Radiologische diagnostiek bij de acute trauma-opvang van kinderen

Deze richtlijn is tot stand gekomen op initiatief van Nederlandse Vereniging voor Radiologie
© 2012 - 2022 Richtlijnendatabase is een product ondersteund door het Kennisinstituut van de Federatie van Medisch Specialisten

Inhoudsopgave

Radiologische diagnostiek bij de acute trauma-opvang van kinderen 1

Inhoudsopgave 2

Startpagina Radiologische diagnostiek bij de acute trauma-opvang van kinderen 3

Standaard beeldvorming 5

Indicaties voor CT-thorax 16

Indicaties voor CT-abdomen 22

beeldvorming_schedel_en_hersenen 41

ct-hersenen 42

cta-halsvaten 43

Beeldvorming cervicale wervelkolom 50

beeldvorming_thoracale_en_lumbale_wervelkolom 61

split-bolus_techniek 67

Startpagina Radiologische diagnostiek bij de acute trauma-opvang van kinderen

Waar gaat deze richtlijn over?
Deze richtlijn beschrijft wat volgens de huidige maatstaven de beste procedure is van radiologische diagnostiek bij de acute trauma-opvang van kinderen (<16 jaar) met potentieel meervoudig of levensbedreigend letsel. De richtlijn bestaat uit 7 modules:

- Standaard beeldvorming: Wat is de minimale standaard beeldvorming?
- Indicaties voor CT-thorax: Wat is een indicatie voor een CT-thorax?
- Indicaties voor CT-abdomen: Wat zijn de indicaties voor een CT-abdomen na buiktrauma?
- Beeldvorming schedel en hersenen: Wanneer dient er een CT van de hersenen in de initiële diagnostiek verricht te worden?
- Beeldvorming cervicale wervelkolom: Welke type beeldvorming is geïndiceerd voor het uitsluiten van cervicale wervelkolom letsel?
- Beeldvorming thoracale en lumbale wervelkolom: Wat zijn de indicaties voor beeldvorming van de thoracale of lumbale wervelkolom (TWK/LWK)?
- Split-bolus techniek: Wat zijn de indicaties voor beeldvorming van de thoracale of lumbale wervelkolom (TWK/LWK)?

Voor wie is deze richtlijn bedoeld?
Deze richtlijn is bestemd voor alle leden van beroepsgroepen die betrokken zijn bij de opvang van pediatrische trauma patiënten.

Voor patiënten
Deze richtlijn gaat over kinderen <16 jaar die een ongeluk hebben gehad en ernstig gewond zijn. Bijvoorbeeld door een val, ongeluk, brand, explosie of geweld. Een kind dat ernstig gewond en misschien in levensgevaar is, moet snel worden geholpen. De richtlijn helpt daarbij door te beschrijven hoe deze kinderen moeten worden onderzocht met beeldvorming, zoals een röntgenfoto of een CT-scan. Door snelle en juiste beeldvorming kan schade in het lichaam snel gevonden en behandeld worden. Ook helpt de richtlijn om geen onnodige beeldvorming te doen. Dit scheelt tijd en stralingsdosis. Bij deze richtlijn is informatie ontwikkeld voor op www.thuisarts.nl. Hierin wordt uitgelegd wat er gebeurt wanneer een kind een ongeluk heeft gehad en naar het ziekenhuis wordt gebracht. Ook staat op www.thuisarts.nl informatie voor patiënten over beeldvorming, zoals een röntgenfoto of een CT-scan.

Hoe is de richtlijn tot stand gekomen?
Deze richtlijn is tot stand gekomen op initiatief van de Nederlandse Vereniging van Radiologie. De richtlijn is opgesteld door een multidisciplinaire werkgroep met vertegenwoordigers vanuit de radiologen, chirurgen, spoedeisende hulp artsen, klinisch fysici, neurologen, orthopeden en kinderartsen en met ondersteuning van het Kennisinstituut van de Federatie Medisch Specialisten. Ook is er rekening gehouden met patiëntenperspectief door input van Stichting Kind en Ziekenhuis.

Toepassen

Bij de richtlijn is een stroomschema opgesteld dat kan worden gebruikt om te bepalen welke radiologische diagnostiek bij de acute trauma-opvang van kinderen is geïndiceerd. Zie hiervoor de bijlage van de richtlijn.

Verantwoording

Laatst beoordeeld : 01-03-2022
Laatst geautoriseerd : 01-03-2022

Voor de volledige verantwoording, evidence tabellen en eventuele aanverwante producten raadpleegt u de Richtlijnendatabase.

Standaard beeldvorming

Uitgangsvraag

Wat is de minimale standaard beeldvorming bij een kind met potentieel meervoudig of levensbedreigend letsel?
De uitgangsvraag omvat de volgende deelvragen:

- X-thorax: Wanneer is een X-thorax geïndiceerd?
- Abdomen: Wat zijn de indicaties voor een FAST/e-FAST?
- X-bekken: Wanneer is een X-bekken geïndiceerd?

Aanbeveling

Maak in principe bij elk kind met potentieel meervoudig of levensbedreigend letsel standaard een X-thorax en X-bekken.

Uitzonderingen voor het maken van een X-bekken zijn:

- Indien de patiënt ter plaatse van het ongeval nog heeft gelopen en er geen afwijkingen bij lichamelijk onderzoek zijn.
- Als de kliniek en het trauma mechanisme onverdacht is voor bekkenletsel.

Indien er een directe indicatie is voor een CT-thorax en/of CT-abdomen kan er voor gekozen worden om de conventionele beeldvorming over te slaan, mits er een CT op of nabij de traumakamer staat.

Verricht e-FAST bij de hemodynamisch instabiele traumapatiënt als snelle diagnostiek naar het bloedingsfocus.

Maak in principe bij een kind met potentieel meervoudig of levensbedreigend letsel met verdenking op of niet te excluderen buikletsel een e-FAST, houdt hierbij wel rekening met de relatief lage sensitiviteit van de e-FAST voor het opsporen van intra-abdominaal letsel.

Overwegingen

<u>Voor- en nadelen van de interventie en de kwaliteit van het bewijs</u>
Bij de acute traumaopvang worden de X-thorax en X-bekken al lange tijd als standaard modaliteiten verricht. Het bewezen nut van de beeldvorming gecombineerd met de snelheid en relatief lage stralingsbelasting maakt dat de werkgroep dit als standaard beeldvorming ziet bij de trauma-opvang van kinderen. Er is derhalve geen systematische literatuuranalyse gedaan om dit ter discussie te stellen. Een X-thorax geeft snel informatie over ernstige potentieel levensbedreigende letsels: pneumothorax (eventuele spannings component), hematothorax, longcontusie en afwijkingen aan het mediastinum. Daarnaast geeft een X-thorax duidelijke informatie over de positie van tube, maagsonde en lijnen.

Bij elke multitrauma opvang worden er derhalve standaard een X-thorax en X-bekken gemaakt, dit is overeenkomend met de volwassen populatie. Wel komen bekkenfracturen veel minder vaak voor bij kinderen.

Er is een aantal uitzonderingen op het maken van een standaard X-bekken:

- Als patiënt ter plaatste van het ongeval nog gelopen heeft en er bij lichamelijk onderzoek geen afwijkingen zijn. Testen van stabiliteit is onbetrouwbaar bij jongere kinderen.
- Als het letsel of traumamechanisme volstrekt onverdacht is voor bekkenletsel, en er bij lichamelijk onderzoek geen afwijkingen zijn.

Om onnodig tijdsverlies te voorkomen is het van belang dat het duidelijk is wanneer er een indicatie bestaat voor het vervaardigen van een FAST/e-FAST. Wanneer blijkt dat er situaties zijn waarin het uitvoeren van FAST/e-FAST niet zinvol is, zou dit onder andere tijdswinst in een potentieel levensbedreigende situatie kunnen betekenen. Anderzijds zijn er ook situaties waarbij de FAST/e-FAST juist tijdswinst oplevert, bijvoorbeeld in het geval van een instabiele patiënt waarbij de FAST/e-FAST juist extra preoperatieve informatie kan geven, zoals het aantonen van een mogelijke bloedingsfocus. Er is een literatuuronderzoek verricht naar de diagnostische accuratesse van initiële trauma opvang met en zonder FAST/e-FAST waarbij ook is gekeken naar de uitkomstmaten mortaliteit, veranderen in klinisch handelen, morbiditeit en tijdswinst.

De beschikbare literatuur is voornamelijk uit Amerika afkomstig en niet goed te vergelijken met de Nederlandse setting. De werkgroep vermoedt dat in deze studies voornamelijkpatiënten met een hogere ISS score zijn geïncludeerd, waardoor de studies een onvolledig beeld geven en er dus sprake is van bias. De doelpopulatie van deze richtlijn betreft alle patiënten die gepresenteerd worden na trauma, variërend van lage tot hoge ISS scores. Tot deze populatie behoren ook patiënten die hemodynamisch stabiel zijn, met een lage verdenking op intra-abdominaal letsel. Dit is juist de groep waarbij een CT-abdomen vaak geen gevolger heeft voor het beleid en/of de behandeling van de patiënt in de acute setting en waarbij dus onnodige stralingsbelasting voorkomen zou kunnen worden. Het betreft hier dus een lage a-priori kans op abdominaal letsel. De meerwaarde van aanvullend onderzoek hangt af van de a-priori kans op abdominaal letsel, bepaald door traumamechanisme, anamnese en lichamelijk onderzoek.

Ook wordt in de beschikbare studies de e-FAST verricht door verschillende specialismen, met mogelijk beperktere expertise. De werkgroep is van mening dat het gebruik van e-FAST in de traumasetting in Nederland ten opzichte van in andere landen meer geaccepteerd is en acht het daarom waarschijnlijk dat er ook meer expertise is op dit gebied. De werkgroep denkt daarom dat de conclusies uit de literatuuranalyse niet zomaar vertaald kunnen worden naar aanbevelingen voor de patiëntenpopulatie in de traumasetting in Nederland.

Conform de volwassen literatuur is de sensitiviteit van het e-FAST onderzoek laag. Het doel van de e-FAST is het aantonen van intra-abdominaal vocht, waarbij we een onderscheid kunnen maken tussen hemodynamische stabiele en instabiele patiënten in combinatie met het trauma mechanisme.

Bij een hemodynamisch instabiele patiënt is een relatief snelle en stralingsloze e-FAST een betekenisvol

onderzoek om richting te geven aan het behandel plan, bijvoorbeeld wel of geen laparotomie. Het e-FAST onderzoek levert dan tijdswinst op ten opzichte van de CT-abdomen. Bij de hemodynamisch stabiele patiënt zal de meerwaarde van de e-FAST mede afhangen van de kliniek en het traumamechanisme, met andere woorden: de a-priori kans op intra-abdominaal letsel. Een e-FAST geeft hier in ieder geval tijd en rust om zo gelijk een verder beleid te bepalen. De keuze voor aanvullend onderzoek of observatie is aan het traumateam.

Het volledig weglaten van de e-FAST bij kindertrauma vindt de werkgroep niet wenselijk, gezien het risico dat veel laagdrempeliger een CT-abdomen gemaakt zal gaan worden. Juist dit willen we gezien de extra/onnodige stralingsbelasting voorkomen. Het gebruik van de e-FAST kan leiden tot een lager aantal CT's (Scaife, 2013). Dit beleid is ook conform de volwassen richtlijn.

Voor de cruciale uitkomstmaat mortaliteit was geen literatuur beschikbaar en ook blijft het onduidelijk of het klinisch handelen verandert als gevolg van het uitvoeren van een e-FAST. De totale bewijskracht voor de cruciale uitkomstmaten is zeer laag. Dit komt voornamelijk omdat de studies die werden geïncludeerd in de SR van Liang (2019) een risico op bias hebben vanwege de flow en timing. Daarnaast rapporteren de individuele studies maar een laag aantal patiënten en/of events waardoor er sprake kan zijn van imprecisie. Het is daarom goed mogelijk dat nieuwe studies de conclusies kunnen veranderen.

De werkgroep is van mening dat gezien de stralingsbelasting er in eerste instantie gekozen moet worden voor een e-FAST. Het valt te overwegen om, indien mogelijk, direct een CT-thorax/abdomen te maken wanneer er sprake is van een hemodynamisch stabiele patiënt en er een serieuze verdenking is op ernstig letsel.

Waarden en voorkeuren van patiënten (en eventueel hun verzorgers)
De e-FAST is een praktisch onderzoek voor de patiënt omdat het een makkelijke tool is die vrijwel altijd en overal beschikbaar is. De patiënt hoeft niet verplaatst te worden en het is een snel non-invasief onderzoek zonder stralingsbelasting, wat juist in de populatie van deze richtlijn nog zwaarder weegt dan in de volwassen richtlijn. Het grootste nadeel is dat de sensitiviteit laag is en dat er meestal weinig consequenties aan de e-FAST worden verbonden, zoals overigens ook geldt voor de CT.

Kosten (middelenbeslag)
Het vervaardigen van een e-FAST brengt minimale extra kosten met zich mee. Er moet 24/7 een radioloog (in opleiding) of ander persoon met dergelijke expertise beschikbaar zijn.

Aanvaardbaarheid, haalbaarheid en implementatie
De X-thorax en X-bekken zijn al sinds jaar en dag opgenomen als standaard modaliteiten. Ook de e-FAST is een modaliteit die in alle centra in Nederland beschikbaar is waardoor beeldvorming snel verricht kan worden. De werkgroep verwacht dan ook geen problemen wat betreft de aanvaardbaarheid, haalbaarheid en implementatie wat betreft de opname van deze modaliteit als standaard beeldvorming bij de trauma-opvang van kinderen.

Op basis van de beschikbare literatuur is het lastig conclusies te trekken over de aanvaardbaarheid en haalbaarheid van de interventies. Alleen Holmes (2017) geeft een waarde bij hemodynamisch stabiele

patiënten. Echte harde morele of ethische bezwaren kunnen er tegen een e-FAST niet gemaakt worden. Een echte waarde is moeilijk te geven. Er is veel variatie en we willen in de richtlijn uniformiteit nastreven.

De beschikbare literatuur is voornamelijk uit Amerika afkomstig. De werkgroep vermoed dat hier veel CT-scans en relatief weinig e-FAST onderzoeken worden vervaardigd. Expertise van de echografist(e) voor e-FAST is in de literatuur niet altijd duidelijk omschreven. Uit de literatuur blijkt dat de e-FAST vaak wordt verricht door andere specialisten dan de radioloog, zoals veelal in Nederland gebeurt. Een voorwaarde voor het succes van de e-FAST is expertise van de echografist(e).

Rationale van de aanbevelingen

Bij de acute traumaopvang zijn de X-thorax en X-bekken opgenomen als standaard modaliteiten. Bij elke multitrauma opvang worden er derhalve standaard een X-thorax en X-bekken gemaakt, dit is overeenkomend met de volwassen populatie. Houdt hierbij wel in het achterhoofd dat bekkenfracturen veel minder vaak voorkomen bij kinderen.

De X-thorax en X-bekken gaan gepaard met relatief lage stralingsbelasting en zijn erg snel, niet invasief en kunnen levensbedreigende letsels aantonen. Er is geen verder onderzoek gedaan om de waarde opnieuw te toetsen.

Op basis van expert opinion en beperkte beschikbare literatuur is de werkgroep van mening dat de e-FAST een plek heeft als modaliteit bij de acute beeldvorming. De beschikbare literatuur is niet direct toepasbaar op de huidige Nederlandse trauma opvang. In de literatuur wordt een CT-abdomen laagdrempelig gebruikt om zekerheidshalve alle traumatische bevindingen te diagnosticeren bij zowel stabiele als instabiele patiënten. Deze aanpak is defensiever dan de Nederlandse aanpak. De e-FAST moet gezien worden als onderdeel van de gehele strategie van de trauma opvang, inclusief lichamelijk onderzoek en laboratorium onderzoek. De e-FAST geeft direct belangrijke informatie, waarbij of afwachtend beleid, of direct aanvullend onderzoek of interventie volgt. De werkgroep is van mening, ondersteund door literatuur, dat het gebruik van e-FAST leidt tot minder aanvullende CT-onderzoeken in de initiële setting.

De combinatie van traumamechanisme, lichamelijk onderzoek en hemodynamiek is leidend om als traumateam een keuze te maken. Bij hoge verdenking op ernstig letsel is een CT-scan gerechtvaardigd, al dan niet voorafgegaan door een e-FAST. Het traumateam dient op de hoogte te zijn van beperkingen van de e-FAST. De relatieve onderdiagnostiek wordt in secundaire en tertiaire survey opgepakt bij klinisch relevante afwijkingen, met zo nodig herhalen van de e-FAST of toch aanvullend CT of MRI onderzoek. Bevindingen op CT-abdomen en e-FAST bij primaire survey leiden bij kinderen niet altijd tot interventie, waar dit bij volwassenen vaker wel zo is. Wanneer het behandelend team op de hoogte is van de beperkingen van de e-FAST, zal bij klinische verslechtering van het kind het team direct ingrijpen.

Onderbouwing

Achtergrond

In de acute fase wordt veelal gebruik gemaakt van drie snelle beeldvormende modaliteiten: de X-thorax, X-bekken en de extended focused assessment with sonography in trauma (e-FAST). Bij vrijwel iedere

hoogenergetische traumaopvang worden een X-thorax en X-bekken gemaakt. Er is praktijkvariatie bij het gebruiken van e-FAST, waarbij de aanvullende waarde onderwerp is van discussie. Wanneer blijkt dat er situaties (patiëntgroepen, type trauma) zijn waarin het initieel uitvoeren van e-FAST niet zinvol is, zou dit onder andere tijdswinst in een potentieel levensbedreigende situatie kunnen betekenen.

Conclusies

- **GRADE**	**Mortality** Due to the lack of studies reporting the outcome measure mortality, it was not possible to draw a conclusion for this outcome.

Very low **GRADE**	**Changes in clinical course** It remains unclear whether initial examination with FAST/e-FAST changes the clinical course in children with potentially multiple or life-threatening injuries in comparison with initial trauma examination without FAST/e-FAST. *Sources: (Calder, 2017; Scaife, 2013; Vasquez, 2019)*

Low **GRADE**	**Diagnostic accuracy** The initial trauma examination with FAST/e-FAST does possibly not have added value in children with potentially multiple or life-threatening injuries in comparison with initial trauma examination without FAST/e-FAST based on the diagnostic accuracy. *Sources: (Liang, 2019; Vasquez, 2019; Zeeshan, 2019)*

- **GRADE**	**Morbidity** Due to the lack of studies reporting the outcome measure morbidity, it was not possible to draw a conclusion for this outcome.

Very low **GRADE**	**Time to CT** It remains unclear whether initial examination with FAST/e-FAST changes the time to CT in children with potentially multiple or life-threatening injuries in comparison with initial trauma examination without FAST/e-FAST. *Sources: (Holmes, 2017)*

Samenvatting literatuur

<u>Description of studies</u>

Systematic review

The systematic review from Liang (2019) evaluated the utility of the focused assessment with sonography for trauma (FAST) examination for diagnosis of intra-abdominal injury in children presenting with blunt abdominal trauma. Medical literature published in PubMed, EMBASE, and Web of Science from January 1966 to March

2018 was evaluated for inclusion. Studies were included when they examined pediatric patients who underwent a FAST after blunt trauma, and if the FAST was completed and interpreted by a (pediatric) emergency medicine physician or surgical staff at the bedside. Narrative reviews, case-control studies, retrospective studies, case reports, and studies with FAST examinations performed by radiology staff were excluded. In addition, studies were excluded of patients who died in the emergency department, were hemodynamically unstable, or met the criteria for emergent surgical exploration. The methodological quality of the studies was assessed using the Quality Assessment Tool for Diagnostic Accuracy Studies (QUADAS-2). In total, 8 prospective studies were included encompassing 2,135 patients, of which 289 were diagnosed with intra-abdominal injury. All included studies diagnosed the presence or absence of intra-abdominal injuries with either CT-scans, laparotomy, hospital observation, and/or outpatient follow-up as a reference standard to confirm FAST results. The included studies had variable quality, with most at risk for partial and differential verification bias. A meta-analysis was performed to estimate the pooled diagnostic accuracy.

As the systematic review only reported the diagnostic accuracy, the individual studies were consulted for the remaining outcomes of interest. The studies that reported additional outcome measures are described below:

The RCT of Holmes (2017) determined whether FAST examination during initial evaluation of injured children improved clinical care. The study included 975 hemodynamically stable children and adolescents (< 18 years old) treated for blunt torso trauma in a level I trauma center. Patients were included when they presented to the emergency department within 24 hours of the traumatic event. Patients were excluded when they had hypotension, a Glasgow Coma Scale score < 9, an abdominal seat belt sign, penetrating trauma, when they were transferred from another hospital, or when they had a known disease resulting in intraperitoneal fluid (e.g. liver failure or ventriculoperitoneal shunts). Patients were stratified in three age categories (< 3 years, 3 to 9.99 years, ≥ 10 years) and randomized in blocks of 20 within these age cohorts. Patients were randomly assigned to standard trauma evaluation with FAST examination or to standard trauma evaluation alone. In total, 460 patients received standard trauma evaluation with FAST, and 465 received standard care alone. Data was collected from the electronic medical records from the hospitalized patients. The guardians of patients who were discharged from the emergency department were contacted 1 week after the emergency department.

The prospective observational study of Calder (2017) investigated the role of FAST for intra-abdominal injury and intra-abdominal injuries that require acute intervention in children after blunt abdominal trauma. The study included all patients (< 16 years old) at pediatric trauma centers. Patients were excluded when they presented later than 6 hours after the injury, when they have had abdominal CT imaging before arrival to the pediatric trauma center, isolated head or extremity mechanism of injury, same level fall, and/or penetrating/bum/hanging mechanism. In total, 2,188 patients were included with a mean age of 7.8 years old. 829 of these children received FAST, while 1,359 children did not receive FAST. Follow-up was 30 days or time of discharge of the hospital.

The prospective observational study of Scaife (2013) investigated whether the use of FAST might decrease CT use. The study included all patients (< 18 years old) that required trauma team activation and had potential abdominal trauma. Patients were excluded when they had abdominal imaging (CT or FAST) from a referring hospital or when they had penetrating or open abdominal wounds. Furthermore, patients were excluded

when assistance was provided to the surgeon as part of training opportunities, non-surgeon use of ultrasound, and equipment malfunction. In total, 88 patients were included with a median age of 7 years old. The follow-up time was not reported.

Additional observational studies
The retrospective study of Vasquez (2019) examined the sensitivity and specificity of one lung ultrasound methodology (single-point anterior exam) as an extension of the FAST in the pediatric trauma population, compared to chest radiography or CT. The study included children (< 18 years old) identified in the trauma registry who received a lung US exam in conjunction with a FAST scan and treated between May 1, 2016 and Sept 21, 2017. The study excluded all patients that did not have complete data in the dataset or did not have confirmatory chest radiography or CT-scans. In total, 226 pediatric were included with a mean age of 9.4 years old. The chest radiography or CT-scans were used as the gold standard for diagnosis. The follow-up time was not reported.

