubmed; PMID 21936146.
43. Linderkamp O, Versmold HT, Riegel KP, Betke K. Estimation and prediction of blood volume in infants and children. *Eur J Pediatr.* 1977 Aug 12;125(4):227-34. eng. Epub 1977/08/12. doi:10.1007/bf00493567. Cited in: Pubmed; PMID 891567.
44. Wollersheim J, Fijnheer, R. . Verwijdering van 'ultra large' vonwillebrandfactor door plasmaferese met filtratie- en centrifugatietechniek bij patiënten met trombotische trombocytopenische purpura. *Tijdschr Bloedtransfusie.* 2009;(2):93-99.
45. Peyvandi F, Scully M, Kremer Hovinga JA, Cataland S, Knobl P, Wu H, Artoni A, Westwood JP, Mansouri Taleghani M, Jilma B, Callewaert F, Ulrichs H, Duby C, Tersago D. Caplacizumab for Acquired Thrombotic Thrombocytopenic Purpura. *N Engl J Med.* 2016 Feb 11;374(6):511-22. eng. Epub 2016/02/11. doi:10.1056/NEJMoa1505533. Cited in: Pubmed; PMID 26863353.

heeft opmaak toegepast: Engels (Verenigde Staten)

46. Peyvandi F, CSR, Scully M., et al. Integrated Efficacy Results from the Phase II and Phase III Studies with Caplacizumab in Patients with Acquired Thrombotic Thrombocytopenic Purpura. *Blood* (ASH abstract). 2018;132(373).
47. Scully M, Cataland SR, Peyvandi F, Coppo P, Knobl P, Kremer Hovinga JA, Metjian A, de la Rubia J, Pavenski K, Callewaert F, Biswas D, De Winter H, Zeldin RK. Caplacizumab Treatment for Acquired Thrombotic Thrombocytopenic Purpura. *N Engl J Med*. 2019 Jan 24;380(4):335-346. eng. Epub 2019/01/10. doi:10.1056/NEJMoa1806311. Cited in: Pubmed; PMID 30625070.
48. Coppo P, Bubenheim M, Azoulay E, Galicier L, Malot S, Bigé N, Poullin P, Provôt F, Martis N, Presne C, Moranne O, Benainous R, Dossier A, Seguin A, Hié M, Wynckel A, Delmas Y, Augusto JF, Perez P, Rieu V, Barbet C, Lhote F, Ulrich M, Charvet Rumpier A, De Witte S, Krummel T, Veyradier A, Benhamou Y. A regimen with caplacizumab, immunosuppression and plasma exchange prevents unfavorable outcomes in immune-mediated TTP. *Blood*. 2020 Nov 4. eng. Epub 2020/11/06. doi:10.1182/blood.2020008021. Cited in: Pubmed; PMID 33150928.
49. Dutt T, Shaw RJ, Stubbs MJ, Yong J, Bailiff B, Cranfield T, Crowley MP, Desborough MJR, Eyre TA, Gooding R, Grainger J, Hanley JP, Haughton J, Hermans J, Hill QA, Humphrey L, Lowe GC, Lyall H, Mohsin M, Nicolson PLR, Priddee N, Rampotas A, Rayment R, Rhodes S, Taylor A, Thomas W, Tomkins O, van Veen JJ, Lane S, Toh CH, Scully M. Real-World Evidence of Caplacizumab Use in the Management of Acute TTP. *Blood*. 2020 Nov 4. eng. Epub 2020/11/06. doi:10.1182/blood.2020007599. Cited in: Pubmed; PMID 33150355.
50. Völker LA, Kaufeld J, Miesbach W, Brähler S, Reinhardt M, Kühne L, Mühlfeld A, Schreiber A, Gaedeke J, Tölle M, Jabs WJ, Özcan F, Markau S, Girndt M, Bauer F, Westhoff TH, Felten H, Hausberg M, Brand M, Gerth J, Bieringer M, Bommer M, Zschiedrich S, Schneider J, Elitok S, Gawlik A, Gäckler A, Kribben A, Schwenger V, Schoenermarck U, Roeder M, Radermacher J, Bramstedt J, Morgner A, Herbst R, Harth A, Potthoff SA, von Auer C, Wendt R, Christ H, Brinkkoetter PT, Menne J. Real-world data confirm the effectiveness of caplacizumab in acquired thrombotic thrombocytopenic purpura. *Blood Adv*. 2020 Jul 14;4(13):3085-3092. eng. Epub 2020/07/08. doi:10.1182/bloodadvances.2020001973. Cited in: Pubmed; PMID 32634236.
51. Kuhne L, Volker LA, Hagmann H, Hagele H, Osterholt T, Eichenauer DA, Thomas A, Breuer J, Gruttner B, Gottschalk I, Kann M, Benzing T, Thevis M, Muller AM, Brinkkoetter PT. First use of the anti-VWF nanobody caplacizumab to treat iTTP in pregnancy. *Br J Haematol*. 2022 Feb;196(3):e30-e33. Epub 20210929. doi:10.1111/bjh.17833. Cited in: Pubmed; PMID 34585743.
52. Odetola O, Martin KA, Dreyer M, Rajan P, Zakarija A, Stein BL. A safe and effective use of caplacizumab in pregnancy-related acquired thrombotic thrombocytopenic purpura. *Br J Haematol*. 2023 Aug;202(4):879-882. Epub 20230524. doi:10.1111/bjh.18888. Cited in: Pubmed; PMID 37226361.
53. Völker LA, Kaufeld J, Miesbach W, Brähler S, Reinhardt M, Kühne L, Mühlfeld A, Schreiber A, Gaedeke J, Tölle M, Jabs WJ, Özcan F, Markau S, Girndt M, Bauer F, Westhoff TH, Felten H, Hausberg M, Brand M, Gerth J, Bieringer M, Bommer M, Zschiedrich S, Schneider J, Elitok S, Gawlik A, Gäckler A, Kribben A, Schwenger V, Schoenermarck U, Roeder M, Radermacher J, Bramstedt J, Morgner A, Herbst R, Harth A, Potthoff SA, von Auer C, Wendt R, Christ H, Brinkkoetter PT, Menne J. ADAMTS13 and VWF activities guide individualized caplacizumab treatment in patients with aTTP. *Blood Adv*. 2020 Jul

