

第7回 東海北陸 HLA 研究会

日 時：2024年7月6日（土）12：55～17：15

会 場：日本赤十字社愛知医療センター名古屋第一病院 内ヶ島講堂

当番世話人／研究会会長：西田 徹也（日本赤十字社愛知医療センター 名古屋第一病院
（血液内科／造血細胞移植センター）

特別講演 1

同種造血幹細胞移植における HLA エピトープ適合度の臨床的意義

諫田淳也

京都大学大学院 医学研究科 血液内科学

同種造血幹細胞移植は、白血病やリンパ腫などの難治性の造血器腫瘍に対する根治的治療となり得る免疫療法である。しかしながら、移植後の移植片対宿主病 (GVHD) など免疫学的合併症を中心とした合併症のため移植関連死亡率は 2 割前後と高率であり、その克服が課題である。免疫学的合併症のリスクを軽減するため、HLA-A, -B, -C, -DRB1 座を適合させたドナーが第一選択となる。しかしながら、近年、移植前の抗胸腺細胞免疫グロブリン投与や移植後のエンドキサン投与などの GVHD 予防法により GVHD 発症リスクは軽減され、HLA 不適合ドナーを用いた移植数が増加している。しかしながら、HLA 不適合ドナーの選択に関して主に HLA 不適合数や HLA 不適合座による選択が行われているが、どのような HLA 不適合であれば許容されるかなどに関しては議論の余地があるところである。

HLA 抗原の中で、T 細胞受容体や免疫グロブリン抗体が認識する部位は HLA エピトープと呼ばれている。この抗原決定基である HLA エピトープを推定する様々な手法が開発されてきている。Duquesnoy らが *in silico* で推定されたエピトープ部位を *in vitro* での抗原抗体反応で検証したデータを基に、HLAMatchmaker アルゴリズムを開発している。また、T 細胞が認識するエピトープを推定するプログラムとしては、Spierings らが開発した Predicted Indirectly ReCognizable HLA-Epitopes (PIRCHE) がある。これらのアルゴリズムによる HLA 不適合ドナー選択の有用性を明らかとするため、我々は、京都造血幹細胞移植グループや日本造血細胞移植データセンターの移植登録一元管理プログラム (TRUMP) に登録されている移植症例を対象に、その臨床的意義に関する検討を行っている。

本講演では、HLA 不適合非血縁者間骨髄移植および臍帯血移植を対象にした HLAMatchmaker アルゴリズムの意義および抗胸腺細胞免疫グロブリンあるいは移植後エンドキサンによる GVHD 予防法を受けた HLA 不適合血縁者間末梢造血幹細胞移植を対象した PIRCHE の意義に関して我々の研究結果を示すとともに、HLA エピトープ適合度を含む HLA 適合度の臨床的意義に関して議論したい。

特別講演 2
腫瘍免疫と HLA

赤塚美樹

名古屋大学 医学系研究科・分子細胞免疫学

折しも最初の免疫チェックポイント阻害剤（Immune Checkpoint Blocker, ICB）であるニボルマブが切除不能の悪性黒色腫に対して国内で承認されてから 2024 年 7 月でちょうど 10 年が経過する。この間、複数の ICB が承認され、対象となるがん種も拡大し、さらにネオアジュバント療法への展開も進みつつある。しかしながら ICB が著効を示す患者の割合は 2 - 3 割にとどまっており、効果を阻む機序の解明と、バイオマーカーの開発は重要な課題である。

がん細胞は腫瘍免疫微小環境（Tumor Immune Microenvironment, TiME）の中で宿主免疫細胞からの攻撃を受けると同時に、がん免疫編集を経て攻撃から回避する新たな機能を次々と獲得している。T 細胞による HLA に提示されたがん抗原の認識は抗腫瘍免疫の中心であり、進行がんはしばしば HLA の発現を喪失させている。全ての HLA コーディング領域が欠損することになれば、抗原性の強いエピトープを提示する HLA アリルのみ欠損する場合も報告されている。HLA リガンド欠失を探知する NK 細胞に対しては HLA-G 等の異所性発現で対応している。他方、TiME の構成細胞の中には HLA クラス II 分子を介して腫瘍抗原を提示し、腫瘍の排除に関わっていることも報告されており、HLA は腫瘍免疫のキープレイヤーでと言える。