The retrospective study of Zeeshan (2019) determined if the combination of physical examination, serum transaminases along with FAST would effectively rule out major hepatic injuries after blunt abdominal trauma in hemodynamically stable pediatric patients. The study included all pediatric patients (< 18 years old) with a blunt abdominal injury who were evaluated with CT-scans and underwent FAST on admission. The study excluded all patients who were transferred from other hospitals or dead on arrival. In total, 423 patients were included with a mean age of 11 years old. The study compared the diagnostic accuracy of physical examination and serum transaminases (AST and ALT) with and without FAST. The CT scan was used as the gold standard for diagnosis. The follow-up time was not reported.

Results
Mortality (crucial)
None of the studies reported a comparison of the mortality for trauma examination with and without e-FAST.

Changes in clinical course (crucial)
The outcome changes in clinical course was reported in three studies (Calder, 2017; Scaife, 2013; Vasquez, 2019).

The study of Vasquez (2019) reported that all true positive findings, but none of the false negatives on FAST had pulmonary contusions. None of the false negatives on FAST required intervention. When FAST was incorporated in trauma examination, no changes in clinical course were identified in comparison with chest radiography or CT.

The study of Calder (2017) reported a slightly lower CT scan utilization after the use of FAST (41%) in comparison to those who did not receive FAST (46%). However, this difference was not considered clinically relevant. Among the 27 patients with true positive FAST examinations, 12 patients received intervention. These patients all had an abnormal abdominal examination and therefore, no changes in clinical course were identified when FAST was incorporated in trauma examination for intra-abdominal injuries.

The study of Holmes (2017) reported the changes in clinical course due to the introduction of FAST and the

amount of abdominal CT scans that were performed with and without the usage of FAST during trauma management. Physicians documented changes in their plans to order CTs for 25 patients after FAST examinations. In 13 cases, physicians decided not to perform a planned abdominal CT following the FAST examination, and none were diagnosed with intra-abdominal injuries. In 12 cases, physicians decided to obtair an abdominal CT when this was originally not planned. One was diagnosed with an intra-abdominal injury. In this case, the FAST examination demonstrated intraperitoneal fluid in the Morison pouch. After the development of peritonitis, the patient was found to have a jejunal injury. This indicates that changes do occur due to the addition of FAST to standard trauma evaluation. However, the proportion of patients with abdominal CT-scans was 241 of 460 (52.4%) in the group who received FAST and 254 of 465 (54.6%) in the group of patients who received standard care without FAST. The difference was 2.2% (95%CI -0.6% to 1.2%). This difference in the amount of abdominal CT-scans was not considered clinically relevant.

The study of Scaife (2013) reported the amount of cancelled CT-scans after FAST. The study reported that surgeons would have elected to cancel the abdominal CT in 42 (48%) of the cases. The FAST was negative in 40 of these cases (95%). The FAST was positive in 1 of the cases, but this patient was directly transported to the operating room and therefore CT was omitted. This difference of 48% less CT-scans after the introduction of FAST was considered clinically relevant.

Diagnostic accuracy (crucial)
The outcome diagnostic accuracy were reported in 3 studies (Liang, 2019; Vasquez, 2019; Zeeshan, 2019). The systematic review of Liang (2019) reported the pooled values of the diagnostic accuracy of detecting intra-abdominal injuries with e-FAST (Table 1.1). The overall sensitivity of their analysis was 35% (95% confidence interval (CI) 29% to 40%) and the pooled specificity was 96% (95%CI 95% to 97%).

Table 1.1 The diagnostic accuracy of FAST examination

Studies	Sample Size	Sensitivity (95% CI)	Specificity (95% CI)
Thourani et al[28]	192	80% (44%–97%)	100% (98%–100%)
Corbett et al[29]	47	75% (43%–95%)	97% (85–99%)
Suthers et al[30]	118	70% (50%–86%)	100% (96%–100%)
Fox et al[31]	357	20% (13%–30%)	98% (95%–99%)
Scaife et al[9]	74	36% (17%–59%)	77% (63%–87%)
Tummers et al[32]	75	50% (19%–81%)	100% (94%–100%)
Calder et al[33]	816	29% (20%–39%)	96% (95%–98%)
Holmes et al[34]	456	25% (10%–47%)	93% (91%–95%)
Heterogeneity (I^2)		84%	89%
Pooled values	2135	35% (29%–40%)	96% (95%–97%)

Source: Liang (2019)

The study of Vasquez (2019) reported the diagnostic accuracy of using single-point exam anteriorly positioned as an extension of the FAST for trauma exam, for the detection of pneumothoraces. The sensitivity of the FAST was 45.5% (95%BI 16.8 to 76.6%), the specificity was 98.6% (96.0% to 99.7%). The positive

predictive value was 62.5% (31.3% to 85.9%) and the negative predictive value was 97.3% (95.4% to 98.4%).

The study of Zeeshan (2019) compared the diagnostic accuracy of trauma examination with and without FAST to detect liver injuries. The sensitivity, specificity, positive predictive value, and negative predictive value of physical examination and serum transaminases without FAST were 84%, 63%, 44%, and 97% respectively, whereas this was 97%, 95%, 87%, and 98% when FAST was included in the trauma examination. This means that the diagnostic accuracy to detect liver injuries was improved when FAST was included. The improvement for the sensitivity, specificity and positive predictive value was considered clinically relevant.

Morbidity (important)
None of the studies reported the outcome measure morbidity.

Time to CT
The outcome time to CT was reported in the study of Holmes (2017). The mean time to CT was 2.65 hours (95%CI 2.44 to 2.86) in the group that received FAST, compared to 2.54 hours (95%CI 2.32 to 2.76) in the group that received standard care alone. The difference was 0.11 hours (95%CI -0.20 to 0.42). This difference was not considered clinically relevant.

Level of evidence of the literature
Mortality and morbidity
The level of evidence could not be graded for these outcome measures, as they were not reported in the included studies.

Changes in clinical course
The level of evidence regarding the changes in clinical course started low. The level of evidence regarding the changes in clinical course was downgraded by two levels because of study limitations (risk of bias due to no adjustment for potential confounders, 1 level) and because of imprecision (low number of events or included patients, 1 level). Therefore, the level of evidence was graded very low.

Diagnostic accuracy
The level of evidence regarding the diagnostic accuracy started high. The level of evidence regarding the diagnostic accuracy was downgraded by two levels because of study limitations (risk of bias due to limitations in flow and timing) and because of inconsistenty (heterogeneity in study results). Therefore, the level of evidence was graded low.

Time to CT
The level of evidence regarding the changes in clinical course started low. The level of evidence regarding the changes in clinical course was downgraded by 1 level because the null value was present within the confidence interval (imprecision, 1 level). Therefore, the level of evidence was graded very low.

Zoeken en selecteren

A systematic review of the literature was performed to answer the following question:
What is the additional value (diagnostic accuracy/effectivity) of initial trauma examination with FAST/e-FAST

(chest X-ray, pelvic X-ray, FAST/e-FAST) in comparison with initial trauma examination without FAST/e-FAST in children with potentially multiple or life-threatening injuries?

P: patients children with potential multiple trauma or life threatening injury (< 16 years);
I: intervention trauma examination without FAST/e-FAST;
C: comparison trauma examination with FAST/e-FAST;
R: reference computed tomography (CT) or clinical follow-up;
O: outcome measure mortality, morbidity, time to diagnosis, changes in clinical course, and diagnostic accuracy for the detection of free fluid and trauma related organ injuries.

Relevant outcome measures
The guideline development group considered mortality, changes in clinical course, and diagnostic accuracy as critical outcome measure for decision making; and morbidity and time to diagnosis as an important outcome measure for decision making.
A priori, the guideline committee did not define the outcome measures listed above but used the definitions used in the studies.
The guideline committee used the standard minimal clinically (patient) important difference for the dichotomous outcome measure mortality of 10% (RR < 0.91 or > 1.10). For continuous outcome measures, a difference of 10% was considered clinically important.

Search and select (Methods)
The databases Medline (via OVID) and Embase via Embase.com were searched with relevant search terms until 25th of February 2020. The detailed search strategy can be found under the tab Methods. The systematic literature search resulted in 95 hits. Studies were selected based on the following criteria: randomized controlled trials, comparative observational studies, or systematic reviews on the validity/accuracy of trauma examination with and without FAST/e-FAST in children with potential multiple trauma. In total, 22 studies were initially selected based on title and abstract screening. After reading the full text, 19 studies were excluded (see the table with reasons for exclusion under the tab Methods) and 3 studies were included.

Results
In total, 1 systematic review and 2 additional observational studies were included in the analysis of the literature. Important study characteristics and results are summarized in the evidence tables. The assessment of the risk of bias is summarized in the risk of bias tables.

Verantwoording

Laatst beoordeeld : 01-03-2022
Laatst geautoriseerd : 01-03-2022

Voor de volledige verantwoording, evidence tabellen en eventuele aanverwante producten raadpleegt u de Richtlijnendatabase.

Referenties

Calder BW, Vogel AM, Zhang J, Mauldin PD, Huang EY, Savoie KB, Santore MT, Tsao K, Ostovar-Kermani TG, Falcone RA,

Dassinger MS, Recicar J, Haynes JH, Blakely ML, Russell RT, Naik-Mathuria BJ, St Peter SD, Mooney DP, Onwubiko C, Upperman JS, Zagory JA, Streck CJ. Focused assessment with sonography for trauma in children after blunt abdominal trauma: A multi-institutional analysis. J Trauma Acute Care Surg. 2017 Aug;83(2):218-224. doi: 10.1097/TA.0000000000001546. PubMed PMID: 28590347.
Holmes JF, Kelley KM, Wootton-Gorges SL, Utter GH, Abramson LP, Rose JS, Tancredi DJ, Kuppermann N. Effect of Abdominal Ultrasound on Clinical Care, Outcomes, and Resource Use Among Children With Blunt Torso Trauma: A Randomized Clinical Trial. JAMA. 2017 Jun 13;317(22):2290-2296. doi: 10.1001/jama.2017.6322. PubMed PMID: 28609532; PubMed Central PMCID: PMC5815005.
Liang T, Roseman E, Gao M, Sinert R. The Utility of the Focused Assessment With Sonography in Trauma Examination in Pediatric Blunt Abdominal Trauma: A Systematic Review and Meta-Analysis. Pediatr Emerg Care. 2019 Mar 12. doi: 10.1097/PEC.0000000000001755. (Epub ahead of print) PubMed PMID: 30870341.
Scaife ER, Rollins, M. D., Barnhart, D. C., Downey, E. C., Black, R. E., Meyers, R. L., Stevens, M. H., Gordon, S., Prince, J. S., Battaglia, D., Fenton, S. J., Plumb, J., & Metzger, R. R. (2013). The role of focused abdominal sonography for trauma (FAST) in pediatric trauma evaluation. Journal of pediatric surgery, 48(6), 1377–1383. https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2013.03.038.
Vasquez, D. G., Berg, G. M., Srour, S. G., & Ali, K. (2020). Lung ultrasound for detecting pneumothorax in injured children: preliminary experience at a community-based Level II pediatric trauma center. Pediatric radiology, 50(3), 329–337. https://doi.org/10.1007/s00247-019-04509-y.
Zeeshan M, Hamidi M, O'Keeffe T, Hanna K, Kulvatunyou N, Tang A, Joseph B. Pediatric Liver Injury: Physical Examination, Fast and Serum Transaminases Can Serve as a Guide. J Surg Res. 2019 Oct;242:151-156. doi:10.1016/j.jss.2019.04.021. Epub 2019 May 9. PubMed PMID: 31078899

Indicaties voor CT-thorax

Uitgangsvraag

Wat is een indicatie voor een CT-thorax bij kinderen met potentieel meervoudig of levensbedreigend letsel?

Aanbeveling

Overweeg het maken van een CT-thorax alleen indien het vervaardigen van een CT-thorax behandelconsequenties heeft en er sprake is van:

- Hematothorax / pneumothorax (op de X-thorax).
- Subcutaan emfyseem.
- Afwijkend mediastinum (op de X-thorax).
- Decelererend trauma (met afwijkende X-thorax).
- Penetrerend trauma.

Overwegingen

Voor- en nadelen van de interventie en de kwaliteit van het bewijs
Omdat ernstig thoracaal letsel weinig voorkomt, maar wel een hoge mortaliteit kent, is het van belang dat er duidelijkheid is wanneer de indicatie bestaat voor het vervaardigen van een CT-thorax. Dit om te voorkomen dat kinderen onnodig een CT-thorax krijgen, die niet bijdragend is in de identificatie van letsels of letsels identificeert die geen behandeling vereisen. Dit zou dan alleen maar stralingsbelasting opleveren.

De studie van Holmes (2002) beschrijft een model met risicofactoren voor thoracale letsels. De risicofactoren die deel uit maken van dit model zijn: lage systolische bloeddruk, verhoogde ademhalingsfrequentie (op basis van de leeftijd), afwijkingen bij onderzoek van de thorax, afwijkende auscultatie van de thorax, femurfractuur en een GCS-score lager dan 15. De bewijskracht van deze studie is echter zeer laag vanwege een gebrek aan externe validatie en daarnaast is de impact van het model niet onderzocht. Het blijft daarom onduidelijk of deze risicofactoren daadwerkelijk gebruikt kunnen worden als indicatie voor het vervaardigen van een CT-thorax. Er ligt hier een kennislacune en aanvullend onderzoek is nodig om een goed antwoord te krijgen op deze vraag.

Bovenstaand artikel beschrijft niet expliciet de indicaties voor het maken van een CT-thorax. Daarom zijn onderstaande artikelen bijgevoegd om ook antwoord te kunnen geven op de vraag wanneer er een indicatie is voor het maken van een CT-thorax. Uit de literatuur blijkt dat een CT-thorax vooral longcontusie, pneumothorax en fracturen (van rib of sternum) aan het licht brengt in vergelijking met de X-thorax, waarvan de noodzaak tot verandering in behandeling over het algemeen laag ligt (Golden, 2016; Stephens, 2017). Zowel de studie van Golden (2016) als de studie van Stephens (2017) toont aan dat een CT-thorax in 42% en respectievelijk 32% van de patiënten meer diagnoses oplevert in vergelijking met de X-thorax, maar in beide studies levert dit slechts in 3% van de patiënten een verandering in de behandeling op. In het merendeel van de patiënten gaat het om een thoraxdrain plaatsing bij een gevonden pneumothorax of hematothorax bij een patiënt met positieve druk beademing. De vraag wanneer een CT-thorax daadwerkelijk bijdraagt in de diagnostiek is lastiger te beantwoorden. De artikelen van zowel Golden (2016) als Stephens (2017)

benadrukken dat het hierbij vooral gaat om vasculair letsel na decelererend trauma. In al deze gevallen zijn er reeds afwijkingen op de X-thorax te zien, bijvoorbeeld een afwijkend mediastinum, welke, in combinatie met het traumamechanisme aanleiding geven tot het maken van een CT-thorax. Yanchar (2013) beschrijft de volgende significante afwijkingen op de X-thorax als indicaties voor CT-thorax: hematothorax of pneumothorax, subcutaan emfyseem en een afwijkend mediastinum. De werkgroep beveelt daarom aan om in het geval van een van deze afwijkingen op X-thorax, een CT-thorax te maken om vasculair letsel uit te sluiten. Op basis van eigen ervaring is de werkgroep van mening dat ook specifieke traumata, zoals penetrerend letsel, een indicatie zou kunnen zijn voor CT-thorax indien het vervaardigen van CT-thorax behandelconsequenties heeft. Bij twijfel over aanwezige afwijkingen op de X-thorax én een decelererend traumamechanisme kan overwogen worden laagdrempelig een CT-thorax te maken.

Kosten (middelenbeslag)
Het vervaardigen van een CT-thorax brengt extra kosten met zich mee.

Aanvaardbaarheid, haalbaarheid en implementatie
Het vervaardigen van een CT-thorax is alleen gerechtvaardigd indien aangenomen wordt dat het potentieel leidt tot een verandering van beleid, bijvoorbeeld een interventie, ingreep of extra observatie van de patiënt. Dit komt doordat een CT-thorax extra stralingsbelasting met zich meebrengt (zie hiervoor het kopje gebruik van ioniserende straling in de algemene inleiding). Er worden geen problemen verwacht wat betreft de aanvaardbaarheid, haalbaarheid en/of implementatie. Er zal een werkprotocol beschikbaar moeten zijn voor het vervaardigen van een CT-thorax bij kinderen.

Rationale van de aanbeveling
In het artikel van Yanchar (2013) wordt beschreven dat er bij significante afwijkingen op de X-thorax; hemato-/pneumothorax of subcutaan emfyseem, er een indicatie is voor het maken van een CT-thorax. Hierbij is het van belang om te laten meewegen of het vervaardigen van een CT-thorax de behandeling van de patiënt gaat veranderen. In de artikelen van Golden (2016) en Stephens (2017) bleek namelijk dat in slechts een klein deel van de patiënten (< 3%) extra behandeling nodig was naar aanleiding van de CT-thorax. Verder is het var belang om bij twijfel over afwijkingen op de X-thorax én een decelererend traumamechanisme wel een CT-thorax te maken om vasculair letsel uit te sluiten. Daarnaast kunnen specifieke traumata, zoals penetrerend letsel, een indicatie zijn voor CT-thorax indien het vervaardigen van CT-thorax behandelconsequenties heeft.

Het plaatsen van een thoraxdrain voor de CT-thorax is afhankelijk van de kliniek. Bij slechte oxygenatie/ hemodynamiek gaat het plaatsen van de thoraxdrain voor het vervaardigen van de CT-thorax.

Onderbouwing

Achtergrond

Er is momenteel geen praktische landelijke richtlijn met betrekking tot het verrichten van aanvullend onderzoek bij kinderen met potentieel meervoudig of levensbedreigend trauma. Volgens de ATLS en APLS krijgen alle kinderen met een hoog energetische trauma (HET) een X-thorax en een X-bekken. Echter is de sensitiviteit voor een kleine (anterieure) pneumothorax, longcontusie en een ribfractuur beperkt. Om de stralingsbelasting zo laag mogelijk te houden, hanteren we het ALARA-principe. Om te voorkomen dat veel

kinderen onnodig een CT-thorax krijgen, die niet bijdragend is in het identificeren van de letsels die een behandelconsequentie hebben, maar wel stralingsbelasting oplevert, kijken we wat indicaties zijn om CT-thorax van de thorax uit te voeren.

Conclusies

Very low GRADE	**Risk on thoracic injuries** It is unclear whether the clinical decision rule developed by Holmes (2002) has sufficient model performance to identify patients who are at risk of thoracic injuries. *Sources: (Holmes, 2002)*

Samenvatting literatuur

Description of studies

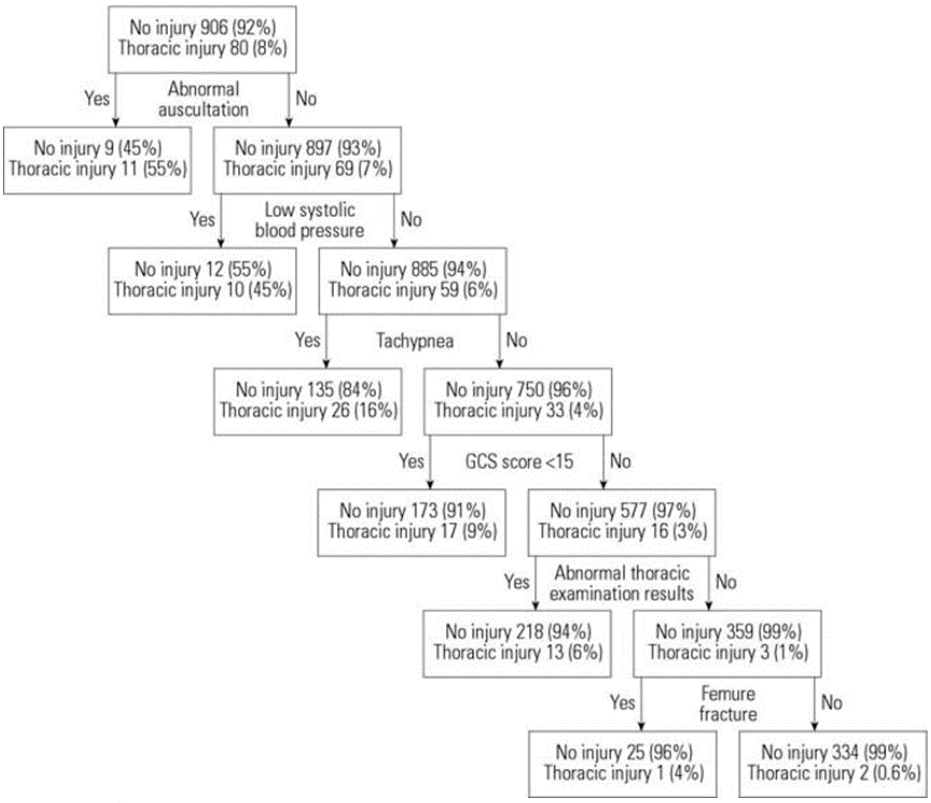
The study of Holmes (2002) developed a clinical prediction rule to identify thoracic injuries in children who sustained blunt torso trauma. Patients were prospectively enrolled when they were < 16 years old, presented at the emergency department (ED) of a Level I trauma center with blunt torso trauma, if they underwent chest radiography, and when they had any of the following: blunt torso trauma from a significant mechanism of injury (motor vehicle crash, automobile versus pedestrian, falls of > 10 feet), a decreased level of consciousness (Glasgow Coma Scale (GCS) < 15) in association with blunt torso trauma, blunt traumatic event with extremity paralysis, multiple bone fractures, a CRAMS score (measuring circulation, respiration, abdomen, motor responses, and speech) of 8 or less, a physical examination suggestive of torso injury after blunt trauma, or a pediatric trauma score of 8 of less after blunt trauma. Thoracic injuries were defined as: pulmonary contusion, hemothorax, pneumothorax, pneumomediastinum, tracheal-bronchial disruption, aortic injury, hemopericardium, pneumopericardium, cardiac contusion, rib fracture, sternal fracture, or any injury to the diaphragm. In total, 986 patients with a mean age of 8.3 (+/- 4.8 years) were included, of which 80 patients sustained thoracic injuries. A multiple logistic regression and recursive portioning analysis identified several predictors of thoracic injury: low systolic blood pressure, elevated age-adjusted respiratory rate, abnormal results on examination of the thorax, abnormal chest auscultation findings, femur fracture, and a Glasgow Coma Scale (GCS) score of less than 15. The obtained model was internally validated using bootstrap resampling procedures with 1000 iterations each.

