

透析監視装置TR-10EXのBTS (Blood Temperature tracking System) を使用した透析患者の検討

守澤隆仁、泉谷晴義、志戸田 優、青柳武志*、草薙寿文*、熊地 望*、寺邑朋子*
医療法人あけぼの会花園病院 透析センター、医療法人あけぼの会こまち透析クリニック*

Study of dialysis patients using BTS (Blood Temperature tracking System) of dialysis monitoring device TR-10EX

Takahito Morisawa, Haruyoshi Izumiya, Yu Shitoda, Takeshi Aoyagi*,
Hisanori Kusanagi*, Nozomu Kumachi*, Tomoko Teramura*
Medical Corporation Akebonokai Hanazono Hospital Dialysis Center,
Medical Corporation Akebonokai Komachi Dialysis Clinic*

<緒言>

透析監視装置TR-10EX（東レ・メディカル社製）は、生体モニタリングである血液モニタBLMを機能搭載し、ヘマトクリット値、ヘモグロビン値、血液温度、循環血液量変化率 $\Delta BV\%$ を連続的にモニタリングできる（図1）。ダイアライザ前の血液回路から近赤外光の反射強度や赤外線放射量を測定し、各項目を測定する。

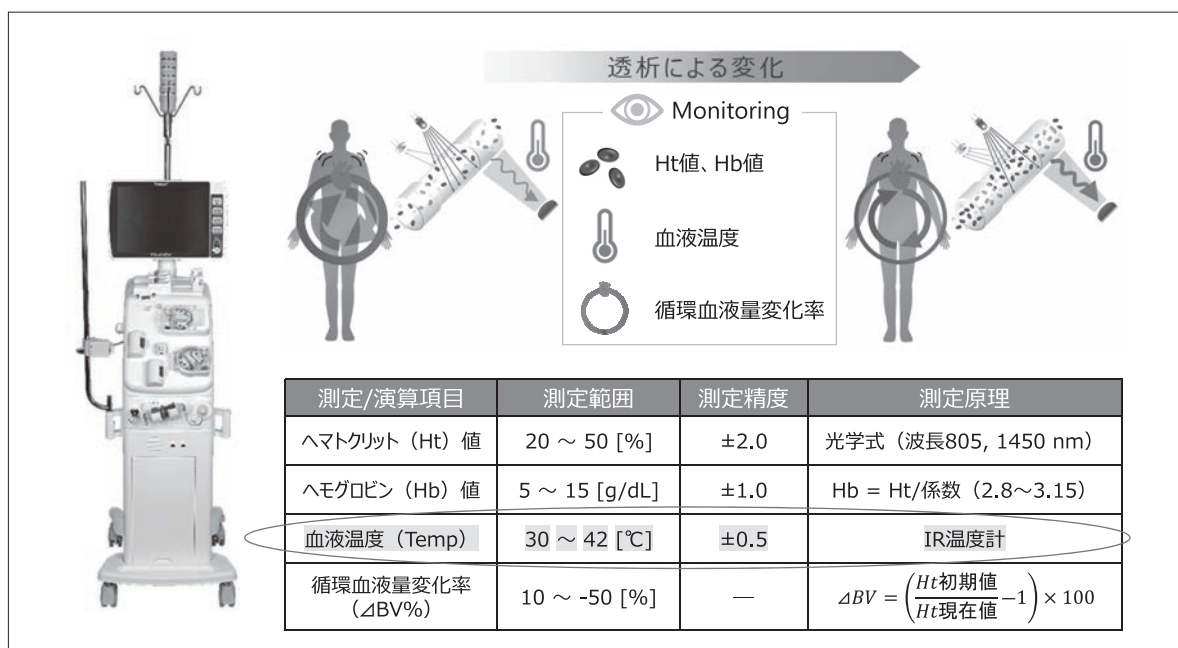


図1 透析監視装置TR-10EX（東レ・メディカル社製）の血液モニタBLM
体外循環血液中の4項目を連続測定・監視するモニタリング機能

血液モニタBLMのモニタリング項目のひとつである血液温度を調整する血液温度追従機能 (BTS : Blood Temperature tracking System) がある (図2)。血液温度追従機能 (BTS) は透析治療中の循環血液温度を測定し、その変化からリアルタイムに透析液温度を調整する機能である。今回、血液温度追従機能 (BTS) を当院の維持透析患者に使用し、どのような透析患者で使用した時に機能動作するか、さらに、それらの透析患者の背景、血液検査値、季節による変化について比較・検討を行った。

