

Pädiatrische Reanimation:

Weil Kinder nicht einfach kleine Erwachsene sind

ZOLL MEDICAL CORPORATION

Die Reanimation eines Kindes ist ein besonders stressiger und hektischer Vorgang; niemand möchte die Kleinen derart gefährdet sehen. Leider werden Kinder von vielen Defibrillator Herstellern als kleine Erwachsene gesehen. Die einzige Konzession, die gemacht wird, betrifft kleinere Paddles bzw. Elektroden. Mangelnde Beachtung der besonderen pädiatrischen Bedürfnisse durch Einsatz von "Erwachsenen" Technologie war der 7. Punkt auf der 2013 ECRI (Emergency Care Research Institute) TOP 10 Liste der Risiken der Medizintechnik (Health technology)¹. Laut ECRI nehmen Notfallversorgung und pädiatrische Notfalltechnologien eine Schlüsselposition bezogen auf Sicherheitsrisiken ein. Wir bei ZOLL glauben, dass Kinder und ihre Notfallhelfer besseres verdient haben. Deswegen haben wir den R Series[®] Reanimations-Monitor entwickelt - abgestimmt auf die Bedürfnisse unserer Jüngsten und ihrer Helfer.

CPR

ZOLL ist der einzige Hersteller, der CPR Rückmeldung für Kinder unter 8 Jahren bereitstellt. Durch unsere neue OneStep™ Kinder CPR Elektrode, erhalten Ersthelfer wertvolle Informationen über die tatsächliche Kompressionstiefe und -frequenz während einer Reanimation.

Pädiatrischer Analysealgorithmus

Die ZOLL R Series schaltet automatisch in den pädiatrischen AED Algorithmus sobald Kinderelektroden konnektiert sind. Ein effektiver Einsatz der AED Analyse ist nun möglich. Es wird gewährleistet, dass kompensierende Rhythmen nicht unnötig beendet werden.

Optimierte biphasische Defibrillation

Im Gegensatz zu anderen Systemen, stellt die ZOLL R Series mit Kinderelektroden vollständige Impedanzkompensation sicher, so dass die Behandlung von Kindern effizient und angemessen dosiert wird².

Sichere Defibrillation

Sind Kinderelektroden an der R Series angeschlossen, wird die Energie standardmäßig automatisch auf 50 Joules (J) gesenkt. In Bereichen wie der Neugeborenen-Intensivstation, in der selbst 50 Joules zuviel sein können, kann die Einstellung bis auf 1 Joule konfiguriert werden.

Die hohe Relevanz der Kardiokompression (CPR)

In den USA werden jährlich ca 16.000 Herzstillstände bei Kindern verzeichnet und mindestens nochmal so viele sind es zusätzlich weltweit. Die Überlebensrate bis zur Entlassung beträgt ca. 25%. Die schlechte Qualität der durchgeführten CPR wird als einer der Faktoren genannt, die zu diesem eher bedrückenden statistischen Wert beitragen.^{3,4,5,6,7}

Die überwiegende Zahl von Herzstillständen bei Kindern basiert auf Atemwegsproblemen. In diesen Fällen ist eine Defibrillation nicht hilfreich. Hier ist eine effiziente, hochqualitative CPR erforderlich. CPR wird somit zu einer kritischen Therapiekomponente. Bis jetzt war die Durchführung einer CPR bei einem Kind eher vergleichbar mit einer Operation im Dunkeln. Leitlinien stellen erst kürzlich ungefähre Anhaltspunkte zur Kompressionstiefe zur Verfügung. Diese sollte mindestens 1/3 des anterioposterioren Thoraxdurchmessers betragen. (bei Säuglingen ca 4 cm und bei Kindern > 1 Jahr ca. 5 cm). Bis jetzt war es nicht möglich festzustellen, ob eine angemessene CPR durchgeführt wird.

Weiterhin zeigten Studien erst kürzlich, dass die CPR Qualität, die Kindern zuteil wird, als schlecht bezeichnet werden muss, da die Kompressionen meist zu flach ausfallen.^{8,9} Niles und Kollegen demonstrierten, dass klinisches Personal nicht tief genug komprimiert. 92,2% der verabreichten Kompressionen bei 8-14jährigen, deren innerklinischer Herzstillstand behandelt werden musste, lagen in Bezug auf Kompressionstiefe unter dem empfohlenen Drittel des anteriorposterior Durchmessers.⁸ Bei 59,8 % von Fällen im präpubertären Bereich lag die mittlere korrigierte Kompressionstiefe in unter 38 mm.

