

総 説

ネットワークコンピュータを活用した院内輸血管理システム

河合 健 山本 賢 岩谷 泰之 宮田 茂樹

国立循環器病センター輸血管理室

(平成12年12月5日受付)

(平成13年4月21日受理)

NETWORK COMPUTER-ASSISTED MANAGEMENT SYSTEM FOR BLOOD TRANSFUSION

Takeshi Kawai, Suguru Yamamoto, Yasuyuki Iwatani and Shigeki Miyata

Division of Blood Transfusion Medicine, National Cardiovascular Center

Key words : network computer-assisted management, transfusion safety, proper use of blood units, real-time monitoring

はじめに

我が国の人口構成は少子高齢化へと推移し、血液製剤の需要と供給のバランスは近い将来には崩れるものと推測されている¹⁾。従って、厚生省策定の“血液製剤の使用指針及び輸血療法の実施に関する指針²⁾”を遵守し、適正な血液製剤使用が求められている。

一元管理体制による血液製剤管理業務は、安全で適正な血液製剤の管理運用という観点からも重要な役割を担っている。近年ではコンピュータシステムによる管理運営が導入され、患者情報を含めた製剤情報の管理が可能となり、ヒューマンエラーの発生防止に貢献している³⁾。しかし、医療過誤が社会問題としてクローズアップされ、その中でABO型不適合輸血は、単純なヒューマンエラーが直接患者の命に関わるという点で、これを防ぐより効率的な輸血システムの構築が急務となっている⁴⁾⁻⁶⁾。当センターにおいても、1996年より輸血用血液製剤管理コンピュータシステムを導入し、バーコード入力による製剤ロット管理や患者情報管理を行ってきた。しかしながら、輸血管理室単独で運用するコンピュータ管理のみで

は、出庫後の血液製剤使用状況の把握ならびに使用時の安全性確保が困難であり、安全で適正な輸血療法の実施という点では、不十分なシステムであった。

本稿では、この点における一つの解決策としての院内LAN(Local Area Network)を利用した輸血管理ネットワークシステムの有用性、導入並びに運用方法、具体的成果について、国立循環器病センターでの経験を基に概説したい。

目 的

輸血管理ネットワークを構築する目的は、大きく分けて以下の2点である。第1点は、病棟ならびにベッドサイドにおける血液製剤取り間違いを防止するために、輸血管理室ホストコンピュータにて患者情報が附加された血液製剤を、各病棟でバーコードを用いて入庫し、さらに血液製剤使用時に患者ベッドサイドにてバーコードを用いて実施入力することにより、輸血療法の安全性を向上させることである。第2点は、輸血管理室から出庫された血液製剤の病棟における保管、使用状況をネットワーク経由にて輸血管理室のモニター画面でリアルタイムに把握することをにより、血液

製剤の効率的な運用を実施することである。

**国立循環器病センターにおける
構成機器ならびに運用方法**

上記の目的を達成するために、当センターにおいて 1999 年 5 月に院内における血液製剤使用の大部分を占める手術室、外科系集中治療室（以下 ICU）に輸血管理システムのサーバーを設置し、貯血式自己血外来および照射室に設置された端末を

含めて、輸血管理室ホストコンピュータと連携させ、院内輸血管理ネットワークの運用を開始した。また、2000 年 11 月には脳神経外科集中治療室（以下 NCU）へこの輸血ネットワークを拡大した。（Fig. 1）

