

Specialistische reanimatie van kinderen

8

Specialistische reanimatie van kinderen

Hoewel een kinderreanimatie vrij weinig voorkomt, kan iedere zorgprofessional ermee in aanraking komen. Vroegtijdige herkenning en directe adequate behandeling van een vitaal bedreigd kind kunnen een circulatiestilstand voorkomen en zijn dus van levensbelang. In Nederland vinden er jaarlijks ongeveer 300 kinderreanimaties buiten het ziekenhuis plaats¹.

De kans op overleving is ongeveer 30-40% in Nederland.

De incidentie en de kans op overleving van een circulatiestilstand bij kinderen in het ziekenhuis ligt hoger.

Inleiding

Dit hoofdstuk begint met een beschrijving van de preventie van circulatiestilstand bij kinderen. Voor verdere informatie en behandelprotocollen wordt verwezen naar het APLS-boek, de EPALS-virtual learning environment (VLE), landelijke therapeutische richtlijnen (o.m. van de Nederlandse Vereniging voor Kindergeneeskunde) en de gratis app *Spoeisende Hulp bij Kinderen*.

Dit hoofdstuk beschrijft de richtlijnen voor de specialistische reanimatie van kinderen door medische professionals. De principes zijn toepasbaar op zowel de intramurale als de prehospitalische zorg, waarbij essentiële apparatuur, waaronder masker en beademingsballon, voorhanden zijn.

Pediatrieche basic life support (PBLS) is onontbeerlijk voor een succesvolle reanimatie. Deze wordt in het vorige hoofdstuk beschreven (zie hoofdstuk 7: Basale reanimatie van kinderen). Aanpassingen van PBLS voor zorgprofessionals in een goed uitgeruste omgeving worden in beide hoofdstukken opgenomen. Zorgprofessionals moeten ook bekwaam zijn in PBLS zonder gebruik van hulpmiddelen.

Deze richtlijn is bedoeld voor kinderen van alle leeftijden, met uitzondering van de opvang van de pasgeborene tijdens de transitie van intra-uterien naar extra-uterien (zie hoofdstuk 10: Reanimatie en ondersteuning van de transitie van de pasgeborene). Waar relevant, wordt in het huidige hoofdstuk een onderscheid gemaakt tussen kinderen onder de leeftijd van één jaar – hierin ‘zuigelingen’ genoemd – en ‘oudere kinderen’. Het kan lastig zijn een adolescent van een volwassene te onderscheiden. Gebruik de richtlijn voor volwassenen als je meent met een volwassene te maken te hebben, gebruik anders de richtlijn voor kinderen.

Een team-gerichte benadering, goede communicatie en samenwerking zijn ook bij kinderreanimaties van essentieel belang. Aandacht voor de ouders/verzorgers is ook essentieel. Zodra voldoende hulpverleners aanwezig zijn, moet een aangewezen teamlid de ouders/verzorgers begeleiden.

Kernboodschappen

- Vroegtijdige herkenning en systematische behandeling van het vitaal bedreigde kind zijn cruciaal bij de preventie van een circulatiestilstand. Roep direct professionele hulp in (bv. spoedinterventie- of reanimatieteam) zodra het kind vitaal bedreigd lijkt. Wacht niet op een circulatiestilstand.
- Hypoxie is de meest voorkomende oorzaak van een circulatiestilstand bij kinderen. Begin daarom een kinderreanimatie altijd met beademingen (ABC-methodiek).
- Schokbare ritmes komen vaak bij adolescenten voor maar kunnen ook bij kinderen ontstaan. Sluit bij elke kinderreanimatie zo snel mogelijk een defibrillator aan.
- Tijdige herkenning en behandeling van de oorzaak van de circulatiestilstand en goede post-reanimatiebehandeling zorg zijn essentieel voor een goede overleving. Overleg vroegtijdig met een kinderintensivist.
- Identificeer een circulatiestilstand op basis van abnormale of afwezige ademhaling en het ontbreken van andere tekenen van leven (bv. hoesten, kokhalzen, actief ogen openen of spontaan bewegen) en/of reeds gemonitorde vitale parameters (bv. verandering van ECG, verlies van het SpO₂-signaal, verlies van ETCO₂, afvlakken van de arteriële lijn).

Veranderingen in de richtlijnen van de specialistische reanimatie van kinderen

- Roep zo snel mogelijk professionele hulp in zodra je een circulatiestilstand vermoedt.
- Beschouw een bradycardie (<60/min) mét tekenen van een slechte circulatie ondanks adequate ademhalingsondersteuning als een circulatiestilstand, zelfs indien er nog pulsaties palpabel zijn.
- Plaats de defibrillatorelektroden in de anteroposterieure positie bij zuigelingen en kinderen die gemakkelijk op de zij gedraaid kunnen worden (ongeveer tot 8 jaar en 25 kg). Gebruik de anterolaterale positie bij grotere kinderen en adolescenten.
- Overweeg een hogere energiedosis (tot 8 J/kg, max. 360 J) indien een schokbaar ritme na de vierde schok persisteert. Overweeg ook een alternatieve positie van de defibrillatorelektrodes (vectorverandering). (Hierbij wijken we af van de ERC richtlijn 2025 omwille van uniformiteit met de NRR richtlijn Specialistische reanimatie van volwassenen (hoofdstuk 5)).

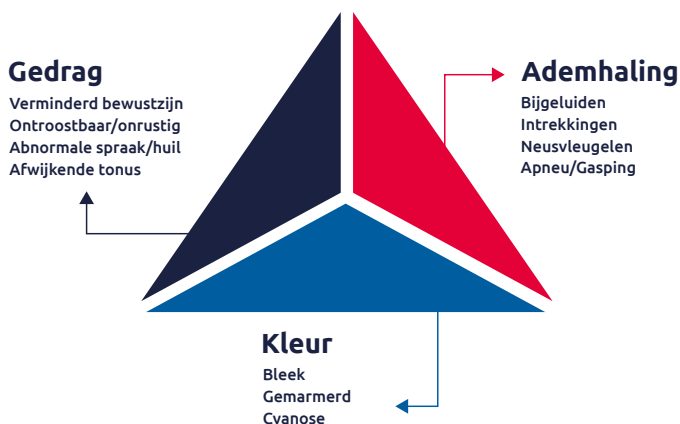
- Behandel hypoglykemie met 0,2 g/kg glucose (bv. 2 ml/kg glucose 10%).
- Geef bij een circulatiestilstand als gevolg van hyperkaliëmie IV insuline met glucose en IV salbutamol. Geef geen calcium of natriumbicarbonaat.
- Geef bij een circulatiestilstand met een kerntemperatuur lager dan 30 °C een enkele dosis adrenaline, tenzij het kind direct op extracorporale life-support zal worden aangesloten. Geef in dat geval geen adrenaline.
- Houd na ROSC de MAP en systolische bloeddruk boven het 10^e percentiel voor de leeftijd (zie hoofdstuk 9: Post-reanimatiebehandeling voor kinderen).

Preventie van circulatiestilstand bij kinderen

De oorzaak en pathofysiologie bij vitaal bedreigde kinderen verschillen van die bij volwassenen. Bij kinderen komt een secundaire circulatiestilstand als gevolg van respiratoir falen, hypoxie of shock (denk aan: respiratoire infectie, sepsis, verdrinking en trauma) vaker voor dan een primaire circulatiestilstand door een ritmestoornis. Bij adolescenten, kinderen met cardiale afwijkingen en kinderen opgenomen op een afdeling intensive care, komen ritmestoornissen relatief vaker voor.

Herkennen van een vitaal bedreigd kind

De Paediatric Assessment Triangle kan gebruikt worden om een ziek kind te screenen op bedreigde vitale functies (Figuur 8.1).



Figuur 8.1 - Paediatric Assessment Triangle (PAT)

Indien op basis van deze 'snelle beoordeling' het kind potentieel vitaal bedreigd lijkt, moet onmiddellijk een systematische beoordeling volgens de ABCDE-methodiek worden uitgevoerd. De ABCDE-methodiek wordt gebruikt voor het prioriteren en uitvoeren van de noodzakelijke behandeling. De volgende principes zijn hierbij belangrijk:

- Behandel elk direct levensbedreigend probleem zodra het wordt vastgesteld. Ga daarna verder met de beoordeling.
- Beoordeel het effect van elke ingezette behandeling.
- Gebruik meerdere variabelen om een vitaal bedreigd kind te herkennen, zoals hieronder wordt toegelicht, aangezien geen enkel teken op zichzelf hierop duidt. Voor elke observatie of meting geldt dat de trend belangrijker is dan een enkele meting.
- Herbeoordeel het kind frequent en in ieder geval bij elke verandering van de vitale functies.
- Zorg voor een goede samenwerking binnen het zorgteam om de beoordeling en de behandeling zo efficiënt mogelijk te laten verlopen. Zorg voor voldoende personeel en apparatuur. Gebruik cognitieve hulpmiddelen.

Hoewel de ABCDE-methodiek stapsgewijs wordt beschreven, kunnen interventies in de praktijk het beste worden uitgevoerd door meerdere teamleden die op een gecoördineerde manier gelijktijdig handelen.

Het gebruik van een scoringssysteem (bv. de Dutch paediatric early warning score/Dutch PEWS) kan helpen om vitaal bedreigde kinderen te identificeren. Dit in combinatie met tijdige interventie door een spoedinterventieteam (SIT) kan een ademhaling- of circulatiestilstand voorkomen. Hierdoor kan de morbiditeit en mortaliteit worden verminderd. Ieder ziekenhuis moet daarom het gebruik van een soortgelijk systeem sterk overwegen.

Tekenen van respiratoir falen (A + B)

- Te hoge of te lage ademfrequentie voor de leeftijd.
- Toegenomen ademarheid, zoals: intrekkingen, neusvleugelen, stridor, wheeze, kreunen en gebruik van hulpademhalingsspieren.
- Afgenomen teugvolume, zich uitend in een oppervlakkige ademhaling, verminderde thoraxexcursie en verminderd of geen ademgeruis bij auscultatie.
- Hypoxemie (met of zonder extra zuurstof), vaak zichtbaar als cyanose, maar bij voorkeur gemeten met een saturatiemeter.
- Systemische effecten van respiratoir falen zoals: tachycardie, bradycardie, agitatie, verminderd bewustzijn, marmeren van de huid en bleekheid.
- Overweeg het gebruik van capnografie, bloedgasanalyse, X-thorax en echografie van de thorax bij de beoordeling van A + B.

Onder bepaalde omstandigheden, waarbij het kind niet in staat is om de ademarheid te verhogen (bv. neurologische aandoeningen, spierziekten, intoxicaties en uitputting), kan respiratoir falen bestaan zonder tekenen van verhoogde ademarheid.