細胞性免疫だけでなく、抗体を中心とした液性免疫も重要である。TiME には形質細胞が存在し、また慢性炎症巣や移植後臓器において認められる三次リンパ組織（Tertiary Lymphoid Structures : TLS）はがんにおいては局所免疫や抗体の産生を介して腫瘍免疫に関わっているとされる。抗体は HLA を介さずに細胞表面の抗原を認識出来ることから、キメラ抗原受容体遺伝子改変 T / NK 細胞への開発が進み、CAR-T 細胞療法として新たなパラダイムシフトをもたらした。

本講演では、腫瘍免疫微小環境の解説、腫瘍免疫における HLA の関わり、HLA を介さない CAR-T 細胞療法などの最前線について情報提供したい。

教育講演

移植医療における NGS-HLA タイピングとその展望

中島文明

ジェノダイブファーマ株式会社

移植医療に欠かせない HLA タイピングは、近年、Luminex 法によって HLA-A, B, C, DRB1 の 4 座の情報を得て HLA 適合の指標としてきた。このような DNA タイピングの普及が、旧来の抗原型マッチングからアレル型マッチングへの進展をもたらした。一方、最近では、エピトープ・マッチングで移植成績のさらなる向上を目指す動きや、HLA 抗体の特異性解析において、エピトープ・レベルによる正確な DSA 判定を求めるようになってきた。さらに、造血幹細胞移植では HLA-B Leader mismatch や DPB1 遺伝子の tag SNP に GVHD リスクが見出され、Luminex 法で情報を得られない HLA 領域の重要性が注目されている。あるいは、HLA 抗体検査において単一抗原試薬の普及により、DRB345, DQ, DP に対する抗体の検出も可能となり、これらの DSA 監視のために従来より広範囲の HLA タイピング結果も求められている。

NGS (next-generation sequencing) は、このような新たな要求に対応可能な HLA タイピング法である。その利点は、複数の HLA 座 (HLA-A, B, C, DRB1, DRB345, DQA1, DQB1, DPA1, DPB1) のほぼ全領域を同時に測定できることに加え、第 3, 第 4 区域までの高解像度タイピングが可能である。これまで問題となっていた、いわゆる ambiguity も完全とはいえないが概ね解消される。Luminex 法では、新規 HLA アレルの登録数増加とともにプローブを追加、改良する必要があるが、NGS 法は DNA 塩基配列を直接測定するため、登録アレルの増加にともなう試薬の改良は必要ない。これら塩基配列情報の取得が、正確なエピトープ・レベルのマッチングや解析も可能としている。さらに、Luminex と同様に大量検体処理も可能である。敢えてデメリットを述べるなら、少数検体ではコスト高になること、測定に数日を要することにある。

移植や輸血などの人為的な行為は、自然界とは異なる免疫応答のイベントを扱う分野と考えられ、同じ同種免疫であっても妊娠と輸血と移植では異なるであろう。NGS 法で精度の高い HLA データを蓄積しながら臨床データとの解析を積み重ねることで、各分野の臨床上における重要なエピトープや SNP だけを検査する未来があるかもしれない。その先には、HLA を起点として KIR (killer cell immunoglobulin-like receptors) など自然免疫系との相互作用の解明に繋がっていくことも期待が持てる。本講演ではそのようなトピックを紹介しつつ進めていく。

一般演題 1-1

空間解析を用いたびまん性大細胞型 B 細胞性リンパ腫 (DLBCL) の新たな免疫バイオマーカー同定の試み

鐘 心¹⁾, 河野 奨²⁾, 岡本昌隆³⁾, 島田和之⁴⁾, 尾関和貴⁵⁾, 河野彰夫⁵⁾, 富田章裕⁶⁾, 赤塚美樹¹⁾

名古屋大学大学院 医学系研究科 分子細胞免疫学分野¹⁾,

JA 愛知厚生連江南厚生病院 病理診断科²⁾,

藤田医科大学岡崎医療センター 血液・腫瘍内科³⁾,

名古屋大学大学院 医学系研究科 血液・腫瘍内科学⁴⁾,

JA 愛知厚生連江南厚生病院 血液・腫瘍内科⁵⁾,

藤田医科大学 血液内科⁶⁾

【背景】DLBCL は臨床的, 生物学的に不均一な疾患であり, 様々な遺伝学的異常が発症に関わっている。予後予測モデルとしては IPI や NCCN-IPI が用いられる他, 遺伝子異常プロファイルによる新たな病型分類も試みられている。最近では, 腫瘍免疫微小環境のシングルセル解析や空間分析が行われつつある。今回我々は空間分析による層別化の可能性について検討したので報告する。

