原 著

透析液調製作業の人間工学的検討 —原液型とドライ型において—

吉 村 勲 友 田 泰 行 田 中 寛*

関西大学工学部管理工学科 大野記念病院泌尿器科*

key words : 血液透析, 透析液調製, 濃縮液型透析液, ドライケミカル型透析液, 人間工学

〈要旨〉

糖加重炭酸型透析液の2剤濃縮液型(原液型)と2剤ドライ型(ドライ型, 自動溶解希釈装置を使用)との2種類の薬剤を用いた時の透析液作業(運搬, 透析液調製, 空容器搬出)を, 人間工学的に比較検討した。対象は1日に原液使用量55セットを使用する腎臓病センター(透析用ベッド93床, 透析患者280例)で働く臨床工学技士5名とした。

ドライ型の使用量は原液型に比し重量で1/6.7, 容積で1/3.5であった。臨床工学技士の一日の作業時間を100%とした時の実作業時間は85.9%であり, そのうち透析液作業時間は原液型23.1%, ドライ型6.0%であった。そして, その時の運搬移動距離でも原液型928m, ドライ型263mとドライ型の優位点を示された。身体への負荷に関する比較では, 透析液作業中の8工程で, 原液型での心拍数がドライ型でのそれに比し有意に高値であった。以上より, 原液型での透析医療作業の障害の程度が明らかとなり, ドライ型によるそれらの軽減効果が期待された。

An ergonomic study on the work involved in preparing dialysate—comparison between concentrated liquid and dry chemical types of bicarbonate-buffered dialysate—

Isao Yoshimura, Yasuyuki Tomoda, Hiroshi Tanaka*

Faculty of Engineering, Kansai University and Department of Urology, Ohno Memorial Hospital*

We used ergonomic procedures to measure the work of 5 male hemodialysis technicians in preparing and transporting bicarbonate buffered dialysate, and compared the work time, distance and work load when they prepared concentrated liquid (hereafter referred to as LIQUID, Kindary AF-2, Fuso Pharmaceutical Co., Ltd., Osaka, Japan) and dry chemicals (hereafter as DRY, AKDD, Towa Pharmaceutical Co., Ltd., Kadoma, Japan, with an automatic dissolving and diluting system, Nikkiso Co., Ltd., Tokyo, Japan) at the Kidney Disease Medical Center, Ohno Memorial Hospital, where there are 93 patient stations and 280 hemodialysis patients, consuming 55 sets of LIQUID daily. When LIQUID and DRY were compared quantitatively for the two daily shifts of hemodialysis treatments, DRY was 1/6.7 of the weight of LIQUID and 1/3.5 of its volume. The trolley used in the hospital could carry 80 sets of DRY and 20 sets of LIQUID. The work required 23.1% of technician's daily work time for the LIQUID (7.8% for transportation and 15.3% for preparation) and 6.0% for the DRY (1.8% for transportation and 4.2% for preparation). The distance traveled for transportation of the DRY in the hospital and the technician's laboratory was 28.3% of the distance required for the LIQUID. The work load caused the technicians' mean heart rate to increase significantly with the LIQUID, but it did not change with the DRY.

In conclusion, DRY dramatically reduced the work of providing dialysate in a clinical facility and improved the quality of the work life (QWL) of the hemodialysis technicians.

図1 原液調製システム

緒言

透析液作製のための作業には透析原液の運搬・開封・開栓・注入・空容器の片付け・搬出などがあり、我々はこの業務全体を透析液作業と呼んでいる¹⁾。これらの作業は看護婦と同様に行う透析室内の業務とは異なり、精神的・肉体的に過酷であり、昨今の製造業の中でも、ほとんど見かけなくなった作業動作である。しかしながら、現在のところは2剤濃縮型透析原液（原液型）が依然使用されている。今回、2剤ドライケミカル型透析液粉末剤（ドライ型）と、その自動溶解希釈装置を使用する機会を得たので、両薬剤使用時の透析液作業量を人間工学的に比較・検討した。