Tekenen van circulatoir falen (C)

- Tachycardie of bradycardie.
- Afgenomen perifere perfusie zoals: zwakke of afwezige perifere pulsaties, bleekheid, gemarmerde huid en lage huidtemperatuur.
- Verlengde capillaire refill-tijd (een normale capillaire refill-tijd sluit circulatoir falen niet uit).
- Verlaagde bloeddruk (laat teken).
- Afgenomen urineproductie.
- Tekenen van hartfalen zoals: vergrote lever, longcrepitaties, distensie van de vena jugularis, galloppritme, perifeer oedeem.

Stel de ernst van de shock vast. Bepaal serum lactaat en bloedgasanalyse. Probeer het type shock (hypovolemisch, cardiogeen, obstructief, distributief en dissociatief) en de oorzaak te identificeren. Echografie kan hierbij behulpzaam zijn.

Tekenen van neurologisch falen (D)

- Verminderd bewustzijn: gebruik hiervoor de AVPU (Alert, Verbaal, Pijn, Unresponsive) score of de (pediatrische) Glasgow Coma Scale (GCS). Bij een AVPU-score van P of U of een GCS van 8 of minder kan de bovenste luchtweg bedreigd zijn.
- Pupilafwijkingen: beoordeel de grootte, symmetrie en reactiviteit op licht van beide pupillen.
- Houdingsafwijkingen: beoordeel of het kind een afwijkende houding aanneemt (strekken, abnormaal buigen, lateralisatie).
- Convulsies en andere abnormale bewegingen.
- Abnormale reflexen (bv. doll's-eye reflex).
- Abnormaal ademhalingspatroon (bv. Cheyne-Stokes-ademhaling).
- De trias van Cushing (bradycardie, hypertensie en abnormale ademhaling).

Controleer de bloedglucose bij elk kind met een veranderd bewustzijn.

Overweeg urgente radiologische beeldvorming bij nieuw ontstane onverklaarde tekenen van neurologisch falen.

Overige tekenen van een vitaal bedreigd kind (E)

- Meet de kerntemperatuur.
- Inspecteer de huid. Let bv. op petechiën en purpura.

Alarmsymptomen

Bradycardie is een laat en ominus teken bij respiratoir, circulatoir of neurologisch falen.

Verminderd bewustzijn is een laat en ominus teken bij respiratoir of circulatoir falen.

Overleg bij een vitaal bedreigd kind, ook bij twijfel, laagdrempelig met een kinderintensivist en zeker in geval van een (dreigende) circulatiestilstand.

De behandeling van het vitaal bedreigde kind

- Bel direct, of laat direct bellen, om professionele hulp (bv. spoedinterventie- of reanimatieteam) zodra blijkt dat het kind vitaal bedreigd kan zijn. Wacht niet op een reanimatiesituatie.

De behandeling van respiratoir falen

- Open de luchtweg en houd deze open. Zuig eventuele secreties voorzichtig uit.
- Overweeg een orofaryngeale of nasofaryngeale tube bij een kind dat een verminderde kokhalsreflex heeft. Een nasofaryngeale tube kan ook gebruikt worden bij een kind met intact bewustzijn.
- Behandel hypoxemie en voorkom onnodige hyperoxemie.
- Geef 100% zuurstof bij een verdenking van (dreigend) respiratoir of circulatoir falen, wanneer een betrouwbare saturatiemeting niet mogelijk is.
- Start zuurstoftherapie bij een gemeten saturatie van $< 94\%$.
- Titreer zuurstofconcentratie naar een saturatie van 94-98%. Bouw zuurstof dus actief af.
- Geef geen preventieve zuurstoftherapie aan kinderen zonder hypoxie of zonder (dreigend) respiratoir of circulatoir falen.
- Overweeg het vroegtijdig starten van high-flow zuurstof therapie (bv. Optiflow®) bij kinderen met hypoxemie.
- Beadem bij inadequate ademhaling met een passend gezichtsmasker en ballon. Gebruik hierbij zo nodig een orofaryngeale tube.
- Overweeg een larynxmasker bij moeizame beademing met masker en ballon.
- Overweeg intubatie en beademing, wanneer de benodigde apparatuur en expertise voorhanden zijn. Endotracheale beademing is de meest betrouwbare manier om getitreerde zuurstof en PEEP toe te dienen en te beademen. Orale intubatie met een gecuffte tube heeft bij de acute opvang de voorkeur.
- Vernevel met 5 mg adrenaline bij bovenste luchtwegobstructie door laryngitis subglottica of anafylaxie. Geef tevens dexamethason (PO/IV) bij laryngitis subglottica.
- Geef salbutamol (inhalatie of continu IV) bij verdenking bronchusobstructie. Geef bij acuut ernstig astma ook magnesiumsulfaat en systemische steroïden. Geef bij anafylaxie ook adrenaline 10 microg/kg IM.

Kind met tracheacanule

Ouders/ verzorgers van een kind met een tracheacanule beschikken in het algemeen over een noodplan en extra materialen voor een noodsituatie.

- Wees bedacht op een obstructie van de tracheacanule bij een kind met respiratoir falen.
- Zuig de tracheacanule uit om de obstructie op te heffen.
- Als het niet lukt om de zuigslang op te schuiven, verwijder dan onmiddellijk de tracheacanule en breng een nieuwe in (of vraag ouders/verzorgers om een nieuwe in te brengen) van dezelfde maat of een maat kleiner.
- Geef, als de bovenste luchtweg van het kind doorgankelijk is, zuurstof of masker- en ballonbeademing via de neus en de mond. Laat iemand anders het tracheostomie-gat dichthouden.
- Geef, als de bovenste luchtweg van het kind *niet* doorgankelijk is, zuurstof en/of masker- en ballonbeademing via het tracheostomie-gat. Gebruik hiervoor een klein gezichtsmasker of het einde van een klein larynxmasker boven de opening van de tracheostomie.
- Plaats in een noodsituatie een endotracheale tube via de bovenste luchtweg (indien doorgankelijk) of via het tracheostomie-gat.

De behandeling van circulatoir falen

- Zorg voor een open luchtweg, dien 100% zuurstof toe en beadem indien nodig.
- Breng direct een perifere infuus in. Overweeg hierbij het gebruik van echografie. In een spoedeisende situatie (niet bij reanimatie) moet binnen vijf minuten een infuus geplaatst zijn. Gebruik anders een botnaald.
- Overweeg adequate analgesie (bv. nasaal) bij het inbrengen van een botnaald, als het kind bij bewustzijn is.
- Geef een vochtbolus van 10 ml/kg IV/IO bij kinderen met tekenen van shock. Herhaal zo nodig de vochtbolus. Wees terughoudend met vulling bij *cardiogene shock*.
- Gebruik een isotone kristalloïde vloeistof als eerste keus (bv. ringerlactaat).
- Beoordeel na elke bolus het effect op de klinische toestand van het kind, kijk actief naar tekenen van overvulling en hartfalen.
- Bij *septische shock* is vaak 40-60 ml/kg IV/IO vocht in het eerste uur van de opvang nodig.
- Geef bij *hemorragische shock* maximaal 20 ml/kg IV/IO kristalloïden. Geef zo vroeg mogelijk bloedproducten waarbij de focus moet liggen op het behouden van het zuurstoftransport en het optimaliseren van de stolling (geef bv. 1:1 ratio van erytrocyten en plasma, met trombocyten, fibrinogeen en overweeg andere stollingsfactoren). Geef zo snel mogelijk (zeker < 3 uur na het trauma) tranexaminezuur 15 mg/kg IV/IO (max. 1 g) aan alle kinderen met ernstig trauma en/of significant bloedverlies.
- Overweeg het gebruik van echografie voor het beoordelen van de vullingstoestand en contractiliteit van het hart.

- Start in een vroeg stadium met inotropica of vasopressoren als continue infusie via een perifeer infuus (gebruik in dit geval een lage concentratie) of centraal veneuze lijn. Titreer de dosis op basis van de cardiovasculaire parameters.
- Geef antibiotica bij verdenking van *sepsis* < 1 uur na herkenning.
- Geef adrenaline 10 microg/kg IM bij *anafylaxie*.
- Zoek bij shock als gevolg van een *tachyritmie* vroegtijdig het advies van een kindercardioloog. Laat tijdens alle handelingen een ECG met twaalf afleidingen lopen. Zoek naar en corrigeer uitlokkende factoren (bv. elektrolyetstoornissen of intoxicaties).
- Identificeer een *supraventriculaire tachycardie* op basis van:
 - ▶ een zeer hoge hartfrequentie (bv. > 220/min bij zuigelingen);
 - ▶ moeilijk herkenbare P-toppen;
 - ▶ het ontbreken van variabiliteit in hartfrequentie;
 - ▶ abrupt ontstaan;
 - ▶ het ontbreken van een aannemelijke andere oorzaak van de tachycardie/shock (bv. hypovolemie a.g.v. gastro-enteritis of sepsis).
- Bij een kind in ernstige, gedecompenseerde shock op basis van een *tachyritmie (met een smal of breed QRS-complex)*:
 - ▶ Cardioverteer (dus synchroon) met 1 J/kg. Verdubbel de energie bij iedere poging tot een maximum van 4 J/kg (d.w.z. 1 - 2 - 4 J/kg). Herbeoordeel kort het ritme en tekenen van leven na iedere poging. Indien het kind nog bij bewustzijn is, zorg voor adequate analgesedatie (bv. IV/IO of nasaal ketamine, midazolam of fentanyl).
- Bij een kind met een *smal-complex tachyritmie* (meestal supraventriculair - SVT) zonder ernstige shock:
 - ▶ Voer vagale manoeuvres uit (bv. ijswater of de Valsalva-manoeuvere).
 - ▶ Geef adenosine 100-200 microgram/kg IV/IO (max. 6 mg) als een snelle bolus via een goed lopend infuus gevolgd door een flush NaCl 0,9 %. Geef zo nodig een tweede dosis van adenosine 300 microgram/kg IV/IO en een derde dosis van adenosine 500 microgram/kg IV/IO (max. 12 mg). Wacht 1-2 minuten tussen toedieningen.
- Bij een kind met een *breed-complex tachycardie* (meestal ventriculair - VT) zonder ernstige shock:
 - ▶ Geef amiodaron 5 mg/kg in 60 minuten IV/IO in overleg met een kindercardioloog.
 - ▶ Geef bij torsade de pointes magnesiumsulfaat 50 mg/kg in 3 minuten IV/IO (max. 2 g) in overleg met een kindercardioloog.

