

PLATELET MEMBRANE-COATED NANOPARTICLES SEBAGAI SISTEM PENGHANTARAN ASPIRIN DAN INHIBITOR P2Y₁₂ PADA PENATALAKSANAAN INFARK MIOKARD AKUT : A LITERATURE REVIEW

Muhammad Rifqi Al Azim¹, Fawwaz M Virajati¹, Saminur Muzaqi², Muhammad Althariq Huda³

¹Profesi Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Andalas,

²Program Sarjana Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Negeri Padang

³Program Sarjana Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Baiturrahmah

Penulis Korespondensi : rifqialazim@gmail.com

Abstract.

Background: Acute myocardial infarction (AMI) is a severe manifestation of coronary artery disease, commonly caused by atherosclerotic plaque rupture and thrombus formation. Dual antiplatelet therapy with aspirin and P2Y₁₂ inhibitors is a cornerstone of AMI management but remains limited by bleeding risk and nonspecific drug distribution. Platelet membrane-coated nanoparticles (PM-NPs) are biomimetic drug delivery systems with potential for targeted therapy. **Objective:** To review the potential of PM-NPs for delivering aspirin and P2Y₁₂ inhibitors in AMI management. **Methods:** A literature review was conducted using PubMed, ScienceDirect, and Google Scholar with the keywords "platelet membrane-coated nanoparticles," "aspirin," "P2Y₁₂," and "acute myocardial infarction." Articles published within the last 10 years, available in full text, and written in English or Indonesian were selected according to predefined criteria. Twelve relevant articles were identified after screening. **Results:** PM-NPs demonstrated potential for targeting thrombi, atherosclerotic plaques, and injured myocardial tissue. They may improve drug stability, circulation time, and targeted delivery while reducing oxidative stress, inflammation, and ischemia-reperfusion injury. However, evidence regarding combined aspirin and P2Y₁₂ inhibitor delivery remains limited and predominantly preclinical. **Conclusion:** PM-NPs represent a promising targeted antithrombotic platform for AMI. Further studies are required to establish the safety and efficacy of combined aspirin and P2Y₁₂ inhibitor delivery.

Keywords: acute myocardial infarction, platelet membrane-coated nanoparticles, aspirin, P2Y₁₂ inhibitors, biomimetic nanoparticles.

Abstrak.

Latar Belakang: Infark miokard akut (IMA) merupakan manifestasi berat penyakit jantung koroner yang umumnya disebabkan oleh ruptur plak aterosklerotik dan pembentukan trombus. *Dual antiplatelet therapy* dengan aspirin dan inhibitor P2Y₁₂ merupakan terapi utama, tetapi masih memiliki keterbatasan berupa risiko perdarahan dan distribusi obat yang kurang spesifik. *Platelet membrane-coated nanoparticles* (PM-NPs) merupakan sistem penghantaran obat biomimetik yang berpotensi meningkatkan *targeting* terapi. **Tujuan:** Meninjau potensi PM-NPs sebagai sistem penghantaran aspirin dan inhibitor P2Y₁₂ dalam penatalaksanaan IMA. **Metode:** *Literature review* dilakukan melalui PubMed, ScienceDirect, dan Google Scholar menggunakan kata kunci *platelet membrane-coated nanoparticles*, aspirin, P2Y₁₂, dan infark miokard akut. Artikel berbahasa Indonesia atau Inggris, tersedia *full text*, dan diterbitkan dalam 10 tahun terakhir diseleksi berdasarkan kriteria inklusi. Sebanyak 8 artikel relevan diperoleh setelah proses identifikasi dan skrining. **Hasil:** PM-NPs berpotensi menargetkan trombus, plak aterosklerotik, dan jaringan miokard yang mengalami cedera serta meningkatkan stabilitas dan waktu sirkulasi obat. Sistem ini juga berpotensi mengurangi stres oksidatif, inflamasi, dan cedera iskemia-reperfusi. Namun, bukti mengenai penghantaran kombinasi aspirin dan inhibitor P2Y₁₂

masih terbatas dan terutama berasal dari penelitian preklinis. **Kesimpulan:** PM-NPs berpotensi sebagai platform terapi antitrombotik terarah pada IMA, tetapi diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengevaluasi keamanan dan efektivitasnya.