尚、今回輸血管理ネットワーク構築に必要とした費用は、以下に述べるソフト並びにハードウェア両方含めて約 2,300 万円であった（既存の輸血

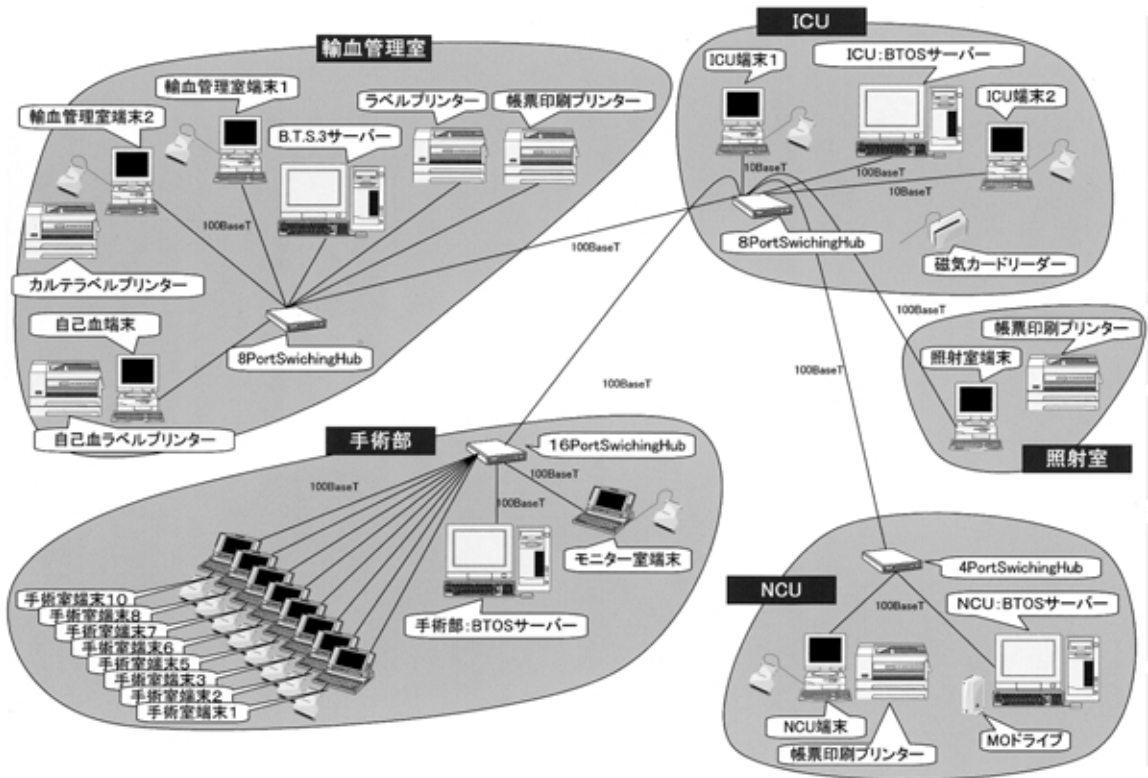


Fig. 1 Schematic representation of network computer-assisted management system for blood transfusion.

The host computer at the transfusion service, in which the transfusion data of recipients and blood are stored, is linked to the computers in operating theaters (OPE) and both surgical (ICU) and neurological (NCU) intensive care units to establish a local area network(LAN)to regulate the management of blood transfusion by TCP/IP protocol. In this network, each blood product is identified by a bar code reader linked to a computer in the ward that displays the blood product data including blood type, the recipient 's details concerning compatibility, and the state of irradiation. This system ensures the correct administration of blood products at the bedside via a unit-recipient identification using a bar code, allowing us to eliminate human error and trace about 90% of the blood products used in our hospital in real-time.

管理コンピュータは除く)。

1. ソフトウェア

輸血管理ネットワークを構築するためのソフトウェアとして、輸血製剤管理支援システム(Blood Transfusion Observation System: BTOS, ホクユーメディクス社, 大阪)を用いた。Windows (95 or NT4.0) 環境上で動作し、Visual basic version 4.0 及び 5.0 を基本言語とし、SQL server version 6.5 を用いて構築されたソフトウェアである。このシステム上に蓄積されたデータは、一般に普及している Microsoft Access ならびに Excel (以上 Microsoft 社, 東京)にて抽出ならびに簡単な訂正が可能である。また、それぞれのコンピュータは TCP/IP プロトコルを用いて接続されている。