14;4(13):3093-3101. eng. Epub 2020/07/08. doi:10.1182/bloodadvances.2020001987. Cited in: Pubmed; PMID 32634237.

54. Bhoopalan SV, Hankins J, George J, Ryder A, Onder AM, Puri L. Use of caplacizumab in a child with refractory thrombotic thrombocytopenic purpura. *Pediatr Blood Cancer*. 2019 Jul;66(7):e27737. eng. Epub 2019/03/30. doi:10.1002/pbc.27737. Cited in: Pubmed; PMID 30924605.

55. Kaczmarek V, Holle J, Astudillo R, Kempf C, Bufler P, Müller D. Caplacizumab for relapsing thrombotic thrombocytopenic purpura. *Pediatr Nephrol*. 2019 Sep;34(9):1625-1628. eng. Epub 2019/06/10. doi:10.1007/s00467-019-04281-z. Cited in: Pubmed; PMID 31177334.

56. Tripiciano C, Zangari P, Montanari M, Leone G, Massella L, Garaboldi L, Massoud M, Lancellotti S, Strocchio L, Manno EC, Palma P, Corsetti T, Luciani M. Case Report: Two Cases of Pediatric Thrombotic Thrombocytopenic Purpura Treated With Combined Therapy. *Front Pediatr*. 2021;9:743206. Epub 2021/11/20. doi:10.3389/fped.2021.743206. Cited in: Pubmed; PMID 34796152.