Results

Risk on thoracic injuries (crucial)

The study of Holmes (2002) identified a clinical prediction rule using multivariable logistic regression consisting of: low systolic blood pressure, elevated age-adjusted respiratory rate, abnormal results on examination of the thorax, abnormal chest auscultation findings, and a Glasgow Coma Scale (GCS) score of less than 15. The area under de model receiver operating characteristic curve was 0.82 and the model demonstrated satisfactory goodness-of-fit, as measured with the Hosmer-Lemeshow test (p=0.70). The bootstrap analysis identified all 5 variables as independent predictors of thoracic injury in more than 50% of the 1000 bootstrap iterations. The recursive partitioning analysis (see Figure 2.1) identified the same 5 variables as the multivariate logistic regression analysis but added femur fracture to the model as an important variable.

Figure 2.1 Clinical decision rule



Results from the recursive partitioning analysis. Each box represents the number of patients with and without thoracic injury given the particular combination of variables. Source: Holmes (2002)

In total, 650 children (66%) had at least one of the predictive factors of thoracic injury. Included in this group were 78 of the 80 children (98% sensitivity). On the other hand, 336 (34%) had none of these predictive factors during the ED evaluation, including 2 patients with thoracic injuries. These two patients, however, did not require any intervention. In summary, 12% of the children with any one of these factors had thoracic injury versus 0.6% of the patients without any of these risk factors. This difference is clinically relevant.

<u>Level of evidence of the literature</u>
Risk on thoracic injuries (crucial)
Because we included prognostic studies, the level of evidence started high. The level of evidence was downgraded by three levels because the study lacked external validation (phase of research), the model impact was not evaluated (phase of research), and because of a low number of events (imprecision). The level of evidence was therefore very low.

Zoeken en selecteren

A systematic review of the literature was performed to answer the following question:
Which factors predict the occurrence of thoracic injury in children with potential multiple trauma or life threatening injuries?

P: patients children with potential multiple trauma or life threatening injury (< 16 years);
I: intervention prognostic factors for predicting thoracic injury;

C: comparison absence of prognostic factors for predicting thoracic injury;
O: outcome measure risk on thoracic injury;
T: timing Initial trauma admission;
S: setting (pediatric) emergency department.

Ideally, we would include studies investigating the clinical impact of a prognostic model. Because we did not find such studies, we decided to include studies with at least internal validation of a multivariable model. Studies investigating the prognostic value of factors using multivariate analysis without validation were excluded, because they are inferior to the studies described above. If relevant, these studies are described elsewhere.

Relevant outcome measures
The guideline development group considered the risk on intra-thoracic injury as critical outcome measures for decision making.

Thoracic injuries were defined as: traumatic aorta injury (dissection, laesion), rib fractures, sternal fractures, pulmonary contusion, vascular injury, pneumothorax, pneumomediastinum, cor contusion and haemathorax.

A priori, the guideline committee did not define the outcome measures listed above but used the definitions used in the studies.

The guideline committee considered an increased risk on thoracic injury of 10% as clinically important.

Search and select (Methods)
The databases Medline (via OVID) and Embase (via Embase.com) were searched with relevant search terms until 22nd of April 2020. The detailed search strategy can be found under the tab Methods. The systematic literature search resulted in 959 hits. Studies were selected based on the following criteria: primary research on the performance of a multivariable model for predicting thoracic injury in children with potential multiple trauma or life threatening injuries. As these studies were not available, studies on risk factors for thoracic injury were included when they used a multivariable analyses and performed validation of their model. In total, 14 studies were initially selected based on title and abstract screening. After reading the full text, 13 studies were excluded (see the table with reasons for exclusion under the tab Methods) and 1 study was included.

Results
In total, 1 observational study was included in the analysis of the literature. Important study characteristics and results are summarized in the evidence table. The assessment of the risk of bias is summarized in the risk of bias table.

Verantwoording

Laatst beoordeeld : 01-03-2022
Laatst geautoriseerd : 01-03-2022

Voor de volledige verantwoording, evidence tabellen en eventuele aanverwante producten raadpleegt u de Richtlijnendatabase.

Referenties

Golden, J., Isani, M., Bowling, J., Zagory, J., Goodhue, C. J., Burke, R. V., Upperman, J. S., & Gayer, C. P. (2016). Limiting chest computed tomography in the evaluation of pediatric thoracic trauma. The journal of trauma and acute care surgery, 81(2), 271–277. https://doi.org/10.1097/TA.0000000000001110.

Holmes, J. F., Sokolove, P. E., Brant, W. E., & Kuppermann, N. (2002). A clinical decision rule for identifying children with thoracic injuries after blunt torso trauma. Annals of emergency medicine, 39(5), 492–499. https://doi.org/10.1067/mem.2002.122901.

Stephens, C. Q., Boulos, M. C., Connelly, C. R., Gee, A., Jafri, M., & Krishnaswami, S. (2017). Limiting thoracic CT: a rule for use during initial pediatric trauma evaluation. Journal of pediatric surgery, 52(12), 2031–2037. https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2017.08.039.

Yanchar, N. L., Woo, K., Brennan, M., Palmer, C. S., Zs Ee, M., Sweeney, B., & Crameri, J. (2013). Chest x-ray as a screening tool for blunt thoracic trauma in children. The journal of trauma and acute care surgery, 75(4), 613–619. https://doi.org/10.1097/TA.0b013e31829bb7fe.

Indicaties voor CT-abdomen

Uitgangsvraag

Wat zijn de indicaties voor een CT-abdomen na buiktrauma bij kinderen met potentieel meervoudig of levensbedreigend letsel?

Aanbeveling

Observeer (via monitorbewaking) een patiënt met potentieel intra-abdominaal letsel na stomp buiktrauma aangezien aanvullende diagnostiek vaak niet bijdragend is voor de behandeling. Het merendeel van de letsels herstelt namelijk zonder interventie.

Maak alleen hoogdrempelig een CT-abdomen bij kinderen met potentieel intra-abdominaal letsel (alleen de aanwezigheid van vrij vocht op de e-FAST is geen indicatie voor CT!).

Overweeg (de hemodynamiek in acht nemende) het maken van een CT-abdomen alleen indien de e-FAST positief is, het vervaardigen van een CT-abdomen behandelconsequenties heeft en er sprake is van een van de volgende symptomen:

- Aanwezigheid van een seatbelt sign.
- Peritoneale prikkeling bij lichamelijk onderzoek.
- Verminderde Eye Motor Verbal (EMV < 14) in combinatie met buikpijn.
- Afwijkende X-thorax.
- Verhoogde ASAT waarde.
- Afwijkende pancreasenzymen (gestegen lipase of amylase).

Overweeg bij patiënten met penetrerend abdominaal letsel geen CT-abdomen te maken als er sprake is van:

- Oppervlakkig letsel volgens lichamelijk onderzoek.
- Hemodynamische instabiliteit.
- Evisceratie van de darm.

Maak afspraken binnen het lokale traumanetwerk en stem onderling af waar de CT-abdomen gemaakt wordt indien er een indicatie voor CT-abdomen bestaat. Indien een CT-abdomen wordt gemaakt is het belangrijk deze beelden mee te sturen naar het ontvangend centrum.

Overwegingen

<u>Voor- en nadelen van de interventie en de kwaliteit van het bewijs</u>
Het is niet duidelijk wat de waarde is van een CT-abdomen voor de behandeling van een kind na buiktrauma en of deze CT-scan echt noodzakelijk is, aangezien het merendeel van de letsels zonder interventie herstelt. Om te voorkomen dat kinderen onnodig een CT-abdomen ondergaan, die niet bijdragend is in de identificatie van letsels of letsels identificeert die geen behandeling vereisen, is het van belang dat er duidelijkheid bestaat over de indicatie voor het vervaardigen van een CT-abdomen. Het vervaardigen van een

CT-abdomen moet behandelconsequenties hebben met in achtneming van het ALARA principe, conform artikel 8.2 en 8.3 van de wet Besluit Basisveiligheidsnormen Stralingsbescherming (Besluit Basisveiligheidsnormen Stralingsbescherming, 2017).

De externe validiteit van verschillende prognostische modellen is onderzocht. Het PedSRC-model en het model van Holmes missen geen abdominaal letsel dat behandeling behoeft in kinderen met meervoudig trauma (Holmes, 2009; Springer, 2019). Deze modellen, maar ook de BATiC-score hebben een negatief voorspellende waarde tussen de 97.5% en 100% (Arbra, 2018; Holmes, 2009; Springer, 2019). Dit wil zeggen dat deze modellen goed in staat zijn om de afwezigheid van abdominaal letsel dat behandeling behoeft te voorspellen. Het model van PECARN geeft echter aan dat er in een enkel geval toch een kind met trauma gemist kan worden ondanks het toepassen van het prognostische model, hoewel de bewijskracht van dit model lager is.

De studies die de impact van het gebruik van een prognostisch model onderzoeken geven aan dat het aantal CT-scans van het abdomen afneemt zodra er een protocol wordt ingevoerd met betrekking tot het voorspellen van abdominaal trauma (Fallon, 2016; Leeper, 2018; Mahajan, 2015; Odia, 2020). De studies laten ook zien dat door toepassing van een dergelijk model de mortaliteit niet verandert en de kosten afnemen (Fallon, 2016). Deze onderzoeken zijn echter nog niet uitgevoerd in een Nederlandse studie.

In de Nederlandse situatie is het gebruikelijk om tijdens de traumaopvang te starten met het maken van een e-FAST. Indien bij de e-FAST aanwijzingen zijn voor intra-abdominaal letsel door het aantonen van vrij vocht, wordt overwogen of nadere diagnostiek geïndiceerd is. Gezien het feit dat de grote meerderheid van letsels na stomp buikletsel herstellen middels een conservatief beleid, maakt dat aanvullende diagnostiek vaak niet bijdragend is voor de behandeling. In Nederland wordt dus nadrukkelijk gebruik gemaakt van de mogelijkheid tot (via monitor bewaakte) observatie als alternatief voor het vervaardigen van een CT-abdomen. Dit is in de buitenlandse setting vaak niet het geval en daar wordt de e-FAST niet als zodanig gebruikt. Dit impliceert dat de gevonden literatuur kans heeft op een andere insteek bij het gebruik van een CT-abdomen bij een traumatisch gewond kind. De werkgroep heeft gemeend deze overweging mee te nemen in haar aanbeveling.

Uit de literatuurstudie komen een aantal klinische predictoren naar voren die de kans op abdominaal letsel vergroten. De predictoren die naar voren komen uit de externe validatie studies zijn in Tabel 5. op een rij gezet.

Tabel 5. Indicatoren die naar voren komen uit het literatuuronderzoek als mogelijke predictoren voor intra-abdominaal letsel bij kinderen. Alleen de studies die een externe validatie hebben uitgevoerd zijn opgenomen in deze tabel

Indicator	Reverences
Clinical signs	
Abdominal wall trauma or seatbelt sign	Arbra, 2018; Springer, 2019
Abdominal tenderness	Arbra, 2018; Holmes, 2009; Springer, 2019
Peritoneal irritation	De Jong, 2014
Complaints of abdominal pain	Arbra; 2018; De Jong, 2014; Springer, 2019
Low age-adjusted systolic blood pressure	Holmes, 2009
Hemodynamic instability	De Jong, 2014
Decreased breath sounds	Springer, 2019
Thoracic wall trauma	Springer, 2019
Vomiting after the injury	Springer, 2019
EMV-score (<14) (*GCS*)	Springer, 2019
Abnormal chest X-ray	Arbra, 2018
Abnormal abdominal ultrasound findings	De Jong, 2014
Femur fracture	Holmes, 2009
Laboratory values	
Increased liver enzymes (AST, ALT)	Arbra, 2018; Holmes, 2009; De Jong, 2014
Abnormal pancreatic enzymes (amylase or lipase)	Arbra, 2018; De Jong, 2014
Abnormal lactate dehydrogenase	De Jong, 2014
Abnormal white blood cell count	De Jong, 2014
Abnormal creatinine	De Jong, 2014
Microscopic hematuria	Holmes, 2009
Initial hematocrit level (<30%)	Holmes, 2009

AST: aspartate transaminase, ALT: alanine transaminase, EMV:Eye opening, best Motor response, best Verbal response, CGS: Glasgow Coma Scale, RBC: red blood cells

Omdat een eventueel model bruikbaar moet zijn in de praktijk is het van belang dat er duidelijke indicaties worden opgesteld voor het vervaardigen van beeldvorming van het abdomen middels CT. De werkgroep is dan ook van mening dat de volgende indicatoren toepasbaar zijn voor de Nederlandse praktijk: de aanwezigheid van een seatbelt sign, peritoneale prikkeling bij lichamelijk onderzoek, verminderde EMV (< 14) in combinatie met buikpijn, een afwijkende X-thorax, verhoogde ASAT waarde, afwijkende pancreasenzymen (gestegen lipase of amylase). Dit zijn factoren die in de meeste modellen zijn meegenomen terwijl de overige factoren slechts in enkele modellen zijn opgenomen.

In de geselecteerde literatuur werden alleen patiënten met stomp buiktrauma onderzocht. In 90% van de kinderen met abdominaal trauma is er sprake van stomp buiktrauma (Alzahem, 2017). Indien er sprake is van penetrerend letsel is het regelmatig noodzakelijk om chirurgisch in te grijpen (Alzahem, 2017; Wieck, 2018; Sandler, 2010). De werkgroep is van mening dat een CT-abdomen overgeslagen kan worden bij oppervlakkig

letsel, hemodynamisch instabiele patiënten of als er sprake is van evisceratie van de darmen aangezien er dan een indicatie voor operatief ingrijpen bestaat. In de overige groep patiënten zou een CT-abdomen overwogen kunnen worden met dien verstande dat de uitslag van de CT-abdomen leidt tot verandering in beleid anders dan observatie. De werkgroep is daarom van mening dat men terughoudend moet zijn met het maken van een CT-abdomen bij patiënten met penetrerende letsels.

In Nederland zijn de ziekenhuizen onderverdeeld in Level 1, 2 of 3 traumacentra. Wettelijk is vastgelegd dat > 90% van de zwaargewonde kinderen gepresenteerd dient te worden in een Level 1 traumacentrum. De level 1 traumacentra zijn de spil in een netwerk van ziekenhuizen en hebben dientengevolge een verantwoordelijkheid naar de andere centra. Het is echter te verwachten dat deze kinderen ook gepresenteerd worden in een Level 2 of 3 ziekenhuis, waarbij op de e-FAST afwijkingen gevonden worden. In een poging om het aantal overbodige CT-abdomen scans dat gemaakt wordt, zo veel mogelijk te reduceren, is de werkgroep van mening dat op voorhand afspraken gemaakt moeten worden tussen de centra over de routing in het geval een CT-abdomen gemaakt zou moeten worden.

Kosten (middelenbeslag)
Het vervaardigen van een CT-abdomen brengt extra kosten met zich mee.

Aanvaardbaarheid, haalbaarheid en implementatie
Het vervaardigen van een CT-abdomen is alleen gerechtvaardigd indien aangenomen wordt dat het potentieel leidt tot een verandering van beleid, bijvoorbeeld een interventie, ingreep of extra observatie van de patiënt. Dit komt doordat een CT-abdomen extra stralingsbelasting met zich meebrengt (zie hiervoor het kopje gebruik van ioniserende straling in de algemene inleiding). Er worden geen problemen verwacht wat betreft de aanvaardbaarheid, haalbaarheid en/of implementatie. Er zal een werkprotocol beschikbaar moeten zijn voor het vervaardigen van een CT-scan van het abdomen bij kinderen

Rationale aanbeveling
Uit de literatuurstudie zijn een aantal predictoren naar voren gekomen die gebruikt kunnen worden om te bepalen wanneer een CT-abdomen geïndiceerd is, met als kanttekening dat er praktijkvariatie bestaat in het gebruik van de e-FAST tussen de verschillende landen. De werkgroep hecht er waarde aan dat een CT-abdomen zou moeten zorgen voor een beleidswijziging en niet laagdrempelig gemaakt moet worden om alleen een letsel vast te stellen welke geen beleidswijziging in zich draagt. Door gebruik te maken van de genoemde predictoren, is de kans op het missen van letsel dat behandeling behoeft uitermate klein terwijl de potentieel schadelijke straling zoveel mogelijk wordt beperkt. Nadrukkelijk moet bij de afweging die gemaakt wordt, opname en (bewaakte) observatie als serieus alternatief wordt meegenomen. Hoewel dit niet als zodanig uit de literatuur naar voren is gekomen, kan de mate van hemodynamische stabiliteit worden meegenomen in deze beslissing, zeker indien het kind hemodynamisch stabiel is.

Onderbouwing

Achtergrond

Als een kind opgevangen wordt na een buiktrauma en er vrij vocht gezien wordt op een e-FAST wordt

laagdrempelig een CT-abdomen gemaakt. De vraag is wat de waarde is van een CT-abdomen voor de behandeling van een kind en of deze noodzakelijk is aangezien het merendeel van de letsels zonder interventie herstelt. Daarnaast is een CT-abdomen op jonge leeftijd schadelijker dan bij volwassenen omdat het kind langer heeft om een maligniteit te ontwikkelen (levensverwachting is groot) en het kind kwetsbaarder is voor het ontwikkelen van een maligniteit omdat het kind nog in de groeifase is. Om te voorkomen dat veel kinderen een onnodige CT-abdomen krijgen, die niet bijdragend is in het identificeren van letsels die behandeling behoeven, maar wel stralingsbelasting oplevert, kijken we wat indicaties zijn om een CT-abdomen uit te voeren.

Conclusies

1. External validation

Missed injuries (crucial)

Low GRADE	**PECARN-model** The use of the PECARN prognostic model may result in missing abdominal injuries that require acute intervention in children with potential multiple trauma. *Sources: (Springer, 2019)*

High GRADE	**PedSRC-model** The use of the PedSRC prognostic model does not result in missing abdominal injuries that require acute intervention in children with potential multiple trauma. *Sources: (Arbra, 2018)*

Moderate GRADE	**Holmes' model** The use of Holmes prognostic model probably does not result in missing abdominal injuries that require acute intervention in children with potential multiple trauma. *Sources: (Holmes, 2009)*

Model performance (important)

Low GRADE	**PECARN-model** The PECARN prognostic model had a sensitivity of 99%. Therefore, this model may be used to predict the presence of abdominal injury that require intervention in children with potential multiple trauma. *Sources: (Springer, 2019)*

High GRADE	**PedSRC-model and BATiC-score** The PedSRC prognostic model and BATIC-score both had a negative predictive value of 100%. Therefore, these model can be used to predict the absence of abdominal injury that require intervention in children with potential multiple trauma. *Sources: (Arbra, 2018; de Jong, 2014)*

Moderate GRADE	**Holmes' model** The prognostic model from Holmes had a negative predictive value of 97.8%. Therefore, this prognostic model can probably be used to predict the absence of abdominal injury in children with potential multiple trauma. *Sources: (de Jong, 2014; Holmes, 2009)*

2. Model impact

Frequency of CT examinations (crucial)

Moderate GRADE	**Clinical prediction rules** The use of three different clinical prediction rules probably reduces the amount of abdominal CT-scans performed in children with potential multiple trauma. *Sources: (Fallon, 2016; Leeper, 2018; Odia, 2020)*

Moderate GRADE	**PECARN-model** The use of the PECARN prognostic model probably reduces the amount of abdominal CT-scans performed in children with potential multiple trauma. *Sources: (Mahajan, 2015)*

Mortality (crucial)

Low GRADE	**Clinical prediction rule** The use of a clinical prediction rule may not change the mortality among children with potential multiple trauma. *Sources: (Fallon, 2016)*

Costs (important)

Low GRADE	**Clinical prediction rule** The use of a clinical prediction rule may reduce the diagnostic costs of children with potential multiple trauma. *Sources: (Fallon, 2016)*

Samenvatting literatuur

Description of studies

1. External validation

PECARN-model

The retrospective cohort study of Springer (2019) determined the sensitivity of the prediction rule proposed by PECARN in identifying patients at very low risk for clinically important intra-abdominal injuries (CIIAI) in their pediatric trauma registry. The initial model was developed by Holmes (2013) to identify children with blunt abdominal trauma who are at very low risk for CIIAI. The prediction rule consists of seven variables regarding patient history and physical examination, without laboratory or ultrasonographic information: evidence of abdominal wall trauma or seat belt sign, GCS score < 14, abdominal tenderness, evidence of thoracic wall trauma, complaints of abdominal pain, decreased breath sounds, and vomiting (Holmes, 2013). Springer (2019) defined CIIAI as: cases resulting in death, therapeutic intervention at laparotomy, angiographic embolization of abdominal arterial bleeding, blood transfusion for abdominal hemorrhage, and administration of intravenous fluid for two or more nights for pancreatic or gastrointestinal injuries. All trauma patients < 16 years of age are evaluated and treated in the children's hospital, and those from 16 to 18 years of age who do not meet adult level one or two trauma activation criteria. All patients requiring acute intervention were included. In total, 133 patients were included with CIIAI requiring acute intervention. The follow-up period was not reported. The study had a high risk of bias as the study only included patients with abdominal trauma that required acute intervention.

PedSRC-model

Arbra (2018) performed external validation of a clinical prediction rule previously developed by the Pediatric Surgery Research Collaborative (PedSRC) to identify patients at very low risk for abdominal injury in whom abdominal CT-scan safely be avoided. The prediction rule consisted of complaint of abdominal pain, abdominal wall trauma, tenderness or distention on physical examination, abnormal chest x-ray, abnormal pancreatic enzymes, and aspartate aminotransferase (AST) over 200 U/L. In patients with no abnormalities in any of the five prediction rule variables, the clinical prediction rule was found to be highly sensitive and had a negative predictive value of 99.4% for abdominal injury and 100% for abdominal injury requiring intervention (Streck, 2017). Arbra (2018) used the PECARN dataset to externally validate the PedSRC clinical prediction rule. The PECARN dataset included pediatric patients with blunt torso trauma who were evaluated at 20 children's emergency departments from May 2007 until January 2010. In total, 2,435 pediatric blunt abdominal trauma patients were included with a mean age of 9.4 years old (+/- 5.2 years). The follow-up period of the PECARN trial was not reported. The study had a low risk of bias.

BATiC-score

De Jong (2014) performed external validation of the BATiC-score (see table 3.1), previously identified by Karam et al. (2009). Karam (2009) reported a negative predictive value of 97%. Pediatric trauma patients (< 18 years old) who were admitted to the shock room of the level 1 trauma center University Medical Center Groningen between April 2006 and September 2010 were included. The BATiC-score uses only readily available laboratory parameters, ultrasound results, and results from physical examination and does therefore not carry any risk of additional radiation exposure (Karam, 2009). BATiC-scores were retrospectively

computed according to the cut offs described in Table 1. De Jong (2014) used different cut-off values for three of the ten parameters because this was the standard use in their center. These cut-off values are also described in table 3.1. In total, 216 patients were included with a median age of 12 years (range 0 to 17 years). All patients observed without imaging were available for follow-up and there was no clinical suspicion of abdominal injury in any of them. The length of the follow-up period was not specified. The study had a low risk of bias.

