
VIE-PNN: Vienna Expert System for Parenteral Nutrition of Neonates

Ein Expertensystem zur Berechnung der parenteralen Ernährung
von intensiv behandelten Früh- und Neugeborenen

Frühgeborenen und kranken Neugeborenen, die an Atemnotsyndrom, Sepsis (\Rightarrow Trinkunlust), Cholestase oder anderen Krankheiten leiden, müssen lebenswichtige Nahrungsmittel wie Elektrolyte, Aminosäuren, Proteine, Lipide, Vitamine, Glukose und Spurenelemente durch Infusionen unter Umgehung des Magen-Darm-Trakts, d.h. *parenteral*, zugeführt werden. Zudem müssen Medikamente in Glukose aufgelöst als *Bypass* verabreicht werden. Da die Gesamtmengen und Zusammensetzungen der Infusionen und Bypässe von vielen Faktoren abhängig sind (u.a. Lebensalter, Körpergewicht, Ionogramm, zusätzlicher oraler Ernährung, Art des Venenzugangs, Gesamtflüssigkeitszufuhr, Erkrankung sowie von der zeitlichen Verlauf der Dosierung, insbesondere am Vortag), gestaltet sich ihre manuelle Berechnung sehr zeitaufwendig (bei 8 Patienten ca. 1 Stunde pro Tag) und ist äußerst fehleranfällig (5% der Infusionen sind fehlerhaft). Oft ist es erforderlich, die Zusammensetzung mehrmals neu zu berechnen, weil die Flüssigkeitsmenge für die geplante Glukosedosis nicht ausreicht.

Zur Reduzierung der Fehlerquote und des Zeit- und Arbeitsaufwands sowie zur Vereinfachung von Archivierung und statistischer Auswertung entwickelten das IMKAI, das ÖFAI und die Universitätsklinik für Kinderheilkunde des AKH Wien seit 1991 gemeinsam das wissensbasierte System *VIE-PNN*. Wichtige Ziele bestanden darin, die notwendige Dateneingabe minimal zu halten und es den Ärzten zu ermöglichen, das System leicht an neue Ernährungs-Standards selbst anzupassen.

Aus den Eingabe-Parametern Körpergewicht, Alter, maximale erlaubte Flüssigkeitszufuhr, enteral zugeführte Produkte, Medikamente, Serums-Werte und klinische Probleme berechnet *VIE-PNN* für jeden Patienten die parenterale und die enterale Versorgung, die Dosierung von Glukose, Proteinen, Aminosäuren, Elektrolyten, Vitaminen, Spurenelementen und Fett, die Zusammensetzung der Bypässe und einige statistische Größen: Energie-Raten, parenterale Infusions-Rate sowie Fett-Infusions-Rate. Die Ergebnisse können ausgedruckt und umgehend in den Patienten-Ordner aufgenommen werden.

Das statische Wissen besteht aus insgesamt 1460 Regeln; von diesen sind 752 fachlicher Natur (Expertenwissen). Die Regeln basieren sowohl auf Lehrbuch-Wissen als auch auf praktischer Erfahrung. U.a. betreffen sie das tägliche Erhöhen der Nährstoff-Dosen, das Anpassen der Nahrung an Serums-Werte und klinische Probleme, den Ausgleich zwischen enteraler und parenteraler Ernährung, Grenzwerte, Rundungsmethoden, die Zusammensetzung von Bypässen und Probleme bzgl. der Flüssigkeitsmenge und der benötigten Nahrungszufuhr.

Die Inferenzkomponente basiert auf Rückwärtsverkettung (*Backward Chaining*). Daher lagen die Regeln in den ersten 3 Versionen von *VIE-PNN* in Prolog-ähnlicher Syntax (*Konklusion if Prämisse*) vor. Mittlerweile wurde die Syntax umgestellt und entspricht nun jener imperativer Sprachen wie etwa Perl. Sie ist damit intuitiver, und Ärzten ist es nun leichter möglich, Änderungen am Regelwerk zu implementieren.

Das Berechnungs-Schema besteht aus 8 Schritten:

1. Bestimmung der Zufuhrmenge, abhängig von Lebensalter und Gesundheitszustand
2. Eingabe von Ionogramm, Blutzucker- und Triglyceridwert
3. Berechnung der Elektrolytzufuhr
4. Eingabe und Berechnung der Bypässe
5. Berechnung der Protein- und Aminosäure-Zufuhr
6. Berechnung der Zufuhr von Spurenelementen und anderen Substanzen
7. Berechnung der Glukosezufuhr; falls das Restvolumen nicht ausreicht, besteht die Möglichkeit, zwischen mehreren Lösungsmöglichkeiten zu wählen (Reduktion der Menge einzelner Infusionsbestandteile, z.B. Proteine, Reduktion der oralen Ernährungsmenge, Änderung der Gesamtmenge der Glukose, Änderung der Glukosekonzentration von Bypässen, Vermehrung der Gesamtflüssigkeitsmenge)
8. Berechnung der Statistikgrößen