Kata kunci: infark miokard akut, PM-NPs, aspirin, inhibitor P2Y12, nanopartikel biomimetik.

LATAR BELAKANG

Infark miokard akut (IMA) merupakan manifestasi paling berat dari penyakit jantung koroner dan masih menjadi penyebab utama kematian global. Secara patofisiologi, IMA umumnya disebabkan oleh ruptur plak aterosklerotik yang memicu pembentukan trombus dan oklusi arteri koroner, sehingga menyebabkan iskemia dan nekrosis jaringan miokard. Meskipun intervensi seperti reperfusi dan terapi farmakologis telah berkembang, outcome klinis pasien masih belum optimal akibat komplikasi seperti cedera iskemia-reperfusi dan progresi menuju gagal jantung. (Wei et al., 2024)

Dalam penatalaksanaan IMA, terapi antiplatelet merupakan komponen utama karena trombosit berperan sentral dalam proses trombosis. Dual antiplatelet therapy (DAPT), yang mengombinasikan aspirin dan inhibitor reseptor P2Y12, telah menjadi standar terapi dalam sindrom koroner akut. Inhibitor P2Y12 bekerja dengan menghambat jalur aktivasi trombosit yang dimediasi ADP, sehingga menurunkan agregasi trombosit dan pembentukan trombus. Namun, meskipun efektif, terapi ini memiliki keterbatasan signifikan, termasuk risiko perdarahan yang meningkat, variabilitas respons pasien, serta distribusi obat yang tidak spesifik sehingga menimbulkan efek samping sistemik. (Pradhan et al., 2022).

Keterbatasan terapi konvensional ini mendorong pengembangan pendekatan baru berbasis nanoteknologi. Nanopartikel telah muncul sebagai sistem penghantaran obat yang menjanjikan dalam penanganan IMA karena kemampuannya meningkatkan stabilitas obat, bioavailabilitas, dan efisiensi targeting jaringan. Berbagai jenis nanopartikel, seperti liposom, nanogel, dan nanopartikel polimerik, telah dikembangkan untuk meningkatkan efektivitas terapi kardiovaskular. (Karam et al., 2022)

Salah satu inovasi terkini adalah penggunaan biomimetic nanoparticles, khususnya platelet membrane-coated nanoparticles (PM-NPs). Teknologi ini memanfaatkan membran trombosit alami untuk melapisi nanopartikel sintetis, sehingga menghasilkan sistem penghantaran obat yang mampu meniru sifat biologis trombosit. PM-NPs memiliki kemampuan unik untuk berikatan dengan lokasi cedera vaskular, plak aterosklerotik, dan

trombus melalui interaksi dengan komponen subendotel seperti kolagen dan fibrin. Selain itu, nanopartikel ini juga mampu menghindari sistem imun dan memiliki waktu sirkulasi yang lebih panjang dalam darah.(S. Wang, Duan, et al., 2020)

Keunggulan lain dari PM-NPs adalah kemampuannya untuk meningkatkan targeting spesifik kelokasi penyakit. Studi terbaru menunjukkan bahwa nanopartikel berbasis membran trombosit dapat secara selektif terakumulasi pada area cedera vaskular dan jaringan iskemik, termasuk pada model infark miokard, sehingga meningkatkan efektivitas penghantaran obat dan memperbaiki outcome terapi. Selain itu, pendekatan ini memungkinkan penghantaran kombinasi obat dalam satu platform, yang sangat relevan dengan konsep terapi kombinasi seperti penggunaan aspirin dan inhibitor P2Y12.(Han et al., 2022)