Herbeoordeel het kind met een verdenking van shock frequent. Aanvullende monitoring (arteriële en centraal-veneuze drukmeting), arteriële en centraal-veneuze bloedgasanalyse en ander laboratoriumonderzoek (bv. lactaat) zijn vaak nodig om het kind optimaal te bewaken en te behandelen.

De behandeling van neurologisch falen

Neurologisch falen dient snel herkend en behandeld te worden, omdat secundair cerebraal letsel (als gevolg van bijvoorbeeld hypoxie en hypotensie) toeneemt met uitstel van de behandeling.

- Zorg voor adequate oxygenatie en circulatie.
- Behandel hypoglykemie direct met 0,2 g/kg glucose IV/IO (bv. 2 ml/kg glucose 10%) gevolgd door een onderhoudsinfuus.
- Behandel elektrolytafwijkingen (bv. hyper- of hyponatriëmie).
- Behandel convulsies volgens de NVK-richtlijn.
- Start bij verdenking van verhoogde intracraniele druk direct met druk-verlagende therapie, door middel van intubatie en normocapnische beademing, elevatie van het hoofdeinde van het bed met 30° met het hoofd in de middenlijn, NaCl 3% 3 ml/kg IV/IO in 15 minuten (tweede keuze mannitol 0,25-1,0 g/kg IV/IO), adequate sedatie en pijnstilling.
- Geef antibiotica en dexamethason bij verdenking van meningitis.

Volgorde van handelen bij specialistische reanimatie van kinderen (zie algoritme)

Hieronder wordt de specialistische reanimatie van kinderen stap voor stap beschreven. Men moet zich echter realiseren dat reanimatie altijd in teamverband plaatsvindt en dat met goede samenwerking vele interventies gelijktijdig kunnen verlopen. Reanimatieteams dienen regelmatig te trainen op het gebied van kennis, vaardigheid en alle aspecten van teamwork om de 'choreografie' van het reanimeren te optimaliseren.

Ga door met de basale reanimatie zoals beschreven in het hoofdstuk 7: Basale reanimatie van kinderen. Zorgprofessionals dienen de PBLS-richtlijn op de volgende wijze aan te passen:

- Roep de hulp van een collega in zodra er klinische verslechtering optreedt. Wacht niet op een circulatiestilstand.
 - Bel zelf direct, of laat direct bellen, voor professionele hulp (bv. spoedinterventie- of reanimatieteam) zodra blijkt dat het kind vitaal bedreigd kan zijn.
 - Gebruik de jaw-thrust-manoeuvre om de luchtweg te openen in geval van trauma of als de head-tilt/chin-lift manoeuvre niet effectief is.
 - Identificeer een circulatiestilstand op basis van abnormale of afwezige ademhaling en het ontbreken van andere tekenen van leven (bv. hoesten, kokhalzen, actief ogen openen of spontaan bewegen) en/of reeds gemonitorde vitale parameters (bv. verandering van ECG, verlies van het SpO₂-signaal, verlies van ETCO₂, afvlakken van de arteriële lijn).
- Beschouw een bradycardie (< 60/min) mét tekenen van een slechte circulatie ondanks

Specialistische reanimatie van kinderen (K-ALS)



ALARMEER
REANIMATIETEAM
OF BEL 112



Identificeer en behandel reversibele oorzaken (4 H's en 4 T's)



Tijdens de reanimatie

- Zorg voor goede thoraxcompressies (frequentie, diepte, recoil) en minimaliseer onderbrekingen (< 5 s)
- Beadem met 100% zuurstof
- Gebruik capnografie
- Zoek IV/IO toegang
- Geef adrenaline elke 4 min. (10 microg/kg, max. 1 mg)
- Geef amiodaron na de 3° en 5° schok (5 mg/kg, 1° dosis max. 300 mg, 2° dosis max. 150 mg)
- Geef na intubatie continue thoraxcompressies:
 - 0-1 jr: 25/min
 - 1-8 jr: 20/min
 - 8-12 jr: 15/min
 - > 12 jr: 10/min

Overweeg

- Echografie
- Verhogen van de energie na de 4° schok (max. 8 J/kg of 360 J) en/of verplaatsen van de defibrillatorelektroden
- Intubatie / larynxmasker
- Extracorporale reanimatie (eCPR)

Behandel reversibele oorzaken (4 H's / 4 T's)

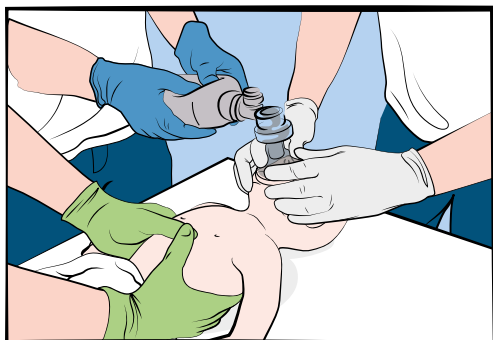
- Hypoxie
- Hypovolemie
- Hypo/hyperkaliëmie
- Hypo/hyperthermie
- Trombose (long/coronair)
- Tensie (spannings-) pneumothorax
- Tamponnade (hart)
- Toxinen

Start post-reanimatiebehandeling direct na herstel van de spontane circulatie (ROSC)

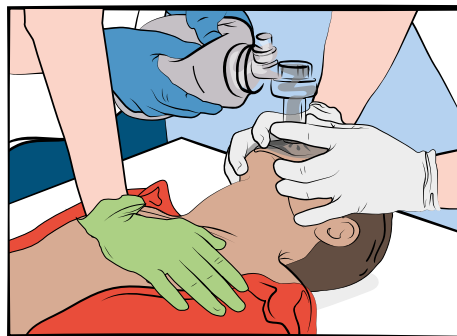
- Streef naar SaO_2 94-98% en normocapnie
- Voorkom hypotensie (kinderen: SBP en MAP > P10; pubers: MAP > 60 mmHg, SBP > 100 mmHg)
- Voorkom hypoglykemie
- Behandel epileptische aanvallen
- Zoek en behandel de onderliggende oorzaak
- Doelgericht temperatuurmanagement

adequate ademhalingsondersteuning als een circulatiestilstand, zelfs indien er nog pulsaties palpabel zijn.

- Begin direct de reanimatie met vijf beademingen bij voorkeur met masker en ballon met 100% zuurstof. Gebruik twee handen om de bovenste luchtweg te openen en het masker zonder lekkage te laten aansluiten. Laat een andere hulpverlener in de ballon knijpen. Beadem met een inspiratietijd van ongeveer één seconde en zorg voor adequate thoraxexpansie.
- Laat een andere hulpverlener zo snel mogelijk een AED en/of de reanimatiekar met defibrillator halen.
- Zet, waar mogelijk, het bed in de reanimatiestand om de hardheid van het matras te vergroten.
- Laat degenen die borstcompressies uitvoeren minstens elke twee minuten wisselen.



Figuur 8.2 - PBLS bij een zuigeling met masker- en ballonbeademing



Figuur 8.3 - PBLS bij een kind met masker- en ballonbeademing

Beoordeel het hartritme

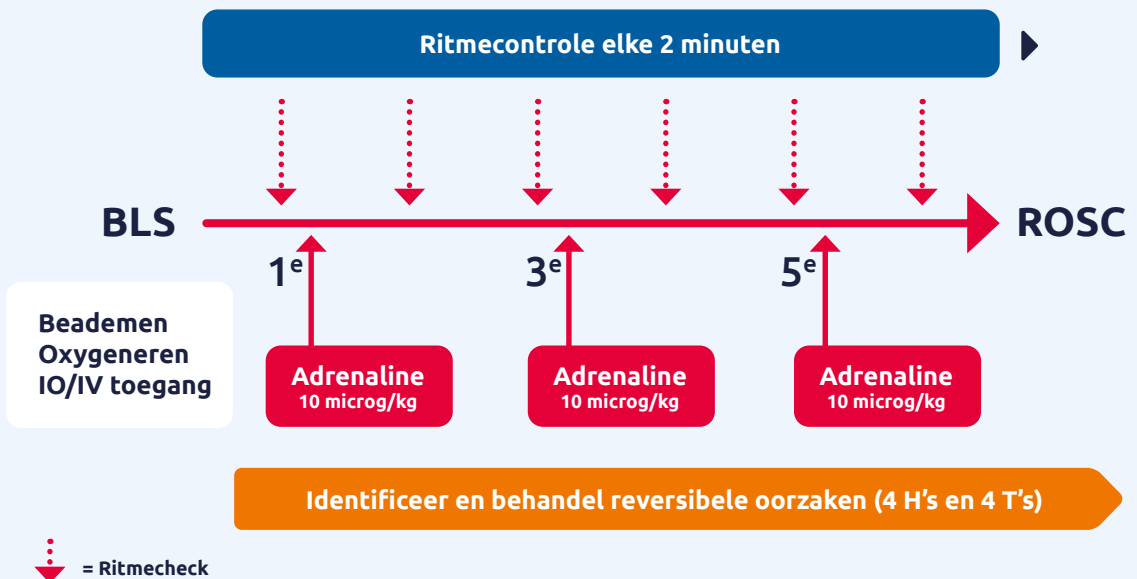
- Sluit direct zelfklevende defibrillatorelektroden aan om het hartritme te beoordelen. Gebruik, indien de defibrillator nog niet ter plekke is, ECG-elektroden en plak deze zodanig dat ze plaatsing van defibrillator-elektroden niet belemmeren.
- Maak een onderscheid tussen een schokbaar ritme (ventrikelfibrilleren (VF) of ventrikeltachycardie zonder output (pVT)) en een niet-schokbaar ritme (asystolie, polsloze elektrische activiteit (PEA) of bradycardie met slechte circulatie). Beschouw bij twijfel (bv. fijnmazig VF) het ritme als schokbaar.