Versionen 1 - 3 von VIE-PNN (1991-1995) liefen auf IBM-kompatiblen Einzelplatz-PCs unter dem Betriebssystem MS-DOS 5.0. Sie basierten auf der "Expert System Shell" Intelligence/Compiler (IC) v3.0 von IntelligenceWare, Inc., Los Angeles, einer Interpretersprache. Der Drucker musste PostScript-fähig sein. Die größten Nachteile dieser Version waren der hohe Arbeitsspeicherbedarf (619 von 640 KByte Grundspeicher) und die geringe Performanz auf Grund des Interpreters; der Bildschirmaufbau war sehr langsam und die effektive Zeitersparnis sehr gering. Aus diesem Grund wurde Version 4 (1996-1997) in C++ geschrieben; die grafische Oberfläche wurde in Turbo Vision realisiert. Zwar waren nun Performanz und Platzbedarf besser, dennoch blieben die übrigen Nachteile der Vorgängerversionen bestehen: Eine Erweiterung des Regelsystems erforderte eine Änderung des Programm-Codes. Da VIE-PNN auf einem Einzelplatzrechner lief, mussten alle Daten auf diesem PC vorliegen. In der Praxis war besonders problematisch, dass dieser PC auch für andere Zwecke (z.B. Textverarbeitung) benutzt wurde und daher VIE-PNN nicht immer verwendbar war. Zudem war die Benutzerführung wenig flexibel; die Defaultwerte konnten zwar geändert, Korrekturen im Nachhinein jedoch nicht durchgeführt werden: Die einzige Möglichkeit bestand darin, alle Werte nochmals einzugeben.

Version 5 (seit 1998) ist nun ins Intranet der Klinik integriert und basiert auf einer Client/Server-Architektur. Programmiert wurde sie in Perl; sie benutzt das Common Gateway Interface (CGI). Die grafische Oberfläche wurde in HTML realisiert. Die Verwendung ist nun von jeder Workstation aus möglich. Sehr benutzerfreundlich sind die intuitive Oberfläche mit einer Erklärungskomponente, die nachträgliche Korrekturmöglichkeit der Eingaben und die leichte Änderbarkeit des Regelwerks mit Hilfe des integrierten Editors. In Arbeit ist zudem eine Java-Version, in der statt 8 nur mehr 3 Formularseiten benötigt werden, weil die Daten auf dem Rechner vorliegen, auf dem auch die Berechnung durchgeführt wird (dem Client). Da jedoch nicht sicher ist, ob diese Fassung stabil genug ist, wird sie in der Praxis bisher nicht verwendet.

Zwei Evaluationen wurden durchgeführt, in den Jahren 1993 bzw. 2001. 1993 wurden 80 Infusionen in einem Zeitraum von 10-15 Tagen sowohl manuell als auch mit VIE-PNN berechnet und durch einen dritten . Kliniker überprüft. Während bei VIE-PNN alle Infusionen fehlerfrei waren, waren 6 der manuell berechneten fehlerhaft. In 17 Fällen war eine Änderung der von VIE-PNN vorgeschlagenen Werte erforderlich; in 4 Fällen wurde mehr als ein Wert geändert. Es handelte sich um Patienten mit kritischer Homöostase, wobei selbst für erfahrene Ärzte keine eindeutige Lösung vorlag. VIE-PNN brachte jedoch keine Zeitersparnis; beide Methoden erforderten je 12 Minuten pro Patient.

VIE-PNN wurde zudem an 250 Infusionen praktisch erprobt. Eine statistische Auswertung ergab, dass 50% der Therapien durch eine Standardinfusionslösung abgedeckt werden könnten; es muss nur die Gesamtmenge an die Masse des Körpers angepasst werden. Daher wurde das abgekürzte Verfahren "Standardinfusionslösung" in VIE-PNN implementiert.

2001 wurden in 50 Fällen wurden sowohl manuell als auch von VIE-PNN Ernährungspläne aufgestellt und miteinander verglichen. Es stellte sich heraus, dass die durch VIE-PNN gewonnene Zeitersparnis nun fast genau zwei Drittel betrug (2,4 statt 7,1 Minuten). Die Fehlerquote betrug in VIE-PNN 22%, bei manueller Berechnung 56%. Nur vom Arzt manuell geänderte Ernährungspläne waren jedoch fehlerhaft! Lebensbedrohend war kein einziger Fehler. Schwere Fehler enthielten 10% der mit VIE-PNN erstellten Formulare (manuell: 18%), leichte 12% (66%). Die schweren Fehler betrafen Glukose (0% / 10%), Elektrolyte (10% / 6%) und Bypässe (0% / 2%); die leichten Fehler betrafen Glukose (0% / 14%), Fette (6% / 2%), Elektrolyte (0% / 16%), Vitamine (6% / 6%) und die Berechnung der Energiezufuhr, welche manuell in 28% der Fälle vergessen, von VIE-PNN hingegen korrekterweise stets durchgeführt wurde.

Bei der Analyse von 5593 Ernährungsplänen von 643 Patienten aus der Datenbank von VIE-PNN stellte sich heraus, dass im Durchschnitt 4 von 16 Parametern manuell geändert wurden. Während der Dauer der Studie wurden einige Regeln modifiziert; sie betrafen die Verschreibung von Glukose, Fett und Aminosäuren, Bypässe, orale Ernährung (u.a. waren neue Produkte hinzugekommen) und Rundungs-Faktoren.

Eine Benutzerbefragung ergab, dass 73% der Ärzte an VIE-PNN besonders die Zeitersparnis und die Vermeidung von Fehlern schätzten. Seit 1996 wird VIE-PNN im AKH praktisch verwendet; pro Jahr werden damit 5000 Ernährungspläne erstellt. VIE-PNN hat das manuelle Berechnen inzwischen völlig verdrängt.

Ein Zukunftsplan ist die Integration in das Patienten-Daten-Management-System (PDMS).