Lebih lanjut, penggunaan platelet membrane-coated nanoparticles juga berpotensi mengatasi keterbatasan terapi konvensional, seperti efek samping sistemik dan rendahnya bioavailabilitas obat. Dengan sistem penghantaran yang lebih terarah, dosis obat dapat diturunkan tanpa mengurangi efektivitas, sehingga risiko perdarahan sebagai efek samping utama terapi antiplatelet dapat diminimalkan. Hal ini menjadikan PM-NPs sebagai kandidat kuat dalam pengembangan terapi presisi (precision medicine) untuk penyakit kardiovaskular(Zhu et al., 2021). Meskipun erbagai studi preklinis menunjukkan hasil yang menjanjikan, penelitian terkait penggunaan PM-NPs sebagai sistem penghantaran spesifik untuk kombinasi aspirin dan inhibitor P2Y12 pada infark miokard akut masih terbatas.

KAJIAN TEORITIS

Infark miokard akut (IMA) terjadi akibat oklusi arteri koroner, umumnya karena ruptur plak aterosklerotik dan pembentukan trombus. Aspirin dan inhibitor P2Y12 merupakan terapi antiplatelet utama untuk menghambat aktivasi dan agregasi trombosit. Namun, terapi konvensional dapat meningkatkan risiko perdarahan dan memiliki distribusi obat yang kurang spesifik. *Platelet membrane-coated nanoparticles* (PM-NPs) merupakan sistem penghantaran obat biomimetik yang memanfaatkan karakteristik membran trombosit untuk meningkatkan *targeting* pada trombus dan jaringan vaskular yang mengalami cedera. PM-NPs berpotensi meningkatkan stabilitas, waktu sirkulasi, dan penghantaran aspirin maupun inhibitor P2Y12 secara terarah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan konsep *Literature Review*. Penelitian dilakukan dengan melakukan pencarian di internet menggunakan mesin pencarian jurnal. Mesin pencarian jurnal yang digunakan pada penelitian ini meliputi *Pubmed*, *Science Direct*, dan *Google Scholar* dengan kata kunci: *Platelet Membrane-Coated Nanoparticles*, Aspirin, P2Y₁₂, Infark Miokard Akut. Variabel yang digunakan pada pemilihan literatur meliputi beberapa kriteria inklusi yaitu : (1) Terbit dalam 10 tahun terakhir, (2) Bahasa yang digunakan bahasa Indonesia atau bahasa Inggris, (3) *Full text*. Proses pencarian jurnal dilakukan dengan beberapa langkah yaitu identifikasi, skrining, dan eliminasi jurnal yang tidak sesuai terhadap kriteria inklusi. Dari proses identifikasi dan skrining serta eliminasi yang dilakukan peneliti menggunakan 8 artikel yang dinilai relevan dengan topik yang dipilih dan sesuai dengan kriteria inklusi yang digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Karakteristik Studi Inklusi

No	Sumber	Desain Studi	Fokus Penelitian	Kesimpulan
1	Wang et al., 2018(B. Wang et al., 2018)	Eksperimental in vitro dan in vivo	Nanocluster berbasis polimer berlapis membran trombosit untuk penghantaran JQ1/rapamycin pada cedera arteri dan pencegahan restenosis.	Nanopartikel berlapis membran trombosit menunjukkan kemampuan targeting pada arteri yang cedera dan menurunkan hiperplasia neointima serta mendukung re- endotelialisasi.
2	Song et al., 2019(Song et al., 2019)	Eksperimental in vitro dan in vivo	Nanopartikel berlapis membran trombosit sebagai sistem penghantaran rapamycin ke plak aterosklerotik.	Sistem meningkatkan akumulasi rapamycin pada plak aterosklerotik, menghambat perkembangan plak, dan membantu stabilisasi plak.
3	Su et al., 2019(Su et al., 2019)	Eksperimental in vitro dan in vivo	Platelet-inspired nanocells untuk targeted delivery pada jaringan jantung	Nanocells mampu menargetkan miokard yang cedera dan meningkatkan perbaikan miokard