Circulatiestilstand met een niet-schokbaar ritme

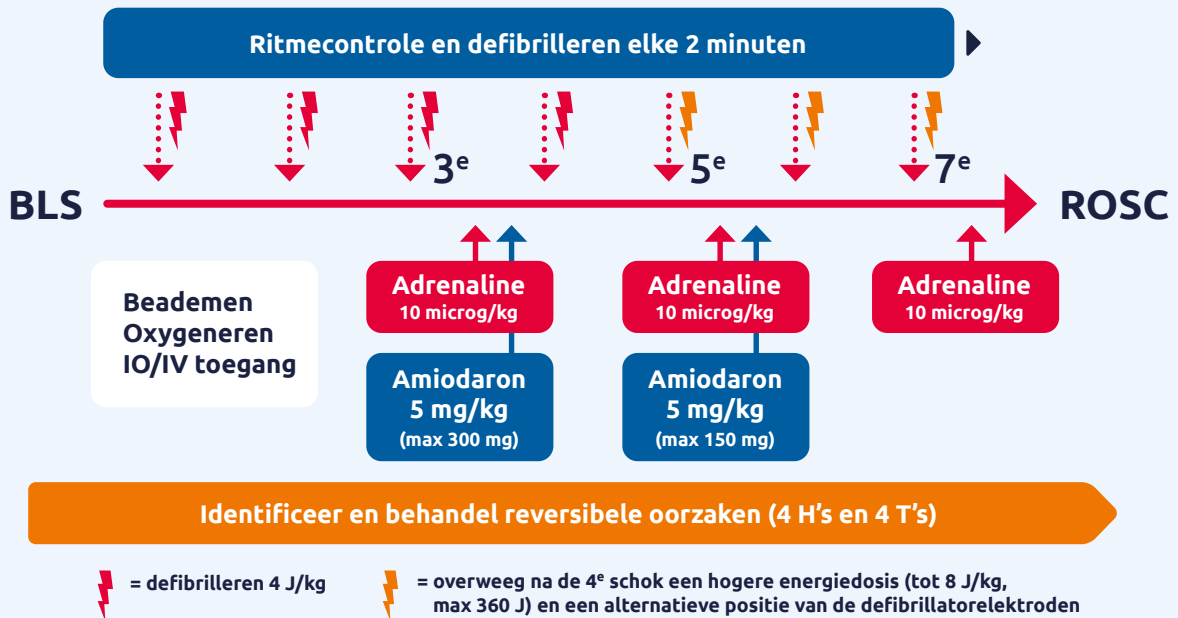
Circulatiestilstand met een niet-schokbaar ritme (asystolie, PEA of bradycardie met slechte circulatie) is de meest voorkomende vorm van circulatiestilstand bij kinderen.

- Zorg voor intravasculaire toegang (IV/IO).
- Geef direct adrenaline 10 microg/kg IV/IO (max. 1 mg).
- Denk ondertussen aan reversibele oorzaken en behandel deze direct (4 H's en 4 T's, zie onder).
- Herhaal de volgende cyclus:
 - ▶ Beoordeel elke twee minuten het ritme op de defibrillator. De totale onderbreking van borstcompressies voor een ritmecheck mag maximaal 5 seconden duren.
 - ▶ Herhaal de dosis van adrenaline 10 microg/kg IV/IO (max. 1 mg) iedere 4 minuten (bv. na iedere tweede ritmebeoordeling) zolang de circulatiestilstand persisteert.
 - ▶ Schakel over naar het algoritme voor een schokbaar ritme als het ritme verandert in VF of VT zonder output.
 - ▶ Onderbreek de borstcompressies zo kort mogelijk (maximaal 5 seconden). Ga door met de reanimatie als er geen tekenen van leven zijn, of u twijfelt. Als het kind duidelijke tekenen van leven laat zien, ga over op post-reanimatiebehandeling (zie hoofdstuk 9: Post-reanimatiebehandeling van kinderen).

Reanimatie bij een niet-schokbaar ritme (asystolie/ PEA/bradycardie met een slechte circulatie)



Circulatiestilstand met een schokbaar ritme (VF/pVT)



Circulatiestilstand met een schokbaar ritme

Circulatiestilstand met een schokbaar ritme (ventrikelfibrilleren (VF) of ventriculaire tachycardie zonder output (pVT)) komt vaker voor bij adolescenten en kinderen met een cardiale aandoening. Defibrilleer onmiddellijk met één schok van 4 J/kg (naar boven afronden, max. 200 J) ongeacht de amplitude van VF.

- Laad onmiddellijk de defibrillator op. Continueer de borstcompressies tijdens het opladen. Onderbreek de borstcompressies zo kort mogelijk (< 5 seconden) rondom het defibrilleren.
- Hervat de borstcompressies meteen na de schok zonder eerst het ritme te beoordelen of naar tekenen van leven te zoeken.
- Denk ondertussen aan reversibele oorzaken en behandel deze direct (4 H's en 4 T's, zie onder).

Na twee minuten:

- Laad de defibrillator weer op. Continueer de borstcompressies terwijl de defibrillator wordt opgeladen.
- Stop de borstcompressies en controleer het ritme.
- Defibrilleer, als VF of pVT persisteert, met één schok van 4 J/kg (maximum = maximale energieniveau van de defibrillator).

- Hervat de borstcompressies meteen na de schok zonder eerst het ritme te beoordelen of naar tekenen van leven te zoeken.

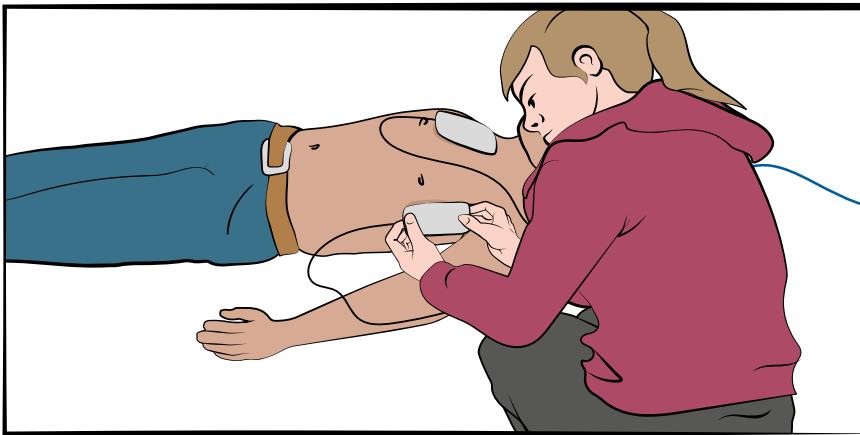
Vervolgens:

- Controleer het ritme en defibrilleer indien nodig iedere twee minuten zoals hierboven beschreven.
- Geef na de derde schok amiodaron 5 mg/kg IV/IO (max. 300 mg). Alle tot hiertoe toegediende schokken tellen hierbij mee (dus inclusief de AED). Geef na de vijfde schok amiodaron 5 mg/kg IV/IO (max. 150 mg voor de tweede dosis).
- Geef vier minuten na start van de reanimatie adrenaline 10 microg/kg IV/IO (max. 1 mg) en herhaal deze dosis elke vier minuten.
- Overweeg een hogere energiedosis (tot 8 J/kg, maximum = maximum energieniveau van de defibrillator) indien een schokbaar ritme na de vierde schok persisteert. Overweeg ook een vectorverandering door een alternatieve positie van de defibrillatorelektrodes (bv. anteroposterieur i.p.v. anterolateraal, zie onder).
- Als een niet-schokbaar ritme ontstaat, ga door met de reanimatie en volg het algoritme voor een circulatiestilstand met asystolie/PEA/bradycardie met een slechte circulatie.
- Als de schok initieel succesvol was, maar VF of VT zonder output terugkeert, hervat direct de reanimatie, geef amiodaron 5 mg/kg IV/IO (max. 300 mg voor de eerste dosis en max. 150 mg. voor tweede dosis, tenzij twee doses reeds zijn gegeven) en defibrilleer nogmaals. Overweeg een continu infuus met amiodaron.
- Als het ECG bij een ritmecontrole georganiseerde elektrische activiteit toont, controleer op tekenen van leven (max. 5 seconden). Ga door met de reanimatie als er geen tekenen van leven zijn, of u twijfelt. Als het kind duidelijke tekenen van leven laat zien, ga over op post-reanimatiebehandeling (zie hoofdstuk 9: Post-reanimatiebehandeling van kinderen).

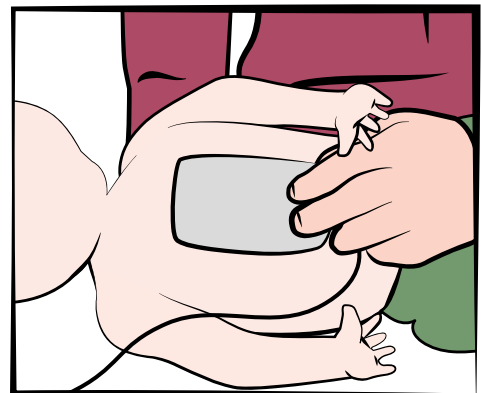
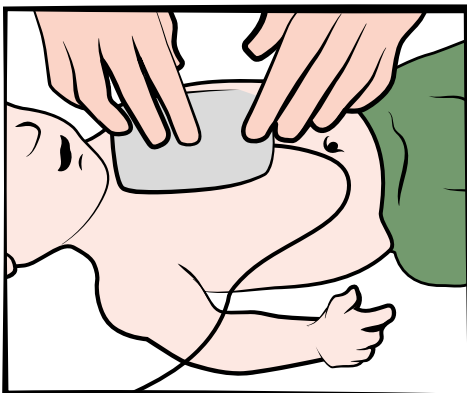
Gebruik van de defibrillatorelektroden

- Het gebruik een manuele defibrillator verdient de voorkeur. Gebruik een AED zolang er geen manuele defibrillator beschikbaar is.
- Plaats bij gebruik van de anterolaterale positie een elektrode rechts parasternaal subclaviculair en de andere elektrode links midaxillair onder de oksel (Figuur 8.4).
- Plaats de defibrillatorelektroden in de anteroposterieure positie bij zuigelingen en kinderen die gemakkelijk op de zij gedraaid kunnen worden (ongeveer tot 8 jaar en 25 kg). Doe dit ook bij kinderen bij wie het niet mogelijk is om de defibrillatorelektroden in de anterolaterale positie te plakken zonder dat deze elkaar raken.

- Plak de voorste elektrode midden op de thorax iets links van het sternum en de achterste in het midden van de rug tussen de scapulae (Figuur 8.5).
- Standaard defibrillatorelektroden kunnen bij zuigelingen en kinderen van alle leeftijden worden gebruikt. Indien beschikbaar mogen kleinere defibrillatorelektroden (4,5 cm doorsnee) bij zuigelingen worden gebruikt.
- Bij gebruik van een AED:
 - ▶ Gebruik de standaard AED voor kinderen ouder dan 8 jaar.
 - ▶ Gebruik bij zuigelingen en kinderen jonger dan 8 jaar bij voorkeur een voor kinderen aangepaste AED, anders een standaard AED.