2. ハードウェア

輸血管理室と手術室, ICU, ならびに NCU に危険, 負担を分散させる目的で、それぞれサーバーコンピュータを設置し、それに接続する形でクライアントを配置した。それぞれのクライアントには Fig. 1 に示すように適合票, 血液型ラベル, 自己血用バーコードラベルならびに各種報告書, 帳票印刷用のプリンターが接続されている。また自己血外来及び照射情報入力用クライアントもネットワークに接続した。構成機器の接続は、10Base-T (一部 100Base-TX) を用いた院内 LAN に行った (Fig. 1)。

3. 運用方法

すべての血液製剤の入出庫は、血液製剤に赤十字血液センターにて貼付されてくるバーコードを用いて行っている。また、自己血に関しては、院内にて同様のバーコードを赤十字血液センターのバーコード情報と重複しないよう独自の仕様を設定し、バーコードプリンターでラベル印字、貼付しバーコードリーダーを用いて入出庫を行っている (Fig. 2)。

1) 輸血管理室端末

①一般的な機能

バーコード入力による製剤(自己血を含む)ロット管理, 患者情報管理(患者氏名, ID, 生年月日, 性別, 血液型, 不規則性抗体検査結果, 輸血歴), 各種検索機能(製剤履歴, 製剤在庫数, 出庫歴お



Fig. 2 A label with an identification bar code attached to an autologous blood unit.

Autologous blood units are also handled using an identification bar code in the network computer-assisted management system as described in Fig. 1.

よび輸血歴などの患者情報), 血液型確定(ダブルチェック)に伴うカルテラベルの発行, T&S 適応チェック機能, 出庫操作に伴う適合票および報告書の発行, パスワードによる日・当直者用画面切り替え機能, 各種製剤ならびに患者情報リストおよび集計等の機能を有している。

②ネットワークを利用した機能

手術室, ICU ならびに NCU でのベッドサイド実施入力に伴う血液製剤使用及び保有状況の輸血管理室におけるリアルタイムの把握(受血予定者名, 血液型, 製剤種別, 受け取り日, 照射の有無, 最終有効期限), 自己血使用状況確認。

2) 手術室, ICU および NCU 端末

バーコード入力による各血液製剤の受け取り照合(血液型, 有効期限, 受血予定者名, ID), ベッドサイドにおけるバーコード入力による各血液製剤の使用登録, 患者情報確認, 輸血管理室在庫製剤数の確認, 血液製剤に対する照射情報の確認, 各患者単位の血液製剤保有(使用)状況の確認, 輸血管理室への血液製剤一括(部分)返納機能, 手術室と ICU, NCU 間での血液製剤一括(部分)移動機能等を有している。

3) 貯血式自己血外来端末

患者情報および採血情報の登録, 自己血用バーコードラベル発行, 各種帳票印刷。

国立循環器病センターにおける運用結果

1. 輸血に対する安全性向上

1) 照合確認について

当センターでは 1996 年に検査技師による 24 時

間体制を開始するにあたり、安全性確保と効率化のために輸血管理コンピュータシステムの導入を行った。従来ではクロスマッチ毎に検査結果を台帳照合した上で出庫せざるを得なかったが、コンピュータ導入によりあらかじめ登録された患者検査結果とコンピュータ照合することによって確実な照合が可能となった。同時に、適合票や報告書なども手書きからプリンター印刷へと移行し出庫業務の簡便化と迅速化が実現され、非専任勤務者の輸血業務におけるストレス軽減と安全面の確保が可能となった。しかしながら、実際に輸血が実施されているベットサイドにおいては医師、看護婦による読み合わせ照合確認が行われており、その作業労力とストレスは決して軽微ではないと考えられる。日本輸血学会における ABO 型不適合輸血実態調査の結果概要⁷⁾ならびにその結果報告⁸⁾においても、血液バッグの取り間違えならびに患者の取り間違えという輸血最終ラインでのヒューマンエラーが ABO 型不適合輸血の原因の