【方法】2007 年から 2021 までの間に初発 DLBCL に対して R-CHOP 療法を行った 106 名の患者につき, 臨床データとパラフィン包埋ブロックないしは薄切標本を収集した。薄切標本は CD4, CD8, CD20, CD163, HLA-DR, PDGFR, FOXP3, CTLA4, α SMA, FAP 等に対する抗体で 6 抗原同時染色を行い, 撮像を Halo ソフトによって最近傍分析を行い, 予後との相関を解析した。

【結果・考察】十分な標本サイズと良好な染色が得れた 57 名について「トレーニングコホート」と「バリデーションコホート」に二分し, 解析した。前者にてある T 細胞サブセットとある非血液細胞の距離が近い場合に全生存期間, 無増悪生存期間とも有意に良好であった。残りのバリデーションコホートでも同様な結果が得られた。免疫細胞との距離によって DLBCL 微小環境の抗腫瘍免疫状態が異なり, 予後に影響を与えている可能性が示された。今後各細胞をレーザーマイクロダイセクションで採取し遺伝子発現解析を元にサブセットの特定と機序の解明を行う予定である。

一般演題 1-2

至適細胞数の臍帯血移植と非血縁者間骨髄移植の比較検討

石際康平^{1,2)}, 森下喬允³⁾, 宇野友梨¹⁾, 久保篤史⁴⁾, 中谷記衣¹⁾, 内藤知希¹⁾, 土門洋祐^{2,5)}, 福岡 翔¹⁾, 加賀谷裕介¹⁾, 後藤辰徳¹⁾, 西田徹也¹⁾

日本赤十字社愛知医療センター 名古屋第一病院 血液内科¹⁾,

名古屋大学大学院 医学系研究科 血液腫瘍内科学²⁾,

藤田医科大学病院 医学部医学科 造血細胞移植・細胞療法学³⁾,

豊橋市民病院 血液・腫瘍内科⁴⁾,

岐阜県立多治見病院 血液内科⁵⁾

背景・目的：臍帯血移植 (CBT) においてはその他のドナーソースと比較して HLA のミスマッチが許容され代替ドナーとして貴重なドナーソースとなっている。有核細胞数を多く含む臍帯血を用いて同種造血幹細胞移植を行った場合に転帰が改善する可能性が考えられる。

対象・方法：当院で 2013 年 1 月 1 日から 2023 年 5 月 31 日の期間に CBT または非血縁者間骨髄移植 (UR-BMT) を行った患者を対象に後方視的に解析した。臍帯血に含まれる有核細胞数が中央値より大きい例を hCBT 群として UR-BMT と比較した。

結果：CBT139 例, UR-BMT177 例を含む 316 例が対象となった。臍帯血中の有核細胞数中央値は 2.71 (range, 0.027-6.42) $\times 10^7$ /kg であり, hCBT 群 69 例について解析を行った。hCBT 群の 2 年 OS は UR-BMT と同等であり (hCBT : 53.6%, UR-BMT : 58.9%, $p=0.56$), 2 年 NRM も有意差は認めなかった (hCBT : 24.9%, UR-BMT : 25.4%, $p=0.87$)。急性 GVHD の累積発生率は hCBT 群で低い傾向にあり (hCBT : 18.2%, UR-BMT : 33.6% at 100 days, $p=0.067$), 慢性 GVHD の累積発生率は hCBT 群で有意に低かった (hCBT : 4.7%, UR-BMT : 48.3%, $p<0.001$)。続いて背景因子の影響を低減するため傾向スコアマッチングを行った。2 年 NRM は hCBT 群で低い傾向にあるものの有意差は認めなかった (hCBT : 19.1%, UR-BMT : 30.1%, $p=0.21$)。2 年 OS, GVHD の累積発生率に関しては同様の結果だった。