			setelah cedera iskemia/reperfusi.	melalui efek antiinflamasi dan regeneratif.
4	Wang et al., 2020(S. Wang, Wang, et al., 2020)	Eksperimental in vitro dan in vivo	Nanopartikel PLGA berlapis membran trombosit yang membawa lumbrokinase untuk terapi trombolitik terarah.	Nanopartikel meningkatkan targeting trombus dan efek trombolisis dengan dosis lebih rendah serta berpotensi menurunkan risiko perdarahan.
5	Zhao et al., 2021(Zhao et al., 2021)	Eksperimental in vitro dan in vivo	Nanopartikel berlapis membran trombosit responsif H ₂ O ₂ yang membawa argatroban untuk terapi trombus.	Sistem menargetkan trombus, menghambat pembentukan trombus, menurunkan stres oksidatif dan inflamasi, serta menunjukkan biokompatibilitas yang baik.
6	Guo et al., 2022(Guo et al., 2022)	Eksperimental in vitro dan in vivo	Nanomedisin biomimetik berlapis membran trombosit yang membawa tPA untuk trombolisis dan protocathechualdehyde untuk mengurangi cedera I/R pada AMI.	Sistem menargetkan trombus, meningkatkan trombolisis, membantu membuka kembali arteri terkait infark, serta mengurangi stres oksidatif dan cedera reperfusi miokard.
7	Chen et al., 2025(Chen et al., 2025)	Eksperimental in vitro dan in vivo	Nanopartikel platelet-mimicking yang membawa diallyl trisulfide untuk mengurangi myocardial ischemia-reperfusion injury.	Sistem menunjukkan targeting pada miokard yang cedera, mengurangi ROS dan fibrosis, serta memperbaiki fungsi jantung.
8	Ji et al., 2025(Ji et al., 2025)	Eksperimental in vitro dan in vivo	Nanopartikel bioactive glass berlapis membran trombosit dengan kombinasi urokinase dan tirofiban untuk trombosis arteri akut.	Sistem meningkatkan penghantaran obat ke trombus dan mengombinasikan efek trombolitik dengan antiplatelet, sehingga menjadi bukti konsep penting untuk kombinasi terapi antitrombotik berbasis PM-NP.

Membrane-Coated Nanoparticles

Membrane-Coated Nanoparticles (MCNPs) merupakan platform penghantaran obat biomimetik yang menggunakan nanopartikel sintetis sebagai inti dan membran biologis sebagai lapisan permukaan. Membran dapat berasal dari eritrosit, trombosit, sel imun, maupun sel kanker, sehingga nanopartikel memperoleh karakteristik biologis dari sel sumbernya. Pendekatan ini meningkatkan stabilitas, waktu sirkulasi, biokompatibilitas, serta kemampuan penargetan dibandingkan nanopartikel konvensional. Salah satu mekanisme utama MCNPs adalah efek kamuflase biologis.(Park et al., 2021; Yaman et al., 2020)

Protein CD47 pada membran sel berinteraksi dengan SIRP α pada makrofag dan menghasilkan sinyal “*don't eat me*”, sehingga mengurangi fagositosis oleh sistem retikuloendotelial dan memperpanjang waktu sirkulasi nanopartikel. Selain itu, penggunaan membran sel alami meningkatkan biodegradabilitas dan menurunkan potensi respons imun.(Zhang et al., 2022) MCNPs dapat melakukan penargetan pasif maupun aktif. Pada *platelet membrane-coated nanoparticles* (PMNPs), protein membran trombosit seperti P-selectin, GPVI, dan GPIb memungkinkan nanopartikel berikatan dengan endotelium yang teraktivasi pada lokasi kerusakan vaskular dan inflamasi.(Liu et al., 2022) Kemampuan *infarct-homing* ini menjadikan PMNPs berpotensi besar untuk penghantaran obat pada penyakit aterotrombotik dan cedera iskemia-reperfusion miokard. Secara keseluruhan, MCNPs menggabungkan keunggulan farmakokinetik nanopartikel dengan fungsi biologis membran sel, sehingga berpotensi meningkatkan bioavailabilitas, stabilitas, dan ketepatan penghantaran obat, khususnya pada penyakit kardiovaskular.(Zhou et al., 2022)

