

# Pengaruh waktu simpan *Packed Red Cells* (PRC) terhadap perubahan kadar hemoglobin, hematokrit, dan glukosa plasma di RSUP H. Adam Malik, Medan, Indonesia



Pesalmen Saragih<sup>1\*</sup>, Ida Adhayanti<sup>3</sup>, Zulfikar Lubis<sup>2</sup>, Herman Hariman<sup>2</sup>

## ABSTRACT

**Background:** Someone who approves the PRC must have been transfused no more than 24 hours after the creation of the PRC; some also apply 3 days. But there are also those that apply up to 1 week. PRC is still feasible to be transfused immediately by seeing changes that occur in the value of hemoglobin (Hb), hematocrit (Ht), and plasma needed when storing.

**Methods:** 30 whole blood bags (WB) were taken for this study. The WB is at the request of the doctor for the manufacture of PRC. The blood bag is rotated at a speed of 4,000 RPM for 15 minutes. From the PRC, 3 cc of blood was taken on 1,3,5,7 days for hemoglobin (Hb), hematocrit (Ht), and glucose plasma. Data were analyzed

using SPSS version 21 software for Windows.

**Results:** After 1-day taking 3 cc of blood, PRC was stored at 4 ° C, and then 3cc was taken also on days 3, 5, 7. The results showed that hemoglobin (Hb), hematocrit (Ht) increased from day 1 until day 7 but not significant ( $P > 0.05$ ), plasma plasma showed a decrease from day 1 to day 7 and significant ( $P < 0.001$ ) but the value was still within normal limits. Correlation value between Hb and PRC retention time;  $r = 0.127$ , Ht with the shelf life of PRC,  $r = 0.160$ , plasma glucose with the length of time the PRC is stored;  $r = -0,844$ .

**Conclusion:** PRC stored for 7 days is still feasible to use. There was a decrease in plasma glucose but still within normal limits.

**Keywords:** PRC, storage, Hb, Ht, plasma glucose

**Cite This Article:** Saragih, P., Adhayanti, I., Lubis, Z., Hariman, H. 2019. Pengaruh waktu simpan *Packed Red Cells* (PRC) terhadap perubahan kadar hemoglobin, hematokrit, dan glukosa plasma di RSUP H. Adam Malik, Medan, Indonesia. *Intisari Sains Medis* 10 (2): 501-505. DOI: 10.15562/ism.v10i2.415

<sup>1</sup>PPDS Patologi Klinik, Fakultas Kedokteran, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia.

<sup>2</sup>Departemen Patologi Klinik, Fakultas Kedokteran, Universitas Sumatera Utara/RSUP Haji Adam Malik, Medan, Indonesia.

<sup>3</sup>Unit Transfusi Darah, RSUP Haji Adam Malik, Medan, Indonesia

\*Korespondensi:

Pesalmen Saragih; PPDS Patologi Klinik, Fakultas Kedokteran, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia; [pesalmens@gmail.com](mailto:pesalmens@gmail.com)

Diterima : 13-02-2019  
Disetujui : 28-07-2019  
Diterbitkan : 01-08-2019

## ABSTRAK

**Latar Belakang:** Seseorang yang menyetujui PRC harus sudah ditransfusikan tidak lebih dari 24 jam setelah pembuatan PRC; namun terdapat juga yang menggunakannya dalam 3 hari. Di samping itu, masih terdapat beberapa kasus yang memberlakukan sampai 1 minggu. Sehingga belum ada kepastian berapa hari pasca pembuatan PRC masih layak untuk segera ditransfusikan dengan melihat perubahan yang terjadi pada nilai hemoglobin (Hb), hematokrit (Ht), dan plasma glukosa menurut waktu simpan

**Metode:** 30 kantong *whole blood* (WB) diambil untuk penelitian ini. WB tersebut adalah atas permintaan dari dokter untuk pembuatan PRC. Kantong darah diputar dengan kecepatan 4.000 RPM selama 15 menit. Dari PRC tersebut diambil 3 cc darah pada hari 1,3,5,7 untuk pemeriksaan hemoglobin(Hb), hematokrit (Ht), dan plasma glukosa. Data di analisis dengan piranti lunak SPSS versi

21 untuk Windows.