Table 1. BATiC cut off points as defined in the initial study (Karam value) and in the study of De Jong (2014) (study value)

Variables	Karam Value	Study Value	Points
Ultrasound	Yes/no	Yes/no	4
Abdominal pain	Yes/no	Yes/no	2
Peritoneal irritation	Yes/no	Yes/no	2
Hemodynamic instability	Yes/no	Yes/no	2
ASAT	ASAT > 60 IU/L	ASAT > 60 IU/L	2
ALAT	ALAT > 25 IU/L	ALAT > 25 IU/L	2
WBC*	WBC > 9.5 g/L	WBC > 10×10^9/L	1
LDH	LDH > 330 IU/L	LDH > 330 IU/L	1
Lipase (amylase)*	Lipase > 30 IU/L	Amylase > 10 IU/L	1
Creatinine*	Creatinine > 50 µg/L	Creatinine > 110 µmol/L	1

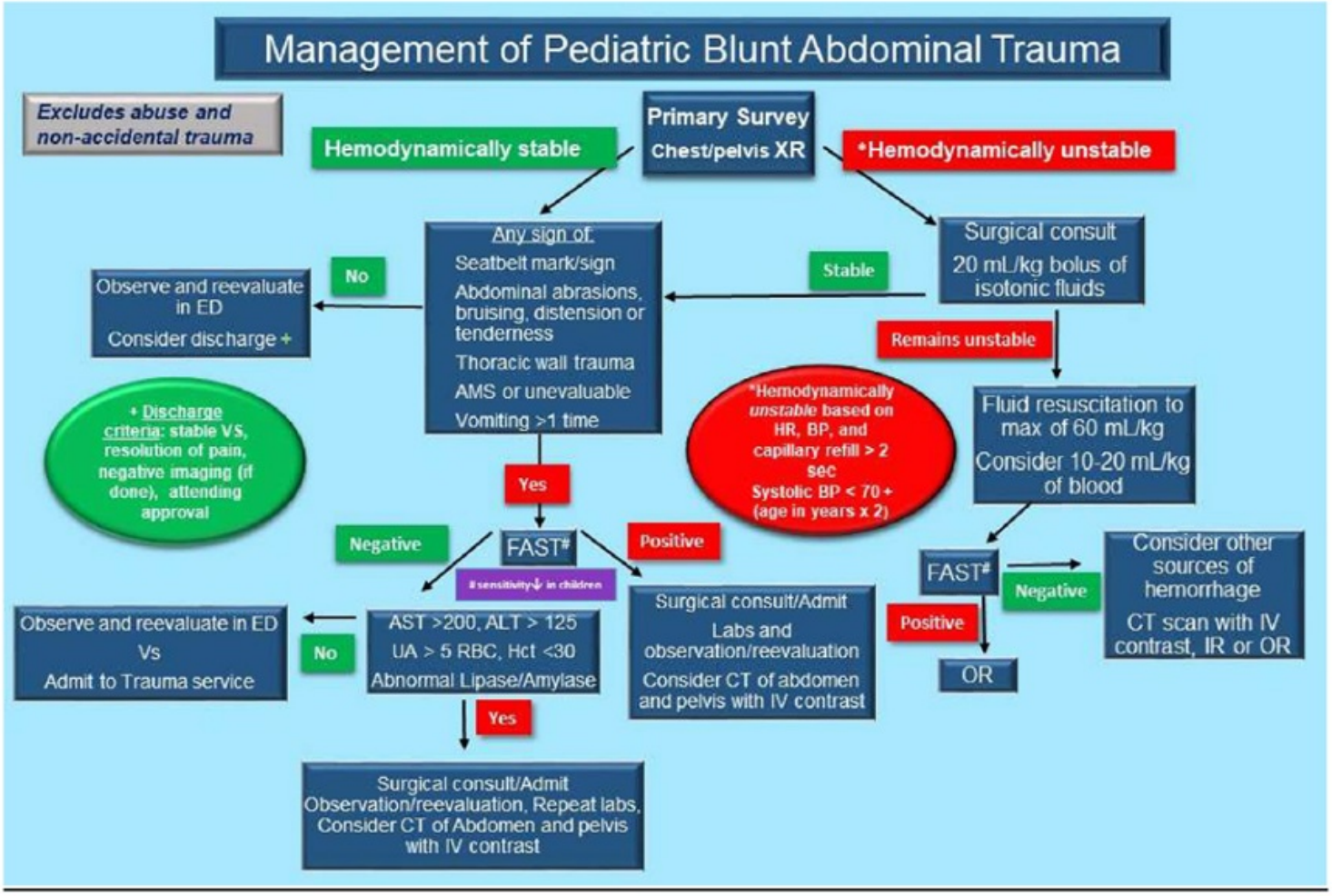
*Differences can be found with regard to WBC, lipase, and creatinine.
Table shows the construction of the BATiC score by both studies. The total BATiC score is calculated by summing the points of each item.

Holmes' prognostic model
The prospective observational study from Holmes (2009) performed a validation of a previously derived clinical prediction rule for the identification of children with abdominal injuries after blunt torso trauma. The clinical prediction rule being evaluated included 6 high-risk variables for abdominal injury: low age-adjusted systolic blood pressure, abdominal tenderness, femur fracture, increased liver enzyme levels (serum aspartate aminotransferase concentration > 200 U/L or serum alanine aminotransferase concentration > 125 U/L), microscopic hematuria (urinalysis > 5 RBCs/high powered field), or an initial hematocrit level less than 30% (Holmes, 2002). Children younger than 18 years who had blunt torso trauma and underwent a definite diagnostic test to evaluate for the presence of an abdominal injury were included. In total, 1,119 patients were included with a mean age of 9.7 years (SD 5.3 years). The follow-up time was not reported. The study has a high risk of bias as patients were only included when a definite diagnostic test was performed to evaluate for the presence of an abdominal injury were included.

2. Model impact
Clinical prediction rules

The retrospective cohort study from Odia (2020) evaluated the impact of an evidence-based algorithm on computed tomography (CT) and hospital resource use for hemodynamically stable children with blunt abdominal trauma. The evidence-based clinical algorithm (Figure 3.2) was created using imaging prediction rules for blunt abdominal trauma from the literature, with input from key stakeholders from the divisions of Pediatric Emergency Medicine and Trauma Surgery, and feedback from the faculty. This study compares the CT use and hospital resource use one year before and after implementation of the algorithm. Children ≤ 14 years of age treated in a Level 1 adult and pediatric trauma center were included. In total, 65 children were included in the pre-algorithm implementation group, and 50 in the post-algorithm implementation group. The median age was 8 years (interquartile range (IQR) 5 to 12) in the total cohort with a median injury severity score of 4 (IQR 1 to 6). Primary outcome was the percentage of patients with a CT performed, secondary outcomes were ED length-of-stay (LOS), hospital LOS, and return visits within 7 days. Patients were followed until they were discharged, transferred, or death. The study has a high risk of bias as the number of children included is low and the study did not correct for potential confounders.

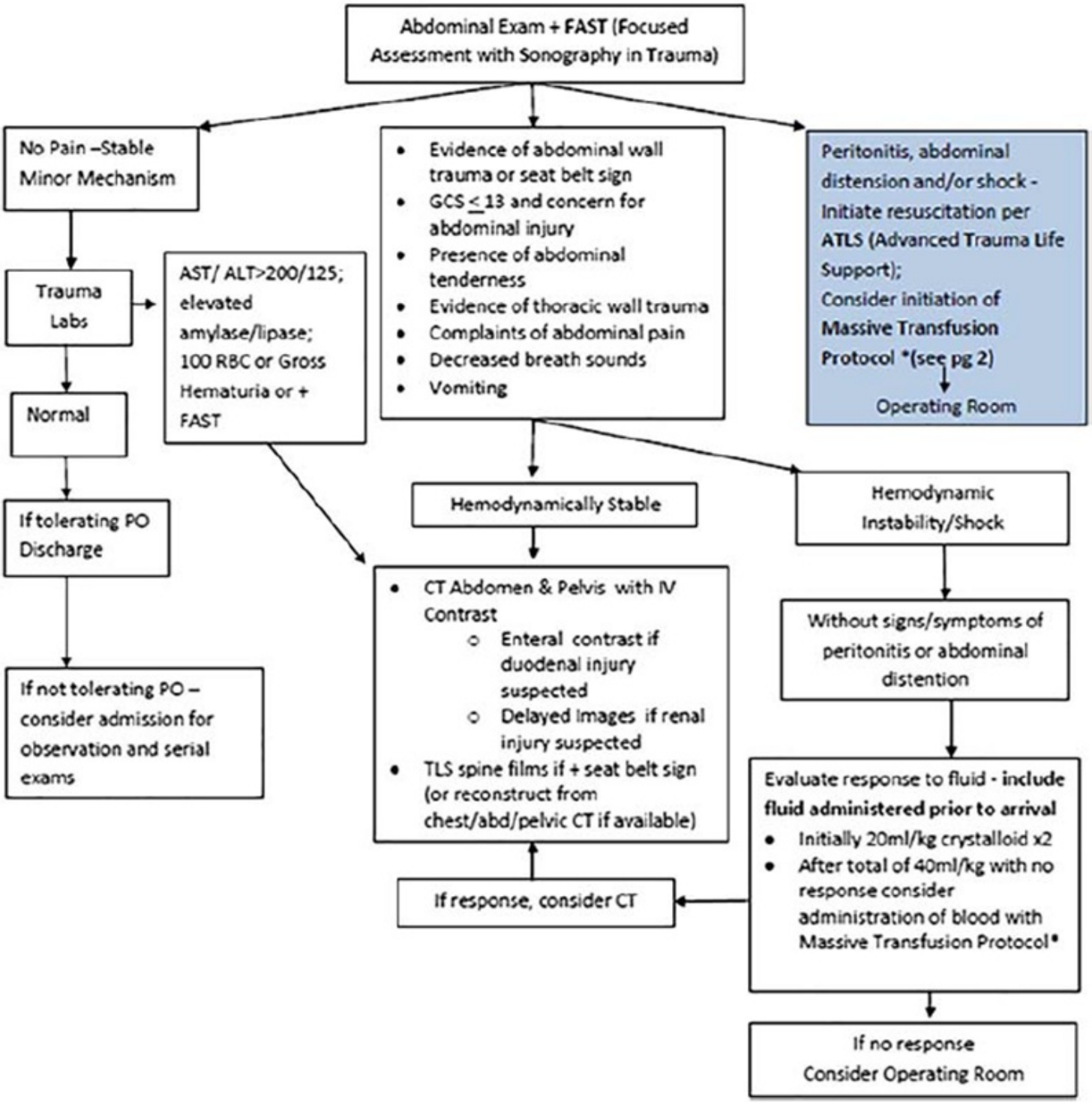
Figure 2. Evidence-based clinical decision algorithm for blunt abdominal trauma



CT: computed tomography, BP: blood pressure, ALT: alanine aminotransferase, AST: aspartate aminotransferase, ED: emergency department, FAST: Focused assessment with sonography in trauma, Hct: hematocrit, HR: heart rate, IR: interventional radiology, IV: intravenous, OR: operating room, RBC: red blood cell, UA: urinalysis, XR: radiography. From: Odia (2020)

The retrospective observational study from Leeper (2018) evaluated whether the implementation of imaging guidelines reduced the total CT scans without missing clinically significant injury. The imaging guidelines (Figure 3.3) were determined by expert consensus based on the best available literature at the time. The study compared the five years before and after implementation of the screening guidelines. All pediatric patients (age 0 to 17) who were diagnosed with solid organ injury of the liver, kidney, or spleen after blunt trauma mechanism were included. In total, 403 patients were included with a median age of 11 years (IQR 6 to 14). The distribution of the number of patients between the pre- and postimplementation group was not reported. The total follow-up time was not reported. The study has a high risk of bias as the study did not correct for potential confounders and only patients that met one or more criteria for obtaining abdominal CT imaging per institution guidelines were included.

Figure 3. Clinical effectiveness guideline for the imaging and management of pediatric patients with blunt torso trauma

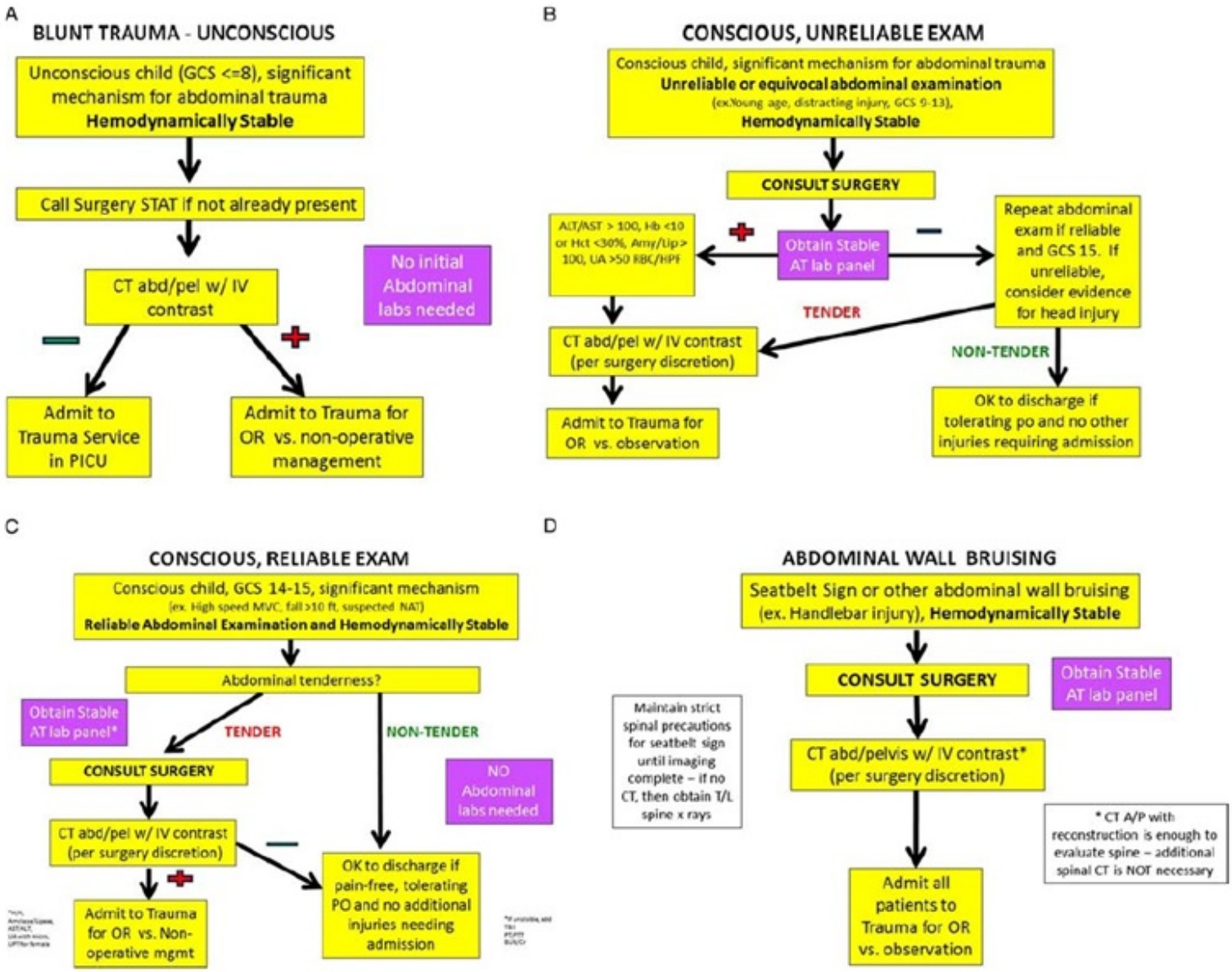


From: Leeper (2018)

The prospective, longitudinal study of Fallon (2016) evaluated whether the implementation of a protocol to standardize the emergency center management of abdominal trauma in children improved patient safety by decreasing unnecessary CT radiation and improved quality of care by decreasing EC length of stay (LOS) and laboratory costs. The study compared the patients treated during the preimplementation period to those who were treated during two postimplementation periods. The development of the abdominal trauma protocol

was a multidisciplinary effort between the trauma surgeons and pediatric emergency medicine physicians. A literature review was performed to identify predictors of injury and for areas in which the evidence was lacking or controversial, a consensus statement was agreed upon. The protocol was based on the mechanism of injury and the ability of the provider to perform an accurate abdominal examination. The final protocol included four categories of patients with suspected blunt abdominal injury (all had to have a significant mechanism for abdominal trauma): (1) unconscious patient, (2) conscious patient with an unreliable examination, (3) conscious patient with a reliable examination, and (4) abdominal wall bruising (Figure 3.4). The protocol emphasizes surgical consultation early on when there is concern for abdominal trauma because we felt that it was important for the trauma surgical team to evaluate all these children to ensure safety and to maximize exposure for surgical trainees within this complex area of pediatric trauma. All patients who had a CT-scan of their abdomen with or without pelvis ordered from the EC for trauma were eligible for inclusion. In total, 321 patients were included: 117 patients were included in the preimplementation period (median age of 8.4, SD 5.2), 148 patients in the first postimplementation period (median age of 9.1, SD 4.8), and 56 patients in the second postimplementation period (median age of 7.8, SD 5.3). Patients were followed during hospital stay and until 48 hours of discharge. The study has a high risk of bias as they did not correct for potential confounders and only patients who had a CT-scan performed were included.

Figure 4. Revised abdominal trauma protocols, including laboratory panels. A: unconscious, B: conscious with unreliable examination, C: conscious, reliable examination, D: abdominal wall bruising



From: Fallon (2016)

PECARN-model

A planned subanalysis of the prospective PECARN trial from Mahajan (2015) compared the test characteristics of clinical suspicion (usual care) with the PECARN prediction rule developed by Holmes (2013) to identify children at risk of abdominal injuries undergoing acute intervention following blunt torso trauma. Abdominal injuries undergoing acute intervention were defined by a therapeutic laparotomy, angiographic embolization, blood transfusion for abdominal hemorrhage, or intravenous fluid administration for 2 or more days in those with pancreatic or gastrointestinal injuries. Patients were considered to be positive for clinical suspicion if suspicion was documented as ≥ 1%. All children younger than 18 years old with blunt torso trauma evaluated at participating PECARN emergency department. Patients were excluded when the injury occurred > 24 hours prior to presentation, penetrating trauma, pre-existing neurologic disorders preventing reliable examination, known pregnancy, or transfer from another hospital with prior abdominal CT-scanning or diagnostic peritoneal lavage. Patients were also excluded when the clinician did not document his or her clinical suspicion of abdominal injury undergoing acute intervention on the data collection form. In total, 11,919 patients were

included with a mean age of 11 years old (range 2 days until 17.9 years). Clinicians completed standardized data collection forms prior to abdominal CT (if performed). Patients were followed-up until 1 week after discharge from the emergency department by telephone interview or mail. In case this was unsuccessful, the medical records, ED process improvement records, local trauma registries, and morgue records were reviewed to identify any potentially missed patients with abdominal injuries. The study has a low risk of bias.

Results

1. External validation

Missed injuries (crucial)

The outcome missed injuries due to the application of a prognostic model was reported in three studies (Arbra, 2018; Holmes, 2009; Springer, 2019).

Springer (2019) reported one out of the 133 patients (< 1%) with clinically important abdominal injury that met low-risk criteria during initial chart review. This patient had an adrenal laceration, grade 3 liver laceration. In addition, the patient had a femur fractur and superficial femoral artery damage. Not detecting this patient with a clinically important abdominal injury is considered clinically relevant.

Arbra (2018) reported six (0.7%) patients with abdominal injury in the PECARN dataset that were not identified by the PedSRC clinical prediction model. Abdominal injuries were identified by abdominal CT-scans in all six patients. However, none of these patients' abdominal injuries required intervention. Therefore, these missed injuries are not considered clinically relevant.

Holmes (2009) reported 8 out of the 365 patients that tested negative for the clinical prediction rule (2.2%) had abdominal injuries. Only one of these eight patients received therapy. This patient underwent a nontherapeutic laparotomy. The patient had a serosal tear and a mesenteric hematoma but did not require therapy during laparotomy. Because this patient received a non-therapeutic laparotomy, missing this injury was not considered clinically relevant.

Model performance (important)

The outcome model performance was reported in four studies (Arbra; 2018; De Jong, 2014; Holmes, 2009; Springer, 2019).

Springer (2019) performed external validation of the PECARN prediction rule and reported a sensitivity of 99% (95%CI 95.9% to 100%). The study did not report enough details to calculate the specificity, positive predictive value, and negative predictive value.

Arbra (2018) performed external validation of the PedSRC prediction rule. 229 out of 235 patients with abdominal injury were predicted correctly, yielding a sensitivity for abdominal injuries of 97.5%. The sensitivity for abdominal injury requiring intervention was 100%. The specificity was 36.9% for abdominal injury and 34.5% for abdominal injury requiring intervention. The NPV of the rule was 99.3% for abdominal injury and 100% for abdominal injury requiring intervention.

De Jong (2014) performed external validation of the BATiC-score and used two cut-off points: When a BATiC

score with a cut-off point of 6 (> 6 is abnormal) is used, the sensitivity was 100%, the specificity 87%, the NPV 100% and the PPV 41%; when a BATiC-score with a cut-off point of 7 (> 7 is abnormal) is used, the sensitivity was 89%, the specificity 94%, the NPV 99%, and the PPV 59%.

Holmes (2009) performed external validation of a high-risk prediction rule. 754 out of 1119 patients tested positive for the clinical prediction rule, including 149 patients with abdominal injury. The remaining 365 patients tested negative for the rule, including 8 patients with abdominal injury. This resulted in a sensitivity of 94.9%, specificity of 37.1%, NPV of 97.8%, and PPV of 19.7%.

2. Model impact

Frequency of CT examinations (crucial)

The outcome frequency of CT examinations due to the application of a prognostic model was reported in four studies (Fallon, 2016; Leeper, 2018; Mahajan, 2015; Odia, 2020).

Odia (2020) reported a significantly decreased CT examinations after algorithm implementation from 72.3% to 44%. This corresponds to a 27% decrease of CT examinations, which is considered clinically relevant.

Leeper (2018) reported that the percentage of CT-scans obtained over all trauma admissions decreased significantly when comparing the pre and post protocol time points (17.5% versus 8.7%, p = 0.010). This corresponds to a decrease of CT examinations of 8,8%, which is not considered clinically relevant.