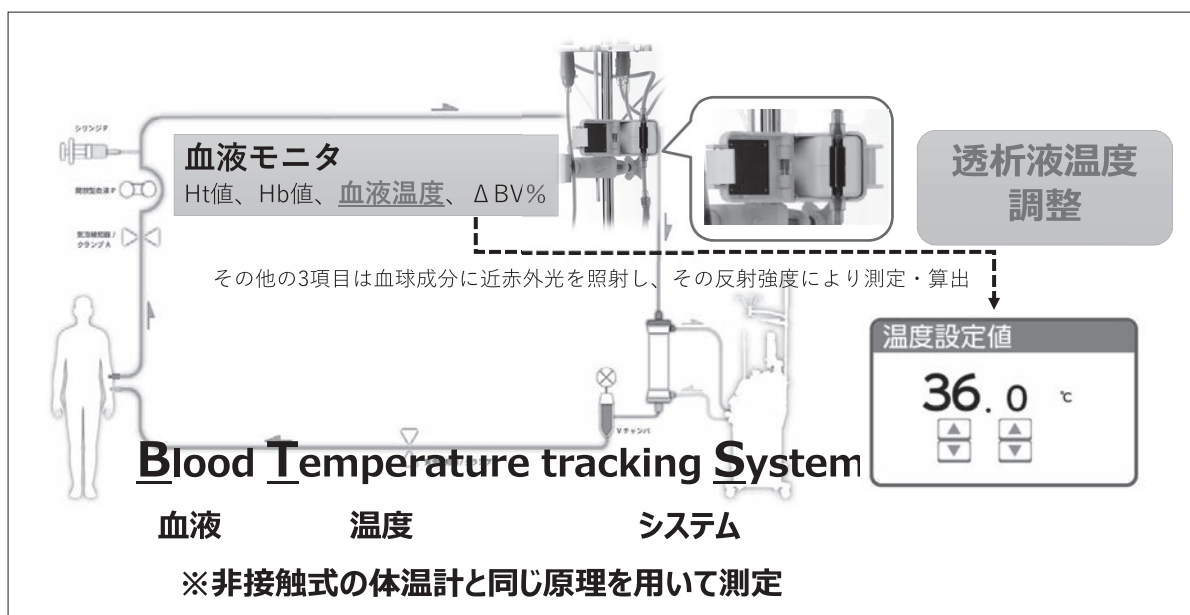


図2 血液モニタBLMの血液温度追従機能 (BTS : Blood Temperature tracking System)