Endlich ist Licht am Ende des Tunnels. Die ZOLL R Series mit dem "CPR Dashboard™" schaltet automatisch auf pädiatrische Anzeigen um. Es wird nun die tatsächliche Kompressionstiefe und -frequenz in Echtzeit angezeigt. (Figur 1)



Figure 1. CPR Dashboard Anzeige für Tiefe und Frequenz. Im deutschsprachigen Raum finden sich hier cm-Angaben

Zusätzlich führt ein Metronom zur korrekten Frequenz. Eine Anzeige weist die Dauer der CPR-Unterbrechungen aus und erinnert den Helfer daran wie schädlich CPR Pausen für die Behandlung sind. Die ZOLL eigene See-Thru CPR® Technologie ermöglicht es, während der CPR zu erkennen, ob sich ein organisierter Rhythmus entwickelt. Dies reduziert CPR Unterbrechungen erheblich. (Figur 2)



Figur 2. Monitor zeigt gefilterte und ungefilterte EKG-Kurve. (See-Thru CPR)

Die vollständigen Falldaten können ganz einfach mittels RescueNet® Code Review ausgelesen und analysiert werden, so dass die CPR Qualität in der Nachbesprechung sinnvoll behandelt werden kann. Es hat sich erwiesen, dass Nachbesprechungen einen positiven Einfluss auf das künftige Verhalten haben und die CPR Effizienz verbessern.^{10,11}

Die Bedeutung eines pädiatrischen Analyse-Algorithmus

„Behandel den Patienten und nicht das Gerät, das zur Behandlung eingesetzt werden soll“, ist ein bekanntes Mantra unter Klinikern. Diese Einstellung findet sich ganz besonders auf Notfallstationen der Pädiatrie, da ein Herzstillstand nur einen Bruchteil aller pädiatrischen Notfälle ausmacht. Für ZOLL war der Ansatz „Behandel den Patienten“ Basis für die Entwicklung eines Notfallmonitors für die Pädiatrie. Es steht nun die erste Reanimations-Plattform zur Verfügung, die:

- durch angeschlossenen Elektrodentyp automatisch erkennt, ob es sich beim Patienten um ein Kind handelt
- die Energie automatisch auf ein sicheres Level senkt (50J erster Schock)
- die Zulassung für den Einsatz bei Kleinkindern < 1 Jahr erhalten hat
- standardmäßig in einen pädiatrischen AED Analysealgorithmus schaltet, entwickelt speziell für Kinder-EKG.
- einen optimierten Rechteckimpuls für die Defibrillation einsetzt, der nicht durch dämpfende elektrische Widerstände beeinträchtigt wird.

Ein EKG Analyse Algorithmus - speziell entwickelt für Kinder

Kinder unterscheiden sich von Erwachsenen in Bezug auf Typ und Charakteristik der schockbaren und nicht-schockbaren EKG-Rhythmen. Niedrigere Fallraten von ventrikulärer Fibrillation (VF) bei Kindern deuten daraufhin, dass hier im Gegensatz zu den Erwachsenenereignissen eher nicht-schockbare Rhythmen zugrundeliegen.³ Es ist wichtig, dass nicht-schockbare pädiatrische Rhythmen mit entsprechend hohen Frequenzen wie z.B. die Sinustachykardie (ST), Supraventricular Tachykardie (SVT), und beschleunigte Ventrikulär Rhythmen von einem am Kind angeschlossenen AED richtig klassifiziert werden. AED Analysealgorithmen, die auf Werten von Erwachsenen basieren, können Schwierigkeiten haben, diese hohen pädiatrischen Rhythmen als nicht-schockbar einzuordnen, da sich die Charakteristiken nicht-schockbarer pädiatrischer Rhythmen mit schockbaren Kriterien eines Erwachsenen-Algorithmus überschneiden.