考察：本研究の結果から, 細胞数が十分に含まれる臍帯血が確保できる場合は同種造血幹細胞移植のドナーソースとしてより優先的に使用できる可能性が示唆された。

一般演題 1-3

妊娠歴を利用した Eplet の 免疫原性の評価

西川晃平¹⁾, 西川武友¹⁾, 加藤桃子¹⁾, 東 真一郎¹⁾,
佐々木 豪¹⁾, 舛井 覚¹⁾, 丸山美津子²⁾,
金本人美³⁾, 橋口裕樹³⁾, 井上貴博¹⁾

三重大学大学院 医学系研究科 腎泌尿器外科学¹⁾,
三重大学医学部附属病院 輸血・細胞治療部²⁾,
福岡赤十字病院 移植センター 移植細胞研究課³⁾

【目的】 Eplet 解析の手法を用い、妊娠において免疫原となり得る HLA-Class I Eplet の探索を行うこと。

【方法】 対象は 2010 年 3 月から 2022 年 10 月に、夫からの腎提供による生体腎移植を希望し当科を受診した患者のうち、移植歴や輸血歴がなく、夫との間のみ妊娠歴を有する患者 25 例。患者及びその夫の WAKFlow HLA Typing (A・B-Locus) を行い、ミスマッチとなっている antibody-verified Eplet (Abv-Eplet) を抽出した。さらに、患者に対し抗 HLA 抗体 Screening 検査を行い、陽性であった場合には、Labscreen Single Antigen 検査 (LSSA) を施行した。LSSA の data を元に Eplet 解析を行うことで免疫原となり得る Abv-Eplet を抽出し、Abv-Eplet 毎の抗体産生率 (抗体産生症例 / ミスマッチ症例 x100%) を算出した。

【結果・考察】 nMFI>1000 を陽性 Cutoff とした場合、6 例 (24.0%) で夫の HLA に対する抗体が陽性であった。Eplet 解析時の陽性 Cutoff を nMFI>100 としたところ、抗体産生率が高かった Abv-Eplet は、80K (1/2: 50%), 82LR (3/8: 37.5%), 62EE (2/6: 33.3%), 65GK (2/6: 33.3%), 80I (2/7: 28.6%), 163LS/G (2/7: 28.6%) であった。特に 82LR は抽出された全 3 例において、LSSA のほぼ全ての陽性 Beads の反応を説明可能であった。妊娠によってもこれらの Eplet は腎移植後の抗体産生に関わる免疫原ともなり得るため、今後腎移植後レシピエントにおいても、これらの Eplet に対する抗体の出現に注目していきたい。

一般演題 1-4

小児期移植患者における HLA エピトープミスマッチとドナー 特異的抗体と拒絶反応の検討

田中一樹¹⁾, 川向永記¹⁾, 寺野千香子¹⁾,
藤田直也¹⁾, 小林孝彰²⁾

あいち小児保健医療総合センター 腎臓科¹⁾,
愛知医科大学医学部 腎移植外科²⁾

【緒言】 成人において HLA エピトープ解析は de novo ドナー特異的抗体 (dnDSA) の産生や抗体関連拒絶反応の予測に有用であるとされているが小児腎移植患者においては症例数も少ないため解析は困難である。今回小児期に腎移植を施行し移植後の経過を当科でフォローした 23 症例 (男児 13 例) を対象とし解析を行った。

【方法】 HLA エピトープミスマッチ (eplet MM) 数は HLA matchmaker (ver. 3.1) により、dnDSA は LABScreen Single Antigen Beads (MFI \geq 1000 を陽性) で判定した。

【結果】 移植時年齢の中央値は 8.77 歳、観察期間の中央値は 5.44 年であった。原疾患は低形成・異形成腎が最多で 13 例であった。先行的腎移植は 8 例、血液型不適合は 4 例、ドナーは父または母が 20 例、祖母が 3 例であった。

dnDSA を認めた症例は 5 例 (21.7%) で class I, class II ともに認めた症例は 1 例、class I, II のみが各々 2 例であった。dnDSA 陰性例の eplet MM 数の中央値は Class I が 8, Class II が 4.5 であったのに対して dnDSA 陽性例ではそれぞれ Class I (11,13,2), Class II (9,5,6) であった。

拒絶反応は 4 例で 2 例は慢性抗体関連拒 (CAAMR), 1 例は急性抗体関連拒絶, 1 例は T 細胞性急性拒絶を認めたのちに CAAMR を認めた。拒絶反応を認めなかった症例の eplet MM 数は中央値が Class I で 11, Class II で 5 であったのに対して拒絶反応を認めた症例の eplet MM 数は Class I (4,8,5,10), Class II (0,5,6,9) であった。