Aspirin dalam Sistem Nanopartikel

Aspirin merupakan agen antiplatelet yang banyak digunakan, tetapi pemberian konvensional memiliki keterbatasan berupa bioavailabilitas yang tidak optimal, efek samping gastrointestinal, dan risiko efek sistemik pada dosis tinggi. Pengembangan sistem penghantaran berbasis nanopartikel ditujukan untuk meningkatkan stabilitas, kelarutan, bioavailabilitas, serta efikasi aspirin sekaligus mengurangi efek samping.(Franchi et al., 2022)

Aspirin telah diformulasikan menggunakan berbagai sistem nanopartikel, termasuk PLGA, mesoporous silica nanoparticles, dan polimer berbasis asam salisilat. Beberapa formulasi menunjukkan ukuran nanopartikel sekitar 160,9 nm dan mampu

memberikan pelepasan obat secara terkontrol dan berkelanjutan. Sistem nanopartikel aspirin juga menunjukkan potensi efek antioksidan dan perlindungan terhadap kerusakan gastrointestinal.(Ghavimi et al., 2020)

Modifikasi permukaan nanopartikel dengan polidopamin, PEG, atau ligan seperti asam folat dapat meningkatkan kemampuan penargetan. Selain itu, nanopartikel memungkinkan penghantaran kombinasi aspirin dengan agen terapeutik lain untuk memperoleh efek sinergis. Partikel berbasis asam salisilat juga dilaporkan dapat menghambat pembentukan *neutrophil extracellular traps* (NETs), yang berperan dalam pembentukan trombus.(Brannon et al., 2025)

KESIMPULAN DAN SARAN

PM-NPs merupakan sistem penghantaran obat biomimetik yang berpotensi meningkatkan *targeting* terapi antitrombotik pada infark miokard akut. Studi yang ditinjau menunjukkan kemampuan PM-NPs dalam menargetkan trombus, plak aterosklerotik, serta jaringan miokard yang mengalami cedera, sekaligus meningkatkan stabilitas dan efisiensi penghantaran obat serta berpotensi mengurangi risiko efek sistemik.

DAFTAR REFERENSI

- Brannon, E. R., Piegols, L. D., Cady, G., Kupor, D., Chu, X., Guevara, M. V., Lima, M. R. N., Kanthi, Y., Pinsky, D. J., Uhrich, K. E., & Eniola-Adefeso, O. (2025). Polymerized Salicylic Acid Microparticles Reduce the Progression and Formation of Human Neutrophil Extracellular Traps (NET)s. *Advanced Healthcare Materials*, 14(5), 2400443. <https://doi.org/10.1002/ADHM.202400443>
- Chen, Y., Lin, L., Xu, L., Jin, Q., Fu, W., Bai, Y., Huang, T., Gao, T., Wu, W., Xu, C., Wang, J., Zhang, L., Lv, Q., Yang, Y., Xie, M., & Dong, X. (2025). Platelet-mimicking nanoparticles loaded with diallyl trisulfide for Mitigating Myocardial Ischemia-Reperfusion Injury in rats. *Colloids and Surfaces. B, Biointerfaces*, 248. <https://doi.org/10.1016/J.COLSURFB.2024.114460>
- Franchi, F., Schneider, D. J., Prats, J., Fan, W., Rollini, F., Been, L., Taatjes-Sommer, H. S., Bhatt, D. L., Deliargyris, E. N., & Angiolillo, D. J. (2022). Pharmacokinetic and pharmacodynamic profiles of a novel phospholipid-aspirin complex liquid formulation and low dose enteric-coated aspirin: results from a prospective, randomized, crossover study. *Journal of Thrombosis and Thrombolysis*, 54(3), 373–381. <https://doi.org/10.1007/S11239-022-02687-5/FIGURES/4>
- Ghavimi, M. A., Bani Shahabadi, A., Jarolmasjed, S., Memar, M. Y., Maleki Dizaj, S., & Sharifi, S. (2020). Nanofibrous asymmetric collagen/curcumin membrane containing aspirin-loaded PLGA nanoparticles for guided bone regeneration.