Zoll hat einen AED Analyse-Algorithmus dezidiert für pädiatrische Arrhythmien entwickelt, der pädiatrische Rhythmen genau zwischen schockbar und nicht-schockbar unterscheiden kann, selbst die kompliziertesten nicht-schockbaren Rhythmen mit hohen Frequenzen werden richtig klassifiziert. Durch Identifizierung des angeschlossenen Elektrodentyps - Kinderoder Erwachsenenelektrode - passt sich die Rhythmusanalyse automatisch dem entsprechenden Patiententyp an. Sowohl ZOLL AED Plus/ AED Pro als auch die ZOLL R Series Geräte sind mit diesem Algorithmus ausgestattet. Mit konnektierten Kinderelektroden schaltet das Gerät automatisch in den Pädiatrie-Modus, führt eine komplexe Rhythmusanalyse durch und erst eine Herzfrequenz einer Tachykardie von mindestens 200/Min wird als schockbar erachtet.

Da SVT zu den bedeutenderen pädiatrischen Arrhythmien zählt, wurden während der Entwicklung des ZOLL pädiatrischen Algorithmus besondere Anstrengungen unternommen, eine signifikante Anzahl an SVT Rhythmen zusammenzutragen. Erwachsenen Algorithmen erachten üblicherweise SVT mit hohen Frequenzen als schockbare Rhythmen; kleine Kinder können jedoch brauchbare Rhythmen bei gleichen Frequenzen aufweisen, die nicht geschockt werden sollten. Die Daten, die von ZOLL genutzt wurden, führten als nicht-schockbare Rhythmen ebenfalls abnormale ventrikulär und supraventriculär Rhythmen mit Frequenzen über 300/Min auf, die oft bei Kleinkindern und jungen Kindern festgestellt werden. Die Leistung des ZOLL pädiatrischen Algorithmus übertrifft die Empfehlungen, welche die AHA für AED Rhythmus-Algorithmus

veröffentlicht hat. 12 Zwei separat laufende Algorithmen gewährleisten, dass eine SVT bei einem Erwachsenen mit hoher Frequenz als schockbarer Rhythmus eingestuft wird, während er bei einem Kind als nicht-schockbar identifiziert wird.

Obwohl eine Leistungsbewertung immer in Abhängigkeit mit vorliegendem Datenbestand steht, ist der ZOLL Analyse-Algorithmus der Überlegene, im Vergleich zu Erwachsenen-basierten Algorithmen, die Kinder-EKG Signale auswerten, wie andere pädiatrische Studien zeigten.^{13,14} (Figur 3)

Im Gegensatz zu früheren pädiatrischen AED Studien,^{15,16} zeigten sich schockbare und nicht-schockbare VT Rhythmen bedeutender als VF in unserer Datenerhebung. Der Datenbestand verzeichnete 122 schockbare und nicht-schockbare VT Vorfälle, verglichen zu 42 VF Aufzeichnungen. Die Fähigkeit des dezidierten Kinder-Algorithmus, diese Rhythmen zu erkennen und eine angemessene Therapieempfehlung zu geben, ist eine signifikante Verbesserung zu den Algorithmen, die auf Erwachsenen Rhythmen basieren. Die erhöhte Empfindlichkeit, wenn es um Feststellung von schockbaren ventrikulären Tachyarrhythmien geht, verkürzt die Zeit bis zur Kardioversion und Einsetzen eines Spontankreislaufes. Die erhöhte Genauigkeit bei Feststellung eines nicht-schockbaren VT Rhythmus wird unnötiges Schocken eines pädiatrischen Patienten, der keine Defibrillation benötigt, vermeiden.

Optimierte biphasische Defibrillation für Kinder

Im Gegensatz zur Annahme, die der normale Menschenverstand alleine treffen würde, liegen bei Kindern tatsächlich höhere Defibrillationsimpedanzen vor, obwohl ein kleinerer Thoraxumfang gegeben ist. Eine veröffentlichte Arbeit von Atkins zeigt, dass die durchschnittliche Impedanz

pädiatrischer Patienten bei 90 Ohm liegt.^{17, 18} In erster Linie ist dies auf die kleinere Oberfläche von Kinderelektroden zurückzuführen. Resultierend daraus werden Methoden zur Impedanzkompensation bei der Behandlung von Kindern immer wichtiger.