**Hasil:** Setelah hari-1 pengambilan 3 cc darah, PRC disimpan pada 4 ° C, dan selanjutnya diambil 3cc juga pada hari 3, 5, 7. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hemoglobin (Hb), hematokrit (Ht) meningkat dari hari ke-1 sampai hari ke-7 namun tidak signifikan ( $P > 0,05$ ), pada plasma glukosa menunjukkan penurunan dari hari-1 sampai hari-7 dan signifikan ( $P < 0,001$ ) tetapi nilainya masih dalam batas normal. Nilai korelasi antara Hb dengan lama simpan PRC;  $r = 0,127$ , Ht dengan lama simpan PRC,  $r = 0,160$ , plasma glukosa dengan lama simpan PRC;  $r = -0,844$ .

**Kesimpulan:** PRC yang disimpan selama 7 hari masih layak dipergunakan. Terjadi penurunan pada plasma glukosa namun masih dalam batas normal.

**Kata Kunci:** PRC, penyimpanan, Hb,Ht, plasma glukosa

**Site Pasal ini:** Saragih, P., Adhayanti, I., Lubis, Z., Hariman, H. 2019. Pengaruh waktu simpan *Packed Red Cells* (PRC) terhadap perubahan kadar hemoglobin, hematokrit, dan glukosa plasma di RSUP H. Adam Malik, Medan, Indonesia. *Intisari Sains Medis* 10 (2): 501-505. DOI: 10.15562/ism.v10i2.415

## PENDAHULUAN

*Packed Red Cell* (PRC) berasal dari *whole blood* (WB) yang diendapkan dengan sentrifugasi berkecepatan tinggi yang didinginkan. Satu unit PRC yang berasal dari 450 ml *whole blood* akan menghasilkan 200-250 ml PRC. Secara umum, penggunaan PRC adalah untuk pasien anemia yang tidak disertai dengan penurunan volume darah, misalnya pasien dengan anemia hemolitik, leukemia akut, leukemia kronis, keganasan, thalassemia, gagal ginjal kronis.<sup>1</sup>

Selama proses penyimpanan PRC terjadi serangkaian perubahan biokimiawi yang akan mempengaruhi viabilitas dan fungsinya dalam mengangkut oksigen dari paru-paru ke jaringan. Perubahan itu dikenal sebagai *storage lesion*.<sup>2</sup> Diperkirakan 1-5% eritrosit akan rusak selama waktu pengambilan donor, setiap hari viabilitas eritrosit akan terus menurun sebagai akibat penurunan kadar ATP, apabila kadar ATP menurun terjadi kehilangan lipid membran, membran menjadi kaku dan bentuknya berubah dari cakram menjadi sferis, kemudian hal tersebut dapat menyebabkan kalium keluar dan natrium masuk ke sel, sehingga selama masa penyimpanan membuat nilai hematokrit meningkat. Hal ini akan berpengaruh terhadap kualitas darah yang akan ditransfusikan.<sup>2</sup>

Penyimpanan PRC dengan adanya fosfat dan adenin yang memungkinkan untuk jangka waktu penyimpanan lebih lama. Kemajuan ini mendorong penggunaan solusi aditif yang tidak hanya akan memperpanjang masa penyimpanan tetapi juga menjaga kualitas konsentrat PRC selama penyimpanan, yaitu solusi yang mengandung *saline adenine glucose manitol* (SAGM) yang ditambahkan ke dalam eritrosit, meningkatkan masa penyimpanan PRC selama 42 hari bila disimpan pada 2°C sampai 6°C.<sup>3</sup> Penambahan garam dan manitol menurunkan kadar hemolisis, dan glukosa menyediakan jalur substrat energi dan adenin mempertahankan kadar ATP.<sup>3</sup>