半数を占めている。

この点において、院内輸血ネットワークでは輸血管理室ホストコンピュータにて患者情報を附加され出庫された血液製剤を、各病棟においてバーコードリーダーにて製剤 Lot 番号、製剤コードを入力し受け取ることにより、受血者の属性 (ID, 氏名, 性別, 生年月日, 血液型) ならびに受血者との交差適合性の照合確認が可能になった。また入庫ならびに実施入力時に血液製剤が未照射の場合は、血液製剤ごとに警告が表示されるため、事前に照射の有無も確認でき、照射もれ防止に貢献している。当センターでは、心臓血管外科手術 (開心術) が多数を占めており、輸血後 GVHD を防ぐため、基本的に照射血を使用している。このシステムを導入した後、100% 照射が達成された (Fig. 3)。

2) 実施入力について

医師、看護婦の協力を得てベットサイド (手術室, ICU ならびに NCU) における血液製剤使用時

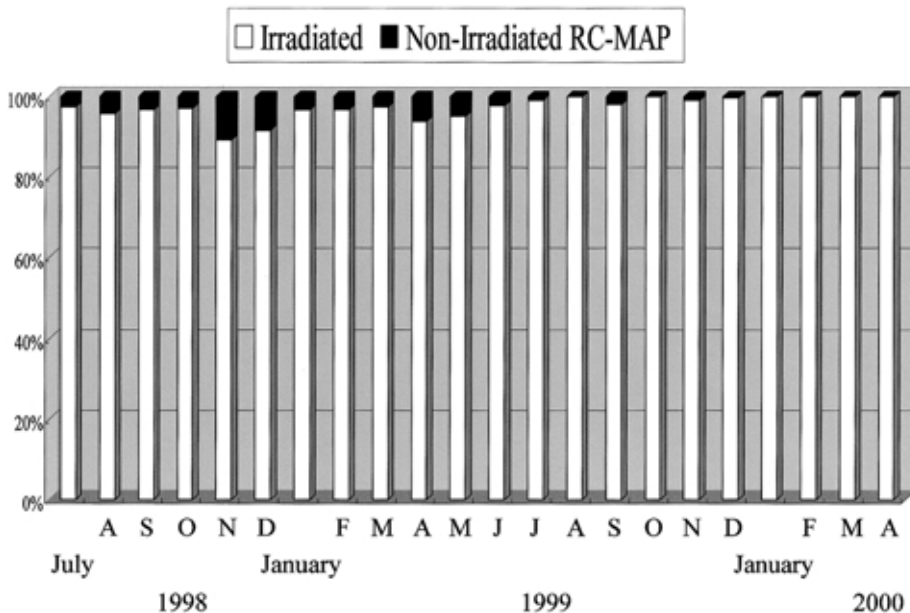


Fig. 3 Changes in the proportion of RC-MAP transfused after irradiation.

The proportion of RC-MAP transfused after irradiation to those without irradiation was gradually increased to 100%. Note that none of the RC-MAP have been transfused without irradiation in the last five months.



Fig. 4 Verification of blood units using a bar code at each operating theater. Each operating theater has a notebook-sized computer as a client to verify unit-recipient identification using a bar code (right figure). The left figure is the screen display of a client computer showing the information of the recipient undergoing an operation at the operating theater. All blood units compatible with the recipient are listed in this display including their particulars, the state of irradiation, product number, blood type and unit type. Just prior to transfusion, each blood unit is verified by a bar code for unit-recipient identification to avoid transfusion errors. Only compatible and irradiated (in cases of red cell and platelet unit) blood units are accepted and moved from the left panel to the right. This information is transmitted to the host computer in the transfusion service by the computer network system to update the usage data of the blood product in real-time as shown in Fig. 5.