Fallon (2016) did not report the number of CT-scans that were avoided as a result of the implementation of the pediatric abdominal trauma protocol. However, they reported a change of positive CT-scans from the preimplementation period towards the two postimplementation periods: from 23% to 32% to 49%. The rate of clinically significant scans changed as well: from 14% to 22% to 32%. This indicates that application of the guidelines resulted in a higher yield of positive findings, suggesting that less patients with negative scan results underwent CT-scanning.

Mahajan (2015) did not report the number of CT-scans due to the application of a clinical prediction model/rule, but reported the number of CT-scans that could have been avoided when clinicians practiced according to their reported clinical suspicion. CT-scans were obtained in 3,016 (33%) of the 9,252 patients considered at very low clinical suspicion (< 1%). This suggests an opportunity to reduce unnecessary abdominal CT-scans in children by appropriate use of a clinical prediction rule. The number of abdominal CT-scans that could be avoided would be clinically relevant.

Mortality (crucial)

The outcome mortality due to the application of a clinical prediction model/rule was reported in one study (Fallon, 2016). Fallon (2016) reported no changes in the mortality after the implementation of the trauma protocol.

Costs (important)

The outcome costs due to the application of a prognostic model was reported in one study (Fallon, 2016). Fallon (2016) reported that after the second version of the protocol was implemented the total laboratory

costs decreased by 39%. The median cost of laboratory studies remained the same from preimplementation to the first postimplementation period, and decreased after the second protocol revision included an emphasis on laboratory work in the second postimplementation period. The reduction in costs was considered clinically relevant.

Level of evidence of the literature

1. External validation

Missed injuries (crucial)

PECARN-model

Because we included prognostic studies, the level of evidence started high. The level of evidence was downgraded by 2 levels because of study limitations (risk of bias regarding patient selection and because of a small study population (imprecision). The resulting level of evidence was therefore low.

PedSRC-model

Because we included prognostic studies, the level of evidence started high. The level of evidence was not downgraded. The resulting level of evidence was therefore high.

Holmes' model

Because we included prognostic studies, the level of evidence started high. The level of evidence was downgraded by 1 levels because of study limitations (risk of bias regarding patient selection). The resulting level of evidence was therefore moderate.

Model performance (important)

PECARN-model

Because we included prognostic studies, the level of evidence started high. The level of evidence was downgraded by 2 levels because of study limitations (risk of bias regarding patient selection and because of a small study population (imprecision). The resulting level of evidence was therefore low.

PedSRC-model and BATiC-score

Because we included prognostic studies, the level of evidence started high. The level of evidence was not downgraded. The resulting level of evidence was therefore high.

Holmes' model

Because we included prognostic studies, the level of evidence started high. The level of evidence was downgraded by 1 levels because of study limitations (risk of bias regarding patient selection). The resulting level of evidence was therefore moderate.

2. Model impact

Frequency of CT examinations (crucial)

Clinical prediction rules

Because we included prognostic studies, the level of evidence started high. The level of evidence was downgraded by 1 level because of study limitations (risk of bias regarding the lack of correction for potential confounders). The resulting level of evidence was therefore moderate.

PECARN-model
Because we included prognostic studies, the level of evidence started high. The level of evidence was downgraded by 1 level because of study limitations (risk of bias regarding selection bias). The resulting level of evidence was therefore moderate.

Mortality (crucial)
Clinical prediction rules
The level of evidence was downgraded by 2 levels because of study limitations (risk of bias regarding the lack of correction for potential confounders) and because of a small number of patients (imprecision). The resulting level of evidence was therefore low.

Costs (important)
Clinical prediction rules
Because we included prognostic studies, the level of evidence started high. The level of evidence was downgraded by 2 levels because of study limitations (risk of bias regarding the lack of correction for potential confounders) and because of a small number of patients (imprecision). The resulting level of evidence was therefore low.

Zoeken en selecteren

A systematic review of the literature was performed to answer the following questions:

1. What is the predictive value of a prognostic model to predict the occurrence of abdominal injury in children with potential multiple trauma of life threatening injuries?
P: patients children with potential multiple trauma or life threatening injury (< 16 years);
I: intervention using a prognostic model for predicting abdominal injury in an external population;
C: comparison no use of prognostic model for predicting abdominal injury or the use of another prognostic model (care as usual);
O: outcome measure missed injuries, model performance (positive predictive value, negative predictive value):
Timing: after initial trauma admission;
Setting: (pediatric) emergency department.

2. What is the clinical impact of a prognostic model to predict the occurrence of abdominal injury in children with potential multiple trauma of life threatening injuries?
P: patients children with potential multiple trauma or life threatening injury (< 16 years);
I: intervention using a prognostic model for predicting abdominal injury;
C: comparison no use of prognostic model for predicting abdominal injury or the use of another prognostic model (care as usual);
O: outcome measure CT use, mortality, and costs:
Timing: after initial trauma admission;
Setting: (pediatric) emergency department.
Studies investigating the external validity or the impact of a prognostic model were included. Studies were

excluded when they described a model that was only internally validated, as these are inferior to the studies that included external validation.

Relevant outcome measures
The guideline development group considered missed injuries, the frequency of CT examinations, and mortality as critical outcome measures for decision making. The remaining outcome measures were considered important for decision making.

Abdominal injury was defined as injury to any of the following: spleen, liver, urinary tract (kidney to bladder), pancreas, gallbladder, adrenal gland, gastrointestinal tract (including bowel and associated mesentery from the stomach to the sigmoid colon), abdominal vascular structure, or abdominal fascial disruption.

A priori, the guideline committee did not define the outcome measures but used the definitions used in the studies.

The guideline committee considered the following differences as clinically important:

- Any missed abdominal injury that required intervention. Missed abdominal injuries that did not require intervention are not considered clinically important.
- A difference of 10% in mortality rate (RR < 0,91 of > 1,10).
- A minimal difference of 10% in obtained abdominal CT-scans.
- Any reduction in costs was considered clinically relevant.

Search and select (Methods)
The databases Medline (via OVID) and Embase (via Embase.com) were searched with relevant search terms until 22nd of April 2020. The detailed search strategy can be found under the tab Methods. The systematic literature search resulted in 1642 hits. Studies were selected based on the following criteria: primary research on the external validation of a multivariable model or model performance for predicting abdominal injury in children with potential multiple trauma or life threatening injuries. In total, 42 studies were initially selected based on title and abstract screening. After reading the full text, 34 studies were excluded (see the table with reasons for exclusion under the tab Methods) and 8 studies were included.

Results
In total, 8 observational studies were included in the analysis of the literature. Important study characteristics and results are summarized in the evidence tables. The assessment of the risk of bias is summarized in the risk of bias tables.

Verantwoording

Laatst beoordeeld : 01-03-2022
Laatst geautoriseerd : 01-03-2022

Voor de volledige verantwoording, evidence tabellen en eventuele aanverwante producten raadpleegt u de Richtlijnendatabase.

Referenties

Referenties

Arbra, C. A., Vogel, A. M., Plumblee, L., Zhang, J., Mauldin, P. D., Dassinger, M. S., Russell, R. T., Blakely, M. L., & Streck, C. J. (2018). External validation of a five-variable clinical prediction rule for identifying children at very low risk for intra-abdominal injury after blunt abdominal trauma. The journal of trauma and acute care surgery, 85(1), 71–77. https://doi.org/10.1097/TA.0000000000001933.

Besluit Basisveiligheidsnormen Stralingsbescherming (2017). Geraadpleegd op 18-11-2020. https://wetten.overheid.nl/BWBR0040179/2018-07-01.

De Jong, W. J., Stoepker, L., Nellensteijn, D. R., Groen, H., El Moumni, M., & Hulscher, J. B. (2014). External validation of the Blunt Abdominal Trauma in Children (BATiC) score: ruling out significant abdominal injury in children. The journal of trauma and acute care surgery, 76(5), 1282–1287. https://doi.org/10.1097/TA.0000000000000175.

Fallon, S. C., Delemos, D., Akinkuotu, A., Christopher, D., & Naik-Mathuria, B. J. (2016). The use of an institutional pediatric abdominal trauma protocol improves resource use. The journal of trauma and acute care surgery, 80(1), 57–63. https://doi.org/10.1097/TA.0000000000000712.

Holmes, J. F., Sokolove, P. E., Brant, W. E., Palchak, M. J., Vance, C. W., Owings, J. T., & Kuppermann, N. (2002). Identification of children with intra-abdominal injuries after blunt trauma. Annals of emergency medicine, 39(5), 500–509. https://doi.org/10.1067/mem.2002.122900.

Holmes, J. F., Mao, A., Awasthi, S., McGahan, J. P., Wisner, D. H., & Kuppermann, N. (2009). Validation of a prediction rule for the identification of children with intra-abdominal injuries after blunt torso trauma. Annals of emergency medicine, 54(4), 528–533. https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2009.01.019.

Holmes, J. F., Lillis, K., Monroe, D., Borgialli, D., Kerrey, B. T., Mahajan, P., Adelgais, K., Ellison, A. M., Yen, K., Atabaki, S., Menaker, J., Bonsu, B., Quayle, K. S., Garcia, M., Rogers, A., Blumberg, S., Lee, L., Tunik, M., Kooistra, J., Kwok, M., … Pediatric Emergency Care Applied Research Network (PECARN) (2013). Identifying children at very low risk of clinically important blunt abdominal injuries. Annals of emergency medicine, 62(2), 107–116.e2. https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2012.11.009.

Karam, O., Sanchez, O., Chardot, C., & La Scala, G. (2009). Blunt abdominal trauma in children: a score to predict the absence of organ injury. The Journal of pediatrics, 154(6), 912–917. https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2009.01.001.

Leeper, C. M., Nasr, I., Koff, A., McKenna, C., & Gaines, B. A. (2018). Implementation of clinical effectiveness guidelines for solid organ injury after trauma: 10-year experience at a level 1 pediatric trauma center. Journal of pediatric surgery, 53(4), 775–779. https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2017.05.025.

Mahajan, P., Kuppermann, N., Tunik, M., Yen, K., Atabaki, S. M., Lee, L. K., Ellison, A. M., Bonsu, B. K., Olsen, C. S., Cook, L., Kwok, M. Y., Lillis, K., Holmes, J. F., & Intra-abdominal Injury Study Group of the Pediatric Emergency Care Applied Research Network (PECARN) (2015). Comparison of Clinician Suspicion Versus a Clinical Prediction Rule in Identifying Children at Risk for Intra-abdominal Injuries After Blunt Torso Trauma. Academic emergency medicine : official journal of the Society for Academic Emergency Medicine, 22(9), 1034–1041.

Odia, O. A., Yorkgitis, B., Gurien, L., Hendry, P., Crandall, M., Skarupa, D., & Fishe, J. N. (2020). An evidence-based algorithm decreases computed tomography use in hemodynamically stable pediatric blunt abdominal trauma patients. American journal of surgery, 220(2), 482–488. https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2020.01.006.

Springer, E., Frazier, S. B., Arnold, D. H., & Vukovic, A. A. (2019). External validation of a clinical prediction rule for very low risk pediatric blunt abdominal trauma. The American journal of emergency medicine, 37(9), 1643–1648. https://doi.org/10.1016/j.ajem.2018.11.031.

Streck, C. J., Vogel, A. M., Zhang, J., Huang, E. Y., Santore, M. T., Tsao, K., Falcone, R. A., Dassinger, M. S., Russell, R. T., Blakely, M. L., & Pediatric Surgery Research Collaborative (2017). Identifying Children at Very Low Risk for Blunt Intra-Abdominal Injury in Whom CT of the Abdomen Can Be Avoided Safely. Journal of the American College of Surgeons, 224(4), 449–458.e3. https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2016.12.041

beeldvorming_schedel_en_hersenen

Deze module bestaat uit 2 submodules:

- CTA hersenen
- CTA halsvaten

Verantwoording

Laatst beoordeeld : 01-03-2022
Laatst geautoriseerd : 01-03-2022

Voor de volledige verantwoording, evidence tabellen en eventuele aanverwante producten raadpleegt u de Richtlijnendatabase.

ct-hersenen

Uitgangsvraag

Wanneer dient er een CT van de hersenen in de initiële diagnostiek van kinderen jonger dan 16 jaar met potentieel meervoudig letsel na trauma verricht te worden?

Aanbeveling

Volg de aanbevelingen van de richtlijn Licht traumatisch hoofd/hersenletsel.

Overwegingen

Volg de aanbevelingen van de richtlijn Licht traumatisch hoofd/hersenletsel.

Onderbouwing

Achtergrond

Volg de aanbevelingen van de richtlijn Licht traumatisch hoofd/hersenletsel.

Conclusies

Not applicable.

Samenvatting literatuur

Not applicable.

Zoeken en selecteren

Not applicable.

Verantwoording

Laatst beoordeeld : 01-03-2022
Laatst geautoriseerd : 01-03-2022

Voor de volledige verantwoording, evidence tabellen en eventuele aanverwante producten raadpleegt u de Richtlijnendatabase.

cta-halsvaten

Uitgangsvraag

Wanneer dient er een CTA-halsvaten in de initiële diagnostiek van kinderen jonger dan 16 jaar met potentieel meervoudig letsel na trauma verricht te worden?

Aanbeveling

Overweeg een (aanvullende) CTA-halsvaten bij kinderen met traumatisch letsel met één van de volgende risicofactoren op het ontstaan van blunt cerebrovascular injury*:

1. Focale afwijkingen (inclusief syndroom van Horner) bij neurologisch onderzoek die niet verklaard wordt door het vastgestelde radiologisch traumatisch letsel (blanco CT-hersenen of CT-CWK).
2. Bloeding uit nek/mond of keel verdacht van arterieel letsel.
3. Uitgebreid hematoom/letsel hals of souffle hoorbaar.
4. Herseninfarct op CT-hersenen.
5. Le Fort aangezichtsfracturen type 2 of 3.
6. Schedelbasisfractuur met betrokkenheid van canalis caroticum en/of os petrosum.
7. Fractuur van de cervicale wervelkolom volgens volgende patroon:
    - Fracturen C1, C2, of C3.
    - Fractuur met betrokkenheid van foramen transversarium.
    - Fractuur met subluxatie CWK.
8. Eye Motor Verbal (EMV) score < 8 met aanwezigheid van diffuus axonaal letsel en/of mandibulafractuur en/of geen cerebrale oorzaak voor de lage EMV.
9. Thoracaal vasculair letsel.
10. Directe indicatie: Verhanging, letsel door autogordel of stomp halsletsel.

**Een (aanvullende) CTA-halsvaten dient alleen overwogen te worden indien de klinische situatie van de patiënt dit toelaat*

Overwegingen

<u>Voor- en nadelen van de interventie en de kwaliteit van het bewijs</u>
De studie van Cook (2018) laat zien dat het gebruik van de Denver criteria ten opzichte van de EAST guidelines en de Utah Score leidt tot het minste aantal fout negatieven en dus het minste aantal gemiste BCVI. Na de Denver criteria lijkt screening op basis van EAST guidelines het meest veilig. De bewijskracht is echter zeer laag, aangezien het maar één retrospectieve studie betreft die een directe vergelijking maakt tussen verschillende screeningsmethoden en het aantal patiënten met een BCVI beperkt is (n=96). Het is dus goed mogelijk dat een nieuwe studie de conclusies doen veranderen.

In de studie van Cook (2018) is alleen gekeken naar het percentage fout-negatieven. Op basis van de uitgebreidheid van de Denver criteria kan verwacht worden dat met het gebruik van deze screeningsmethode meer patiënten (onnodig) scans zullen ondergaan en er dus sprake is van een groter percentage fout-positieven.

Van de drie screeningsmethoden die in de geanalyseerde literatuur zijn onderzocht, is alleen de Utah Score speciaal aangepast voor de pediatrische populatie. De Denver criteria en EAST guidelines zijn tot stand gekomen op basis van gegevens van een volwassen populatie. Hierdoor is het mogelijk dat er risicofactor(en) missen die alleen relevant zijn voor de pediatrische populatie of dat er factoren worden meegenomen die alleen bij volwassenen geassocieerd zijn met een verhoogd risico. Dit kan leiden tot suboptimale screening of tot onnodige blootstelling aan straling. In de EAST guideline wordt wel geadviseerd om dezelfde criteria zowel voor volwassen als kinderen te gebruiken (Bromberg, 2010).

Met de literatuursearch zijn een aantal recente studies gevonden die door middel van multivariaat analyse onderzoek hebben gedaan naar de risicofactoren voor een BCVI in een pediatrische populatie. De studie van Rossidis (2018) vindt naast risicofactoren die reeds beschreven zijn voor de volwassen populatie, ook een associatie met het mannelijk geslacht en een hogere Injury Severity Score (ISS). In Harris (2019) worden alleen risicofactoren gevonden die reeds bekend zijn bij de volwassen populatie. Aanvullend wordt gekeken naar type ongeluk, waarbij een BCVI wordt geassocieerd met een botsing met een motorvoertuig of aanrijding als voetganger. In Marenco (2019) worden alleen risicofactoren onderzocht die reeds bekend zijn van een volwassen populatie. Daarbij wordt geen associatie gevonden met een mandibulafractuur, aangezichtsfractuur of epistaxis. Bij kinderen onder de 11 jaar wordt geen enkele associatie gevonden met een van de onderzochte risicofactoren. Door de variatie in onderzochte factoren zijn deze studies onderling niet goed vergelijkbaar. Het effect van toevoegen of weglaten van de genoemde factoren bij de screening voor een BCVI is niet onderzocht en daarom erg onzeker.

Kosten (middelenbeslag)
Het vervaardigen van een CTA-halsvaten zal extra kosten met zich meebrengen. Eventuele scholing van de radiodiagnostisch laboranten zal tevens extra kosten met zich meebrengen. Echter elk herseninfarct wat wordt voorkomen leidt potentieel tot beperken van extra zorg en invaliditeit.

Aanvaardbaarheid, haalbaarheid en implementatie
Een CTA-halsvaten bij kinderen vereist andere kennis dan een blanco CT-scan of een CTA-halsvaten bij volwassenen. Centra die daar nog niet mee werken zullen hun laboranten moeten trainen op uitvoering, werkprotocollen moeten opstellen en instellingen van apparatuur erop moeten afstemmen.

Rationale
Een traumatische dissectie van de halsslagaders kan leiden tot een herseninfarct. Hoe hoog dit percentage bij kinderen is, is tot op heden niet bekend. Ook is niet aangetoond welke behandeling (trombocytenaggregatieremmers of antistolling) er gestart moet worden ter voorkoming van een herseninfarct. Echter, indien er vastgesteld is dat er sprake is van vasculair letsel, dan creëert dit alertheid op het ontstaan van eventuele uitvalsverschijnselen welke kunnen wijzen op een herseninfarct. Tevens kan er worden afgewogen of er wel of niet gestart moet worden met trombocytenaggregatieremmers of antistolling, afhankelijk van de medische situatie van de individuele patiënt. Om bovenstaande redenen is het (ondanks de lage bewijskracht) niet wenselijk een traumatische dissectie te missen en dient een CTA halsvaten overwogen te worden indien er potentiële risicofactoren zijn op het ontstaan van een traumatische

dissectie van de halsslagaders. Dit met de wetenschap dat dit zal betekenen dat er CTA's gemaakt gaan worden die geen afwijkingen laten zien. De potentiële risicofactoren zijn afgeleid van de Denver criteria en East guidelines, omdat deze modellen de hoogste sensitiviteit lieten zien.

Onderbouwing

Achtergrond

Bij kinderen met traumatisch hoofd-/hersenletsel bestaat een verhoogd risico op letsel van de halsvaten (dissecties). Dit is aan te tonen door middel van een CTA-halsvaten. Voor de indicatie van een CT-hersenen zijn duidelijke richtlijnen. Het is echter niet duidelijk wanneer er naast een CT-hersenen tevens een CTA-halsvaten geïndiceerd is. Met CTA-halsvaten wordt bedoeld CT-Angiografie van zowel de extracraniële carotiden en vertebrales, als het intracraniële verloop tot aan ten minste de cirkel van Willis. Een CTA betekent echter meer stralingsbelasting. Om te voorkomen dat veel kinderen onnodig een CTA krijgen, wat extra stralingsbelasting met zich meebrengt, kijken we wat indicaties zijn om een CTA uit te voeren. In deze module wordt voor (stomp) traumatisch letsel van de halsvaten de term 'blunt cerebrovascular injuries' (BCVI) gebruikt.

Conclusies

Very low GRADE	**Sensitivity** It is unclear whether the Denver criteria are more sensitive compared to EAST guidelines and Utah Score for identifying pediatric blunt cerebrovascular injuries. *Sources: (Cook, 2018)*

- GRADE	**Negative predictive value, positive predictive value and specificity** It was not possible to draw a conclusion for these outcomes.

Samenvatting literatuur

<u>Description of studies</u>
In the study of Cook (2018) three different screening models are compared for identifying pediatric blunt cerebrovascular injuries (BCVI): Denver Criteria, EAST guidelines and Utah Score. These models and their scoring systems are presented in Figure 4.1. The study included 96 trauma patients (≤18 years old), diagnosed with a BCVI confirmed by CTA or magnetic resonance angiogram (MRA) of the neck, admitted between 2005 and 2015. Patients were included when they survived at least 24 hours. Patients with a penetrating mechanism as well as patients with burn injuries were excluded. The three screening models were retrospectively applied to the radiographic and clinical data available for each subject. Primary outcome was a false negative screen, defined as a patient with a BCVI who would not have triggered screening.

The study of Kopelman (2011) determined whether adult criteria for evaluation of BCVI, as stated in the EAST guidelines, could be used in a pediatric population. Adult risk factors which are evaluated are Glasgow coma scale ≤8, skull base fracture, cervical spine fracture, complex facial fractures (LeFort II/III facial fracture), soft tissue injury to the neck, and neurologic signs or symptoms concerning for BCVI. The study included 1209

blunt trauma patients < 15 years old, admitted over a 5-year period to a Level I adult and pediatric trauma center. Of those, 127 patients retrospectively met adult BCVI screening criteria, 52 underwent evaluation of cerebrovasculature with CTA or DSA, and 11 were diagnosed with BCVI. The number of patients diagnosed with injury in whom adult risk factors were present is reported.