Figuur 8.4 - Aanbrengen van de defibrillatorelektroden in de anterolaterale positie



Figuur 8.5 - Aanbrengen van de defibrillatorelektroden in de anteroposterieure positie bij een zuigeling

Behandelbare oorzaken van circulatiestilstand (4 H's en 4 T's)

De definitieve behandeling van een circulatiestilstand is het behandelen van de oorzaak. Ongeacht of er sprake is van een schokbaar of niet-schokbaar ritme, moeten de volgende reversibele oorzaken altijd vroeg tijdens de reanimatie overwogen, en zo nodig direct behandeld worden:

- Hypoxie
- Hypovolemie
- Hyper-/hypokaliëmie, hypocalciëmie, hypoglykemie en andere metabole afwijkingen
- Hypothermie/hyperthermie
- Tension (spannings)pneumothorax
- Tamponnade (harttamponnade)
- Toxinen (intoxicatie)/iatrogene oorzaken
- Trombose (bv. longembolie/coronaire trombus)

Gerichte anamnese, meten van de kerntemperatuur, echografie en biochemische bepaling van bloed of beenmerg (bij voorkeur bedside) zijn cruciaal bij het opsporen van de oorzaak van de circulatiestilstand. Onderbreek thoraxcompressies niet of zo kort mogelijk voor essentieel onderzoek zoals echocardiografie.

Hypoxie is de belangrijkste oorzaak van circulatiestilstand bij kinderen. Dit kan optreden door bijvoorbeeld luchtweginfecties, astma, corpus alienum of verdrinking. Behandel met adequate beademing met 100% zuurstof. Kijk naar de thoraxexcursies en luister naar de thorax. Gebruik ET CO_2 -monitoring en overweeg een X-thorax en echografie van de longen.

Hypovolemie wordt veroorzaakt door ernstig vochtverlies (bv. gastroenteritis, sepsis of anafylaxie) of door bloedverlies (bv. trauma of postoperatief). Echografie kan behulpzaam zijn. Hypovolemie wordt behandeld met één of meerdere IV/IO bolussen van 10 ml/kg kristalloïd (bv. ringerlactaat, max. 500 ml/bolus). Geef IV/IO vocht alleen als hypovolemie aannemelijk is of niet kan worden uitgesloten. Staak uitwendige bloeding (bv. met directe druk op de wond) en geef bloedproducten bij een bloeding.

Hyperkaliëmie en andere elektrolyetstoornissen worden aan de hand van laboratoriumbepalingen en soms de QRS-morfologie gediagnostiseerd. Elektrolyetstoornissen, met name hyperkaliëmie, zijn vaak voorkomende oorzaken van VF/pVT. Het is onwaarschijnlijk dat een kaliumwaarde van $\geq 6,5$ mmol/l de oorzaak is van een circulatiestilstand. Behandel ernstige **hyperkaliëmie** ($> 6,5$ mmol/l) tijdens een circulatiestilstand met:

- Bolus glucose 10% 5 ml/kg IV/IO (max. 250 ml) met bolus insuline 0,1 EH/kg (max. 10 EH). Controleer bloedglucose en kalium en herhaal de bolus zo nodig.

- Bolus salbutamol 5 microg/kg IV/IO. Controleer kalium en herhaal zo nodig (max. totaaldosis 15 microg/kg).
- Overweeg eCPR.
- Overweeg na ROSC hemodialyse, diuretica, verneveling met salbutamol en gebruik van kaliumbindende stoffen.

Behandel ernstige **hypokaliëmie** ($< 2,5$ mmol/l) in *een kind met een circulatiestilstand* met 1 mmol/kg (max. 30 mmol) kalium IV/IO. Herhaal dit indien nodig tot het serumkalium $> 2,5$ mmol/l is. Geef magnesiumsulfaat 30-50 mg/kg IV/IO bij gelijktijdige **hypomagnesiëmie**.

Behandel **hypocalciëmie** met een bolus calciumchloride 0,12 mmol/kg IV/IO (0,2 ml/kg 10% oplossing, max. 8 ml) óf calciumgluconaat 0,12 mmol/kg IV/IO (0,5 ml/kg 10% oplossing, max. 20 ml). Controleer calcium na 5 minuten.

Behandel ernstige **hypoglykemie** ($< 2,8$ mmol/l) met glucose 0,2 g/kg IV/IO (bv. glucose 10% 2 ml/kg). Controleer glucose na 5 minuten.

Hypothermie kan de oorzaak of het gevolg zijn van een circulatiestilstand. Het kan moeilijk zijn om een circulatiestilstand te constateren. Start de reanimatie altijd bij twijfel.

- Meet de kerntemperatuur. Gebruik bij verdenking van hypothermie een thermometer geschikt voor lage temperatuur.
- Pas het reanimatiealgoritme bij hypothermie (< 35 °C) aan zoals beschreven in de sectie *bijzondere omstandigheden*.
- Start zo snel mogelijk opwarming van het kind:
 - ▶ < 32 °C: gebruik actieve externe en interne opwarmingmethoden waaronder extracorporale technieken.
 - ▶ ≥ 32 °C: gebruik externe opwarmingmethoden (het is onwaarschijnlijk dat hypothermie de primaire oorzaak is van de circulatiestilstand).

Hyperthermie met een kerntemperatuur > 40 °C kan leiden tot circulatiestilstand.

- Meet de kerntemperatuur.
- Koel het kind agressief door middel van: immersie tot aan de nek in koud/koel water of oppervlakkig spoelen met koud water (20 °C) of een koeldecken/jas en/of ijspacks in de nek, oksels en liezen. Streef naar een kerntemperatuur < 39 °C. Geef volumesuppletie maar vermijd overvulling. Controleer elektrolyten.
- Overweeg medicatie of intoxicatie als oorzaak van hyperthermie en behandel specifiek.

Tension (spannings)pneumothorax kan leiden tot een circulatiestilstand door obstructie van de circulatie en hypoxie. Voorkomende oorzaken zijn trauma en astma maar een spanningspneumothorax kan ook spontaan of iatrogeen (bv. tijdens beademing met hoge drukken) ontstaan.

- Ontlast de spanningspneumothorax onmiddellijk met een naaldthoracocentese in de

anterieuze axillaire lijn van de vierde of vijfde intercostale ruimte. De tweede intercostale ruimte in de midclaviculaire lijn is een alternatief.

- Gebruik echografie alleen indien **onmiddellijk** beschikbaar om de diagnose te bevestigen en de dikte van de thoraxwand in te schatten.
- Verricht bij verdenking van een traumatische spanningspneumothorax bilateraal een thoracostomie in de anterieuze axillaire lijn van de vierde of vijfde intercostale ruimte.
- Breng na het ontlasten van de spanningspneumothorax een thoraxdrain in.

Harttamponnade kan een circulatiestilstand veroorzaken door obstructie van de vulling van het hart. Oorzaken zijn pericarditis, post-cardiochirurgie en trauma. De diagnose wordt meestal middels echografie gesteld.

Harttamponnade wordt bij voorkeur door onmiddellijke (re)sternotomie of thoracotomie behandeld, zeker in het geval van trauma. Een alternatief is pericardiocentese (bij voorkeur echogeleid).

- Ontlast de tamponnade direct met een naaldpericardiocentese, minithoracotomie, reanimatie-thoracotomie of (re)sternotomie, afhankelijk van de setting en de beschikbare expertise.

Toxines (bv. accidenteel of iatrogeen) kunnen een circulatiestilstand veroorzaken en deze ook in stand houden. Vermoed toxische stoffen als een zeldzame oorzaak van een circulatiestilstand, bij specifieke aanwijzingen voor intoxicatie of nadat meer voorkomende oorzaken zijn uitgesloten.

- Raadpleeg het Nationale Vergiftigingen Informatie Centrum (088 755 8000 of www.vergiftigingen.info).
- Sluit reversibele oorzaken van een circulatiestilstand uit die secundair aan de intoxicatie kunnen ontstaan, zoals elektrolyetstoornissen.
- Wees voorbereid op langdurige reanimatie terwijl de toxineconcentratie daalt.
- Overweeg eCPR voor geselecteerde patiënten (bv. intoxicatie met taxus of tricyclische antidepressiva) wanneer conventionele CPR faalt.

Trombose/tromboembolie, in het bijzonder longembolie, komt ook bij kinderen voor. Een longembolie kan circulatiestilstand veroorzaken door obstructie van de circulatie en hypoxie. De diagnose tijdens een reanimatie is lastig. Verdenk longembolie bij kinderen en adolescenten met centrale veneuze lijn, hartaandoening, kanker, recent trauma/operatie of een lange reis en/of een stollingstoornis.

- Roep onmiddellijk de hulp van een expert in en start systemische of kathetergestuurde trombolytische therapie (bv. alteplase (r-tPA)).
- Overweeg eCPR en/of chirurgische embolectomie.

Reanimeren van kinderen onder bijzondere omstandigheden

Hierop volgend worden enkele bijzondere situaties beschreven die aanvullingen op of aanpassing van het standaard reanimatieprotocol vereisen.

Witnessed arrest met een schokbaar ritme aan de monitor (zie algoritme hiernaast)

De volgorde van handelen wordt aangepast voor een kind dat een witnessed arrest met een schokbaar ritme krijgt terwijl het aan een ECG-monitor ligt én *onmiddellijk* gedefibrilleerd kan worden. Een voorbeeld is het kind dat op de hartkatheterisatiekamer of de intensive care ligt en is aangesloten op de defibrillator. Dit is de zogenaamde 'drie-schokkenstrategie'.

- Geef maximaal drie schokken van 4 J/kg snel achter elkaar. Beoordeel na elke poging kortdurend het ritme op de monitor en geef zo nodig nog een schok tot een maximum van drie.
- Start direct met 15 borstcompressies afgewisseld met twee beademingen en geef zo snel mogelijk amiodaron 5 mg/kg IV/IO (max. 300 mg) indien dit nog niet eerder is toegediend, als na drie schokken het schokbaar ritme persisteert.
- Volg hierna het standaardalgoritme met één schok om de twee minuten. Geef adrenaline 10 microg/kg IV/IO 4 minuten na het starten van de reanimatie en herhaal deze dosis elke 4 minuten daarna. Geef een tweede dosis amiodaron 5 mg/kg IV/IO (max. 150 mg) na de vijfde schok.

Hypothermie (zie algoritme volgende pagina)

Pas de reanimatie als volgt aan bij een kerntemperatuur van $< 35^{\circ}\text{C}$:

Kerntemperatuur $< 30^{\circ}\text{C}$:

- Defibrilleer maximaal driemaal bij een schokbaar ritme volgens het standaardalgoritme (d.w.z. à 2 minuten). Stel verdere schokken uit, als VF/pVT na 3 schokken persisteert, totdat de kerntemperatuur $\geq 30^{\circ}\text{C}$ is.
- Geef één enkele dosis adrenaline, tenzij het kind direct op eCPR zal worden aangesloten.
- Geef geen amiodaron onder een kerntemperatuur van 30°C .