AEDs, die Stromkreisläufe zur Dämpfung der Energien bei der Behandlung pädiatrischer Patienten einsetzen (die Beule, die an Kabeln einiger Kinderelektroden zu sehen ist) setzen Widerstände zwischen den Defibrillator und den Patienten. Dies führt zu zwei negativen Effekten:

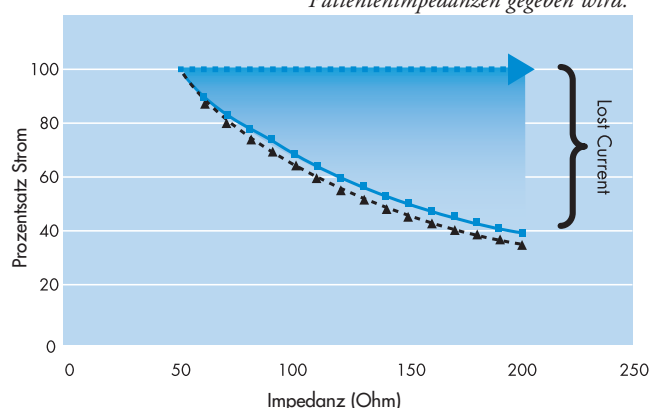
1. Das Gerät hat keine Möglichkeit zwischen den Widerständen im Kabel und der Patientenimpedanz zu unterscheiden. Als Resultat wird die Fähigkeit, die Impedanz zu kompensieren, - ein wichtiger Part wenn es um Effizienz eines biphasischen Impulses geht - signifikant beeinträchtigt, oder sogar außer Kraft gesetzt.
2. In einigen pädiatrischen Systemen wird ein Widerstand eingesetzt, der Strom vom Kind wegführt und so die Energie dämpft. Die negative Konsequenz dieser Methode: Je mehr die Patientenimpedanz ansteigt, um so mehr Strom wird vom Patienten weg abgeleitet - exakt das Gegenteil von dem, was Impedanzkompensation biphasischer Defibrillation versucht zu erreichen. Figur 4 zeigt die Stromwerte, die einem pädiatrischen Patienten bedingt durch Patientenimpedanz gegeben wird.

Beide Kurven beziehen sich auf handelsübliche AED Defibrillatoren für den pädiatrischen Einsatz. Wie die Figur zeigt, gehen dem Patienten bei einer Impedanz von 100 Ohm (typischer Wert bei Kindern) 40% des Stroms verloren. Fast die Hälfte des Stroms wird dem Patienten bei einer Impedanz von 150 Ohm nicht verabreicht. Dies betrifft beide AEDs.

Figur 3. Vergleich berichteter Empfindlichkeiten pädiatrischer Beratungs-Algorithmen

	AHA ZIEL	ZOLL	AED A	AED B
Schockbar				
Grobes VF	> 90% empfindlich	100% (42/42)	94.3% (50/53)	98.6% (71/72)
Schnelles VT	> 75% empfindlich	93.9% (77/82)	70% (21/30)	Unzureichende Daten
Nicht-schockbar				
NSR	> 99% spezifisch	100% (208/208)	100% (374/374)	99.2% (792/798)
SVT (Frequenz 152-302 BPM)	> 95% spezifisch	99.4% (160/161)	Unzureichende Daten	Unzureichende Daten

Figur 4. Prozentsatz an Strom, der dem Patienten von einem auf Energiedämpfende Widerstände basierten System bei steigenden Patientenimpedanzen gegeben wird.



Sicherere Defibrillation

Der ZOLL biphasische Impuls, wird er mit ZOLL OneStep Kinderelektroden eingesetzt, reduziert die Anfangsenergie nicht nur automatisch auf 50 J sondern erlaubt dem Gerät, die tatsächliche Patientenimpedanz zu messen und die Therapie entsprechend anzupassen, indem ausreichend Strom für eine effiziente Konversion gegeben wird, ohne den Patienten überzudosieren. Zudem kann die Startenergie der ZOLL R Series in Bereichen wie der Neugeborenen-Intensivstation, auf der Werte von 1 oder 2 Joules als Dosis angemessener sind, einfach in den Einstellungen als Standard festgelegt werden.

Fazit:

CPR Rückmeldung in Kombination mit einem pädiatrischen AED Algorithmus als Bestandteil eines fortschrittlichen Reanimations-Monitors erlaubt Ersthelfern, beruhigt zu handeln, die Zeit zum ersten Schock zu verkürzen und alles in allem eine wirksamere Behandlung dieser speziellen Patienten sicherzustellen.