- Scientific Reports* 2020 10:1, 10(1), 18200-. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75454-2>
- Guo, X., Hong, T., Zang, J., Shao, R., Hou, X., Wang, K., Liu, W., Su, F., & He, B. (2022). Thrombus-specific/responsive biomimetic nanomedicine for spatiotemporal thrombolysis and alleviation of myocardial ischemia/reperfusion injury. *Journal of Nanobiotechnology*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/S12951-022-01686-1>
- Han, H., Bártolo, R., Li, J., Shahbazi, M. A., & Santos, H. A. (2022). Biomimetic platelet membrane-coated nanoparticles for targeted therapy. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics : Official Journal of Arbeitsgemeinschaft Fur Pharmazeutische Verfahrenstechnik e.V*, 172, 1–15. <https://doi.org/10.1016/J.EJPB.2022.01.004>
- Ji, M., Tang, Q., Olatunji, O. Y., Ge, R., Ying, Y., Pan, J., Yunusov, K. E., & Jiang, G. (2025). Platelet membrane-camouflaged bioactive glass nano-formulations for enhanced drug delivery in the treatment of acute arterial thrombosis. *Acta Biomaterialia*, 199, 324–336. <https://doi.org/10.1016/J.ACTBIO.2025.04.036>
- Karam, M., Fahs, D., Maatouk, B., Safi, B., Jaffa, A. A., & Mhanna, R. (2022). Polymeric nanoparticles in the diagnosis and treatment of myocardial infarction: Challenges and future prospects. *Materials Today. Bio*, 14. <https://doi.org/10.1016/J.MTBIO.2022.100249>
- Liu, H., Su, Y. Y., Jiang, X. C., & Gao, J. Q. (2022). Cell membrane-coated nanoparticles: a novel multifunctional biomimetic drug delivery system. *Drug Delivery and Translational Research* 2022 13:3, 13(3), 716–737. <https://doi.org/10.1007/S13346-022-01252-0>
- Park, J. H., Jiang, Y., Zhou, J., Gong, H., Mohapatra, A., Heo, J., Gao, W., Fang, R. H., & Zhang, L. (2021). Genetically engineered cell membrane-coated nanoparticles for targeted delivery of dexamethasone to inflamed lungs. *Science Advances*, 7(25). <https://doi.org/10.1126/SCIADV.ABF7820/ASSET/BE489537-CEEE-40AC-B825-ADF24A0B88C7/ASSETS/GRAPHIC/ABF7820-F5.JPEG>
- Pradhan, A., Tiwari, A., Caminiti, G., Salimei, C., Muscoli, S., Sethi, R., & Perrone, M. A. (2022). Ideal P2Y₁₂ Inhibitor in Acute Coronary Syndrome: A Review and Current Status. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15). <https://doi.org/10.3390/IJERPH19158977>
- Song, Y., Huang, Z., Liu, X., Pang, Z., Chen, J., Yang, H., Zhang, N., Cao, Z., Liu, M., Cao, J., Li, C., Yang, X., Gong, H., Qian, J., & Ge, J. (2019). Platelet membrane-coated nanoparticle-mediated targeting delivery of Rapamycin blocks atherosclerotic plaque development and stabilizes plaque in apolipoprotein E-deficient (ApoE^{-/-}) mice. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 15(1), 13–24. <https://doi.org/10.1016/J.NANO.2018.08.002>
- Su, T., Huang, K., Ma, H., Liang, H., Dinh, P. U., Chen, J., Shen, D., Allen, T. A., Qiao, L., Li, Z., Hu, S., Cores, J., Frame, B. N., Young, A. T., Yin, Q., Liu, J., Qian, L., Caranasos, T. G., Brudno, Y., ... Cheng, K. (2019). Platelet-Inspired Nanocells for Targeted Heart Repair After Ischemia/Reperfusion Injury. *Advanced Functional Materials*, 29(4). <https://doi.org/10.1002/ADFM.201803567>
- Wang, B., Chen, G., Urabe, G., Xie, R., Wang, Y., Shi, X., Guo, L. W., Gong, S., & Kent, K. C. (2018). A paradigm of endothelium-protective and stent-free anti-restenotic therapy using biomimetic nanoclusters. *Biomaterials*, 178, 293–301. <https://doi.org/10.1016/J.BIOMATERIALS.2018.06.025>