Eritrosit tidak mempunyai inti dan mitokondria sehingga untuk metabolisme oksidatif energi dihasilkan melalui pemecahan glukosa.<sup>4,5</sup> Pemecahan glukosa menjadi laktat atau piruvat secara umum disebut sebagai glikolisis.<sup>6</sup> Di luar tubuh glukosa juga bisa mengalami glikolisis. Dalam serum atau plasma yang didinginkan pada suhu 20°C, glukosa akan stabil dalam waktu 24 jam, sedangkan pada suhu ruangan, sampel darah untuk pemeriksaan glukosa tanpa adanya zat penghambat glikolisis akan mengalami metabolisme kira-kira 7 mg/dL/hari.<sup>7</sup> Begitu pula glukosa di dalam PRC, akan dimetabolisme lebih cepat 10 kali pada suhu 25°C sehingga PRC yang disimpan pada suhu 25°C akan kehilangan masa hidup eritrosit 10 kali lebih cepat.<sup>6</sup>

Penelitian Fergusson melaporkan bahwa transfusi PRC dengan waktu simpan lebih lama memberikan hasil atau perbaikan klinis signifikan lebih buruk.<sup>8</sup> Hal tersebut disebabkan oleh metabolisme sel darah terus berlanjut selama penyimpanan darah.<sup>8</sup> Penelitian yang dilakukan oleh Pettila et al., 2011 di *intensive care unit* (ICU) *Australian and New Zealand Hospital* melaporkan terdapat perpanjangan masa rawatan pasien *critically ill* yang menerima old PRC (rerata 17,6 hari) dibandingkan dengan *fresh* PRC (rerata 7,5 hari).<sup>9</sup> Penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Lacroix et al., 2015 yang memperoleh transfusi eritrosit darah simpan dengan usia rerata 6,1±4,9 hari lebih baik dari rerata 22±8,4 hari untuk percepatan perbaikan klinis pasien *critically ill*.<sup>10</sup>

Frekuensi, patofisiologi, dan mekanisme yang mendasari *storage lesion* PRC masih belum jelas, sehingga sulit untuk menjelaskan dan menghindari *outcome* buruk pada pasien yang menerima PRC yang disimpan lama dibandingkan yang baru. Belum ada pemeriksaan laboratorium yang dapat memastikan konsekuensi klinis dari *storage lesion*, meskipun epidemiologi telah membuktikan tentang efeknya yang bermakna secara klinis.<sup>11</sup>

Selain hal tersebut diatas, dalam mengantisipasi efek buruk yang tidak diinginkan, beberapa unit bank darah rumah sakit di Medan memperlakukan batas waktu kadaluarsa dari PRC dengan beragam. Ada yang memberi instruksi PRC harus sudah ditransfusikan tidak lebih dari 24 jam setelah pembuatan PRC; ada juga yang memberlakukan 3 hari. Tetapi ada juga yang memberlakukan sampai 7 hari.

Oleh karena itu peneliti ingin mempelajari, sebenarnya berapa hari pasca pembuatan PRC masih layak segera ditransfusikan PRC dengan melihat perubahan yang terjadi pada nilai Hemoglobin (Hb), Hematokrit (Ht), dan Plasma Glukosa menurut waktu simpan.

## METODE

Penelitian dengan desain potong lintang dilakukan terhadap 30 sampel darah jenis *Whole Blood* (WB) yang siap diolah menjadi jenis *Packed Red Cell* (PRC) dimana berasal dari UTD/Bank Darah Rumah Sakit Haji Adam Malik Medan yang diambil dari bulan Desember 2017 – Maret 2018. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara teknik konsekutif (*Consecutive Sampling*). Adapun beberapa kriteria inklusi dalam penelitian ini adalah Darah WB yang telah disimpan kurang dari 24 jam dan telah melalui uji penapisan (*screening test*) terlebih dahulu untuk mengetahui sampel darah terbebas dari HIV/AIDS, Hepatitis B, maupun Hepatitis C dan Sifilis. Akan tetapi terdapat beberapa kriteria eksklusi dalam

penelitian ini adalah WB yang mengalami hemolisis dengan pengamatan secara visual yang dicirikan dengan terjadi perubahan warna kemerahan pada plasma darah dalam kantong darah.