対象

対象を大野記念病院腎臓病センターで働く5名の男子臨床工学技士（年齢 30.6 ± 2.2 歳）とした。同腎臓病センターには透析用ベッドサイドモニターが93台あり、対象の他には看護婦35名、看護助手5名が働いていた。透析患者数は280例で、通常一日に使用する透析液（原液型）は55セットであり、薬剤の搬入場所（1階）から調製室（3階）までの距離が55 m、通路幅が2.0 m、調製室の広さは80 m²であった。

方法

本研究に際し、糖加重炭酸型透析液の原液型として2剤濃縮型透析原液キングリー AF-2（扶桑薬品、大阪）を、ドライ型として2剤ドライケミカル型透析液粉末剤 AKDD（東和薬品、門真）²⁻⁴⁾を用いた。

原液型での透析液作業を以下に示す。薬剤の院内への

表 透析原液の剤型別の容積と重量

透析原液の剤型		原液型	ドライ型
包装単位セット		1	4
外箱外寸D×W×H (cm)		28×35×36	33×37×34
容積	1箱 (L)	34	39
	1セット (L)	34	9.8
重量	1箱 (kg)	25	15
	1セット (kg)	25	3.75
一台車積載数量 (セット)		20	80
同 重量 (kg)		500	300

搬入場所（1階）より対象が台車を利用して3階の腎臓病センター横の調製室へ搬入した原液を、開封仕分け（A, B）した後、各原液ポリタンク（12 kg）の直径6 cmの主栓と3 cmの空気抜き栓をスパナを用いて開栓し、手で持ち上げ、それぞれのオープンタンクに注入した。

ドライ型では、搬入・開封後、ドライ型の規格にあわせて開発された、全自動溶解希釈装置⁵⁾（日機装、東京）に顆粒カートリッジ（A, B）を1回に11セットずつ装着した。

空容器の処理は両型とも空箱へ入れて搬出した。なお、両剤の透析液調製システムを図1に示す。

上記の作業を観察、分析するために、原液型を用いたときの対象の一日の全作業とドライ型を用いたときの透析液作業をVTR（video tape recorder）により録画した。その後、各作業の画像を再生し、作業距離、時間を測定し、作業動作分析、工程分析（ストリング・ダイアグラム分析を含む）を行った。同時に、作業中の身体への負荷の程度を推定するため、ホルター心電計を対象に装着させ、各工程別に平均心拍数の変化を観察した。なお、VTR使用時には対象の被撮影者意識を除外するため、あらかじめ3日間の空撮影を行った。

結果

同腎臓病センターで使用した原液型と同等量の透析液を調製するためには、表に示すように一台車当たりの運搬セット数量はドライ型は80セットで原液型の20セットより60セット多いが、総重量で200 kgも軽く、原液型の重量にして1/6.7、容量にして1/3.5であった。その上、原液型では週に3回の搬送が必要であるが、ドライ型では週に1回の搬送で済み、ドライ型の作業性の良さが認められた。

原液型使用時の対象の一日の、ならびにドライ型使用時の透析液作業についての稼働分析を図2に示す。一日8時間の勤務時間を100%とした時、休憩等非作業や余

図 2 稼働分析の各作業比率

裕時間を除外した実作業時間は 85.9% であった。そのうち原液型での透析液作業比率は、透析液調製作業 15.3%、液運搬作業 7.8%、計 23.1% であったが、ドライ型では液調製作業 4.2%、粒剤運搬作業 1.8%、計 6.0% と原液型の 1/3.9 の作業時間であった。