Screening Guidelines	
Denver Criteria	
Signs/symptoms of BCVI:	
	Arterial hemorrhage
	Cervical bruit
	Expanding cervical hematoma
	Focal neurologic deficit
	Neurologic examination incongruous with head CT
	Stroke on secondary CT scan
Risk factors for BCVI:	
High energy mechanism with:	
	LeFort II or III fracture
	Mandible fracture
	Cervical spine fracture patterns including: subluxation, fractures extending into the transverse foramen, fractures of C1-C3
	Basilar skull fracture with carotid canal involvement
	Petrous bone fracture
	Diffuse axonal injury with GCS <6
	Clothesline type injury
	Traumatic brain injury with thoracic injury
	Scalp degloving
	Thoracic vascular injury
	Blunt cardiac rupture
	Near hanging with anoxic brain injury
EAST Guidelines	
Neurologic abnormality not explained by diagnosed injury	
Blunt trauma + epistaxis	
GCS ≤ 8	
Petrous bone fracture	
Diffuse Axonal Injury	
C-spine fracture: C1-C3 or fracture through transverse foramen	
C-spine fracture with subluxation or rotation	
Lefort II or III fracture	
Utah Score	
Criteria	**Points**
GCS ≤ 8	1
Focal neurologic deficit	2
Carotid canal fracture	2
Petrous bone fracture	3
Cerebral infarct on CT	3
All factors	11

Figure 4.1 Screening models which are compared in Cook (2018)

Source: Cook (2018). NOTE: Within the pediatric specific Utah Score system, a score of 3 is the suggested threshold for obtaining imaging. Within Denver criteria and EAST guidelines, imaging is

suggested after identification of one risk factor

Results

Sensitivity (crucial)

Of 96 children diagnosed with BCVI in the study of Cook (2018), respectively 16, 35, and 2 patients are missed when EAST guidelines, Utah Score, and Denver Criteria are applied. This difference in missed injuries when using Denver Criteria compared to EAST guidelines or Utah Score is significant ($p<0.01$). Sensitivity of EAST guidelines, Utah Score, and Denver Criteria for identifying pediatric BCVI is respectively 83%, 64%, and 98%.

Of 11 children diagnosed with BCVI in the study of Kopelman (2011), there was only one child in who no adult risk factors were present, resulting in a sensitivity of 91%.

Negative predictive value, positive predictive value and specificity (crucial)

The data in the included studies was insufficient to present results on negative predictive value, positive predictive value or specificity.

Level of evidence of the literature

Sensitivity (crucial)

The level of evidence regarding the sensitivity was downgraded by 3 levels because of study limitations as retrospective observational studies were included (risk of bias), small population size (imprecision), and because the model impact was not evaluated (phase of research).

Negative predictive value, positive predictive value and specificity (crucial)

The level of evidence could not be graded, as these outcomes were not reported in the included studies.

Zoeken en selecteren

A systematic review of the literature was performed to answer the following question:
Which factors best predict the occurrence of blunt cerebrovascular injuries (BCVI) in children with potential multiple trauma or life threatening injuries?

Ideally, we would include studies investigating clinical impact of a prognostic model. Because we did not find such studies, we decided to include studies with a less direct approach:

P: patients children with potential multiple trauma or life threatening injury (< 16 years);
I: intervention prognostic model for predicting BCVI;
C: comparison No use of prognostic model or different prognostic model for predicting BCVI;
O: outcome measure model performance (positive predicting value, negative predicting value, sensitivity, specificity):

Studies investigating the prognostic value of factors using multivariate analysis were excluded, because they are inferior to the studies described above. If relevant, these studies are described elsewhere.

Relevant outcome measures

The guideline development group considered positive predictive value, negative predictive value, sensitivity and specificity as critical outcome measures for decision making.

A priori, the guideline committee did not define the outcome measures listed above but used the definitions used in the studies.

The guideline committee considered a difference of 10% as clinically important.

Search and select (Methods)
The databases Medline (via OVID) and Embase via Embase.com were searched with relevant search terms until 10th of March 2020. The detailed search strategy can be found under the tab Methods. The systematic literature search resulted in 1610 hits. Studies were selected based on the following criteria: primary research on the performance of a multivariable model for predicting BCVI in children with potential multiple trauma or life threatening injuries. In total, 31 studies were initially selected based on title and abstract screening. After reading the full text, 29 studies were excluded (see the table with reasons for exclusion under the tab Methods) and 2 studies were included.

In total, 2 observational studies were included in the analysis of the literature. Important study characteristics and results are summarized in the evidence tables. The assessment of the isk of bias is summarized in the risk of bias tables.

Verantwoording

Laatst beoordeeld : 01-03-2022
Laatst geautoriseerd : 01-03-2022

Voor de volledige verantwoording, evidence tabellen en eventuele aanverwante producten raadpleegt u de Richtlijnendatabase.

Beeldvorming cervicale wervelkolom

Uitgangsvraag

Welke type beeldvorming is bij kinderen met potentieel meervoudig of levensbedreigend letsel geïndiceerd voor het uitsluiten van cervicale wervelkolom letsel bij kinderen?

Aanbeveling

Verricht een X-CWK op basis van de NEXUS-criteria om de stralingsbelasting zoveel mogelijk te beperken.

Verricht de X-CWK in drie richtingen: lateraal, anterieure-posterieure en odontoid opname. Verricht echter géén odontoid opname bij kinderen onder de 8 jaar oud.

Verricht geen CT-CWK als primaire beeldvormingsmodaliteit bij kinderen voor het uitsluiten/aantonen van CWK letsel.

Overweeg om primair een CT-CWK te maken indien er sprake is van een hemodynamisch instabiele patiënt of bij een patiënt met een Eye Motor Verbal (EMV) < 8.

Maak bij neurologische symptomen passend bij myelum letsel aanvullend een MRI-scan van de cervicale wervelkolom.

Maak afspraken binnen het lokale traumanetwerk en stem onderling af waar de MRI gemaakt wordt indien er een indicatie voor MRI bestaat. Indien een MRI wordt gemaakt is het belangrijk de MRI-beelden mee te sturen naar het ontvangend centrum.

Overwegingen

Voor- en nadelen van de interventie en de kwaliteit van het bewijs
Om onnodige beeldvorming en/of stralingsbelasting te voorkomen is het van belang dat het duidelijk is wanneer er een indicatie bestaat voor het vervaardigen van beeldvorming en welke modaliteit het best gebruikt kan worden: X-CWK of CT-CWK.

Indicatiestelling
In veel ziekenhuizen wordt bij de traumaopvang van volwassen patienten gebruik gemaakt van een beslisregel voor de indicatiestelling van het vervaardigen van radiologische beeldvorming van de CWK. De internationaal meest gebruikte beslisregels zijn de NEXUS- criteria en de Canadian C-spine Rules (Hoffman, 2000; Stiell, 2001). Beiden zijn gevalideerde beslisregels welke op basis van klinische parameters aangeven of er een indicatie bestaat voor het vervaardigen van beeldvoming van de CWK. Deze beslisregels worden veelal ook toegepast op kinderen. Uit de literatuur blijkt dat er onvoldoende bewijs is dat de Canadian C-spine rules ook toepasbaar is op kinderen (Slaar, 2017). Deze beslisregel is namelijk ontwikkeld in een volwassen populatie en slechts eenmaal getest in de pediatrische populatie met een beperkt aantal patienten (n=109) (Ehrlich, 2009). De NEXUS-criteria zijn ontwikkeld in een populatie van kinderen en volwassen. In totaal zijn er 3065 kinderen geanalyseerd, waarbij het aantal kinderen met CWK letsel beperkt was (n=30).

Slechts 4 van de 30 kinderen met CWK letsel waren jonger dan 8 jaar oud (Viccellio, 2001). Aangezien de NEXUS criteria de enige beslisregel is welke ook getest is bij kinderen, wordt bij gebrek aan een betere beslisregel geadviseerd om de NEXUS criteria te gebruiken bij de opvang van pediatrische trauma patiënten. Enige oplettendheid is geboden bij kinderen jonger dan 8 jaar oud (Slaar, 2017). Er is verder onderzoek nodig naar de betrouwbaarheid van de NEXUS criteria bij kinderen (zie ook de kennislacunes bij deze richtlijn).

NEXUS criteria:

- Drukpijn midline CWK.
- Intoxicatie.
- Verlaagd bewustzijn.
- Focale neurologische verschijnselen. En/of
- Pijnlijk afleidend letsel.

Modaliteitskeuze
Er is een literatuuronderzoek verricht naar de de diagnostische accuratesse van X-CWK versus CT-CWK waarbij ook is gekeken naar de uitkomstmaten mortaliteit, morbiditeit, tijdswinst, stralingsbelasting en verandering in klinisch handelen.

Het verschil tussen kinderen en volwassen is groot als het gaat om het vrijgeven van de CWK in traumasetting. Niet alleen is het trauma mechanisme veelal anders, maar ook de incidentie van CWK fracturen is anders. Bij volwassenen ligt dit hoger (12 tot 50%) dan bij kinderen (1 tot 2%). Kinderen jonger dan 8 jaar hebben een relatief groot hoofd dit maakt dat tijdens een trauma het fulcrum van de kracht hoger ligt. Om deze reden wordt bij jongere kinderen het te verwachten CWK letsel vaak hoog cervicaal verwacht. Vanaf de leeftijd van 8 jaar verbenen de groeikernen. Daarnaast nemen kinderen van deze leeftijd vaker zelf deel aan het verkeer en sporten zij vaker. Hierdoor is het traumamechanisme bij deze ouderen kinderen gelijk aan volwassenen. Het letsel wordt bij deze kinderen dan ook lager in de nek verwacht.

Daarnaast is er een verschil tussen volwassenen en kinderen in de accuratesse van conventioneel onderzoek. Uit studies geïncludeerd in de systematische literatuuranalyse voor deze module, maar ook uit andere studies blijkt de sensitiviteit van conventionele beeldvorming van de CWK hoger (62 tot 100%) te zijn bij kinderen (Arbuthnot, 2017; Cui, 2016; Nigrovic, 2012; Rana, 2009; Schenarts, 2001; Silva, 2010; Somppi, 2018; Jiminez, 2008). In vergelijking; bij volwassenen is de sensitiviteit van conventioneel onderzoek gemiddeld 52% voor het beoordelen van CWK letsel (Holmes, 2005). Dit verschil kan worden verklaard door degeneratieve afwijkingen welke bij kinderen niet voorkomen waardoor de beoordeelbaarheid makkelijker is bij kinderen.

Conventionele beeldvorming van de CWK dient te worden vervaardigd in 3 richtingen: lateraal, AP en odontoid opname. Omdat het voor kinderen jonger dan 8 jaar moeilijker is om de dens in beeld te krijgen en de diagnostische meerwaarde beperkt is, wordt bij kinderen onder de 8 jaar oud geadviseerd de odontoid opname achterwege te laten (Schiwschuk, 2000).

In alle studies van deze literatuurstudie komt naar voren dat de stralingsbelasting van de CT hoger is dan bij

conventionele beeldvorming (Adelgais, 2004; Keenan, 2001; Muchow, 2012; Rana, 2009; Somppi, 2018). Deze verhoogde stralingsdosis kan gepaard gaan met een verhoogde morbiditeit in de vorm van schildklierkanker; zeker bij jonge vrouwelijke patiënten (Miglioretti, 2013; Muchow, 2012). Waarbij 1 op de 270 meisjes onder de vijf jaar oud, en 1 op de 380 meisjes van 5 tot 9 jaar oud die een CT van de nek heeft ondergaan (schildklier)kanker ontwikkelt. Het is om die reden meer relevant of de CT-CWK leidt tot verandering in het klinisch handelen dan de daadwerkelijke accuratesse van beide modaliteiten. Twee artikelen uit dit literatuuronderzoek refereren hieraan (Hernandez, 2004; Rana, 2009). De fracturen uit deze twee studies welke niet werden gezien op conventionele beeldvorming waren klinisch niet relevant of hadden geen chirurgische interventie nodig. Dit maakt dat in deze twee studies de CT geen aantoonbare meerwaarde heeft gehad ten opzichte van conventionele beeldvorming (Hernandez, 2004; Rana, 2009). Ook andere studies tonen aan dat de meerwaarde van CT bij het vrijgeven van de CWK beperkt is (Jiminez, 2008).

Het is wel van belang om bij hemodynamisch instabiele patiënten of patiënten met een laag EMV *GCS*) te overwegen om direct een CT te maken van de CWK als onderdeel van een CT total body scan. Bij een alerte patiënt is het echter van belang te kiezen voor een X-CWK om de negatieve effecten van straling zoveel mogelijk te beperken.

Bij een CT-hersenen daarentegen wordt de schilklier buiten het scanoppervlak gehouden. Het is dan ook van belang *niet* standaard de CWK mee te scannen als er een CT-hersenen wordt vervaardigd om de dosis op de schildklier zo beperkt mogelijk te houden. Dit dient alleen te worden overwogen bij een hemodynamisch instabiele patiënt of bij patiënten met een laag EMV (*GCS*). De recent gepubliceerde studies van Herman (2019) en Pennell (2020) onderschrijven dit; de zogenaamde Pediatric Cervical Spine Clearance Working Group kiest bij een EMV (*GCS*) van 9 of hoger primair voor een X-CWK. Bij een EMV (*GCS*) van 8 of lager wordt er voor een CT gekozen.

Uit dit literatuuronderzoek wordt niet duidelijk of inzet van een van deze modaliteiten invloed heeft op de mortaliteit. Geen van de geïncludeerde studies rapporteerden deze uitkomstmaat. Echter de incidentie van CWK letsel bij kinderen is met 1 tot 2% zeer laag. Met deze zeer lage incidentie is het onwaarschijnlijk dat toekomstige studies wel een uitspraak kunnen doen over de mortaliteit.

De totale bewijskracht voor de cruciale uitkomstmaten is zeer laag. Dit komt voornamelijk omdat de studies maar een klein aantal pediatrische patiënten includeerden waarbij de incidentie van CWK letsel zeer laag was. Daarnaast is er bij veel studies een risico op bias vanwege beperkingen in de studieopzet. Het is daarom goed mogelijk dat nieuwe studies de conclusies kunnen veranderen.

Er is in deze literatuurstudie geen bewijs geleverd dat een bepaalde modaliteit tijdswinst genereert ten opzichte van de ander. Dit is ook per ziekenhuis afhankelijk aangezien de CT-scanner bij meerdere centra mogelijk niet op de traumakamer voorhanden is.

Bij onbegrepen aanhoudende neurologische afwijkingen zonder aanwijzingen voor een fractuur van de CWK dient een MRI van de CWK te worden vervaardigd om spinal cord injury without radiographic abnormalities (SCIWORA) uit te sluiten (Yucesoy & Yuksel, 2008).

Indien er sprake is van neurologische uitval passend bij mogelijk myelumletsel, kan overwogen worden om een MRI te verrichten. Een MRI-scan hoeft over het algemeen niet ten tijde van de initiële traumascreening verricht te worden, maar indien mogelijk wel binnen 24 tot 48 uur na de trauma opvang dan wel voorafgaand aan een eventuele operatieve ingreep waarvoor aanvullende informatie van de MRI scan noodzakelijk is. Om te voorkomen dat een MRI-scan opnieuw gemaakt dient te worden in het centrum van eventuele overplaatsing omdat de kwaliteit niet naar behoeven is of de verkeerde sequenties zijn vervaardigd, is de werkgroep van mening dat op voorhand afspraken gemaakt moeten worden of en waar een MRI gemaakt zou moeten worden.

Kosten (middelenbeslag)
Het vervaardigen van een CT-CWK brengt extra kosten met zich mee.

Aanvaardbaarheid, haalbaarheid en implementatie
Het vervaardigen van een CT-CWK is alleen gerechtvaardigd indien aangenomen wordt dat het potentieel leidt tot een verandering van beleid, bijvoorbeeld een interventie, ingreep of extra observatie van de patiënt. Dit komt doordat een CT-CWK extra stralingsbelasting met zich meebrengt (zie hiervoor het kopje *gebruik van ioniserende straling* in de algemene inleiding). Een conventionele opname van de CWK en een CT-CWK zijn beiden onderzoeken welke onder standaard zorg valt voor laboranten. Er valt dan ook niet te verwachten dat implementatie van een van deze genoemde onderzoeken tot onwerkbare situaties zal leiden. Alle centra in Nederland beschikken over beide apparaten en voor beide onderzoeken zijn hetzelfde aantal laboranten nodig.

Rationale van de aanbeveling
CWK letsel bij kinderen is heel zeldzaam. Missen van CWK letsel kan ernstige gevolgen hebben voor de patiënt. Om te voorkomen dat bij alle patiënten op de Spoedeisende Hulp beeldvorming van de CWK wordt vervaardigd is het raadzaam gebruik te maken van een beslisregel (triagetool). Voor kinderen kan bij gebrek aan een betere beslisregel de NEXUS criteria gebruikt worden. Er is geen bewijs dat de Canadian C-spine Rules toepasbaar zijn op kinderen.
Verricht een X-CWK op basis van de NEXUS-criteria om de stralingsbelasting zoveel mogelijk te beperken.

Er is in principe geen plaats voor het primair vervaardigen van een CT van de CWK bij kinderen vanwege de hogere stralingsbelasting en de beperkte meerwaarde van een CT-CWK ten opzichte van conventionele beeldvorming. In uitzonderlijk gevallen zoals een patiënt welke hemodynamisch instabiel is, en/of met een Eye opening, best Motor response, best Verbal response (EMV) < 8, en/of bij patiënten waar al een indicatie bestaat voor een total body CT kan, bij kinderen direct een CT van de CWK worden vervaardigd (zonder contrast).

Indien er sprake is van een neurologische uitval passend bij mogelijk myelumletsel dient men te evalueren of er sprake is van ligamentair letsel en/of protrusie van ossale structuren in het spinale kanaal. Hiervoor is een MRI-scan het aangewezen diagnostisch onderzoek. Een MRI-scan hoeft over het algemeen niet ten tijde van de initiële traumascreening verricht te worden, maar indien mogelijk wel zo spoedig mogelijk na de trauma opvang dan wel voorafgaand aan een eventuele operatieve ingreep waarvoor aanvullende informatie van de MRI scan noodzakelijk is.

Onderbouwing

Achtergrond

Traumatisch letsel van de cervicale wervelkolom (CWK) bij kinderen komt zelden voor, echter dit mag niet gemist worden gezien de klinische consequenties. Om onnodige beeldvorming en/of stralingsbelasting te voorkomen is het van belang dat het duidelijk is wanneer er een indicatie bestaat voor het vervaardigen van beeldvorming en daarnaast dat het duidelijk is welke beeldvormingsmodaliteit gebruikt dient te worden: X-CWK of CT-CWK.

Conclusies

- GRADE	Because none of the studies that compared CT-CS with X-CS reported the outcome mortality it was not possible to draw any conclusions regarding this outcome measure.

Very low GRADE	It remains unclear whether CT-CS changes the clinical course in comparison with X-CS in children with potential multiple trauma. *Sources: (Hernandez, 2004; Rana, 2009)*

Low GRADE	CT-CS possibly increases the diagnostic accuracy in comparison with X-CS in children with potential multiple trauma. *Sources: (Keenan, 2001; Rana, 2009; Silva, 2009; Somppi, 2018)*

Very low GRADE	It remains unclear whether CT-CS increases the risk of morbidities in comparison with X-CS in children with potential multiple trauma. *Sources: (Muchow, 2012)*

Very low GRADE	It remains unclear whether CT-CS decreases the time to diagnosis in comparison with X-CS in children with potential multiple trauma. *Sources: (Adelgais, 2004; Rana, 2009)*

Samenvatting literatuur

<u>Description of studies</u>
The retrospective observational study performed by Somppi (2018) aimed to determine the test performance of radiographs and CT to detect cervical spine injury (CSI), the effective dose delivered during CT-scans, and to examine the differences in effective dose by age. All included patients were younger than 19 years and presented with possible neck injury. Patients were excluded when they underwent CT imaging as part of a diagnostic procedure (i.e. for abscess drainage or interventional radiology) or when they received CT imaging

before transfer to their trauma center. In total, 574 children were included with a median age of 9.7 years (interquartile range (IQR) 4.8 to 13.8 years). Imaging was performed in all patients, 495 children (86.2%) received an cervical X-ray and 130 children (22.6%) received cervical CT. CSI was defined as ligamentous or osseous injury that was documented by the attending radiologist in his/her report. Patients with negative X-ray or CT were followed-up 1 month after their index emergency department visit to assess for persistent cervical spine pain. If necessary, they underwent additional MRI.

The retrospective observational study performed by Muchow (2012) compared the radiation dose of the tyroid in paediatric trauma patient from plain radiographs and multidirectional CT of the cervical spine and to express risk by calculation of theoretical thyroid cancer induction. Patients were included when they were < 18 years old, had level 1 or 2 trauma, and underwent cervical spine imaging by plain radiographs or CT. Exclusion criteria were not reported. In total, 393 children underwent cervical CT imaging and 224 children underwent plain cervical radiographs. The follow-up length was not reported.

The retrospective observational study performed by Silva (2009) compared the diagnostic performance of lateral views alone and multiple radiographic views of the cervical spine in comparison with multidirectional CT-scans in paediatric trauma and determined whether the additional views improve the performance of plain radiography. Multidirectional CT was used as the reference standard. Patients were included when they were < 18 years old, had undergone lateral view radiology within 1 week of trauma and MDCT examination of the cervical spine within 1 week of the corresponding lateral view radiography. Patients were excluded if the lateral view radiology technique was suboptimal or was nondiagnostic on all cervical levels. In total, 234 patients were included. Their age ranged from 3 months to 17 years and 11 months (median 11 years and 4 months). The follow-up length was not reported.

The retrospective observational study performed by Rana (2009) characterized missed CSI's. Paediatric trauma patients were included when they were < 18 years old, had cervical spine imaging and/or a CSI. Patients were excluded when they did not underwent imaging for CSI. In total, 318 children were included with an average age of 10.2 years (± 5.7 years). Of these children, 200 underwent CT scanning, 64 underwent plain radiographs, and 54 underwent both CT and plain radiographs. CT was used as a reference for plain radiographs, while further clinical and radiographic review was used for patients who already underwent CT. The follow-up length was not reported.

The retrospective observational study performed by Hernandez (2004) determined the value of CT in the evaluation of CSI in children under 5 years in the emergency department. Patients aged 5 years and younger who were seen in the emergency department for suspected CSI were included. Exclusion criteria were not described. In total, 606 patients were included in the study with an average age of 27 months (range 1 to 60 months). From these children, 459 were cleared by way of clinical and plain film radiographic findings. The remaining 147 patients were subject to CT evaluation because of inadequate plain film visualization of the cervical spine. The follow-up length was not reported.

The prospective alternate-day observational study performed by Adelgais (2004) determined the differences in resource utilization and radiation exposure between conventional radiography and helical computed tomography (HCT). Paediatric trauma patients aged 0 to 14 who required radiographic evaluation of both the

cranium and the cervical spine were included. Exclusion criteria were not reported. In total 72 patients were assigned to receive HCT and 64 patients conventional radiography. However, 36 of the 64 patients originally assigned to receive conventional radiography actually received HCT and 11 of the 72 patients originally assigned to HCT underwent conventional radiography at the discretion of the trauma team. The follow-up length was not reported.

The retrospective observational study performed by Keenan (2001) assessed the effectiveness of CT of the cervical spine in addition to radiography in paediatric patients with suspected head trauma at the time of the CT head examination. All paediatric trauma patients under 16 years old with suspected head trauma and who underwent both helical CT of the head and neck and radiography were identified. Exclusion criteria were not reported. In total, 63 paediatric patients admitted to the emergency department who had head trauma underwent head CT and radiography of the cervical spine. The follow-up length was not reported.