Sampel darah WB kemudian akan diproses menjadi jenis PRC sesuai dengan standar prosedur. Paramater penelitian yang dinilai dimana meliputi hemoglobin, hematokrit, dan kadar glukosa plasma dilakukan pada hari pertama (I), ke-tiga (III), ke-lima (V), dan ke-tujuh (VII). Uji Statistik yang digunakan adalah Uji *Anova* (data berdistribusi normal dengan uji kolmogorov pada penelitian

pendahuluan) untuk melihat pengaruh waktu simpan PRC terhadap perubahan hematokrit, hemoglobin, dan plasma glukosa dan Uji *Spearman* untuk menguji hipotesis asosiatif dua variabel Analisis diolah menggunakan program SPSS versi 21, dengan tingkat kemaknaan  $p < 0,05$  dan interval kepercayaan 95%.

## HASIL

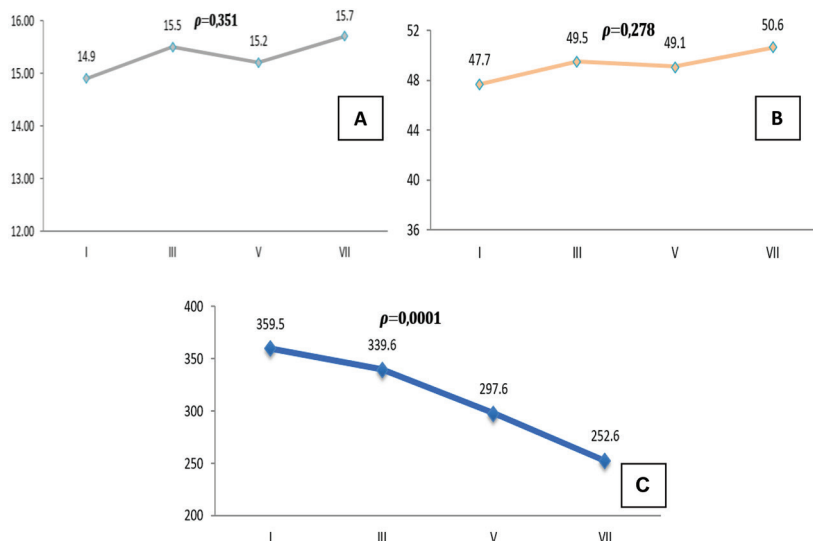
Data dianalisis menggunakan uji ANOVA untuk melihat signifikansi dari 4 waktu pemeriksaan (hari-I, hari-III, hari-V, hari-VII) (Tabel 1). Tabel 1 menunjukkan perubahan kadar hemoglobin dan hematokrit terhadap lama waktu simpan PRC dimana menunjukkan hasil yang tidak bermakna ( $P > 0,05$ ). Kadar rata-rata hemoglobin yang diperoleh berdasarkan hari menunjukkan kadar hemoglobin paling tinggi pada hari VII ( $15,7 \pm 1,9$  g/dL) dan terendah pada hari I ( $14,9 \pm 1,9$  g/dL) meski tidak terdapat perbedaan bermakna. Hasil serupa juga ditemukan pada pemeriksaan Hematokrit dimana kadar tertinggi ditemukan pada hari VII ( $50,6 \pm 5,2$ ) dan terendah pada hari I ( $47,7 \pm 6,3$ %), akan tetapi tidak ditemukan perbedaan bermakna. Namun, pemeriksaan kadar glukosa plasma menunjukkan terdapat perubahan yang bermakna ( $P < 0,05$ ) dimana kadar glukosa tertinggi pada hari pertama ( $359,5 \pm 23,2$  mg/dL) dan terendah pada hari ke-VII ( $252,6 \pm 29,2$  mg/dL). Untuk mengetahui perubahan kadar hemoglobin, hematokrit, dan plasma glukosa selama waktu simpan dapat dilihat dalam gambar dibawah ini (Gambar 1)