57. Veltroni M, Pegoraro F, Scappini B, Brugnolo F, Allegro E, Ermini S, Tondo A, Fotzi I, Bambi F, Favre C. Off-label caplacizumab as add-on therapy in a 9-year-old boy with refractory aTTP. *Ann Hematol*. 2022 Jun;101(6):1369-1371. Epub 2021/12/22. doi:10.1007/s00277-021-04740-4. Cited in: Pubmed; PMID 34932149.

58. Bergstrand M, Hansson E, Delaey B, Callewaert F, De Passos Sousa R, Sargentini-Maier ML. Caplacizumab Model-Based Dosing Recommendations in Pediatric Patients With Acquired Thrombotic Thrombocytopenic Purpura. *J Clin Pharmacol*. 2022 Mar;62(3):409-421. Epub 2021/10/27. doi:10.1002/jcph.1991. Cited in: Pubmed; PMID 34699078.

59. Tun NM, Villani GM. Efficacy of rituximab in acute refractory or chronic relapsing non-familial idiopathic thrombotic thrombocytopenic purpura: a systematic review with pooled data analysis. *J Thromb Thrombolysis*. 2012 Oct;34(3):347-59. eng. Epub 2012/05/02. doi:10.1007/s11239-012-0723-9. Cited in: Pubmed; PMID 22547089.

60. Lim W, Vesely SK, George JN. The role of rituximab in the management of patients with acquired thrombotic thrombocytopenic purpura. *Blood*. 2015 Mar 5;125(10):1526-31. eng. Epub 2015/01/13. doi:10.1182/blood-2014-10-559211. Cited in: Pubmed; PMID 25573992.

61. McDonald V, Manns K, Mackie IJ, Machin SJ, Scully MA. Rituximab pharmacokinetics during the management of acute idiopathic thrombotic thrombocytopenic purpura. *J Thromb Haemost*. 2010 Jun;8(6):1201-8. eng. Epub 2010/02/24. doi:10.1111/j.1538-7836.2010.03818.x. Cited in: Pubmed; PMID 20175870.

62. Beloncle F, Buffet M, Coindre JP, Munoz-Bongrand N, Malot S, Pene F, Mira JP, Galicier L, Guidet B, Baudel JL, Subra JF, Tanguy-Schmidt A, Pourrat J, Azoulay E, Veyradier A, Coppo P. Splenectomy and/or cyclophosphamide as salvage therapies in thrombotic thrombocytopenic purpura: the French TMA Reference Center experience. *Transfusion*. 2012 Nov;52(11):2436-44. eng. Epub 2012/03/13. doi:10.1111/j.1537-2995.2012.03578.x. Cited in: Pubmed; PMID 22404639.

63. Cataland SR, Jin M, Ferketich AK, Kennedy MS, Kraut EH, George JN, Wu HM. An evaluation of cyclosporin and corticosteroids individually as adjuncts to plasma exchange in the treatment of thrombotic thrombocytopenic purpura. *Br J Haematol*. 2007 Jan;136(1):146-9. eng. Epub 2006/10/31. doi:10.1111/j.1365-2141.2006.06384.x. Cited in: Pubmed; PMID 17069579.