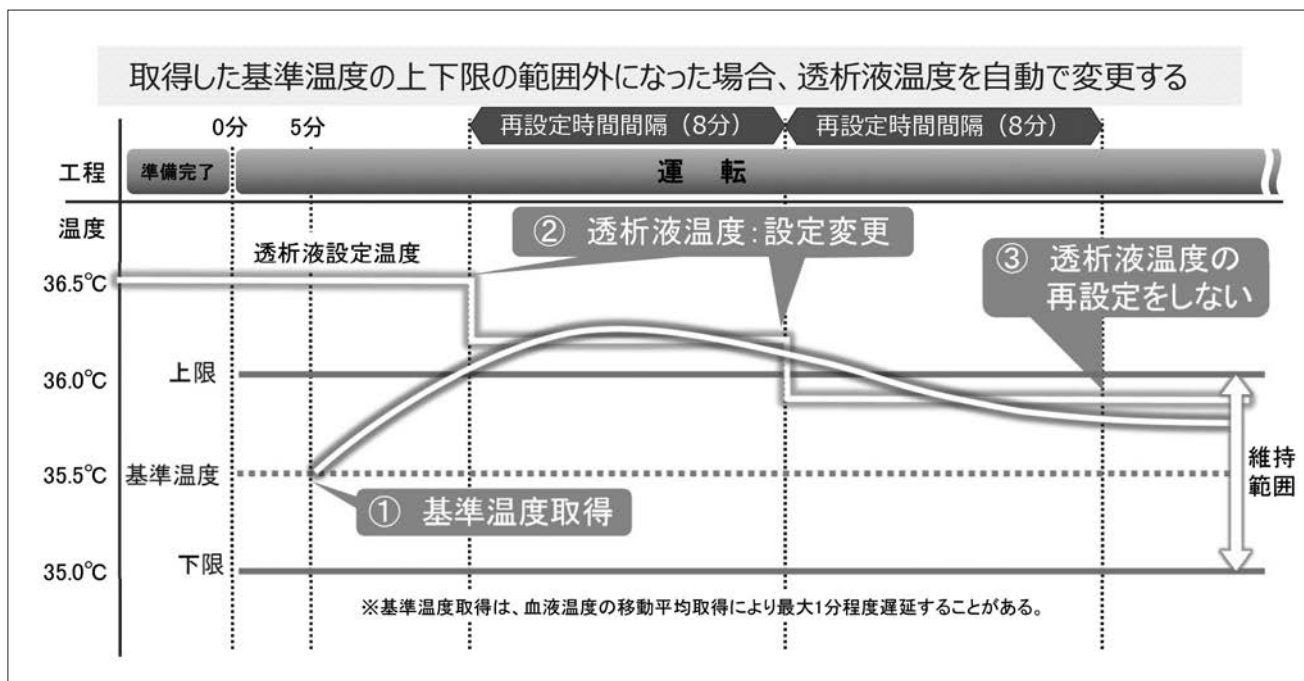


図3 BTS機能の透析経過時間と温度チャート (東レ・メディカル社提供)

<対象>

対象は慢性維持透析患者37名、年齢79.9±10.3歳、透析歴5.6±5.8年、男女比は男性18名：女性19名、糖尿病性腎症（DM）比はDM11名：非DM26名、ドライウエイト47.6±9.6kgで、評価検討の期間は2022年12月～2023年11月の12か月間であった。

BTS機能の透析経過時間と温度チャート（図3）について、例えば血液透析の開始時に基準となる血液温度35.5℃を取得、血液温度が上昇して基準温度の上限36.0℃の範囲外となると、36.5℃の透析液温度が自動で下降して設定変更される。再設定の間隔は8分間で、基準温度の範囲内に血液温度が入るまで透析液温度が設定変更される。血液温度が維持範囲内である限り、透析液温度は再設定されない。つまり、取得した基準温度の上下限の範囲外になったときに、透析液温度は自動で変更される。

<方法>

今回、対象患者に透析監視装置TR-10EXを用いてBTS機能の設定下で治療を行い、BTS機能がどのような患者に動作するのかを以下の3項目について検討を行った。

検討①BTS機能の動作ON/OFFについて、BTS機能を使用して動作頻度を検討、BTS機能が透析回数の20%以上の頻度で動作した患者群（ON群）と20%未満の群（OFF群）として比較した。

検討②BTS機能の動作ON群/OFF群の比較について、どのような透析患者で使用したときに動作するのかを検討した。ON群（20%以上の頻度で動作）とOFF群（20%未満）において、患者背景と血液検査データについて、2群間で比較t検定を行った（ $p < 0.05$ を有意差あり）。

検討③季節ごとによるBTS機能の動作ON/OFFの比較について、冬春夏秋の4季節に分類し、BTS機能の動作ON/OFFについて比較した。

<結果>

検討①BTS機能の動作ON/OFFの結果（表1）は、BTSの温度調整機能が透析回数の20%以上の頻度で動作した患者は37名中18名で対象患者の49%であった。20%未満の非動作群は、2名を除いた17名で動作が10%未満であった。