【まとめ】 小児においてもエピトープ解析は dnDSA の産生や抗体関連拒絶反応の予測に有用な可能性がある。

一般演題 2-1

Ligandome 解析による
immunogenic peptide の同定

河田 賢¹⁾, 岩崎研太²⁾, 伴野 勤³⁾, 雫 真人¹⁾,
三輪祐子²⁾, 安次嶺聡¹⁾, 石山宏平¹⁾,
高村祥子³⁾, 小林孝彰¹⁾

愛知医科大学医学部 腎移植外科¹⁾,
同 腎疾患・移植免疫学寄附講座²⁾,
同 免疫³⁾

【背景 / 目的】長期生着の課題の一つとして、移植後のドナー特異的 HLA 抗体 (de novo DSA) による抗体関連型拒絶反応が上げられる。Predicted Indirectly ReCognizable HLA Epitopes (PIRCHE) を用いて HLA 情報からレシピエント HLA に提示されるドナー HLA 由来 peptide を推定可能であるが、実際に抗原提示細胞が提示している peptide は定かではない。本研究では、DSA 陽性の腎移植患者に提示されたドナー HLA 由来ペプチドの同定と、in silico での推定異種抗原同定との比較検討を行った。

【方法】レシピエント末梢血から CD14+monocyte を精製し、放射線照射したドナーの PBMC 存在下で IL-4/GM-CSF/IL-1 β /TNF α を加え樹状細胞へと分化させた。anti-HLA-DR 抗体で免疫沈降を行い Liquid Chromatograph-Mass Spectrometry/Mass Spectrometry (LC-MS/MS) により提示された peptide を測定した (ligandome 解析)。

【結果】いくつかの抗原とともに、HLA 由来の peptide が同定された。それらの配列は PIRCHE Matching Service において提示された中にも認められた。

【考察】High PIRCHE score と de novo DSA の産出には相関があるとされている。本研究で検出されたドナー HLA 由来 peptide 候補の情報をもとに合成ペプチドを作成し、T 細胞の反応性を解析する。そして、実際に T-B communication を通して DSA 産生に関与しているか検討する。DSA 産出にかかわる抗原特異的 T 細胞の検出と制御方法の開発が最終目標である。

一般演題 2-2

膵腎同時移植における epitope
mismatch と de novo DSA 産生

長谷川雄基¹⁾, 鳴海俊治¹⁾, 姫野智紀¹⁾, 島本侑樹²⁾,
児玉卓也²⁾, 西川涼馬¹⁾, 青木太郎²⁾, 二村健太²⁾,
岡田 学¹⁾, 平光高久¹⁾, 中島萌夏³⁾,
坂本慎太郎³⁾, 小林孝彰⁴⁾, 渡井至彦¹⁾

日本赤十字社愛知医療センター 名古屋第二病院 移植外科¹⁾,
同 移植内科²⁾,
同 医療技術部臨床検査科³⁾,
愛知医科大学 腎移植外科⁴⁾

【目的】本邦の膵臓移植は 550 件を超えた。その中でも膵腎同時移植 (SPK) の 5 年生着率は 83.2% と非常に良好である。一方で移植臓器の長期生着のためには抗ドナー特異的抗体 (de novo DSA) 産生の制御が非常に重要である。レシピエント選択基準の 1 つに DR の一致が優先条件とされており、多くの症例で DR アレル 2 桁での一致を認める。しかしエピトープレベルでのミスマッチについては世界的に見ても報告が少なく、膵移植におけるエピトープミスマッチと de novo DSA との関連については一定の見解を得ていない。

【方法】2010 年から 2023 年に当院で行われた SPK 症例の内、ドナーとレシピエント双方の A, B, DR の HLA アレル 4 桁が判明している症例 16 例を後方視的に調査した。DQB1, DRB3/4/5, DQA1 は日本人に多く見られるアレルパターンから推定した。エピトープミスマッチは HLAMatchmaker を使用して算出した。