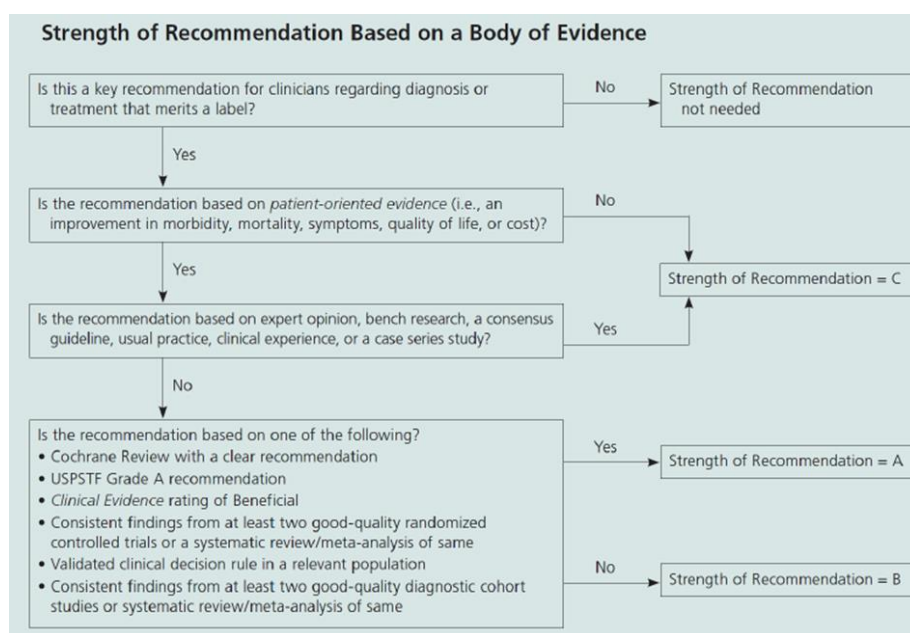
64. Cataland SR, Jin M, Lin S, Kennedy MS, Kraut EH, George JN, Wu HM. Cyclosporin and plasma exchange in thrombotic thrombocytopenic purpura: long-term follow-up with serial analysis of ADAMTS13 activity. *Br J Haematol*. 2007 Nov;139(3):486-93. eng. Epub 2007/10/04. doi:10.1111/j.1365-2141.2007.06819.x. Cited in: Pubmed; PMID 17910638.
65. Cataland SR, Kourlas PJ, Yang S, Geyer S, Witkoff L, Wu H, Masias C, George JN, Wu HM. Cyclosporine or steroids as an adjunct to plasma exchange in the treatment of immune-mediated thrombotic thrombocytopenic purpura. *Blood Adv*. 2017 Oct 24;1(23):2075-2082. eng. Epub 2018/01/04. doi:10.1182/bloodadvances.2017009308. Cited in: Pubmed; PMID 29296854.
66. Bobbio-Pallavicini E, Porta C, Centurioni R, Gugliotta L, Vianelli N, Tacconi F, Billio A, Ascari E. Vincristine sulfate for the treatment of thrombotic thrombocytopenic purpura refractory to plasma-exchange. The Italian Cooperative Group for TTP. *Eur J Haematol*. 1994 Apr;52(4):222-6. eng. Epub 1994/04/01. doi:10.1111/j.1600-0609.1994.tb00649.x. Cited in: Pubmed; PMID 8005232.
67. Durand JM, Lefevre P, Kaplanski G, Telle H, Soubeyrand J. Vincristine for thrombotic thrombocytopenic purpura. *Lancet*. 1992 Oct 17;340(8825):977-8. eng. Epub 1992/10/17. doi:10.1016/0140-6736(92)92869-h. Cited in: Pubmed; PMID 1357383.
68. Ferrara F, Annunziata M, Pollio F, Palmieri S, Copia C, Mele G, Pocali B, Schiavone EM. Vincristine as treatment for recurrent episodes of thrombotic thrombocytopenic purpura. *Ann Hematol*. 2002 Jan;81(1):7-10. eng. Epub 2002/01/25. doi:10.1007/s00277-001-0395-6. Cited in: Pubmed; PMID 11807628.
69. Ferrara F, Copia C, Annunziata M, Spasiano A, Di Grazia C, Palmieri S, Prossomariti L, Mele G. Vincristine as salvage treatment for refractory thrombotic thrombocytopenic purpura. *Ann Hematol*. 1999 Nov;78(11):521-3. eng. Epub 1999/12/22. doi:10.1007/s002770050549. Cited in: Pubmed; PMID 10602896.
70. Kappers-Klunne MC, Wijermans P, Fijnheer R, Croockewit AJ, van der Holt B, de Wolf JT, Lowenberg B, Brand A. Splenectomy for the treatment of thrombotic thrombocytopenic purpura. *Br J Haematol*. 2005 Sep;130(5):768-76. eng. Epub 2005/08/24. doi:10.1111/j.1365-2141.2005.05681.x. Cited in: Pubmed; PMID 16115135.
71. George JN. TTP: long-term outcomes following recovery. *Hematology Am Soc Hematol Educ Program*. 2018 Nov 30;2018(1):548-552. eng. Epub 2018/12/07. doi:10.1182/asheducation-2018.1.548. Cited in: Pubmed; PMID 30504356.
72. Jestin M, Benhamou Y, Schelpe AS, Roose E, Provot F, Galicier L, Hie M, Presne C, Poullin P, Wynckel A, Saheb S, Deligny C, Servais A, Girault S, Delmas Y, Kanouni T, Lautrette A, Chauveau D, Mousson C, Perez P, Halimi JM, Charvet-Rumpler A, Hamidou M, Cathebras P, Vanhoorelbeke K, Veyradier A, Coppo P. Preemptive rituximab prevents long-term relapses in immune-mediated thrombotic thrombocytopenic purpura. *Blood*. 2018 Nov 15;132(20):2143-2153. eng. Epub 2018/09/12. doi:10.1182/blood-2018-04-840090. Cited in: Pubmed; PMID 30201758.
73. Han B, Page EE, Stewart LM, Deford CC, Scott JG, Schwartz LH, Perdue JJ, Terrell DR, Vesely SK, George JN. Depression and cognitive impairment following recovery from thrombotic thrombocytopenic purpura. *Am J Hematol*. 2015 Aug;90(8):709-14. eng. Epub 2015/05/16. doi:10.1002/ajh.24060. Cited in: Pubmed; PMID 25975932.