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa perubahan kadar hemoglobin terhadap waktu simpan PRC menunjukkan adanya fluktuasi nilai hemoglobin selama penyimpanan 7 hari. Namun memiliki kecenderungan meningkat antara hari I dan VII (Gambar 1A). Pemeriksaan hematokrit juga memberikan hasil yang serupa (Gambar 1B). Namun, pada pemeriksaan glukosa plasma ditemukan terjadi tren penurunan antara hari I hingga hari VII yang diketahui terjadi secara bermakna (Gambar 1C). Berkaitan dengan hal tersebut maka selanjutnya dilakukan analisis korelasi *Spearman* untuk melihat arah dan besarnya derajat hubungan, maupun kebermaknaan dari perubahan hemoglobin, hematokrit, dan plasma glukosa terhadap waktu simpan PRC seperti yang tercantum pada Tabel 2.

Hasil Tabel 2 menunjukkan terdapat korelasi positif rendah yang tidak bermakna antara kadar hemoglobin dan hematokrit terhadap masa simpan PRC ( $r = 0,127$  dan  $0,160$ ;  $P > 0,05$ ). Akan tetapi ditemukan korelasi negatif kuat yang bermakna antara kadar glukosa plasma dengan waktu simpan PRC ( $r = -0,844$ ;  $P < 0,0001$ )

**Tabel 1.** Hasil Uji Anova pengaruh waktu simpan PRC terhadap perubahan kadar hemoglobin, hematokrit, dan plasma glukosa

Variabel	Waktu Simpan PRC (Hari)				P1
	I	III	V	VII	
Hemoglobin (g/dL)	14,9±1,9	15,5±1,9	15,2±1,7	15,7±1,9	0,351
Hematokrit (%)	47,7±6,3	49,5±5,8	49,1±5,4	50,6±5,2	0,278
Glukosa Plasma (mg/dL)	359,5±23,2	339,6±24,1	297,6±24,1	252,6±29,2	<0,0001



**Gambar 1.** Grafik perubahan kadar hemoglobin (A), hematokrit (B), dan glukosa plasma (C) berdasarkan waktu simpan PRC

**Tabel 2.** Analisis korelasi kadar hemoglobin, hematokrit, dan glukosa plasma dengan waktu simpan PRC

Kadar	Nilai Korelasi (r)		Sig
	Waktu Simpan PRC		
Hemoglobin	0.127		0.168
Hematokrit	0.160		0.081
Glukosa Plasma	- 0.844		<0.0001

## PEMBAHASAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan pada hemoglobin namun tidak signifikan ( $p > 0,05$ ) selama penyimpanan tujuh hari. Hal ini menunjukkan selama proses penyimpanan tidak terjadi penghancuran dari eritrosit. Kondisi ini juga terjadi pada hematokrit dikarenakan hematokrit adalah fungsi dari konsentrasi hemoglobin. Alasan mengapa hemoglobin dan hematokrit meningkat selama storage tidak jelas. Namun, ada bukti bahwa selama penyimpanan ada pelepasan hemoglobin bebas dan F2 $\alpha$ -isoprostan. Meskipun demikian, masih bisa diperdebatkan mengapa hemoglobin dan hematokrit meningkat. Terlepas dari hal ini, banyak peneliti telah mengkonfirmasi bahwa kedua faktor tersebut meningkat selama penyimpanan.