の実施入力を行っている。ベッドサイドにて使用する血液製剤を Lot 番号、製剤コードを用いてバーコードで照合し、使用確認する際、受血者の属性や血液製剤の属性（製剤名、血液型、有効期限、照射の有無）、交差適合性などの最終確認が可能となり、血液製剤の取り間違い、未照射血液製剤の輸血などを未然に防ぐことが可能となる (Fig. 4)。

実際このシステムの導入後、手術室において、血液製剤の取り間違いが手術室間で発生し、実施入力する際のコンピュータチェックによって取り間違いが発見されたことがあり、輸血療法最終ラインであるベッドサイドで患者と血液製剤の適合性を確認することは、不適合輸血を防ぐために有効であると考えられた。また、患者単位での入力形式をとっているため、同時に製剤保有状況や使用単位数なども確認できる。

3) 自己血について

自己血外来にて発行された氏名の自筆欄を有した自己血用バーコードラベルを自己血毎に貼付す

ることにより、出庫時ならびに使用時に患者本人との照合確認ができ、取り間違い防止に有効であった。以前に、手術予定の急な変更の際に、自己血の払い出し忘れが発生したことがあったが、システム導入後は、手術への出庫ミスを防止するチェック機能により払い出し忘れ防止にも有効であった。

2. 製剤管理運用に対する有用性

1) リアルタイムモニターについて

当センターは、その性格上、手術室、ICU ならびに NCU の病棟での血液製剤の使用が全体の約 90% を占めている (Table 1)。従って、これらの病棟でベッドサイドにおける実施入力を行うことにより、従来では出庫後に追跡することが困難であった血液製剤使用状況が約 90% の血液製剤でリアルタイムに把握できることとなった。輸血管理室側システムには、手術室、ICU ならびに NCU の血液製剤の使用状況ならびに在庫状況をリアルタイムに把握できる使用状況一覧画面 (10 秒毎表示更新) が設定されている (Fig. 5)。この画面によ

Table 1 Blood units transfused in each ward during the year 2000

| Blood Unit | | Operating Theater (OPE) | Surgical Intensive Care Unit (ICU) | Neurological Intensive Care Unit (NCU) | Other Wards | Total |
|----------------------|----------|---------------------------|--------------------------------------|--|-------------|--------|
| All Blood Units | (Unit) | 20,570 | 19,245 | 392 | 4,380 | 44,587 |
| | (%) | 46.1 | 43.2 | 0.9 | 9.8 | 100 |
| Red Blood Cells | (Unit) | 6,845 | 3,649 | 227 | 1,548 | 12,269 |
| | (%) | 55.8 | 29.7 | 1.9 | 12.6 | 100 |
| Fresh Frozen Plasma | (Unit) | 6,749 | 9,270 | 90 | 1,945 | 18,054 |
| | (%) | 37.4 | 51.3 | 0.5 | 10.8 | 100 |
| Platelet Concentrate | (Unit) | 6,976 | 6,326 | 75 | 887 | 14,264 |
| | (%) | 49.0 | 44.3 | 0.5 | 6.2 | 100 |



Fig. 5 Sample screen display of a client computer at the transfusion service monitoring the use of blood products in OPE, ICU and NCU in real-time via the computer network system described in Fig. 4.

All data on blood products delivered to OPE, ICU and NCU are easily viewed at the transfusion service including product number, product and blood type, expiration, recipient name, state of irradiation, and usage data (whether transfused or not)

り、手術室、ICU および NCU へ出庫された血液製剤の種類、本数、受け取り日、血液型、最終有効期限、照射の有無、また患者毎の使用状況等の情報が瞬時に把握できる。病棟での実施入力により、輸血管理室のモニター画面での製剤情報が、準備中から使用中へ変化する(Fig. 5)。この画面で、瞬時に各患者の血液使用状況が判明し、使用中への変化の速度は、各患者の血液製剤使用速度を反映

することとなる。これらの情報を活用することで、血液センターへの追加発注(在庫単位数調整)やクロスマッチなどの輸血管理室における業務を先行させることが可能となり、緊急度の高い手術室からの追加依頼に対して迅速に対応できる体制が実現した。また、ICU、NCU においては、過剰な血液依頼のチェックや、長期間在庫製剤あるいは最終有効期限の迫っている血液製剤に対して返納