両剤の搬入から空容器搬出までの作業点および動線をストリング・ダイアグラムに集約化し、工程別での 1 セット当たりの作業時間と運搬移動距離を図 3 に示す。原液型では作業時間で原液注入 A, B が 25 秒/セットを超え、他工程との作業時間の差が大きく、ラインバランス（各作業時間のバランス）が悪くなっていた。運搬移動距離は搬入場所から調製室までの薬剤運搬、調製室内での注入後の空容器運搬、廃棄処分のための空容器運搬がそれぞれ 3.5, 2.8, 3.0 m/セットあり、レイアウトをはじめとした設計上の問題が認められた。ドライ型では、容器装着 (A, B) と空容器箱詰め工程の作業時間が 5 秒を超え、他の工程時間よりやや長いが、ラインバランスは原液型に比し十分に改善された。運搬移動距離では工程間での差はほとんどみられず、ドライ型の運搬移動距離を一日当たりの移動距離として算出すると 263 m となり、原液型の 928 m から 28.3% に短縮された。

工程別平均心拍数は図 4 に示すように、原液型では運搬作業時の方が透析液調製作業時に比して上昇しており、なかでも運搬、調製室での積み下ろし、箱開封取り出しの各作業時には 140/分を超え、極端に高かった。ドライ型では各作業時の心拍数は安静時より高くなったものの 8 工程で原液型に比し有意に低い心拍数であった。

考察

多人数用重曹透析装置の開発、透析液組成の研究、透析膜の開発や研究など透析療法のめざましい進歩が認められるなかで、透析液調製作業に関してはほとんど改善されていない。我々は透析医療環境の改善による医療品質の向上のため透析室における看護婦や臨床工学技士の

図 3 工程別所要時間と移動距離

業務を人間工学的に分析・検討してきたが^{1,6-8)}、今回、大野記念病院腎臓病センターにおける透析液の調製作業を原液型とドライ型の透析液を用いて検討した。同腎臓病センターで働く臨床工学技士らの勤務時間は実働 8 時間/日 (休憩時間を含む) であり、終日連続稼働観測により得られた実作業時間としての稼働率は平均 85.9% と

図4 作業動作別平均心拍数

高率であり、問題のない稼働状況であった。しかし、原液型での稼働状況は身体的な負荷の程度が強い透析液作業と、精神面での負荷の程度が強い透析室内作業が混在し、透析液作業の稼働比率が、一日の勤務時間の約1/4を占め、妥当な作業環境のもとでの業務であるとは考えられない。同腎臓病センターの場合には、原液型での透析液作業は原液運搬のための動力台車の導入、投入タンクの大型化、原液タンク保持具の工夫・取り付け、調製室のレイアウトの変更などの改善により、透析液作業時間の約20%を削減することができるが、全稼働時間の約5%の稼働率向上にしかならず、原液型を使用する限りにおいては、省力化にも限界がある¹⁾。一方ドライ型では、表に示したように重量で1/6.7、容量で約1/3.5となり、原液型に比しその取扱いが容易となり、運搬作業回数が削減され、作業点と動線の大幅な減少となるだけでなく、保管スペースや容器の廃棄処分についても有利となる。また、透析液作業比率は6.0%と原液型(23.1%)の1/3.9となり、その省力された時間(一日当たり約1.3時間)を患者への透析室内作業に振り向けられることが可能となる。

透析液調製作業時の工程別の心拍数の観察でも、原液型で有意に高く、原液運搬時の心拍数はエレベータ内で静態していても一向に低下しないほど強く、原液型の重量と容積ならびに運搬量が大きく影響していることが示された。ドライ型では透析液作業の身体的な負荷は軽微となり、作業への就業の可能性が広がり、固定的作業者でなくとも透析液作業の担当が可能である。

その上、図1の原液調製システムで明らかなように、原液型ではA・Bタンクが開放のままであり、特にB液の細菌繁殖によるエンドトキシンの汚染が懸念される。ドライ型では全システムが密閉式で自動開封・溶解を行うため、エンドトキシンの汚染が原液型に比し少なく⁸⁾、ドライ型の医学的な優位点と考えられる。