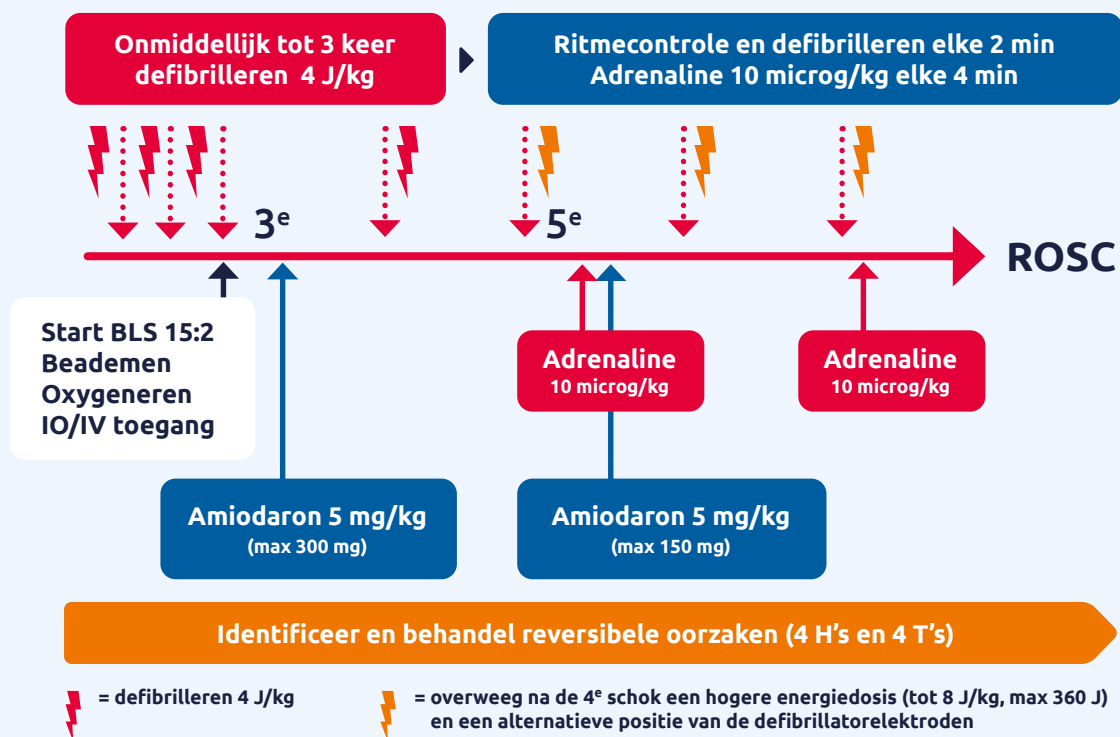
Kerntemperatuur $30\text{--}35^{\circ}\text{C}$:

- Defibrilleer volgens het standaardprotocol (d.w.z. à 2 minuten).
- Geef adrenaline en amiodaron volgens het standaardprotocol maar verdubbel het dosisinterval (d.w.z. adrenaline à 8 minuten, tweede dosis amiodaron 8 minuten na de eerste gift).

Kerntemperatuur $\geq 35^{\circ}\text{C}$:

- Volg het standaard reanimatiealgoritme.

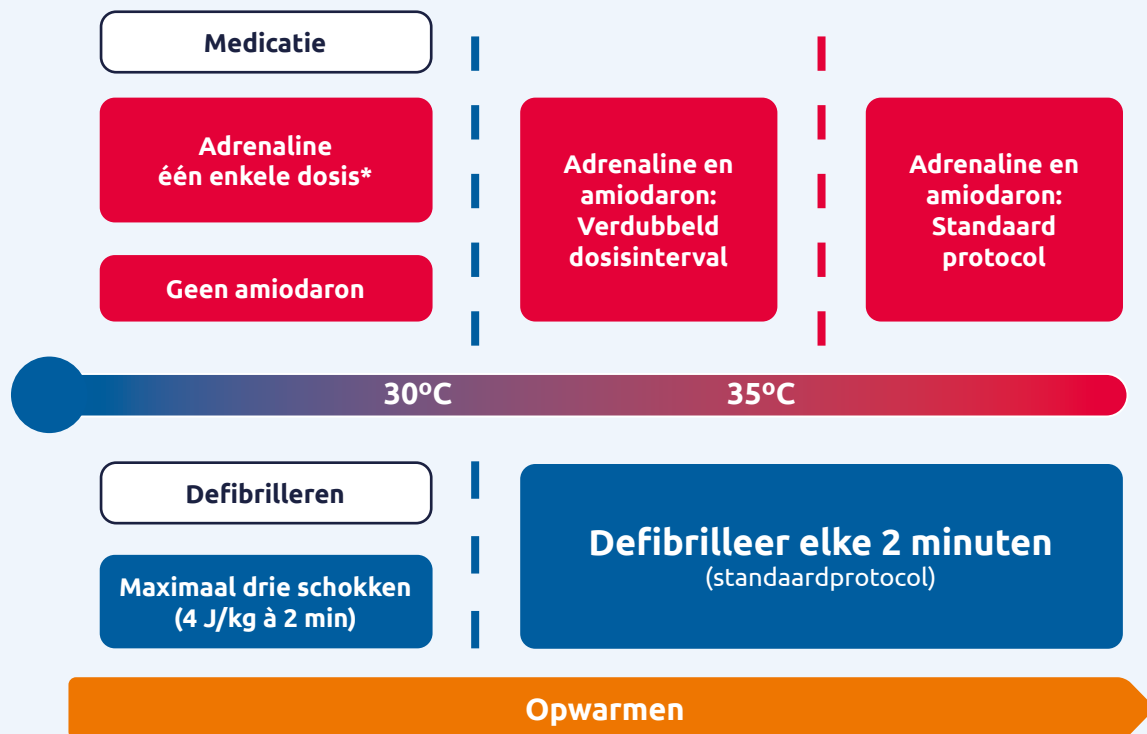
Witnessed arrest met een schokbaar ritme (VF/pVT) bij een kind dat onmiddellijk gedefibrilleerd kan worden



Aanvullende acties zijn:

- Warm het kind zo snel mogelijk op:
 - ▶ < 32 °C: gebruik actieve externe en interne opwarmingmethoden waaronder extracorporale technieken.
 - ▶ ≥ 32 °C: gebruik externe opwarmingmethoden (het is onwaarschijnlijk dat hypothermie de primaire oorzaak van de circulatiestilstand is).
 - ▶ voorkom hyperthermie.
- Transporteer een kind zo snel mogelijk naar een centrum met eCPR-capaciteit. eCPR is potentieel geïndiceerd voor alle kinderen met een persisterende hypotherme circulatiestilstand. Overleg altijd met een kinderintensivist.

Aanpassing van kinder-ALS bij hypothermie



* tenzij het kind direct op eCPR zal worden aangesloten.

Aanvullende overwegingen zijn:

- Langdurig reanimeren met eCPR kan zinvol zijn onder specifieke omstandigheden, waarbij hypothermie voorafging aan asfyxie, bijvoorbeeld bij verdrinking in ijswater, of als het kind in een auto te water is geraakt.
- Staak de reanimatie indien ROSC niet bereikt is na 30 minuten adequate ALS en de circulatiestilstand veroorzaakt is door trauma of asfyxie. Bij twijfel overleg met een kinderintensivist.

Verdrinking

Begin de reanimatie zodra het veilig is. Overweeg ventilatie zonder of met intermitterende borstcompressies, indien standaard CPR nog niet mogelijk is (bv. als het kind nog deels in het water ligt).

Volg het standaard reanimatieprotocol en pas dit aan bij hypothermie (< 35 °C) (zie boven).

Specifieke aandachtspunten bij verdrinking bij kinderen zijn:

- Ononderbroken borstcompressies en oxygenatie hebben prioriteit boven het aansluiten van een AED. Droog de borst af voordat een AED/defibrillator wordt aangesloten.
- Intubeer het kind zodra de benodigde apparatuur en expertise aanwezig zijn.
- Beadem met (hoge) positieve eind-expiratoire druk (PEEP). Hoge inspiratoire beademingsdrukken en een lange inspiratietijd kunnen noodzakelijk zijn.
- Ledig na intubatie de maag met een maagsonde.
- Meet de kerntemperatuur met een thermometer geschikt voor lage temperaturen en behandel hypothermie zoals hiervoor is beschreven.
- Overweeg eCPR.

Traumatische circulatiestilstand

De prioriteit bij reanimeren bij een traumatische circulatiestilstand ligt bij het zoeken naar behandelbare oorzaken waarvan de meest voorkomende zijn: **Hypovolemie**, **Oxygenatieproblemen** (hypoxie/asfyxie), spanningspneumothorax en harttamponnade (samengevat in het acroniem **HOTT**). Het opsporen van deze problemen heeft prioriteit over, of dient gelijktijdig te lopen met borstcompressies. Echografie kan hierbij behulpzaam zijn.

Bijzondere aandachtspunten bij een circulatiestilstand als gevolg van trauma zijn:

- Zoek naar, en staak uitwendige bloeding door direct druk uit te oefenen op de wond. Gebruik een tourniquet bij oncontroleerbaar bloedverlies van een extremiteit. Gebruik een bekkenband bij verdenking van een bekkenfractuur.
- Corrigeer hypoxie. Verricht altijd bilaterale thoracostomiën bij traumatische circulatiestilstand. Behandel hypovolemie met een IV/IO bolus vocht. Geef bloedproducten zodra deze beschikbaar zijn (bv. 1:1 erytrocyten:plasma met toevoeging van trombocyten). Geef tranexaminezuur 15 mg/kg IV/IO (max. 1 g) aan ieder kind met bloedtransfusiebehoefte.
- Gebruik een AED alleen waar een schokbaar ritme waarschijnlijk is, bv. na elektrocutie.
- Overweeg een thoracotomie (op de SEH of prehospital) met name in geval van penetrerend trauma en bij verdenking van een harttamponnade, mits de expertise en apparatuur aanwezig zijn. Verricht bij verdenking van een harttamponnade anders een pericardiocentese via een minithoracotomie of met behulp van een percutane drain, bij voorkeur geleid door POCUS.
- Voorkom onnodige bewegingen van nek en wervelkolom, zonder de uitvoering van de reanimatie te hinderen.
- Reanimeer volgens het standaard kinder-ALS-algoritme bij een circulatiestilstand als gevolg van een medische oorzaak die samenhangt met het trauma, of als gevolg van een niet-hypovolemische, niet-obstructieve traumatische oorzaak (bv. geïsoleerd traumatisch hersenletsel, hartcontusie of asfyxie) of als gevolg van elektrocutie.