Results

Mortality (crucial)

None of the studies reported the outcome measure mortality.

Changes in clinical course (crucial)

The outcome measure changes in clinical course are reported in two studies (Hernandez, 2004; Rana, 2009).

The study of Hernandez (2004) reported four CSI's identified by CT evaluation. These patients all had positive, clinically significant plain film findings. Therefore, CT findings did not alter the course of clinical management or outcome in these patients.

The study of Rana (2009) reported that none of the patients with a missed injury on plain radiographs required an operative intervention. Therefore, the introduction of the CT did not change the clinical course in the patients.

Diagnostic accuracy for the detection of cervical spine trauma (important)

Four studies reported the diagnostic accuracy for the detection of cervical spine trauma (CSI) (Keenan, 2004; Rana, 2009; Silva, 2010; Somppi, 2018). The diagnostic accuracy of these studies is summarized in Table 5.1. The sensitivity and specificity were lower for plain films in comparison with CT imaging for all studies, except for the study of Keenan (2004) as the diagnostic accuracy of CT imaging was not reported for that study.

Table 5.1 Diagnostic accuracy of the included studies for plain films and CT imaging

	Plain films				**CT**			
Study	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV
Keenan, 2004	100	70	14	NA	NR	NR	NR	NR
Rana, 2009	62	2	62	NR	100	98	79	NR
Silva, 2010	73	92	48	97	100	100	100	100
Somppi, 2018	83	97	31	99	100	100	100	100

All outcomes are presented as percentages. The study of Keenan (2004) did not report the diagnostic

accuracy of CT imaging. The study of Silva (2010) used CT imaging as a reference standard and therefore the diagnostic accuracy was set to 100%

Morbidity (important)
The study of **Muchow (2012)** reported the outcome morbidity. The excess relative risk (ERR) of thyroid cancer induction for CT cervical spine versus plain radiographs was stratified per age group and presented separately for males and females (Table 5.2). The median lifetime ERR of thyroid cancer induction for a plain radiograph cervical spine in males was 24% (range 10 to 55%) and for females 51% (range 2 to 132%). Children in the youngest age group have the lowest ERR for one X-ray compared to the two other age groups. The median ERR of thyroid cancer induction for cervical spine CT in males was 13% (range 10 to 66%) and in females was 25% (range 8 to 116%). Children in the youngest age group have the highest ERR for one CT-scan compared to the two other age groups.

Table 5.2 Excess relative risk of thyroid cancer induction for CT cervical spine versus plain radiographs

	Male			Female		
Age Category	Plain Radiograph	CT	*P*	Plain Radiograph	CT	*p*
0–6	0.16 (0.11–0.32)	21.5 (10.0–66.0)	<0.001	0.31 (0.02–0.48)	45.6 (17.0–116.0)	<0.001
7–11	0.22 (0.11–0.43)	13.5 (8.0–27.0)	<0.001	0.51 (0.27–0.77)	29.7 (15.0–55.0)	<0.001
12–17	0.29 (0.10–0.55)	12.0 (4.0–26.0)	<0.001	0.56 (0.18–1.32)	22.7 (8.0–42.0)	<0.001
All	0.24 (0.10–0.55)	13.0 (10.0–66.0)	<0.001	0.51 (0.02–1.32)	25.0 (8.0–116.0)	<0.001

Abstracted from: Muchow (2012). Median values reported with the range in parentheses; p values indicates significance for age- and gender-matched groups comparing CT and plain radiographs

The absolute risk of thyroid cancer after plain radiographs increased from 5.20 to 5.21/100,000 (increase 0.2%) in males and from 15.2 to 15.3/100,000 (increase 0.7%) in females. This increased risk is not clinically relevant. The absolute risk after CT increased from 5.20 to 5.87/100,000 (increase 12.9%) in males and from 15.2 to 19.0/100,000 (increase 25%) in females. This increased risk is clinically relevant.

Time to diagnosis (important)
Two studies reported the outcome measure time to diagnosis (Rana, 2009; Adelgais, 2004). Rana (2019) reported the average time to clear a cervical spine in patients with a suspected CSI, which was 51 hours for plain radiographs and 42 hours after CT. This means that the average time to clear the cervical spine was 9 hours longer when plain radiographs are used. Since it is questionable that the time to clear the cervical spine took 2 days, we question these numbers.

Adelgais (2004) reported the average time spent in the ED. For those assigned to helical CT, the average time in the ED was 259 minutes (95% CI = 124 to 394) and for those assigned to conventional radiography 183 minutes (95% CI = 166 to 200).

<u>Level of evidence of the literature</u>
Mortality (crucial)

The level of evidence could not be graded for the outcome measure mortality, as complications were not reported in the included studies.

Changes in clinical course (crucial)
The level of evidence regarding changes in clinical course started low. The level of evidence was downgraded by one level because of a low number of included patients (imprecision). The level of evidence was therefore graded very low.

Diagnostic accuracy for the detection of cervical spine trauma (important)
The level of evidence regarding the outcome measure diagnostic accuracy started high. The level of evidence was downgraded by two levels because of study limitations (risk of bias: not all patients received a reference standard (Somppi, 2018; Rana, 2009); a case-control design was not avoided (Rana, 2009); and selection bias as most trauma patients undergo only radiographic assessment of the cervical spine (Silva, 2009) and because of a low number of included patients (imprecision). The level of evidence was therefore graded low.

Morbidity (important)
The level of evidence regarding changes in clinical course started low. The level of evidence was downgraded by one level due to the number of included patients (imprecision). The level of evidence was therefore graded very low.

Time to diagnosis (important)
The level of evidence regarding changes in clinical course started low. The level of evidence regarding the outcome measure time to diagnosis was downgraded by three levels because of study limitations (risk of bias as adjustment confounders was not performed), because of inconsistent results (inconsistency), and because of a low number of included patients (imprecision). The level of evidence was therefore graded very low.

Zoeken en selecteren

A systematic review of the literature was performed to answer the following question: Which test (CT-CS or X-CS) is best to use in the diagnostic trajectory in children with potentially multiple or life-threatening injury of the cervical spine trauma?

P: patients children with potential multiple trauma or life threatening injury (< 16 years);
I: intervention computed tomography (CT) of the cervical spine (CS);
C: comparison plain radiographs (X-rays) of the cervical spine (CS);
R: reference clinical follow-up;
O: outcome measure mortality, morbidity, time to diagnosis, changes in clinical course, and diagnostic accuracy for the detection of cervical spine trauma.

<u>Relevant outcome measures</u>
The guideline development committee considered mortality and changes in clinical course as critical outcome measure for decision making; and morbidity, diagnostic accuracy and time to diagnosis, as an important outcome measure for decision making.

A priori, the guideline committee did not define the outcome measures listed above but used the definitions used in the studies.

The guideline committee used the standard minimal clinically (patient) important difference for the dichotomous outcome measure mortality of 10% (RR < 0.91 or > 1.10). For continuous outcome measures, a difference of 10% was considered clinically important.

Search and select (Methods)
The databases Medline (via OVID) and Embase via Embase.com were searched with relevant search terms until 25th of February 2020. The detailed search strategy can be found under the tab Methods. The systematic literature search resulted in 271 hits. Studies were selected based on the following criteria: randomized controlled trials, comparative observational studies, or systematic reviews on the validity/accuracy of X-CS versus CT-CS in children with potential multiple trauma. In total, 38 studies were initially selected based on title and abstract screening. After reading the full text, 31 studies were excluded (see the table with reasons for exclusion under the tab Methods) and 7 studies were included.

In total, 7 observational studies were included in the analysis of the literature. Important study characteristics and results are summarized in the evidence tables. The assessment of the risk of bias is summarized in the risk of bias tables.

Verantwoording

Laatst beoordeeld : 01-03-2022
Laatst geautoriseerd : 01-03-2022

Voor de volledige verantwoording, evidence tabellen en eventuele aanverwante producten raadpleegt u de Richtlijnendatabase.

Referenties

Arbuthnot, M., & Mooney, D. P. (2017). The sensitivity and negative predictive value of a pediatric cervical spine clearance algorithm that minimizes computerized tomography. . Journal of pediatric surgery, 52 (1), 130-135 .
Adelgais, K. M., Grossman, D. C., Langer, S. G., & Mann, F. A. (2004). Use of helical computed tomography for imaging the pediatric cervical spine. . Academic emergency medicine: official journal of the Society for Academic Emergency Medicine, 11 (3), 228-236.
Cui, L. W., Probst, M. A., Hoffman, J. R., & Mower, W. R. (2016). Sensitivity of plain radiography for pediatric cervical spine injury.. Emergency radiology, 23 (5), 443-448 .
Ehrlich, P. F., Wee, C., Drongowski, R., & Rana, A. R. (2009). Canadian C-spine Rule and the National Emergency X-Radiography Utilization Low-Risk Criteria for C-spine radiography in young trauma patients.. Journal of pediatric surgery, 44 (5), 987-991.
Hernandez, J. A., Chupik, C., & Swischuk, L. E. (2004). Cervical spine trauma in children under 5 years: productivity of CT.. Emergency radiology, 10 (4), 176-178 .
Hoffman, J. R., Mower, W. R., Wolfson, A. B., Todd, K. H., & Zucker, M. I. (2000). Validity of a set of clinical criteria to rule out injury to the cervical spine in patients with blunt trauma. National Emergency X-Radiography Utilization Study Group. . The New England journal of medicine, 343 (2), 94-99.
Holmes, J. F., & Akkinepalli, R. (2005). Computed tomography versus plain radiography to screen for cervical spine injury: a

meta-analysis.. The Journal of trauma, 58 (5), 902-905 .
Jimenez, R. R., Deguzman, M. A., Shiran, S., Karrellas, A., & Lorenzo, R. L. (2008). CT versus plain radiographs for evaluation of c-spine injury in young children: do benefits outweigh risks?. Pediatric radiology, 38 (6), 635-644 .
Keenan, H. T., Hollingshead, M. C., Chung, C. J., & Ziglar, M. K. (2001). Using CT of the cervical spine for early evaluation of pediatric patients with head trauma. American journal of roentgenology, 177 (6), 1405-1409 .
Miglioretti, D. L., Johnson, E., Williams, A., Greenlee, R. T., Weinmann, S., Solberg, L. I., Feigelson, H. S., Roblin, D., Flynn, M. J., Vanneman, N., & Smith-Bindman, R. (2013). The use of computed tomography in pediatrics and the associated radiation exposure and estimated cancer risk.. JAMA pediatrics, 167 (8), 700-707 .
Muchow, R. D., Egan, K. R., Peppler, W. W., & Anderson, P. A. (2012). Theoretical increase of thyroid cancer induction from cervical spine multidetector computed tomography in pediatric trauma patients. The journal of trauma and acute care surgery, 72 (2), 403-409.
Nigrovic, L. E., Rogers, A. J., Adelgais, K. M., Olsen, C. S., Leonard, J. R., Jaffe, D. M., Leonard, J. C., & Pediatric Emergency Care Applied Research Network (PECARN) Cervical Spine Study Group (2012). Utility of plain radiographs in detecting traumatic injuries of the cervical spine in children.. Pediatric emergency care, 28 (5), 426-432.
Pennell, C., Gupta, J., March, M., Arthur, L. G., Lindholm, E., Herman, M., & Grewal, H. (2020). A Standardized Protocol for Cervical Spine Evaluation in Children Reduces Imaging Utilization: A Pilot Study of the Pediatric Cervical Spine Clearance Working Group Protocol.. Journal of pediatric orthopedics, 40 (8), 780-784 .
Rana, A. R., Drongowski, R., Breckner, G., & Ehrlich, P. F. (2009). Traumatic cervical spine injuries: characteristics of missed injuries. . Journal of pediatric surgery, 44 (1), 151-155 .
Schenarts, P. J., Diaz, J., Kaiser, C., Carrillo, Y., Eddy, V., & Morris, J. A., Jr (2010). Prospective comparison of admission computed tomographic scan and plain films of the upper cervical spine in trauma patients with altered mental status. . American journal of roentgenology, 194 (2), 500-508 .
Slaar, A., Fockens, M. M., Wang, J., Maas, M., Wilson, D. J., Goslings, J. C., Schep, N. W., & van Rijn, R. R. (2017). Triage tools for detecting cervical spine injury in pediatric trauma patients. The Cochrane database of systematic reviews, 12 (12), 11686-11687.
Somppi, L. K., Frenn, K. A., & Kharbanda, A. B. (2018). Examination of Pediatric Radiation Dose Delivered After Cervical Spine Trauma.. Pediatric emergency care, 34 (10), 691-695.
Swischuk, L. E., John, S. D., & Hendrick, E. P. (2000). Is the open-mouth odontoid view necessary in children under 5 years?. Pediatric radiology, 30 (3), 186-189 .
Viccellio P, Simon H, Pressman BD, Shah MN, Mower WR, Hoffman JR (2001). A prospective multicenter study of cervical spine injury in children. Pediatrics, 108 (2), 20-21.
Yucesoy, K., & Yuksel, K. Z. (2008). SCIWORA in MRI era. Clinical neurology and neurosurgery, 110 (5), 429-433 .

beeldvorming_thoracale_en_lumbale_wervelkolom

Uitgangsvraag

Wat zijn de indicaties voor beeldvorming van de thoracale of lumbale wervelkolom (TWK/LWK) bij kinderen met potentieel meervoudig of levensbedreigend letsel?

Aanbeveling

Verricht een X-TWK/LWK bij verdenking op letsel van de thoracale en/of lumbale wervelkolom.

Maak geen conventionele beeldvorming van de thoracale en lumbale wervelkolom indien er een indicatie is voor een CT-thorax/abdomen. De wervelkolom dient gereconstrueerd te worden uit deze data.

Gebruik de CT-TWK/LWK niet als primair diagnosticum bij de initiële trauma opvang bij kinderen.

Maak bij neurologische uitval passend bij myelum- of caudaletselaanvullend een MRI-scan van de thoraco-lumbale wervelkolom.

Maak afspraken binnen het lokale traumanetwerk en stem onderling af waar de MRI gemaakt wordt indien er een indicatie voor MRI bestaat. Indien een MRI wordt gemaakt is het belangrijk deze beelden mee te sturen naar het ontvangend centrum.

Overwegingen

Voor- en nadelen van de interventie en de kwaliteit van het bewijs
Om te voorkomen dat veel kinderen bij de initiële trauma opvang bloot worden gesteld aan overmatige stralingsbelasting, is het van belang te weten welke modaliteit er gekozen dient te worden (conventioneel en/of CT). Anderzijds dient het onderzoek uiteraard wel sensitief te zijn om klinisch relevante letsels te detecteren.

De studie van Brown (2009) identificeerde leeftijd < 12 jaar, ernstige crash en een botsing tegen een vast object als risicofactoren voor breuken in de wervelkolom ten gevolge van een auto-ongeluk. De bewijskracht van deze studie is echter zeer laag vanwege beperkingen in de studieopzet. Het blijft daarom onduidelijk of deze criteria gebruikt kunnen worden als indicatie voor het vervaardigen van een CT-TWK/LWK. Er ligt hier een kennislacune en aanvullend onderzoek is dan ook nodig om een goed antwoord te kunnen geven op de vraag wat indicaties zijn voor het vervaardigen van een CT-TWK/LWK. In de ideale studie zou er een model worden ontwikkeld wat intern en extern wordt gevalideerd, en waarbij daarnaast de impact van het wel of niet gebruiken van een model wordt onderzocht.

Er is geen eenduidige literatuur met betrekking tot de sensitiviteit van conventionele röntgenfoto’s ten opzichte van een aanvullende CT voor het diagnosticeren van traumatisch TWK/LWK letsel. De heterogeniteit van leeftijd en ossale rijping in de pediatrische populatie bemoeilijkt diagnostiek middels conventionele röntgentechnieken en vraagt om leeftijdsspecifieke afwegingen. De thoracolumbale wervelkolom op de kinderleeftijd heeft een andere anatomie in vergelijking met skeletale maturiteit. Dientengevolge zijn er

andere letsels te verwachten, met een verschillende diagnostische work-up en behandeling. De wervelkolom is soepeler met een grotere elasticiteit en flexibiliteit van de ligamenten. De paraspinale spieren zijn minder ontwikkeld en de facetgewrichten zijn ondieper. Tevens bestaat de nucleus pulposus verhoudingsgewijs uit meer water en minder collageen dan bij volwassenen. In verband met de geleidelijke rijping van het skelet worden pas bij kinderen boven de 8 jaar fractuurpatronen zoals bij volwassenen gezien.

Indicatiestelling
De beperkte literatuur geeft richting aan de afwegingen voor het verrichten van aanvullende diagnostiek. Indicaties voor röntgenonderzoek zijn gebaseerd op het traumamechanisme, leeftijd van de patiënt en het lichamelijk onderzoek. De studie van Brown (2009) geeft ten aanzien van het traumamechanisme slechts een verschil tussen “minor” (Abbreviated Injury Score (AIS) 1) en “major” (AIS 2 en hoger) injuries aan. De werkgroep geeft ter overweging om bij een zogenaamd hoog energetisch trauma aanvullend onderzoek te verrichten (zie voor keuze van beeldvorming paragraaf ‘modaliteitskeuze’).

De studie van Brown (2009) laat zien dat kinderen onder de leeftijd van 12 jaar een verhoogde kans op een wervelkolom letsel hebben, echter een groot deel van deze letsels betreft cervicaal letsel. Voor aanvullende diagnostiek bij verdenking traumatisch cervicaal letsel wordt verwezen naar module 6**: indicaties beeldvorming CWK** van deze richtlijn. Daarnaast wordt een EMV (*GCS*) < 14 (Martin, 2004) en de aanwezigheid van een ‘breath holding spell’ (Courvoisier, 2017; Leroux, 2013) ook als indicaties voor een wervelfractuur genoemd in de literatuur. Tevens zijn bij inspectie van de wervelkom gevonden crepitaties, ecchymosen en/ of palpatoire benige afwijkingen een indicatie voor aanvullend onderzoek (Daniels, 2013). Hierbij dient men rekening te houden met een verhoogde kans op intra-thoracaal of intra-abdominaal letsel.

Modaliteitskeuze
Ten aanzien van de keuze van het aanvullende radiologische onderzoek kan het volgende overwogen worden:

- Indien in de initiële trauma opvang geen indicatie bestaat voor CT-thorax en CT-abdomen dan is het diagnosticum van eerste keus een laterale en anterior-posterior (AP) conventionele opname van de thoracale en/of lumbale wervelkolom. Een aanvullende CT-scan is in de meeste gevallen niet bijdragend.
- Indien in de initiële trauma opvang een indicatie bestaat voor CT-thorax en CT-abdomen, dan kan de aanvullende beeldvorming van de thoracolumbale wervelkolom gereconstrueerd worden uit de CT-thorax en CT-abdomen en hoeft er geen separate conventionele beeldvorming van de thoracolumbale wervelkolom vervaardigd te worden.
- Indien er sprake is van een neurologische uitval passen bij myelum- of caudaletsel, kan overwogen worden om een MRI te verrichten. Een MRI-scan hoeft over het algemeen niet ten tijde van de initiële traumascreening verricht te worden, maar indien mogelijk wel binnen 24 tot 48 uur na de trauma opvang dan wel voorafgaand aan een eventuele operatieve ingreep waarvoor aanvullende informatie van de MRI-scan noodzakelijk is. In een poging om het aantal overbodige MRI-scans dat gemaakt wordt, zo veel mogelijk te reduceren, is de werkgroep van mening dat op voorhand afspraken gemaakt moeten worden tussen de centra over de routing in het geval een MRI gemaakt zou moeten worden.

Kosten (middelenbeslag)
Het vervaardigen van een CT-TWK/LWK brengt extra kosten met zich mee.

Aanvaardbaarheid, haalbaarheid en implementatie
Het vervaardigen van een CT-TWK/LWK is alleen gerechtvaardigd indien aangenomen wordt dat het potentieel leidt tot een verandering van beleid, bijvoorbeeld een interventie, ingreep of extra observatie van de patiënt. Dit komt doordat een CT-TWK/LWK extra stralingsbelasting met zich meebrengt (zie hiervoor het kopje *gebruik van ioniserende straling* in de algemene inleiding). Een conventionele röntgenopname van de TWK/LWK evenals een CT-TWK/LWK zijn onderzoeken welke onder standaard zorg valt voor laboranten. Er valt dan ook niet te verwachten dat implementatie van een van deze genoemde onderzoeken tot onwerkbare situaties zal leiden. Alle centra in Nederland beschikken over de hiervoor benodigde apparatuur en laboranten.

Rationale van de aanbeveling
Letsel van de thoraco-lumbale wervelkolom bij kinderen is zeldzaam. Missen van het letsel kan ernstige gevolgen voor de patiënt hebben. Bij verdenking op een mogelijk letsel op basis van traumamechanisme, leeftijd en lichamelijk onderzoek is primair diagnostiek middels conventionele röntgenonderzoeken geïndiceerd.

Indien er sprake is van neurologische uitvalvr dient men te evalueren of er sprake is van ligamentair letsel en/of protrusie van ossale structuren in het spinale kanaal. Hiervoor is een MRI scan het aangewezen diagnostisch onderzoek. Een MRI-scan hoeft over het algemeen niet ten tijde van de initiële traumascreening verricht te worden, maar indien mogelijk wel binnen 24 tot 48 uur na de trauma opvang dan wel voorafgaand aan een eventuele operatieve ingreep waarvoor aanvullende informatie van de MRI scan noodzakelijk is.

Onderbouwing

Achtergrond

Bij de traumaopvang van kinderen is er momenteel geen goede eenduidige richtlijn beschikbaar voor de indicatie voor benodigde aanvullende diagnostiek en welke modaliteit er gekozen dient te worden. De afweging tussen de benodigde diagnostiek en de stralingsbelasting conform het ALARA principe is lastig. Zowel conventionele röntgenbeelden als CT-scans zijn niet in staat de kraakbenige (nog niet geossificeerde) structuren in het immature skelet af te beelden. Om te voorkomen dat veel kinderen een onnodige CT-TWK/LWK krijgen, die niet bijdragend is in het identificeren van de letsels, maar wel stralingsbelasting oplevert, kijken we wat indicaties zijn voor aanvullend onderzoek van de TWK/LWK middels conventionele opnames of CT. Aangezien het om de initiële traumascreening gaat, valt MRI buiten beschouwing.