- Wang, S., Duan, Y., Zhang, Q., Komarla, A., Gong, H., Gao, W., & Zhang, L. (2020). Drug Targeting via Platelet Membrane-Coated Nanoparticles. *Small Structures*, 1(1), 2000018. <https://doi.org/10.1002/SSTR.202000018>
- Wang, S., Wang, R., Meng, N., Guo, H., Wu, S., Wang, X., Li, J., Wang, H., Jiang, K., Xie, C., Liu, Y., Wang, H., & Lu, W. (2020). Platelet membrane-functionalized nanoparticles with improved targeting ability and lower hemorrhagic risk for thrombolysis therapy. *Journal of Controlled Release: Official Journal of the Controlled Release Society*, 328, 78–86. <https://doi.org/10.1016/J.JCONREL.2020.08.030>
- Wei, Q., Xiao, Y., Du, L., & Li, Y. (2024). Advances in Nanoparticles in the Prevention and Treatment of Myocardial Infarction. *Molecules* 2024, Vol. 29, Page 2415, 29(11), 2415. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES29112415>
- Yaman, S., Chintapula, U., Rodriguez, E., Ramachandramoorthy, H., & Nguyen, K. T. (2020). Cell-mediated and cell membrane-coated nanoparticles for drug delivery and cancer therapy. *Cancer Drug Resist* 2020;3:879-911., 3(4), 879–911. <https://doi.org/10.20517/CDR.2020.55>
- Zhang, Z., Chen, Z., Yang, L., Zhang, J., Li, Y., Li, C., Wang, R., Wang, X., Huang, S., Hu, Y., Shi, J., & Xiao, W. (2022). Platelet Membrane–Encapsulated MSNs Loaded with SS31 Peptide Alleviate Myocardial Ischemia-Reperfusion Injury. *Journal of Functional Biomaterials*, 13(4), 181. <https://doi.org/10.3390/JFB13040181/S1>
- Zhao, Y., Xie, R., Yodsanit, N., Ye, M., Wang, Y., Wang, B., Guo, L. W., Kent, K. C., & Gong, S. (2021). Hydrogen peroxide-responsive platelet membrane-coated nanoparticles for thrombus therapy. *Biomaterials Science*, 9(7), 2696–2708. <https://doi.org/10.1039/D0BM02125C>
- Zhou, X., Angiolillo, D. J., & Ortega-Paz, L. (2022). P2Y12 Inhibitor Monotherapy after Percutaneous Coronary Intervention. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, 9(10), 340. <https://doi.org/10.3390/JCDD9100340/S1>
- Zhu, C., Ma, J., Ji, Z., Shen, J., & Wang, Q. (2021). Recent Advances of Cell Membrane Coated Nanoparticles in Treating Cardiovascular Disorders. *Molecules*, 26(11), 3428. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES26113428>.