

液体窒素タンクが破損した際に生じる外観・液体窒素量・内部温度の変化

小橋朱里¹、入江真奈美¹、水野里志¹、明角一平²、福田愛作¹、森本義晴³

¹IVF 大阪クリニック、²株式会社アステック、³ HORAC グランフロント大阪クリニック

【目的】胚の凍結保存は、生殖補助医療に欠くことのできない技術の一つである。凍結保存には保存タンクが必須であるが、その重要性に関わらずタンク管理について明確な情報はない。タンクに事故が起きれば、被害は重大である。2018 年にアメリカで 2 件のタンク事故が報道され、オハイオ州の事故では約 950 人の 4000 個の凍結胚が影響を受けたとされている。当院でも、補充用タンクであったが、タンクが破損し液体窒素 (LN₂) が枯渇したことを経験しているため、タンクに破損が起きないとは言い切れない。今回我々は LN₂ を満たしたタンクを破損させ、起きた変化を観察することで、どのようにタンクを管理すべきか考察した。

【方法】検討には、廃棄予定の 10L 保存タンク 3 台を使用した。これらに LN₂ を満タンにし、タンク中で実際に胚が保存される位置に温度計を設置した。タンクの真空弁、溶接部、あるいは入口部に、それぞれ直径 2mm の穴を開けることでタンクの真空断熱を解除し、外観の観察、LN₂ の残量およびタンク中の温度を経時的に測定した。測定は、断熱解除から温度が、保存胚に脱ガラス化が起きるとされる -80°C に上昇するまで 1 時間毎に行った。ただし、最初の 1 時間及び温度が -196°C から上昇し始めてからは 15 分毎に測定した。コントロールは、破損前のタンクで 24 時間毎に 7 日間同様の測定を行った結果を用いた。

【結果】外観は、全てのタンクで観察開始から 15 分以内に蓋に霜、本体表面に結露が認められ、この状態は測定終了まで保たれていた。LN₂ は、破損箇所間で最初の 60 分のみ減少量に差がみられたが、それ以降枯渇するまでは全てのタンクで約 4 cm/h で減少した。温度は、LN₂ の残量がタンクの底から約 1cm になるまで -196°C を保っていたが、そこから上昇が始まり、上昇開始から 45~80 分で -80°C に達した。測定開始から温度が -80°C に達するのに要した時間は、真空弁を破損した場合は 7 時間 54 分、溶接部では 9 時間 23 分、入口部では 8 時間 3 分であった。コントロールは、7 日間で満タン時より 2cm、LN₂ の液面が低下したが、外観と温度に変化はなかった。

【考察】今回測定開始から温度が -80°C まで上昇するまでの時間は、破損箇所の違いにより最大 1 時間 30 分ほどの差があった。しかし、この差によりタンク破損発見後の対応に違いはないと考えている。今回の検討より、タンクの破損を発見した場合胚救出まで数時間以内の猶予があることが示唆された。さらにタンクに破損が起こった場合、破損直後から外観に兆候が現れるため容易に気付くことができる。破損はタンクに動きのある業務中に起きる可能性が高いと考えられるため、業務中は定期的にタンクの外観を確認することが重要である。さらに、損傷の兆候を見つけた時のため、保存胚の移動先や予備の LN₂ を確保しておくことも必要である。