Reanimatie op de operatiekamer en/of tijdens anesthesie

Specifieke aspecten van de reanimatie van een kind tijdens anesthesie staan hieronder. Vele van deze aspecten gelden ook voor het gemonitorde kind op de afdeling kinderintensive care.

- Behandel pre-arrest situaties, zoals hypoxie en hypotensie, agressief om een circulatiestilstand te voorkomen. Overweeg in de pre-arrest situatie, naast vaatvulling, ook kleine, oplopende bolussen adrenaline (bv. 1-2 microg/kg) IV/IO en een continu infuus adrenaline.
- Start met borstcompressies bij een bradycardie ($< 60/\text{min}$) mét tekenen van een slechte circulatie of het plotseling optreden van hypotensie of de plotselinge afname van de ETCO_2 ondanks interventies.
- Identificeer een circulatiestilstand vroegtijdig door continue monitoring en een hoge mate van verdenking, met name tijdens moeilijke luchtweginterventies en hevige bloedingen.
- Informeer het hele zorgteam over de circulatiestilstand en laat onmiddellijk een defibrillator komen.
- Stop de operatie tenzij deze nodig is om de oorzaak van de circulatiestilstand te corrigeren (bv. bij massaal bloedverlies).
- Pas de positie van het kind en de hoogte van de operatietafel aan voor optimale borstcompressies.
- Zoek in eerste instantie naar de meest waarschijnlijke oorzaken van de circulatiestilstand: hypovolemie (bloeding, anafylaxie), hypoxie, spanningspneumothorax, trombose (longembolie) en toxische stoffen (medicatie). Echografie kan hierbij behulpzaam zijn.
- Overweeg ook operatiekamer-specifieke oorzaken zoals: gasembolie, bradycardie door axiale zenuwblokkades, maligne hyperthermie, overdosering met lokale anesthesie en andere medicatiefouten.
- Overweeg vroegtijdig eCPR als de faciliteiten en expertise beschikbaar zijn en conventionele reanimatie faalt. Overweeg openhartmassage als eCPR niet beschikbaar is.

Aanvullende aanbevelingen voor het voorkomen van een circulatiestilstand bij, en reanimeren van kinderen met een hartafwijking

Post-hartchirurgie

Bij een kind met een schokbaar ritme in de direct postoperatieve periode na hartchirurgie heeft defibrilleren de prioriteit ('drie-schokkenstrategie' zie boven). In geval van asystolie of extreme bradycardie heeft pacing de prioriteit, indien een pacemaker aangesloten is. Start borstcompressies direct als deze handelingen ineffectief zijn. Sluit direct andere veel voorkomende oorzaken van circulatiestilstand na hartchirurgie uit, waaronder spanningspneumothorax, tamponnade, elektrolyetstoornissen en hypovolemie.

Borstcompressies bij een open sternum zijn ineffectief. Start in dit geval openhartmassage met aandacht voor steriliteit en met extreme voorzichtigheid om cardiale structuren in het recente operatiegebied niet te beschadigen.

Overweeg rethoracotomie vroeg met name bij PEA, maar ook bij andere ritmes, als bovenstaande maatregelen ineffectief zijn (overweeg eCPR).

Maak van tevoren een plan voor de optimale aanpak van een (dreigende) circulatiestilstand voor ieder kind na hartchirurgie.

Circulatiestilstand op basis van obstructie van een (extra)cardiale shunt

Wees bedacht op een circulatiestilstand veroorzaakt door een obstructie (trombose of mechanische knik) van een shunt tussen de systeem- en longcirculatie bv. bij kinderen met een aortapulmonale connectie.

- Geef 100% zuurstof om de alveolaire oxygenatie te maximaliseren.
- Overweeg hypovolemie en geef zo nodig een vulling (bv. 10 ml/kg ringerlactaat).
- Overweeg alteplase en antistolling (bv. heparine 50-75 EH/kg bolus IV/IO) bij een verdenking van shunt-obstructie.
- Roep hulp in van een specialist (kinderintensivist, kindercardioloog en kindercardioloog) en overweeg een spoed interventiehartcatheterisatie of operatie. In de direct postoperatieve periode kan een re-sternotomie de doorbloeding van de shunt acuut verbeteren (overweeg eCPR).

Pulmonale hypertensie

Pulmonale hypertensie komt o.a. voor bij kinderen met een aangeboren hartafwijking, chronische longaandoening en primaire pulmonale hypertensie. Deze kinderen hebben een verhoogd risico van een circulatiestilstand. Standaard reanimatie is mogelijk minder effectief bij pulmonale hypertensie, omdat de verhoogde pulmonale vaatweerstand de vulling van het linkerhart belemmert en de coronaire perfusie tijdens borstcompressies beperkt. De volgende aanvullingen op de standaardbenadering zijn dan nodig:

- Bestrijd hypercapnie met adequate beademing met 100% zuurstof, start sedatie en overweeg verslapping om de longvaatweerstand te verlagen.
- Overweeg inotropica en/of vasopressoren om systemische hypotensie en rechter ventrikel ischemie te behandelen.
- Start specifieke pulmonale vasodilatoren (bv. NO-beademing en epoprostenol IV/IO/ inhalatie) zodra deze beschikbaar zijn.
- Check bij een kind met primaire pulmonale hypertensie of de continue infusie van epoprostenol of essentiële thuismedicatie niet onderbroken is.
- Overweeg vroegtijdig eCPR.

Staken van de reanimatie

De kans op overleving met goede neurologische outcome hangt af van meerdere factoren. In geval van een langdurige reanimatie moet worden overwogen de reanimatie te staken.

De beslissing om een reanimatie te staken is bij voorkeur een teambeslissing. Men dient hierbij meerdere factoren in de beslissing mee te nemen, te weten: duur van de reanimatie, oorzaak van de circulatiestilstand, co-morbiditeit, plaats van de circulatiestilstand, witnessed arrest of niet, duur van circulatiestilstand zonder adequate reanimatie, aanwezigheid van een schokbaar ritme, intra-arrest serum lactaat en bijzondere omstandigheden (bv. verdrinking in ijskoud water, intoxicaties).

Geen enkele factor op zich kan de overleving met goede neurologische outcome na circulatiestilstand nauwkeurig voorspellen. Het besluit om de reanimatie te staken dient dus altijd te berusten op een combinatie van bovenstaande factoren.

Asystolie gedurende meer dan 20 minuten ondanks adequate specialistische reanimatie zonder reversibele oorzaak kan een reden zijn om de reanimatie te stoppen.

Redenen om een langdurige (> 20 minuten) reanimatie voort te zetten, kunnen zijn:

- reversibele oorzaken (4 H's en 4 T's) zijn nog niet voldoende uitgesloten, of nog niet adequaat behandeld;
- een kerntemperatuur < 32 °C;
- persisterend VF/pVT;
- anafylaxie;
- bepaalde intoxicaties.

Overleg het al dan niet staken van de reanimatie altijd met een kinderintensivist.

Houd direct na de reanimatie een 'hot debriefing' met het team om ruimte te bieden om (ethische) aspecten te bespreken en om zorgverleners te identificeren die emotionele ondersteuning nodig hebben. Plan een tweede uitvoerigere debriefing op een later tijdstip.

Na het staken van een niet succesvolle reanimatie bij een onbegrepen circulatiestilstand is nader onderzoek naar de oorzaak nodig (NODOK-procedure). Systematische evaluatie van familieleden moet op indicatie ingezet worden.

Nadere toelichting bij de richtlijnen

Herkennen van circulatiestilstand en ROSC

Het vroegtijdig herkennen van een circulatiestilstand is vaak moeilijk. Een onderscheid maken tussen extreme shock en PEA blijft lastig ondanks monitoring. Neem snel een besluit om te starten met reanimeren op basis van de onmiddellijk beschikbare informatie, klinische evaluatie en monitoring. Handel bij twijfel alsof er een circulatiestilstand is. De potentiële voordelen van vroegtijdig starten van de reanimatie zijn vele malen groter dan het geringe risico van schade door onnodige borstcompressies.

Het herkennen van een circulatiestilstand door zorgprofessionals wordt gebaseerd op klinische beoordeling (afwezigheid van tekenen van leven) en/of op gemonitorde vitale parameters zoals ECG-veranderingen, verlies van het SpO₂-signaal of acute daling van de ETCO₂, of een plotselinge daling van de bloeddruk.

Belangrijk is dat reanimatie ook moet worden gestart bij kinderen met een bradycardie en slechte circulatie die niet reageren op zuurstof en beademing, aangezien dit snel kan leiden tot een circulatiestilstand.

Het voelen naar pulsaties als enige bepalende factor voor de noodzaak van borstcompressies is onbetrouwbaar. Indien het voelen naar pulsaties wordt gebruikt als onderdeel van het zoeken naar tekenen van leven, moet dit zo kort mogelijk worden gehouden (< 5 seconden). Het gebruik van echografie om pulsaties te detecteren wordt afgeraden, omdat de aanwezigheid van pulsaties, die enkel met echografie detecteerbaar zijn, meestal op zich een indicatie is voor borstcompressies.

Herkennen van ROSC

Kijk binnen 5 seconden naar tekenen van leven en gemonitorde vitale parameters (bv. SpO₂-wavevorm, ETCO₂ en bloeddruk) als bij een ritmecontrole het ECG een georganiseerd ritme laat zien.

Alarmeren

Bel direct, of laat direct bellen, om professionele hulp (bv. spoedinterventie- of reanimatieteam) zodra blijkt dat het kind vitaal bedreigd kan zijn. Wacht niet op een vermoeden van een circulatiestilstand.

Het is bij een circulatiestilstand van levensbelang dat je zo snel mogelijk professionele hulp inschakelt (alarmeren), ook als je alleen bent. Bel buiten het ziekenhuis 112. Start in het ziekenhuis direct de reanimatie, terwijl een collega het reanimatieteam oproept.

Beademing tijdens reanimatie

Beademingstechniek

Masker- en ballonbeademing met 100% zuurstof is de standaard voor professionals in de initiële fase van de reanimatie. Adequate beademing vereist een goede afsluiting van het masker op het gezicht, de juiste frequentie (zie onder) en inspiratietijd (1 seconde) en een adequaat teugvolume. Hiervoor is het gebruik van twee handen om de bovenste luchtweg te openen en het masker zonder lekkage te laten aansluiten, vrijwel altijd nodig. Een andere hulpverlener knijpt in de ballon. Combineer het knijpen in de ballon bij voldoende personeel niet met andere taken, zoals het geven van borstcompressies.