表1 検討①BTS機能の動作ON/OFFと検討②動作ON群/OFF群の比較

BTSの温度調整機能が透析回数の20%以上の頻度で動作は18名で全体の49%。

患者背景（年齢、透析歴、男女比、DM有無、ドライウエイト、除水量）は、BTS機能の動作群と非動作群で有意差なし。

血液検査値（尿素窒素、クレアチニン、リン、アルブミン値）は、アルブミン値のみで有意差あり（ $p = 0.037$ ）。

他の一般的な血液検査項目、さらに栄養指標のnPCRと%CGRに有意差なし。

| 平均±標準偏差 | 年齢(歳) | 透析歴(年) | 男女比(男:女) | DM | DW(kg) | 除水量(L) | BUN(mg/dL) | Cre(mg/dL) | iP(mg/dL) | Alb(g/dL) |
|------------|-----------|---------|----------|------|-----------|---------|------------|------------|-----------|--------------|
| ON群(n=18) | 80.1±9.3 | 4.2±2.7 | 7:11 | 6/18 | 47.8±7.6 | 1.5±0.4 | 53.4±14.7 | 7.7±2.2 | 4.6±1.5 | 3.4±0.4 |
| OFF群(n=19) | 79.7±11.4 | 6.9±7.5 | 10:9 | 5/19 | 48.0±12.0 | 1.3±0.5 | 49.2±11.8 | 7.1±2.2 | 4.5±1.4 | 3.0±0.6 |
| T-test(p値) | 0.903 | 0.262 | -- | -- | 0.969 | 0.286 | 0.338 | 0.563 | 0.752 | 0.037 |

検討②BTS機能の動作ON群/OFF群の比較について（表1）、患者背景である年齢、透析歴、男女比、DM有無、ドライウエイト、除水量はBTS機能の動作群と非動作群で有意差はなかった。尿素窒素、クレアチニン、リン、アルブミン値の血液検査値ではアルブミン値のみで有意差があった。他の一般的な血液検査項目、さらに栄養指標のnPCRと%CGRに有意差はなかった。

検討③季節ごとによるBTS機能の動作ON/OFFの比較について、BTSの動作頻度は6～8月の夏季で動作25%、これは他季節（44～60%）より動作頻度が低い傾向にあった（表2）。

表2 検討③季節ごとによるBTS機能の動作ON/OFFの比較
BTSの動作頻度は6～8月の夏季で動作25%、これは他季節（44～60%）より動作頻度が低い傾向。

| BTSの動作 | 冬 (12～2月) | 春 (3～5月) | 夏 (6～8月) | 秋 (9～11月) |
|--------------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| | 室温22～26℃ | 室温23～26℃ | 室温23～28℃ | 室温23～26℃ |
| 動作群 (ON) | 11 | 13 | 6 | 15 |
| 非動作群 (OFF) | 14 | 11 | 18 | 10 |
| BTSの動作ON% (ON/ON+OFF) × 100 | 44% | 54% | 25% | 60% |

<考察>

TR-10EX搭載のBTS機能を使用し、対象患者37名の約半数49%でBTS機能が動作した。血液透析の開始から終了まで血液温度の変化を低減することで、患者の身体感覚である暑い、寒い、痛み、疲労感、などを低減化できる可能性があると考えられた。さらに、少なくとも穿刺側上肢の疼痛の観点からは、透析温度を36.5℃以上に設定することで、透析中のQOL改善に役立つことが考えられた¹⁾ともある。当院の血液透析患者の特殊性から寝たきり患者が多く、意思疎通が困難な患者が少なくない。また、BTS動作群が非動作群に比べてアルブミン値が高い患者で動作しやすい傾向にあった。これは年齢やADLレベル、合併症、栄養状態などの観点から血液透析施行中の愁訴ができてにくい患者で、BTSの動作が少ない傾向にあるとも考えられた。

気温と建物内の室温管理、病衣・リネンなどの患者環境は、季節ごとに変化する。これは血液温度の変動に少なからず影響があり、今回の検討結果の季節によって動作頻度に変化があったことから、BTS機能の透析液温度の管理は、室温管理や病衣・リネンの影響を少なく平均的にできる可能性があり、血液透析の安定化に有効であると考えられた。

血液温度は、深部体温の変化を反映することから血圧との関連性があり、深部体温上昇のメカニズムについての報告²⁾がある。これは、透析中に深部体温が上昇する原因として、①パイロジェン仮説と、②循環動態代償仮説で、血液がパイロジェンや透析膜・回路に接触することにより、ILや補体などが活性化され、熱産生量が増加する。また、透析の除水をするると血圧を維持するために、血管が交感神経を介して収縮、その結果、血圧は維持できるものの血管が収縮するため、熱の体外

への放散が減少するとの仮説である（図4）。血液透析中に温度が上昇し、それによる血管拡張作用が認められ、透析低血圧に関与する²⁾ことから、体温が上昇して血管が拡張を起こし、透析低血圧症を起こしやすくなる。