74. Jiang Y, McIntosh JJ, Reese JA, Deford CC, Kremer Hovinga JA, Lammle B, Terrell DR, Vesely SK, Knudtson EJ, George JN. Pregnancy outcomes following recovery from acquired thrombotic thrombocytopenic purpura. *Blood*. 2014 Mar 13;123(11):1674-80. eng. Epub 2014/01/09. doi:10.1182/blood-2013-11-538900. Cited in: Pubmed; PMID 24398329.
75. Martin JN, Jr., Bailey AP, Rehberg JF, Owens MT, Keiser SD, May WL. Thrombotic thrombocytopenic purpura in 166 pregnancies: 1955-2006. *Am J Obstet Gynecol*. 2008 Aug;199(2):98-104. eng. Epub 2008/05/06. doi:10.1016/j.ajog.2008.03.011. Cited in: Pubmed; PMID 18456236.
76. Ferrari B, Maino A, Lotta LA, Artoni A, Pontiggia S, Trisolini SM, Malato A, Rosendaal FR, Peyvandi F. Pregnancy complications in acquired thrombotic thrombocytopenic purpura: a case-control study. *Orphanet J Rare Dis*. 2014 Nov 28;9:193. eng. Epub 2014/11/29. doi:10.1186/s13023-014-0193-6. Cited in: Pubmed; PMID 25431165.
77. Savignano C, Rinaldi C, De Angelis V. Pregnancy associated thrombotic thrombocytopenic purpura: Practical issues for patient management. *Transfus Apher Sci*. 2015 Dec;53(3):262-8. eng. Epub 2015/12/03. doi:10.1016/j.transci.2015.11.005. Cited in: Pubmed; PMID 26626962.
78. Loirat C, Coppo P, Veyradier A. Thrombotic thrombocytopenic purpura in children. *Curr Opin Pediatr*. 2013 Apr;25(2):216-24. eng. Epub 2013/02/21. doi:10.1097/MOP.0b013e32835e7888. Cited in: Pubmed; PMID 23422353.
79. Scully M. Thrombotic Thrombocytopenic Purpura and Atypical Hemolytic Uremic Syndrome Microangiopathy in Pregnancy. *Semin Thromb Hemost*. 2016 Oct;42(7):774-779. eng. Epub 2016/10/25. doi:10.1055/s-0036-1587683. Cited in: Pubmed; PMID 27648610.
80. Zuber J, Le Quintrec M, Krid S, Bertoye C, Gueutin V, Lahoche A, Heyne N, Ardissino G, Chatelet V, Noel LH, Hourmant M, Niaudet P, Fremeaux-Bacchi V, Rondeau E, Legendre C, Loirat C. Eculizumab for atypical hemolytic uremic syndrome recurrence in renal transplantation. *Am J Transplant*. 2012 Dec;12(12):3337-54. eng. Epub 2012/09/11. doi:10.1111/j.1600-6143.2012.04252.x. Cited in: Pubmed; PMID 22958221.