Controleer bij iedere beademing dat de thorax zichtbaar omhoogkomt en pas de techniek zo nodig aan om dit te bewerkstelligen. Gebruik een orofaryngeale tube als deze de beademing verbetert. Overweeg direct het gebruik van een larynxmasker als masker- en ballonbeademing moeilijk is en je hierin getraind bent.

Bekwame hulpverleners mogen een kind intuberen voor het verkrijgen van een blijvende open luchtweg. Zorg tijdens de intubatie voor geen of minimale onderbreking van borstcompressies, beademing en andere handelingen. Bij een reanimatie heeft orale intubatie de voorkeur. Vermijd bij defibrilleren lekkage van zuurstof rondom de defibrillatorelektroden.

Beademen na intubatie

De optimale beademingsfrequentie tijdens reanimatie is niet bekend. Zowel een te lage als een te hoge frequentie kan nadelig zijn.

Beadem na intubatie op een normale frequentie voor de leeftijd van het kind, zijnde ongeveer:

- 25/min bij zuigelingen,
- 20/min bij kinderen van 1-8 jaar oud,
- 15/min bij kinderen van 8-12 jaar oud,
- 10/min bij kinderen ouder dan 12 jaar.

Beoordeel het teugvolume aan de hand van de thoraxexcursies en zorg ervoor dat dit tijdens borstcompressies adequaat blijft. Monitor de ETCO_2 na intubatie en streef naar > 20 mmHg ($> 2,6$ kPa) tijdens de reanimatie.

Stop continue thoraxcompressies indien er twijfel is over de effectiviteit van de beademingen en ga terug naar een compressie:ventilatie ratio van 15:2.

Reanimatie bij een reeds invasief mechanisch beademd kind

Disfunctie van de ventilator is een mogelijke oorzaak van circulatiestilstand die altijd uitgesloten moet worden. Als je zeker weet dat de ventilator goed functioneert, mag de mechanische beademing in volume-gestuurde modus voortgezet worden. Schakel dan

eventuele triggers en supportmodus uit, geef 100% zuurstof en verstel de druklimieten. Beadem bij twijfel met een beademingsballon op de endotracheale tube.

ETCO₂-meting/capnografie

Meting van ETCO₂ bij een kind met een intacte circulatie, is een goede methode om de plaatsing van de endotracheale tube en de kwaliteit van beademing te controleren. ETCO₂ tijdens circulatiestilstand is in het algemeen laag. Studies bij kinderen suggereren dat capnografie de kwaliteit van de reanimatie en het naleven van de reanimatierichtlijnen kan verbeteren en kan helpen bij het detecteren van ROSC. Gegevens uit een groot multicenter-onderzoek suggereren dat het streven naar een intra-arrest ETCO₂ > 20 mmHg (> 2,6 kPa) geassocieerd is met een hogere bloeddruk en een betere overleving.

Borstcompressies

Ononderbroken en kwalitatief goede basale reanimatie is van levensbelang. Onderbreek de borstcompressies en ventilatie zo kort mogelijk om het ritme te analyseren en/of te defibrilleren (< 5 seconden).

Geef borstcompressies altijd op de onderste helft van het sternum. Zorgprofessionals kunnen de processus xiphoideus gebruiken om de juiste positie te vinden. Plaats je hand of duimen één vingerbreedte hierboven.

Bewaak als teamleider continu de kwaliteit van de borstcompressies. Zorg ervoor dat teamleden elkaar minstens iedere twee minuten aflossen voor de borstcompressies.

Inschatten van het gewicht en cognitieve hulpmiddelen

Inschatten van het gewicht van het kind met behulp van een formule op basis van de leeftijd of 'met de natte vinger' door professionals is onnauwkeurig. Methodes die gebruik maken van de lengte van het kind (bv. het PRIL-lint) zijn beter, met name methodes waarbij het postuur van het kind in de inschatting mee wordt genomen. De ouders weten dikwijls hoeveel het kind weegt.

Cognitieve hulpmiddelen, bv. apps, computerprogramma's en voorgedrukte bladen met fysiologische data en doseringen, kunnen medicatie- en andere fouten voorkomen.

Toedieningswegen voor medicatie

Echogeleid inbrengen van een infuus is in ervaren handen snel en effectief mits de benodigde apparatuur direct beschikbaar is. Breng een botnaald in bij een vitaal bedreigd kind als het inbrengen van een infuus niet binnen 5 minuten lukt of als de kans op een succesvolle IV-cannulatie klein wordt geacht. De botnaald is even effectief als, en vaak sneller dan, een IV toegang.

Bij een kind met een circulatiestilstand mag de botnaald ook als eerste keus worden ingebracht.

Flush alle medicatie na toediening bv. met NaCl 0,9%. Via een botnaald kan ook beenmerg voor onderzoek naar onder meer bloedgas, lactaat, elektrolyten en glucose worden afgenomen. Deze analyse kan in een bedside-apparaat plaatsvinden.

De endotracheale toedieningsweg voor medicatie wordt niet aanbevolen.

Medicatie tijdens de reanimatie

Adrenaline

Onmiddellijke toediening van adrenaline bij een niet-schokbaar ritme lijkt de overleving te verbeteren. De dosis adrenaline is 10 microg/kg IV/IO (max. 1 mg). Dit komt overeen met 0,1 ml/kg van een oplossing van 1 mg in 10 ml (1:10.000) adrenaline. Studies suggereren dat deze dosis om de 3-5 minuten dient te worden herhaald. Pragmatisch kan adrenaline om de 4 minuten (d.w.z. na iedere tweede ritmecontrole) toegediend worden. Een hogere dosis of een korter dosisinterval draagt niet bij aan de overleving en kan schadelijk zijn. Tijdens een zeer langdurige reanimatie of na ROSC kan een continu infuus adrenaline nodig zijn.

Andere vasopressoren

Er is weinig bewijs dat andere middelen (bv. vasopressine of terlipressine) effectiever zijn dan adrenaline als eerste vasopressor bij een reanimatie.

Amiodaron

Geef bij circulatiestilstand met VF/pVT een bolus amiodaron 5 mg/kg IV/IO (max. 300 mg) na de derde schok. Geef een tweede dosis van 5 mg/kg IV/IO (max. 150 mg) na de vijfde schok. Geef amiodaron bij het behandelen van ritmestoornissen zonder *circulatiestilstand langzaam* IV (in 60 minuten) of als een continu infuus, om hypotensie te voorkomen.

Adenosine

Adenosine wekt een kortdurende (< 10 seconden) blokkade van de atrioventriculaire knoop op met ventriculaire asystolie. Het middel is relatief gecontra-indiceerd bij kinderen met een pre-existente ritmestoornis, ernstig astma en na harttransplantatie. Geef adenosine IV/IO als een snelle bolus onmiddellijk gevolgd door een flush, onder ECG-controle en met defibrillator paraat. Bijwerkingen zijn onder meer: negatieve inotropie, vasodilatatie, benauwdheid en pijn op de borst.

Calcium

Toediening van calcium verbetert de uitkomst van een circulatiestilstand niet. Calcium wordt alleen op specifieke indicatie geadviseerd, waaronder hypocalciëmie, hypermagnesiëmie, ernstige overdosering van calciumantagonisten en massale bloedtransfusie.

Natriumbicarbonaat

Studies bij kinderen laten zien dat het gebruik van natriumbicarbonaat tijdens reanimatie de overleving vermindert. Natriumbicarbonaat wordt daarom niet gegeven tijdens een circulatiestilstand. Het heeft wel een plaats bij overdosis met tricyclische antidepressiva.

Pacing

Cardiale pacing is niet effectief bij asystolie of bij ritmestoornissen veroorzaakt door hypoxie of ischemie. Pacing kan effectief zijn bij bradycardie bij sinusknopdisfunctie, hartblok of direct na cardiochirurgie.

Extracorporale CPR (eCPR)

Extracorporale CPR met behulp van extracorporeel life support (ECLS) dient vroegtijdig overwogen te worden voor bepaalde kinderen met een circulatiestilstand zonder ROSC, binnen en buiten het ziekenhuis. Cruciaal hierbij zijn onder andere:

- de oorzaak van de circulatiestilstand is potentieel reversibel (bv. rondom cardiochirurgie, ritmestoornis, intoxicatie, cardiomyopathie, hypothermie en pulmonale hypertensie);
- er is voorafgaande de eCPR adequaat gereanimeerd;
- een bekwaam ECLS-team is beschikbaar, opdat eCPR zo snel mogelijk gestart kan worden.

Aanwezigheid van ouders

De reanimatie van hun kind is voor ouders uiteraard een verschrikkelijke gebeurtenis.

Onderzoek laat zien dat, hoe moeilijk ook, het voor ouders belangrijk is om aanwezig te zijn bij de reanimatie van hun kind. Hierbij is het wel essentieel dat ouders gedurende de gehele reanimatie ondersteund worden door een verpleegkundige of andere zorgprofessional.

Het functioneren van het reanimatieteam wordt in het algemeen niet nadelig beïnvloed door de aanwezigheid van ouders. In het uitzonderlijke geval dat ouders de voortgang van de reanimatie hinderen, wordt hun verzocht weg te gaan.

Alhoewel ouders zo veel mogelijk bij de besluitvorming rondom hun kind betrokken moeten worden, dient het reanimatieteam het besluit te nemen om de reanimatie voort te zetten of te staken. De reanimatieteamleider legt de keuze tot staken uit met gevoel en begrip. Teamleiders moeten in dit aspect van communicatie worden getraind. Plan een nagesprek met de ouders op korte termijn en zorg voor de verdere diagnostiek naar de oorzaak van de circulatiestilstand (bv. post-mortem MRI in het kader van de NODOK procedure).

Verschillen ten opzichte van de ERC-richtlijn 2025

De ERC-richtlijn adviseert om verplaatsing van de positie van de defibrillatorelektrodes te overwegen na vijf opeenvolgende schokken bij kinderen en na drie opeenvolgende schokken bij volwassenen. De NRR-richtlijn Specialistische reanimatie van volwassen adviseert om dit te doen na vier opeenvolgende schokken (zie hoofdstuk 5). Omwille van de uniformiteit adviseert de NRR-richtlijn Specialistische reanimatie van kinderen hetzelfde, dat wil zeggen: overweeg vectorverandering na de vierde opeenvolgende schok. Dit is ook het moment om verhoging van de energie voor defibrilleren te overwegen.

Referenties

1. Albrecht M, de Jonge RCJ, Dulfer K, Van Gils-Frijters APJM, de Hoog M, Hunfeld M, Kammeraad JAE, Moors XRJ, Nadkarni VM, Buysse CMP. Trends in community response and long term outcomes from paediatric cardiac arrest: A retrospective observational study. *Resuscitation*. 2024;194:110045.