Conclusies

Very low GRADE	**Risk on thoracolumbar spine fractures (crucial)** It is unclear whether age < 12 years, high crash severity, and fixed object struck increase the risk of spinal fractures after motor vehicle crashes. *Sources: (Brown, 2009)*

Samenvatting literatuur

Description of studies

The study of Brown (2009) aimed to determine whether age is associated with serious spinal injury in pediatric motor vehicle occupants, after controlling for crash-related factors. The study included 72 children aged 0 to 16 who were treated at the two major children's hospitals in Sydney, Australia from 1999 to 2004 with ICD-10 codes for all types of spinal trauma and were a restrained motor vehicle passenger. Exclusion criteria were not described. Multivariable binomial logistic regression modelling was used and the final model included: age, crash severity and object struck. Overall, 62% of the children had minor injuries and 28% had serious spinal injuries. The cervical region was most frequently involved (72%), while most of the injuries (77%) at this level were minor. The thoracic (6%) and lumbar (15%) regions were less often involved, but injuries in these regions were mainly serious (83% and 74% respectively).

Results

Risk on thoracolumbar spine fractures (crucial)

There was a significant association between serious spinal injury and age (< 12 years; OR 7.1, 95% CI 1.2 to 42.9) adjusted for crash severity and object struck. In addition, there was a significant association between serious spinal injury and crash severity (high crash severity; OR 20.0; 95%CI 4.5 to 88.6) adjusted for age and object struck and a significant association between serious spinal injury and object struck (fixed object; OR 13.2; 95%CI 2.8 to 61.8) adjusted for age and crash severity.

Level of evidence of the literature

Risk on thoracolumbar spine fractures (crucial)

The level of evidence regarding the sensitivity was downgraded by 2 levels because the study lacked internal and external validation and the model impact was not evaluated (phase of research). In addition, the study was downgraded because of a small population size (imprecision) and because the study population was not representative for the risk of fractures in the thoracolumbar region as most often the cervical region was involved and because the study was limited to motor vehicle crash related injury (indirectness). The level of evidence is therefore graded to be very low.

Zoeken en selecteren

A systematic review of the literature was performed to answer the following question: Which factors predict an increased risk on thoracolumbar spine fractures in children with potential multiple trauma or life threatening injuries?

P: patients children with potential multiple trauma or life threatening injury (< 16 years);
I: intervention prognostic factors for predicting thoracolumbar spine fractures;
C: comparison absence of prognostic factors for predicting thoracolumbar spine fractures;
O: outcome measure risk on thoracolumbar spine fractures:
Timing initial trauma admission;
Setting (pediatric) emergency departments.

Ideally, we would include studies investigating clinical impact of a prognostic model. Because we did not find such studies, we decided to include studies with at least a multivariable analysis.

Relevant outcome measures
The guideline development group considered an increased risk on thoracolumbar spine factures as critical outcome measures for decision making.

A priori, the guideline committee did not define the outcome measures listed above but used the definitions used in the studies.

The guideline committee considered an increased risk on thoracolumbar spine fractures of 10% as clinically important.

Search and select (Methods)
The databases Medline (via OVID) and Embase (via Embase.com) were searched with relevant search terms until 22nd of April 2020. The detailed search strategy can be found under the tab Methods. The systematic literature search resulted in 1025 hits. Studies were selected based on the following criteria: primary research on the performance of a multivariable model for predicting thoracolumbar spine fractures in children with multiple trauma of life threatening injuries. As these studies were not available, studies on risk factors for thoracolumbar spine fractures were included when they used a multivariable analysis. In total, 33 studies were initially selected based on title and abstract screening. After reading the full text, 32 studies were excluded (see the table with reasons for exclusion under the tab Methods) and 1 study was included.

In total, 1 observational study was included in the analysis of the literature. Important study characteristics and results are summarized in the evidence table. The assessment of the risk of bias is summarized in the risk of bias table.

Verantwoording

Laatst beoordeeld : 01-03-2022
Laatst geautoriseerd : 01-03-2022

Voor de volledige verantwoording, evidence tabellen en eventuele aanverwante producten raadpleegt u de Richtlijnendatabase.

Referenties

Brown J, Bilston LE (2009). Spinal injury in motor vehicle crashes: elevated risk persists up to 12 years of age.. Arch Dis Child, 94 (7), 546-548.
Courvoisier, A., Belvisi, B., Faguet, R., Eid, A., Bourgeois, E., & Griffet, J. (2017). A New Paradigm for the Management of Thoracolumbar Pediatric Spine Traumas. . Pediatric emergency care, 33 (8), 10-14.
Daniels, A. H., Sobel, A. D., & Eberson, C. P. (2013). Pediatric thoracolumbar spine trauma. The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, 21 (12), 707-716 .
Leroux, J., Vivier, P. H., Ould Slimane, M., Foulongne, E., Abu-Amara, S., Lechevallier, J., & Griffet, J. (2013). Early diagnosis of thoracolumbar spine fractures in children. A prospective study. . Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR, 99 (1), 60-65.

Martin, B. W., Dykes, E., & Lecky, F. E. (2004). Patterns and risks in spinal trauma. Archives of disease in childhood. Archives of disease in childhood, 89 (9), 860-865.

split-bolus_techniek

Uitgangsvraag

Hoe betrouwbaar is het gebruik van split-bolus techniek bij CT-thorax en/of CT-abdomen bij kinderen, om de patiëntendosis ioniserende straling zo laag mogelijk te houden?

Aanbeveling

Overweeg indien CT-thorax en/of CT-abdomen met contrastmiddel geïndiceerd is het gebruik van de split-bolus techniek om de stralingsbelasting zoveel mogelijk te verminderen.

Overwegingen

Voor- en nadelen van de interventie
Een split-bolus protocol kan de stralingsbelasting tijdens het uitvoeren van CT-scans beperken, maar het is onbekend in hoeveel gevallen een diagnose wordt gemist, en in hoeveel gevallen alsnog een aanvullend multifase onderzoek gedaan moet worden. Er is een literatuuronderzoek verricht naar de hoeveelheid fout negatieve uitslagen en complicaties bij het uitvoeren van een split-bolus protocol versus een single bolus CT-protocol bij kinderen met potentieel meervoudig levensbedreigend letsel. Echter, omdat er nauwelijks literatuur beschikbaar is bij kinderen is de search uitgebreid naar volwassenen.

De stralingsbelasting voor de patiënt kan grofweg gehalveerd worden door twee afzonderlijke scans te vervangen door één split-bolus acquisitie. De studies van Hakim (2016), Leung (2015), en Yaniv (2013) rapporteerden een relatieve reductie in dosis van 43.5% (DLP), 47% (effectieve dosis) en 32% (effectieve dosis). Deze percentages liggen lager dan de verwachtte 50% en zouden erop kunnen wijzen dat er bij het split-bolus protocol andere instellingen gebruikt zijn, of dat er een langer deel van de patiënt gescand is. Hiermee gaat een deel van de winst in dosisreductie van de interventie verloren, maar de dosis blijft gereduceerd ten opzichte van de afzonderlijke scans.

In de studies van Leung (2015) en Yaniv (2013) wordt genoemd dat er bij het split-bolus protocol een groter volume contrastbolus wordt gegeven dan in het reguliere protocol. Hoewel bij kinderen a priori weinig nierproblemen te verwachten zijn is het ook bij kinderen van belang om het contrastvolume zo laag als redelijkerwijs mogelijk te houden. Bovendien hebben pediatrische patiënten van verschillende leeftijd significante verschillen in lichaamsgewicht. Om contrastvolume te beperken en om adequate contrastvorming te bewerkstelligen is het raadzaam om het contrastvolume in deze populatie af te stemmen op het lichaamsgewicht van de patiënt.

Kwaliteit van het bewijs
Op basis van de geselecteerde literatuur is het mogelijk dat de diagnostische beeldkwaliteit vergelijkbaar is voor het split-bolus protocol ten opzichte van het single bolus protocol. Hoewel in de literatuur met het split-bolus protocol geen hoger aantal fout-negatieve bevindingen werd gevonden, is de bewijskracht te zwak om hier echt duidelijkheid over te krijgen. De totale bewijskracht voor de cruciale uitkomstmaten is zeer laag. Dit

komt voornamelijk omdat de studies maar een klein aantal patiënten includeerden. Daarnaast includeerden de studies veelal alleen volwassen patiënten en moet er een vertaalslag worden gemaakt om de resultaten toe te kunnen passen bij kinderen < 16 jaar.

In een retrospectieve studie bij een klein cohort beschrijft Leung (2017) een positieve ervaring met een split-bolus CT-protocol van het Britse Royal College of Radiologists (RCR) in de pediatrische traumatologie (RCT, 2014). Daarnaast zijn er verschillende studies buiten de traumatologie die laten zien dat er met een split-bolus CT-protocol een verbetering in diagnostische kwaliteit mogelijk is bij pediatrische radiologie (Kim, 2017; Thomas, 2015). Er is meer onderzoek nodig, bij voorkeur bij kinderen, om definitief uitsluitsel te krijgen of het split-bolus protocol in deze patiëntengroep een goed alternatief is in de acute traumaopvang. Er zijn geen subgroepen geïdentificeerd waarvoor de voor- en nadelen van de interventie of de bewijskracht anders uitvallen.

Kosten (middelenbeslag)
Mogelijk zijn de directe kosten van een split-bolus scan lager dan van meerdere single bolus scans omdat de totale handling tijd en reading time voor de radioloog iets korter kunnen zijn. Daar staat tegenover dat er geïnvesteerd moet worden in het introduceren van split-bolus technieken. Voornamelijk scholing van de radiodiagnostisch laboranten zal middelen kosten.

Aanvaardbaarheid, haalbaarheid en implementatie
Een split-bolus techniek is gecompliceerder dan twee single bolus scans. De techniek is nog lang niet overal de gangbare praktijk, maar wordt wel steeds meer geïntroduceerd. Centra die er nog niet mee werken zullen hun laboranten moeten trainen op uitvoering, werkprotocollen moeten opstellen en instellingen van apparatuur erop moeten afstemmen. In verband met de complexiteit is split-bolus ook gevoeliger voor gebruikersfouten. Het risico op onjuiste uitvoering van deze techniek is afhankelijk van de implementatie van het protocol, en specifiek de vaardigheid van de laboranten. In een acute situatie is een onderzoek dat opnieuw uitgevoerd moet worden een groter risico dan in reguliere niet-acute diagnostiek. Om split-bolus technieken in de acute trauma diagnostiek bij kinderen toe te passen is het daarom noodzakelijk dat het betreffende ziekenhuis een succesvolle ervaring heeft met split-bolus bij reguliere, niet-acute, diagnostiek.

Rationale van de aanbeveling
Het belangrijkste argument om te komen tot de aanbeveling is de rechtvaardiging van de extra stralingsdosis die herhaalde acquisities opleveren ten opzichte van een split-bolus protocol. Juist bij de pediatrische populatie is een dosisreductie van belang om de kans op schadelijke effecten te beperken. Indien een herhaalde acquisitie geen diagnostische meerwaarde heeft ten opzichte van een split-bolus protocol (i.e., wanneer split-bolus diagnostisch niet inferieur is), is het gebruik van een herhaalde acquisitie niet te rechtvaardigen. De beperkte literatuur geeft geen aanleiding om te verwachten dat de diagnostische beeldkwaliteit of het aantal fout negatieve uitkomsten bij split-bolus inferieur (noch superieur) is aan die bij herhaalde acquisities.

Omdat de bewijskracht van het optreden van fout negatieven bij een split-bolus protocol laag is kan er geen sterke aanbeveling worden gedaan. Om de kans op fout negatieve bevindingen te reduceren acht de werkgroep het van belang dat het expertiseniveau van de gebruiker passend is bij het uit te voeren protocol.

De overweging om al dan niet een split-bolus techniek toe te passen is afhankelijk van de succesvolle implementatie van het split-bolus protocol in het uitvoerende ziekenhuis

Onderbouwing

Achtergrond

Voor verschillende klinische vraagstellingen is een multifase CT-onderzoek geïndiceerd. Deze onderzoeken worden geassocieerd met een relatief hoge stralingsdosis door de herhaalde CT-scans. Split-bolus protocollen worden geïntroduceerd om deze stralingsbelasting te beperken. Door de contrastbolus te splitsen is het mogelijk om meerdere contrastfases te scannen in een enkele acquisitie. Echter is het momenteel niet bekend hoe vaak met een split-bolus CT-thorax en/of CT-abdomen een diagnose wordt gemist, en in hoeveel gevallen alsnog een aanvullend multifase onderzoek gedaan moet worden.

Conclusies

Very low GRADE	It remains unclear whether the split-bolus protocol results in more false negative findings compared to the single bolus protocol in chest and/or abdominal CT in children with potential multiple trauma in the acute setting. *Sources: (Godt, 2018; Hakim, 2016)*

Low GRADE	It is possible that the split-bolus protocol has a similar diagnostic image quality compared to the single bolus protocol in chest and/or abdominal CT in children with potential multiple trauma in the acute setting. *Sources: (Beenen, 2015; Godt, 2018; Hakim, 2016; Yaniv, 2013)*

- GRADE	Because none of the studies reported the outcome complications related to the split-bolus or single bolus CT protocol it was not possible to draw any conclusions regarding this outcome measure.

Samenvatting literatuur

<u>Description of studies</u>
The retrospective observational study performed by Godt (2018) evaluated and compared image quality and injury findings of a new triple-split-bolus (TS-CT) protocol of thorax and abdomen with those of a portal venous phase CT (PV-CT) in trauma patients. All patients that underwent both the TS-CT and a PV-CT of the thorax and abdomen were included. Severely injured patients who underwent a dual phase CT with arterial and PV phase due to suspected active bleeding were excluded. The inclusion period was from January 2009 to December 2012. In total, 35 patients were included with a median age of 41 years (range 18 to 84). Median interval between TS-CT and PV-CT was five days (range 0 to 42 days). The follow-up period was not reported.

The retrospective observational study performed by Hakim (2016) compared the image quality of conventional arterial and portal venous (PV) phase multidetector CT with two biphasic injection protocols in

polytrauma patients. All patients with major trauma arriving between 9.00 and 17.00 on weekdays were included. Unfinished CT-studies and those with significant metal or arm streak artefact were excluded. The inclusion period was from June 2012 to March 2013. In total, 60 patients were included with a median age of 43.8 years (standard deviation (SD) 21.5), which were categorized in three groups: group A received the conventional protocol, group B received a biphasic protocol, and group C received a modified biphasic protocol (see Evidence Table for details). The follow-up period was not reported.

The prospective observational study performed by Beenen (2015) evaluated three different scan protocols: portovenous contrast phase, with and without arm repositioning and split-bolus contrast technique. All consecutive polytrauma patients who were admitted in April 2011 during daytime were eligible for inclusion. Exclusion criteria were: age < 18 years, known pregnancy, patients referred from other hospitals or any patient judged too unstable to undergo scanning and requiring resuscitation or immediate operation. All patients were followed during their complete hospital stay. Three series of 10 patients were included: group A received conventional total-body trauma CT after repositioning of the arms, group B received one volume contrast CT without arm repositioning, and group C was identical to group A, but the torso was scanned with a split-bolus technique (see Evidence Table for details). No randomization was performed; after every 10 consecutive inclusions the protocol was changed for the next 10 patients. All patients received a CT of the brain, cervical spine, chest and abdomen/pelvis. The mean age of group A was 52.6 years (SD ± 23.2), of group B was 41.3 (SD ± 21.0), and of group C was 60.5 (SD ± 21.1).

The retrospective observational study performed by Leung (2015) investigated whether a split-bolus protocol achieved sufficient vascular enhancement while reducing patient dose. The use of a split-bolus protocol was compared to a conventional two-phase protocol. Trauma patients that underwent whole-body-CT examinations were included. Patients under the age of 18 years were excluded. The inclusion period was from January 2015 to January 2016. In total, 152 patients underwent pan-CT, from which 73 patients were examined using the traditional two-phase protocol (mean age 44.3 years) and 78 patients using a split-bolus protocol (mean age 47.1 years). The follow-up period was not reported.
The retrospective observational study performed by Yaniv (2013) evaluated a revised trauma imaging protocol (triphasic injection) for whole-body CT for multitrauma patients and compared this to a conventional two-phase protocol. All CT examinations of consecutive multitrauma patients admitted between November 2010 and May 2011 were evaluated. Exclusion criteria were: patient under the age of 18 years, inability of raising the patient's arm, and the patient having been transferred from another hospital. In total, 40 patients were examined by the revised trauma protocol (mean age 47.3, range 18 to 88 years) and 42 patients by the conventional trauma protocol (mean age 38.1, range 18 to 87 years). The follow-up period was not reported.

<u>Results</u>

False negatives (crucial)

The outcome measure false negative findings was reported in two studies (Godt, 2018; Hakim, 2016). The study of Godt (2018) reported false negative findings in 2 out of the 26 injuries (7.7%): one pancreatic and one injury was not visible in the TS-CT. In contrast, three liver injuries, three renal injuries, and two splenic injuries were no longer visible on the PV-CT (30.8%). However, the PV-CT was performed within 0 to 42 days after TS-CT, and therefore it is not surprising that some of the injuries were not detectable anymore. The

study of Hakim (2016) did not report any injuries that were considered 'missed' based on the review of follow-up studies, subsequent clinical dialogue or discharge summaries, for the conventional protocol and both the biphasic protocols.

Diagnostic image quality (crucial)
The diagnostic image quality was reported in four studies (Beenen, 2015; Godt, 2018; Hakim, 2016; Yaniv, 2013). Three studies reported the image quality based on the 5-point scale. The study of Beenen (2015) reported a nearly excellent (score 5) overall quality in the split-bolus group and good (score 4) overall quality in the group that received the conventional protocol. In particular, the image quality of the abdominal aorta was higher in the group that received the split-bolus protocol in comparison with the conventional protocol (good (4.17) versus satisfactory (3.27), p = 0.014). The study of Godt (2018) reported no significant difference in image quality between the two protocols. The study of Hakim (2016) reported that all studies were considered to be of satisfactory diagnostic quality (score ≥ 3). The conventional protocol, considered the 'gold standard' produced the best quality images. When comparing the single bolus with the biphasic protocols, a statistically significant higher ratio of studies were of excellent (score 5) rather than good (score 4) diagnostic quality. However, when comparing the number of studies which were good or excellent (score 4 or 5) across each group, there was no significant difference. As most scores were good or excellent, the reported differences were not considered clinically relevant. The study of Yaniv (2013) used a 4-point scale, similar as the 5-point scale (0=non-diagnostic, 1=poor, 2 = good, 3 = excellent). Both protocols scored good or excellent, and no clinically relevant difference was observed.

Complications (important)
None of the studies reported complications related to the split-bolus or single bolus protocol.

Level of evidence of the literature
The level of evidence regarding the outcome measure false negatives was downgraded by 3 levels because of study limitations (risk of bias due to selection bias in the study of Godt, 2018); applicability (bias due to indirectness as the studies were performed in adults); and the small number of included patients (imprecision). The level of evidence regarding the outcome measure diagnostic image quality was downgraded by 2 levels because of study limitations (risk of bias as the observers were not blinded to the scanning protocols in three of the included studies) and applicability (bias due to indirectness as the studies were performed in adults).

The level of evidence could not be graded for the outcome measure complications, as complications were not reported in the included studies.

Zoeken en selecteren

A systematic review of the literature was performed to answer the following question: Is it justified to use a split-bolus protocol compared to a single bolus protocol in children with potentially multiple or life-threatening trauma eligible for chest-CT and/or CT-abdomen?

P: patients children with potentially multiple or life-threatening trauma (< 16 years);
I: intervention split-bolus CT;
C: comparison multi-phase CT with separate acquisitions (single bolus);

O: outcome measure false negatives, diagnostic image quality, complications.

Relevant outcome measures
The guideline development group considered image quality and false negatives as critical outcome measure for decision making; and complications as an important outcome measure for decision making.

The guideline committee was interested in the diagnostic image quality in particular. The diagnostic quality was rated on a 5-point scale for image quality: 1: non-diagnostic; 2: poor; 3: satisfactory; 4: good; and 5: excellent. The guideline committee did not define the remaining outcome measures a priori but used the definitions used in the studies.

Search and select (Methods)
The databases Medline (via OVID) and Embase (via Embase.com) were searched with relevant search terms until 26th of February 2020. The detailed search strategy can be found under the tab Methods. The systematic literature search resulted in 219 hits. Studies were selected based on the following criteria: randomized controlled trials, comparative observational studies, or systematic reviews on the validity/accuracy of split-bolus versus multiphase CT (thorax or abdomen) in children with potential multiple trauma. The search was extended to adults with potential multiple trauma, as there were hardly any studies on children. In total, 16 studies were initially selected based on title and abstract screening. After reading the full text, 11 studies were excluded (see the table with reasons for exclusion under the tab Methods) and 5 studies were included.

In total, 5 observational studies were included in the analysis of the literature. Important study characteristics and results are summarized in the evidence tables. The assessment of the risk of bias is summarized in the risk of bias tables.

Verantwoording

Laatst beoordeeld : 01-03-2022
Laatst geautoriseerd : 01-03-2022

Voor de volledige verantwoording, evidence tabellen en eventuele aanverwante producten raadpleegt u de Richtlijndatabase.

Referenties

Beenen, L. F., Sierink, J. C., Kolkman, S., Nio, C. Y., Saltzherr, T. P., Dijkgraaf, M. G., & Goslings, J. C. (2015). Split bolus technique in polytrauma: a prospective study on scan protocols for trauma analysis. Acta radiologica, 56 (7), 873-880 .
Godt, J. C., Eken, T., Schulz, A., Johansen, C. K., Aarsnes, A., & Dormagen, J. B. (2018). Triple-split-bolus versus single-bolus CT in abdominal trauma patients: a comparative study. . Acta radiologica, 59 (9), 1038-1044 .
Hakim, W., Kamanahalli, R., Dick, E., Bharwani, N., Fetherston, S., & Kashef, E. (2016). Trauma whole-body MDCT: an assessment of image quality in conventional dual-phase and modified biphasic injection.. The British journal of radiology, 89 (1063), 20160160-.
Kim, Y. H., Kim, M. J., Shin, H. J., Yoon, H., & Lee, M. J. (2017). Simplified split-bolus intravenous contrast injection technique for pediatric abdominal CT. Clinical imaging, 46, 28-32 .
Leung, V., Sastry, A., Woo, T. D., & Jones, H. R. (2015). Implementation of a split-bolus single-pass CT protocol at a UK major trauma centre to reduce excess radiation dose in trauma pan-CT. Clinical radiology, 70 (10), 1110-1115 .
The Royal College of Radiologists, Ref No. BFCR (2014). Paediatric trauma protocols. BFCR , 14 (8), .-..

Thomas, K. E., Mann, E. H., Padfield, N., Greco, L., BenDavid, G., & Alzahrani, A. (2015). Dual bolus intravenous contrast injection technique for multiregion paediatric body CT. European radiology, 25 (4), 1014-1022.
Yaniv, G., Portnoy, O., Simon, D., Bader, S., Konen, E., & Guranda, L. (2013). Revised protocol for whole-body CT for multi-trauma patients applying triphasic injection followed by a single-pass scan on a 64-MDCT. Clinical radiology, 68 (7), 668-675.