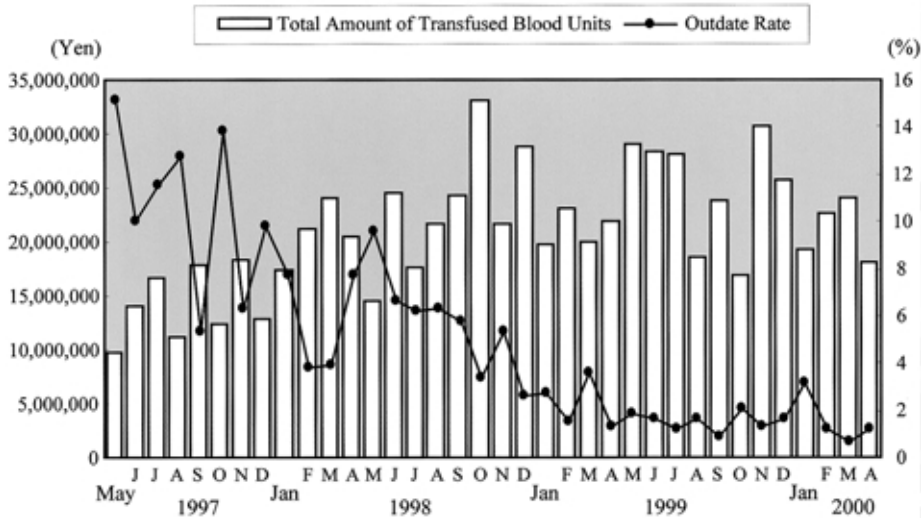


Fig. 6 Changes in the outdate rate and total amount of transfused blood products by month.

The outdate rate was calculated by the ratio of the total amount of outdating to that of transfused blood products. The outdate rate decreased gradually to 1 ~ 2% and was then maintained at this level.

を積極的に指示し、効率的な血液製剤の利用も可能となった。

2) 血液製剤の返納、移動について

手術室、ICUならびにNCUには、血液製剤の適正管理のために、アラームならびに温度自記記録計が付いた血液製剤用冷蔵庫ならびに冷凍庫を設置している。このように適正に保管され、使用されなかった血液製剤の院内再利用により血液製剤の有効利用を図っている。血液製剤の返納にあたり、手術室、ICU、NCUに設置された端末を用い返納入力を実行すると、輸血管理室側画面に返納されてくる血液製剤の一覧が表示される。この際、患者単位の一括返納ならびに製剤単位の部分返納の両方が可能であり、入力の煩雑化を防いでいる。返納された血液製剤を輸血管理室にてバーコード入力することにより、輸血管理室での在庫血に戻すシステムであり、万一、返納登録されていない血液製剤が返納された場合は警告が表示される。加えて、返納登録がされているにも関わらず製剤が返却されない場合も必ず確認でき、正確な返納操作が可能となった。

当センターでは、心臓血管外科手術後には大多数の患者がICUに入室し術後管理がおこなわれる。また、再手術となる症例も少なくない。このため、手術後のICU入室時あるいはICUからの緊急手術による手術室入室の際は、輸血を続行しながらの患者搬送等で血液製剤を手放せない場合が多い。本システムの持つ血液製剤の一括移動機能により、手術室とICUまたはNCU間における血液製剤の移動を容易にし、緊急度の高い状況でも、スムーズな血液製剤の移動（再出庫）を可能にしている。また、血液製剤の部分移動（一部を輸血管理室に返却し残りを移動させる）機能も持っており、柔軟で確実な対応を可能としている。なお、この一括（部分）移動機能は、一旦輸血管理室へ返納し輸血管理室から移動先へ再出庫する操作をコンピュータ上で自動処理するため、返納履歴・出庫履歴・輸血履歴などの記録は正確に管理されることとなる。

3) 医事算定について

従来では出庫中血液製剤の使用記録を、各病棟へ確認した結果をもとに手入力にて実施していた

が、ネットワークを用いた実施入力を行うことで、自動的に輸血管理データベースに反映されることとなった。このため、ボタン一つで医事算定処理が可能となり、迅速化、省力化に貢献している。