【結果】16 例のうち de novo DSA が発生した症例 (DSA 群) は 16 例中 2 例 (12.5%) で 2 例共に Class I に対する DSA であった。エピトープミスマッチ数は DSA 群と非 DSA 群で 12.0 ± 9.9 と 7.6 ± 6.4 , $p=0.397$ で差を認めなかった。Class2 のエピトープミスマッチは 2.5 ± 0.7 vs 11.4 ± 5.2 , $p=0.035$ だった。生存群と死亡群にはエピトープミスマッチ数や術前患者背景などリスク因子は認めなかった。

【考察】今回 Class1 の DSA 産生に関しては SPK 患者においてエピトープミスマッチ数に差を認めなかったが、今後症例を増やしてさらなる研究が必要だと考えている。

一般演題 2-3

**臍帯血移植における FluMelTBI
レジメンと FluCyTBI レジメンの比較**

堺 寿保, 野々山海斗
安城更生病院 血液・腫瘍内科

目的:臍帯血移植における FluMelTBI レジメン (FMT) と FluCyTBI レジメン (FCT) は強度減弱型前処置として使用されているが, 治療成績を直接比較した報告は少ない。二つのレジメンの治療成績の差異を明らかにすることを目的とする。

対象・方法:2009年5月から2022年10月までの間に安城更生病院, 血液・腫瘍内科において FMT または FCT を移植前処置として選択し AML, ALL, MDS いずれかの疾患に対し初回の同種臍帯血移植を行った患者を後方視的に解析した。

結果:対象となった患者は FMT 群 32 症例, FCT 群 35 症例であった。移植時年齢, 性別, 原疾患, 移植時疾患状態, PS は両群に有意差は認めなかった。移植年代は FMT 群が有意に近年の移植が多かった。3年 OS は FMT 群 39.8%, FCT 群 38.9% と有意な差を認めず, PFS, 累積再発率, 非再発死亡率いずれも有意差を認めなかった。移植前病期が非寛解の症例のみでサブグループ解析を行った場合, 1年累積再発率は FMT 群 44%, FCT 群 100% であり, 有意に FMT 群で良好であった (P=0.02)。

考察:両レジメンの全生存, 非再発生存, 累積再発, 非再発死亡いずれも差は認めず, 大きな優劣は認めなかった。移植前の疾患状態が不良な患者群では FCT の再発率が有意に高く, FMT を選択すべきと考える。

一般演題 2-4

**NGS-HLA タイピングによる臍帯血
HLA 型判定不能検体の検討**

大矢健一, 畑 佐鎮代, 吉村美千子, 鈴木艶枝,
松本加代子, 加藤剛二, 森島泰雄

中部さい帯血バンク

【目的】当バンクにおける臍帯血の HLA 型検査は, PCR-SSO 法にて実施しているが, HLA の ambiguity 等による判定不能検体が発生し, 調製保存後の臍帯血で公開できないものがある。このため, これらの判定不能の検体を用いた NGS 法による HLA タイピング結果と PCR-SSO 法の結果を比較し, さい帯血バンクにおける NGS-HLA タイピングの有用性を検証する。

【方法】2019年1月~2022年12月の4年間で HLA 検査 (HLA-A, B, C, DRB1 第2領域まで PCR-SSO 法) が 2,537 件実施され, HLA 型判定不能とされた臍帯血が 24 件発生した。これらのうち, HLA 型の確定で公開可能な臍帯血 19 件につき NGS-HLA タイピング (HLA11 座, 第4領域までロングレンジ法 外注) を実施し, アレルタイピング結果を比較した。

【結果】19 件の臍帯血については, PCR-SSO 法にて A ローカス 7, B ローカス 10, C ローカス 5, DR ローカス 3 の延べ 50 アレルの判定不能が含まれるが, NGS-HLA タイピングにて全て結果を得ることができた。50 アレル中 26 アレルで, 0.004% 以下の稀なアレルタイプを含んでいた。また, この中で二つの New アレルがタイプされた。

すでに PCR-SSO 法で判定できている HLA タイプは NGS 法のタイピング結果と全て一致した。

【結論】今回の結果より, NGS-HLA タイピングは, PCR-SSO 法判定不能の低頻度の検体もタイプすることができた。また, DRB3/4/5, DQA1, DQB1, DPA1, DPB1 の結果も得ることができると, 移植時の臍帯血選択肢に加えることや, 患者の DSA の有無が迅速に確認できるメリットもあり, さい帯血バンクの HLA タイピングに有用な方法であることが確認できた。