heeft opmaak toegepast: Engels (Verenigde Staten)

Bijlage 1 – SORT Grading

Sterkte van aanbevelingen op basis van SORT systematiek



Strength-of-Recommendation Taxonomy (SORT)

Code	Definition
A	Consistent, good-quality patient-oriented evidence *
B	Inconsistent or limited-quality patient-oriented evidence *
C	Consensus, disease-oriented evidence *, usual practice, expert opinion, or case series for studies of diagnosis, treatment, prevention, or screening

* Patient-oriented evidence measures outcomes that matter to patients: morbidity, mortality, symptom improvement, cost reduction, and quality of life. Disease-oriented evidence measures immediate, physiologic, or surrogate end points that may or may not reflect improvements in patient outcomes (e.g. blood pressure, blood chemistry, physiologic function, pathologic findings).

Consistency Across Studies

Consistent	Most studies found similar or at least coherent conclusions (coherence means that differences are explainable). or If high-quality and up-to-date systematic reviews or meta-analyses exist, they support the recommendation.
Inconsistent	Considerable variation among study findings and lack of coherence or If high-quality and up-to-date systematic reviews or meta-analyses exist, they do not find consistent evidence in favor of the recommendation.

Assessing Quality of Evidence

Study quality	Diagnosis	Treatment/prevention/screening	Prognosis
Level 1: good-quality, patient-oriented evidence	Validated clinical decision rule SR/meta-analysis of high-quality studies High-quality diagnostic cohort study*	SR/meta-analysis or RCTs with consistent findings High-quality individual RCT† All-or-none study‡	SR/meta-analysis of good-quality cohort studies Prospective cohort study with good follow-up
Level 2: limited-quality	Unvalidated clinical decision rule SR/meta-analysis of lower quality studies or studies with inconsistent findings Lower quality diagnostic cohort study or diagnostic case-control study	SR/meta-analysis of lower quality clinical trials or of studies with inconsistent findings Lower quality clinical trial Cohort study Case-control study	SR/meta-analysis of lower quality cohort studies or with inconsistent results Retrospective cohort study or prospective cohort study with poor follow-up Case-control study Case series
Level 3: other evidence	Consensus guidelines, extrapolations from bench research, usual practice, opinion, disease-oriented evidence (intermediate or physiologic outcomes only), or case series for studies of diagnosis, treatment, prevention, or screening		

*High-quality diagnostic cohort study: cohort design, adequate size, adequate spectrum of patients, blinding, and a consistent, well-defined reference standard.

†High-quality RCT: allocation concealed, blinding if possible, intention-to-treat analysis, adequate statistical power, adequate follow-up (greater than 80 percent).

‡In an all-or-none study, the treatment causes a dramatic change in outcomes, such as antibiotics for meningitis or surgery for appendicitis, which precludes study in a controlled trial.
(SR = systematic review; RCT = randomized controlled trial)

Bijlage 2 – Samenstelling Landelijke werkgroep aHUS

Radboudumc

Dr. N. van de Kar, kindernefroloog (nicole.vandekar@radboudumc.nl)

Prof. dr. J.F.M. Wetzels, nefroloog (jack.wetzels@radboudumc.nl)