Referenzen

- ¹2013 Top 10 Health Technology Hazards. ECRI Institute. 2012.
- ²Wang, J, Tang W, Brewer JE, et al. Comparison of rectilinear biphasic waveform with biphasic truncated exponential waveform in a pediatric defibrillation model. *Crit Care Med.* 2007; 35:1961–65.
- ³Nadkarni VM, Gregory LL, Peberdy MA, et al. First documented rhythm and clinical outcome from in-hospital cardiac arrest among children and adults. *JAMA.* 2006 Jan 4;295(1):50–57.
- ⁴Nadkarni V, Bhutta A, Ortmann L. Outcomes after in-hospital cardiac arrest in children with cardiac disease. *Circulation.* 2011;124:2329–37.
- ⁵Idris A, Guffey D, Aufderheide TP, et al. Relationship between chest compression rates and outcomes from cardiac arrest. *Circulation.* 2012 Jun 19;125(24):3004–12.
- ⁶Arshid M, Tsz-Yan M, and Reynolds F. Quality of cardio-pulmonary resuscitation (CPR) during paediatric resuscitation training: Time to stop the blind leading the blind. *Resuscitation.* 2009 May;80(5):558-60.
- ⁷Atkins DL, Berger S. Improving outcomes from out-of-hospital cardiac arrest in young children and adolescents. *Pediatr Cardiol.* 2012 Mar;33(3):474–83.
- ⁸Niles, D, Nishisaki A, Sutton R, et al. Comparison of relative and actual chest compression depths during cardiac arrest in children, adolescents, and young adults. *Resuscitation.* 2012 Mar;83(3):320–26.
- ⁹Sutton RM, French B, Nishisaki N, Niles D, et al. American Heart Association cardiopulmonary resuscitation quality targets are associated with improved arterial blood pressure during pediatric cardiac arrest. *Resuscitation.* In Press. 2012 Sep 6. [Epub ahead of print].
- ¹⁰McInnes AD, Sutton R, Nishisaki A, et al. Ability of code leaders to recall CPR quality errors during the resuscitation of older children and adolescents. *Resuscitation.* 2012 Dec;83(12):1462–66.
- ¹¹Edelson D, P Litzinger B, Arora V, et al. Improving in-hospital cardiac arrest process and outcomes with performance debriefing. *Arch Intern Med.* 2008 May 26;168(10):1063–69.
- ¹²Samson, RA; Berg, RA, Bingham R, et al. Use of automated external defibrillators for children: an update: an advisory statement from the Pediatric Advanced Life Support Task Force, International Liaison Committee on Resuscitation. *Circulation.* 2003 Jul 1;107(25):3250–55.
- ¹³Atkins DL, Scott WA, Blaufox AD, et al. Sensitivity and specificity of an automated external defibrillator algorithm designed for pediatric patients. *Resuscitation.* 2008 Feb;76(2):168-74.
- ¹⁴Kerber, RE; Becker, LB; Bourland, JD, et al. Automatic external defibrillators for public access defibrillation: recommendations for specifying and reporting arrhythmia analysis algorithm performance, incorporating new waveforms, and enhancing safety. A statement for health professionals from the American Heart Association Task Force on Automatic External Defibrillation, Subcommittee on AED Safety and Efficacy. *Circulation.* 1997 Mar 18;95(6):1677–82.
- ¹⁵Cecchin F; Jorgenson, D, Berul CL, et al Is Arrhythmia Detection by Automatic External Defibrillator Accurate for Children? Sensitivity and Specificity of an Automated External Defibrillator Algorithm in 696 Pediatric Arrhythmias. *Circulation.* 2001 May 22;103(20):2483–88.
- ¹⁶Atkinson, E; Mikysa, B; et al Specificity and Sensitivity of Automated External Defibrillator Rhythm Analysis in Infants and Children. *Ann Emerg Med.* 2003 Aug;42(2):185–96.
- ¹⁷Atkins DL, Hartley LL, York DK. Accurate recognition an effective treatment of ventricular fibrillation by automated external defibrillators in adolescents. *Pediatrics.* 1998 Mar;101(3 Pt 1):393–97.
- ¹⁸Haskell SE, Atkins DL. Defibrillation in Children. *J Emerg Trauma Shock.* 2010 Jul;3(3):261–66.