今後、臨床工学技士のQWLの充実とともに、より

高い医療品質と医療業務体制維持のための手段としてTQM (total quality management)⁹⁾が必要であり、省力化だけでなく、スタッフの仕事の仕方や組織内部の人間関係など、広く医療の場全体を視野に入れた組織文化全体への対応が必要と考えられる。

結論

1. 大野記念病院腎臓病センターが一日で使用する透析液を2剤濃縮液型透析液(原液型)で調製する時に比べて、2剤ドライ型透析液(ドライ型、自動溶解希釈装置を使用)の場合には、その使用量は重量で1/6.7、容積で1/3.5であった。

2. 原液型での臨床工学技士の透析液作業時間比率は一日の勤務時間8時間の23.1%であり、ドライ型では6%であった。

3. 透析液作業における院内運搬移動距離は、一日当たり原液型928mであったが、ドライ型は263mと28.3%に短縮された。

4. 自動溶解希釈装置を用いるドライ型は原液型に比し、身体的負担が急減するだけでなく、その作業者特定(身体的条件、技術能力)の必要性も認められなかった。

稿を終えるにあたり、貴重なご助言をいただいた東京女子医科大学腎臓病総合医療センター所長太田和夫教授に深甚なる謝意を申し上げます。

文献

- 1) 白神 徹, 南 伸治, 堀 昭, 中深典和, 藤島英樹, 新田昌一, 竹垣嘉訓, 韓 榮新, 田中 寛, 大野良興, 前川正信, 吉村 勲, 友田泰行: 透析療法業務における人間工学的考察第一報—臨床工学技士について—. 阪透析会誌 11: 231-235, 1993
- 2) 黒澤 斌, 関 雄蔵, 二川 哲, 栗原 達, 黒澤 彬, 米虫節夫: 人工臓器用糖加重炭酸型ドライタイプ透析液の含量均一性と処方再現性. 人工臓器 21:

- 963-966, 1992
- 3) 斉藤久生, 秋葉 隆, 小山年勇, 阿部 薫, 星野正信, 米虫節夫, 丸茂文昭: ドライケミカル低カルシウム透析液 (AKDD 25) の二次性副甲状腺機能亢進症患者における臨床評価. 人工臓器 22: 30-33, 1993
 - 4) 太田和夫, 越川昭三, 黒川 清, 前川正信, 前田憲志, 平沢由平, 鈴木利昭, 秋沢忠男, 深川雅史, 井上聖士, 井原 元, 岡田洋一, 大野良興, 小野利彦, 大平整爾, 衣笠えり子, 小山年勇, 黒澤 斌, 鈴木正司, 田中 寛, 鶴田良成, 鶴田 宏, 長沼信治, 成田真康, 星野正信, 堀口幸夫, 藤見 惺, 米虫節夫: ドライケミカル透析液 AKDD (DD 25 および DD 30) の臨床効果 (II). 薬理と治療 20: 695-724, 1992
 - 5) 太田和夫, 江良和雄, 新井浩之, 松崎竜児, 峰島三千男, 鈴木利昭, 仲里 聡, 江後友道: 多人数用重炭酸透析液顆粒剤全自動溶解希釈装置の使用経験. 人工臓器 21: 967-972, 1992
 - 6) Tanaka H, Yoshimura I, Ohno Y, Maekawa M, Kishimoto T: Ergonomic studies of hemodialysis unit—in the case of clinical engineers—. Artif Organs 17: 456, 1993
 - 7) 吉村 勲, 友田泰行, 田中 寛: 透析療法業務の人間工学的検討—その方法と液調製での展開—. 透析会誌 26 (Suppl): 774, 1993
 - 8) 田村小百合, 園田クニ子, 富田智美, 長谷川智子, 中野伸子, 川上百合子, 河合誠朗, 田中 寛, 大野良興, 前川正信: 透析療法業務における人間工学的考察第二報—看護業務について—. 阪透析会誌 12: 55-59, 1994
 - 9) Laura L, Matherly H, Lasater A: Implementing TQM in a Hospital. Quality Progress 25: 81-84, 1992