4) 血液製剤の廃棄ならびに赤十字血液センターへの返却の減少

院内における約90%の血液製剤の使用状況をリアルタイムに把握でき、輸血管理室による臨床側への適正な製剤使用に関する指導も可能となった。また、このシステムを活用する形で、T&Sの導入、MSBOSの改訂等、輸血療法全体を見直した。この結果、血液製剤の廃棄率および血液センターへの返却率も、両方合わせて(outdate rate)以前は輸血された血液製剤金額全体の数%あったものが、システム導入後1~2%レベルを維持することが可能となった(Fig. 6)。

考 案

以上、当センターにおける輸血管理ネットワークシステムの導入並びに運用方法、具体的成果を述べた。

ABO型不適合輸血をはじめとする医療過誤が社会問題化し、日本の医療が抱える構造的問題が大きくクローズアップされている。従って、これらを解決するためのシステム構築が急務となっている。その基盤として輸血管理コンピュータシステムは、業務の効率化・安全性向上を実現するために、必要不可欠なものとなりつつある⁵⁾。

当センターでは当初輸血管理室単独で運用するコンピュータシステムを導入した。輸血管理室内における業務の安全性確保ならびに効率化は達成できたが、製剤管理運用面では期待された程効果が認められなかった。この理由は、血液製剤が在庫後に各病棟においていかに使用されているかを追跡できず、各病棟での血液製剤の使用状況ならびに安全性の確保について輸血部門での正確な把握が困難であったことによる。実際、ABO型不適合輸血の半数以上は、血液バックならびに患者の取り間違いによって発生していると報告されている^{6,7)}。

この問題を解決するシステムの一つとして、今回我々が導入した血液製剤の使用状況をリアルタ

イムに把握し、血液製剤の使用時にベットサイドで実施入力することによって血液製剤、患者取り間違いを事前にチェックできる院内輸血管理ネットワークが挙げられる。本来このような院内輸血管理ネットワーク端末は、輸血が実施される全病棟に設置されて効力が十分に発揮されるものであるが、当センターではその性格上、手術室、ICUならびにNCUにおいて使用される血液製剤が、院内使用量全体の約90%と大部分を占め(Table 1)、また緊急性を要することが多い。ここでの製剤使用状況を把握しコントロールすることが、最小限の設備投資での有効性確保につながると考えた。その結果、当センターで使用される血液製剤の約90%の使用状況がリアルタイムに輸血管理室にて把握することが可能となった。実施入力により、従来までの病棟での血液製剤の使用状況を確認し、その結果を輸血管理室にて手入力するという煩雑な事務処理から解放された。また、リアルタイムに血液製剤の使用状況ならびに在庫状況を把握することにより、効率的な製剤利用が可能となった。すなわち、血液製剤の使用状況、使用速度を把握することにより、先追いつてクロスマッチを完了させる等の迅速な対応が可能となった。ICU、NCUでの在庫状況の把握は、個々の血液製剤の有効期限、在庫日数に応じて回収、院内再利用を可能とし、余分な在庫依頼の抑制につながった。結果として、従来と比較して輸血管理室における製剤管理運用が円滑になり、血液製剤の適正使用が推進され、血液製剤の廃棄・返却の減少としての経済的効果ももたらされた(Fig. 6)。また、先取りした検査業務は「ゆとり」をもたらし、特に非専任勤務者の日・当直時のストレス軽減に大いに貢献した。時間外体制時における輸血事故の危険性が高いことから「ゆとり」がもたらす業務の迅速化や過誤防止効果は十分に評価できると思われる。コンピュータシステムの導入には、先行投資を必要とする。今回システムを導入するために約2,300万円必要であったが、導入することによる血液製剤の廃棄、返却の減少、事務処理の省力化を考えれば、十分に費用対効果が得られると考えられる。また、その上で安全性の向上な