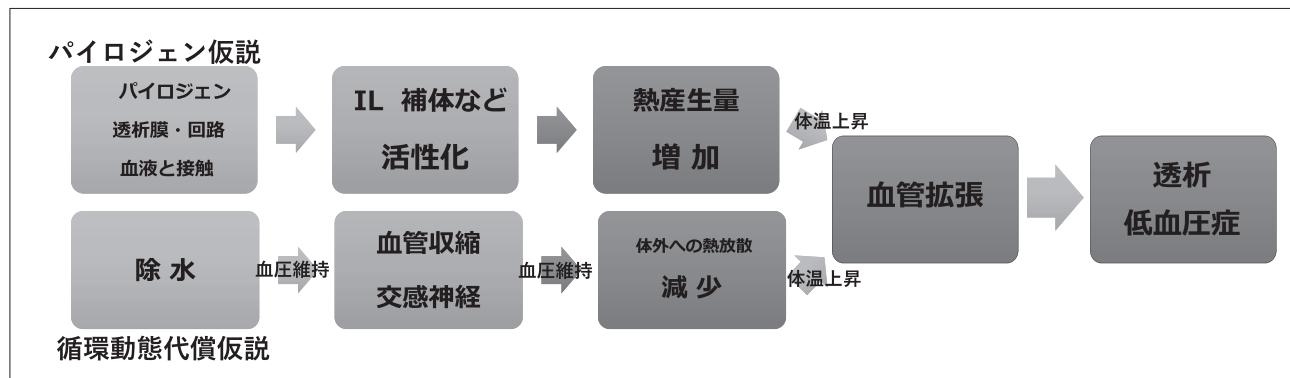


図4 深部体温のメカニズム

血液温度は深部体温の変化を反映することから、血圧との関連性についての仮説があり、このことから透析中の血液温度の安定化は、血圧の安定化に繋がる可能性があることが考えられる。

低温透析の有効性について、千葉ら³⁾は、血液透析施行中の血液低下の原因としては除水量、除水速度、浸透圧低下、plasma refilling rateの低下、心拍出量、末梢血管抵抗等種々の原因が関与しているものと考えられ、低温透析のみにより血液透析中の血圧が安定維持されると考えるには困難であるが、血液透析中に頻回に血圧が低下する症例に対しては低温透析を試みる1つの方法であろうと考えると報告している。

さらに、血圧低下時の処置や予防としての一助となる可能性⁴⁾、血管抵抗の過度の変化を抑制し血圧変動の安定に繋がる可能性も推察⁵⁾、とのBTS機能を使用した近年の報告もある。

これらの各報告から、透析中の血液温度を適時にコントロールして安定させることは、透析中の血圧の安定化に繋がる可能性があることも考えられた。

<結語>

BTS機能は血液透析施行中の循環血液温度をリアルタイムに測定し、自動で変更・調整する機能であり、約50%の患者で動作することが確認された。血液温度は外的な温度環境、年齢、合併症、栄養状態、ADL、さらには血液透析試行中に起因する血液と異物接触、除水による血管の交感神経を介しての収縮など、透析中の多くの要因によって変化する。血液温度を自動変更できるBTS機能は、よりQOL改善や快適で安全な血液透析療法につながっていく可能性があると考えた。

今後、BTS機能が動作する透析患者において、透析液温度の自動変更の温度設定や間隔タイミング、さらに血圧や脈拍などの臨床症状についての検討および評価も行っていきたい。

<利益相反の開示>

本論文の掲載内容に関して開示すべきCOIはございません。

<文献>

- 1) 富田誠治、齋木豊徳：透析液温度が血液温度と穿刺側上肢の疼痛へ与える影響、透析会誌45(3)：255-259、2012
- 2) 伊丹儀友、大平整爾：低温透析の実際、臨床透析2003、Vol.19、No.2：59-65、2003
- 3) 千葉栄市、沢岡憲一、大村清隆、他：臨床体温10巻1号：69-76、1990
- 4) 木済 修、他：当院におけるBTS機能を用いた血液透析の臨床経験、第68回日本透析医学会 学術集会・総会：2023
- 5) 守澤隆仁、他：透析監視装置TR-10EXに搭載されたBTSの使用経験、第68回日本透析医学会 学術集会・総会：2023