Peningkatan hemoglobin dan hematokrit dapat disebabkan oleh faktor-faktor tertentu. Penelitian yang dilakukan oleh Karon dkk., Dan Spinelli dkk., Amerika Serikat membuktikan bahwa peningkatan kadar Hb dan F2 $\alpha$ -isoprostan bebas terjadi selama penyimpanan PRC.<sup>12,13</sup> Peningkatan ini diperkirakan menjadi faktor yang menyebabkan hasil yang buruk pada penerima transfusi PRC meskipun mekanisme yang mendasari tidak sepenuhnya diketahui.<sup>12,13</sup>

Terjadinya peningkatan hematokrit kemungkinan disebabkan oleh penurunan kadar ATP. Selama penyimpanan, kadar ATP yang menurun mengakibatkan kerusakan lipid membran, membran menjadi kaku dan mengakibatkan terperangkapnya plasma.<sup>2,3</sup> Penurunan signifikan plasma glukosa ( $p < 0,05$ ) selama penyimpanan mungkin disebabkan oleh kebutuhan glukosa untuk metabolisme eritrosit selama penyimpanannya. Eritrosit membutuhkan energi untuk metabolisme yang berasal dari glukosa sebagai sumber utama. Oleh karena itu selama penyimpanan, glukosa diambil dari plasma selama penyimpanan.<sup>2,3</sup> Eritrosit tidak memiliki nukleus dan mitokondria sehingga energi metabolisme oksidatif dihasilkan melalui pemecahan glukosa.<sup>5,6</sup> Penguraian glukosa ke laktat atau piruvat umumnya disebut sebagai glikolisis.<sup>14</sup> Glikolisis juga bisa terjadi di luar tubuh manusia. Glukosa akan stabil dalam 24 jam dalam serum atau plasma yang didinginkan pada 20°C, sedangkan pada suhu kamar, sampel darah untuk pengujian glukosa tanpa kehadiran inhibitor glikolisis akan dimetabolisme sekitar 7 mg / dL / hari.<sup>2,7</sup> Demikian juga glukosa di PRC, akan dimetabolisme lebih cepat 10 kali pada 25°C sehingga PRC yang disimpan pada 25°C akan kehilangan kehidupan eritrosit 10 kali lebih cepat.<sup>6,15-17</sup> Untuk memperpanjang usia PRC suhu harus selalu terpelihara antara 2°-6°C. Pada suhu ini,

terjadi pengurangan reaksi biokimia dan akumulasi produk limbah, memungkinkan pengawetan secara in vitro selama beberapa minggu

Berdasarkan nilai asosiatif antara waktu simpan PRC dengan hemoglobin, hematokrit bersifat sangat lemah dan positif, artinya terjadi peningkatan pada hemoglobin dan hematokrit selama penyimpanan yang relatif kecil. Hubungan waktu simpan PRC dengan plasma glukosa sangat kuat namun bersifat negatif, artinya terjadi penurunan nilai secara signifikan dari waktu simpan PRC (1) sampai waktu simpan PRC (7) namun masih dalam batas kewajaran.

## SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa meski terjadi peningkatan pada kadar hemoglobin namun secara statistik hal ini diketahui tidak bermakna selama penyimpanan tujuh hari. Kondisi ini juga terjadi pada hematokrit dikarenakan hematokrit adalah fungsi dari konsentrasi hemoglobin. Namun hal itu berbanding terbalik pada perubahan kadar plasma glukosa, kadar plasma glukosa mengalami penurunan secara signifikan dari lama simpan PRC (1) sampai lama simpan PRC (7) tetapi penurunan kadar tersebut masih di atas kewajaran. Penelitian lanjutan dengan jumlah sampel dan desain lebih baik dapat dilakukan untuk menentukan kelayakan lama simpan waktu PRC di atas 7 hari dalam upaya menentukan nilai atau batas maksimal batas waktu penyimpanan.

## ETIKA PENELITIAN

Penelitian ini mendapat persetujuan etis dari Komite Etik Penelitian Kesehatan (No:82/TGL/KEPK FKUSU-RSUP HAM/2018) dan izin penelitian dari Instalasi Litbang RSUP H. Adam Malik, Medan (No:136/UN5.2.1.1.1.19/KRK/2018), Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara, Indonesia.

## KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak terdapat konflik kepentingan dalam penulisan artikel ini

## PENDANAAN

Seluruh penulis bertanggung jawab terhadap pendanaan penelitian ini tanpa melibatkan pihak sponsor, beasiswa, ataupun sumber pendanaan lainnya.