らびに適正な輸血療法の実施の強力な武器として機能することを考えれば、今後ますます重要性が増すことは間違いないと思われる。

ベットサイドへの輸血コンピュータシステム設置と実施入力の導入時には、必ずしも医師・看護婦全員の賛同が得られた訳ではなかった。新たな業務が増えると言う点において抵抗感があったが、使用者の意見を聞き、使用しやすいインターフェースに変更、また、トラブル発生時の的確な対応、マニュアル作成を心がけることで、浸透していった。また、輸血時の安全性が確保されること、さらには使用時にコンピュータ端末にて実行することで従来の伝票操作が不要となり、結果的には業務軽減へとつながることが理解されるようになり、運用後1年以上経過した現在、なくてはならないシステムとして運用されている。ただ、コンピュータ処理に依存するのではなく、従来の人による確認作業手順に、いかに安全性を高めながら有効的にコンピュータを導入できるかを、考慮、検討しながら活用することが重要である。

ネットワークを活用したベットサイドへの輸血コンピュータシステム設置・実施入力の導入は、単に製剤管理運用が効率化されただけでなく、輸血関連業務全体に確実性・迅速性・安全性などの効果が波及し、相乗効果によって一層有効性が高められることとなった。このシステムを中心にMSBOSの再検討やT&S導入等で輸血業務の再構築を行うことで、より適正で安全な輸血療法が可能となった。今後の課題として、病院情報システムならびに自動検査機器に接続し情報を正確に反映できる拡大ネットワークを構築中である。また携帯端末と院内PHS網を利用して、より確実なベッドサイドでの確認照合、実施入力ができるシステムを検討中である。

終わりに

当センターの循環器に特化した病院システムな

らびに血液製剤が手術室、ICU、NCUという特殊病棟で大部分が使用されるという特殊性がこのシステムの構築を容易にした側面は否定はできない。しかしながら、コンピュータネットワークシステムの進歩には目を見張るものがあり、上記に提案した携帯端末と院内PHS網を用いた患者製剤認識システム等、各病院に適合した輸血管理ネットワークシステムを構築することは、それほど困難ではない時代が訪れたと思われる。今回の我々の運用が、それぞれの病院のシステム導入の際に少しでも参考になれば幸いである。

本総説の要旨は第48回日本輸血学会総会(2000年5月神戸)公募シンポジウムにおいて報告した。

文 献

- 1) 渡辺嘉久, 高橋孝喜, 掛川裕通, 黒木奈津美, 赤座達也, 岡 功夫, 田所憲治, 十字猛夫: 日本の将来推計人口をもとにした今後30年間の輸血用血液の需給予測. 日輸血会誌, 44: 322-327, 1998.
- 2) 厚生省: 血液製剤の使用指針及び輸血療法の実施に関する指針. 医薬発第715号, 1999年6月.
- 3) 高橋孝喜: 輸血管理コンピュータシステム. 日輸血会誌, 44: 599-604, 1998.
- 4) 倉田義之, 清川知子, 青地 寛, 永峰啓丞, 林 悟, 押田真知子: 近畿12大学病院におけるABO血液型異型輸血の報告. 日輸血会誌, 46: 17-22, 2000.
- 5) Wenz, B., Mercuriali, F., Aubuncheon, J.P.: Practical methods to improve transfusion safety by using novel blood unit and patient identification systems. Am J Pathol, 107(Suppl1): S12-S16, 1997.
- 6) 柴田洋一, 稲葉頌一, 内川 誠, 長田公司, 倉田義之, 坂本久浩, 佐川公矯, 田所憲治, 半田 誠, 吉岡尚文, 十字猛夫: ABO型不適合輸血実態調査の結果報告. 日輸血会誌, 46: 545-564, 2000.
- 7) 日本輸血学会 ABO型不適合輸血事故調査および対策チーム: ABO不適合輸血実態調査の結果概要(改訂版).
<http://www.yuketsu.gr.jp/ABOmismatch.html>
- 8) Butch, S.H.: Practical use of computerized hospital information systems to improve blood transfusion. Am J Pathol, 107(Suppl1): S50-S56, 1997.