AMC

Frederike Bemelman, internist-nefroloog

Tonny Bouts, kinderarts-nefroloog

Erasmus MC

Eiske Dorresteyn, kinderarts-nefroloog

Jacqueline van de Wetering, internist-nefroloog

MUMC

Flore Horuz, kinderarts-nefroloog

Pieter van Paassen, internist-nefroloog/immunoloog

LUMC

Roos van Rooij, kinderarts-nefroloog

Aiko de Vries, internist-nefroloog

UMC Groningen

Stefan Berger, internist-nefroloog

Valentina Gracchi, kinderarts-nefroloog

UMC Utrecht

Mandy Keijzer, kinderarts-nefroloog

Arjen van Zuijlen, internist-nefroloog

VUMC

Joost van der Heijden, internist-nefroloog

Ans van Wijk, kinderarts-nefroloog

Bijlage 3 – Kwaliteitseisen voor een centrum voor de behandeling van TTP

1. Het centrum is in staat te allen tijde (dag, nacht, weekend) plasmawisseling (alternatief: plasmafiltratie met citraat) te starten uiterlijk 4-6 uur na (verdenking op) de diagnose TTP.
2. Het centrum dient te alle tijde opvang en snelle start van behandeling te kunnen regelen voor een TTP patiënt uit de verwijzende ziekenhuizen.
3. Het klinisch chemisch laboratorium moet in staat zijn de ADAMTS13 uitslag binnen 2 werkdagen bekend te laten zijn.
4. Poliklinische nazorg dient geleverd te worden met aandacht voor de lange termijn gevolgen van TTP en regelmatig ADAMTS13 metingen.
5. Behandeling met caplacizumab dient overlegd te worden met en getoetst te worden door een lid van de TTP werkgroep. Indien overleg vóóraf aan start niet mogelijk is (nacht, weekend, zeer spoedeisende situatie), dient dit uiterlijk de eerstvolgende werkdag plaats te vinden.
6. Één van de behandelaren in een centrum is lid van de TTP werkgroep.

Bijlage 4 – Behandelcentra in NL met toegang tot caplacizumab

Anno maart 2024 ~~Op moment van publicatie van deze richtlijn~~ heeft de commissie Beoordeling Add-on Geneesmiddelen van Zorgverzekeraars Nederland (cieBAG) een positief oordeel afgegeven en is behandeling met caplacizumab in onderstaande centra mogelijk:

Albert Schweitzer Ziekenhuis, Dordrecht
Amphia Ziekenhuis, Breda
Amsterdam Universitair Medisch Centrum, Amsterdam
Catharina Ziekenhuis, Eindhoven
Erasmus Medisch Centrum, Rotterdam
Flevoziekenhuis, Almere
Franciscus Gasthuis, Rotterdam
Gelre Ziekenhuizen, Apeldoorn
HagaZiekenhuis, Den Haag
Isala Kliniek, Zwolle
Jeroen Bosch Ziekenhuis, 's Hertogenbosch
Leids Universitair Centrum, Leiden
Maasstad Ziekenhuis, Rotterdam
Maastricht Universitair Centrum, Maastricht
Maxima Medisch Centrum, Eindhoven
Meander MC, Amersfoort
Medisch Centrum Leeuwarden, Leeuwarden
Medisch Spectrum Twente, Enschede
OLVG, Amsterdam
Radboud Universitair Medisch Centrum, Nijmegen
Rijnstate Ziekenhuis, Arnhem
St. Antonius, Nieuwegein
Universitair Medisch Centrum Groningen, Groningen
Universitair Medisch Centrum Utrecht, Utrecht
Zuyderland, Heerlen

~~Op moment van publicatie van deze richtlijn is een aanvraag in behandeling voor het Amphia Ziekenhuis, Breda.~~

Bijlage 5 – Berekening totaal bloedvolume

Nadler formule totaal bloedvolume (L)(42)

- Man: $(0.3669 \cdot \text{Ht}^3) + (0.03219 \cdot \text{G}) + 0.6041$.
- Vrouw: $(0.3561 \cdot \text{Ht}^3) + (0.03308 \cdot \text{G}) + 0.1833$

Waarbij: Ht = hematocriet; G = gewicht (kg)

Linderkamp monogram(43)

Trek een lijn tussen gewicht en lengte en lees het bijbehorende bloedvolume af op de voor geslacht en leeftijd specifieke verticale balk.