## KONTRIBUSI PENULIS

Seluruh penulis berkontribusi secara sama baik dalam hal pengumpulan data penelitian, analisis



data, hingga pelaporan hasil akhir penelitian pada studi ini

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Saraswati KD, Purwanto B, Suparyatmo JB. Pengaruh Waktu Simpan Darah terhadap Kadar Laktat Dehidrogenase pada Packed Red Cells Tehnik Penyimpanan Darah Dengan Citrate Phosphate Dextrose – Saline Adenine Glucose Manitol. [Thesis]. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 2015.
2. Lestari AAW, Triyono T, Sukoroni U. Quality of stored red blood. Indonesian Journal of Clinical Pathology and Medical Laboratory. 2017; 23(3):294-302
3. Fuada R, Sulung N, Juwita LV. Perbedaan Rekasi Pemberian Transfusi Darah Whole Blood (WB) dan Packed Red Cell (PRC) Pada Pasien Sectio Secarea. Jurnal Human Care. 2016; 1(3):1-9
4. Harmening DM, Firestone D. The ABO blood group system. Modern Blood Banking & Transfusion Practices. In: Harmening DM, editor. 5th ed. Philadelphia: F.A. Davis Company; 2005: 108–33.
5. Hajjawi OS. Glucose transport in human red blood cells. American Journal of Biomedical and Life Sciences. 2013; 1(3):44-52
6. Simons AL, Mattson DM, Dornfeld K, Spitz DR. Glucose deprivation-induced metabolic oxidative stress and cancer therapy. J Cancer Res Ther. 2009;5 Suppl 1:S2-6.
7. Safitri M. Perbedaan Kadar Gula Darah pada Serum yang Langsung Diperiksa dan Ditunda Selama 24 jam pada Suhu Kamar. [Thesis]. Analisis Kesehatan Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah, Semarang. 2009
8. Fergusson D, Hutton B, Hogan DL, LeBel L, Blajchman MA, Ford JC, et al. The age of red blood cells in premature infants (ARIPI) randomized controlled trial: study design. Transfus Med Rev. 2009; 23(1):55-61.
9. Pettilä V, Westbrook AJ, Nichol AD, Bailey MJ, Wood EM, Syres G, et al. Age of red blood cells and mortality in the critically ill. Crit Care. 2011;15(2):R116.
10. Lacroix J, Hébert PC, Fergusson DA, Tinmouth A, Cook DJ, Marshall JC, et al. Age of transfused blood in critically ill adults. N Engl J Med. 2015; 372(15):1410-8.
11. Roback JD. Vascular effect of the red blood cell storage lesion. Hematology Am Soc Hematol Educ Program. 2011;2011:475-9.
12. Karon BS, Buskirk CMV, Jaben EA, Hoyer JD, Thomas DD. Temporal sequence of major biochemical events during blood bank storage of packed red blood cell. Blood Transfus. 2012; 10(4):453-61
13. Spinelli SL, Lannan KL, Casey AE, Croasdell A, Curan TM, Henrichs KE et al. Isoprostane and isofuran lipid mediators accumulate in stored red blood cell concentrates and influence platelet function in vitro. Transfusion. 2014; 54(6): 1569–1579.
14. Barer AP. A study of glycolysis. J Clin Invest. 1931; 10(3): 507–520.
15. Sowemimo-Coker SO. Red blood cell hemolysis during processing. Transfus Med Rev. 2002; 16(1):46-60.
16. Donadee C, Raat NJ, Kanas T, Tejero J, Lee JS, Kelley EE, et al. Nitric oxide scavenging by red blood cell microparticles and cell-free hemoglobin as a mechanism for the red cell storage lesion. Circulation. 2011; 124(4):465-76.
17. Hess JR, Sparrow L, Van der mer PF, Acker JP, Cardigan RA, Devine DV. Red blood cell hemolysis during blood bank storage: using national quality management data to answer basic scientific questions. Transfusion. 2009; 49(12):2599-603.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution