
PUBLIC HEALTH RESEARCH

Kesan Pendedahan Mikroplastik terhadap Jantung: Ulasan Naratif

*Sharifah Maziah Syed Shamsuddin, Norfazilah Ahmad, * Mohd Hasni Jaafar, Roszita Ibrahim*

Jabatan Perubatan Kesihatan Awam, Fakulti Perubatan, Universiti Kebangsaan Malaysia, Jalan Yaacob Latif, Cheras, Kuala Lumpur, Malaysia.

Corresponding author: norfazilah@hctm.ukm.edu.my

ABSTRACT

Introduction	World Health Organization (WHO) reported that heart disease is among the global main cause of death. The significant environmental factor for heart disease is microplastic exposure. In cardiology, microplastic has been widely used due to stability and biocompatibility. Therefore, this narrative aimed to study the effect of microplastic exposure towards heart. The findings will contribute to evidence-based medicine in heart disease prevention strategies
Methods	A literature search was conducted on ninth November 2024, across three scientific databases of Scopus, PubMed, and Web of Science using specified keywords like microplastic and heart. The target was original articles published between 2019 and 2024.
Results	A total of six articles published within 2023 and 2024 have been analysed. All articles reported that microplastic exposure triggers the oxidative process and inflammatory response of cardiomyocyte cells. These processes led to myocardial ischemia and infarction that resulted in heart failure.
Conclusions	Microplastic exposure is a new risk factor for heart disease. The findings should be integrated in public health promotion programme and the clinical practice guideline of cardiovascular disease for multilevel prevention.
Keywords	Plastic; Microplastic; Heart; Review; Narrative

ABSTRAK

Pengenalan	<i>World Health Organization</i> (WHO) melaporkan penyakit jantung merupakan salah satu penyebab utama kematian di peringkat global. Antara faktor persekitaran signifikan yang menyebabkan penyakit jantung adalah pendedahan terhadap mikroplastik. Dalam bidang kardiologi, mikroplastik digunakan secara meluas kerana aspek ketahanan dan biokompatibiliti. Oleh itu, ulasan ini ingin mengkaji kesan pendedahan mikroplastik terhadap jantung. Dapatan kajian dapat menyumbang kepada perubahan berasaskan bukti dalam strategi mencegah penyakit jantung.
Metodologi	Ulasan naratif ini menggunakan pangkalan data <i>Web of Science</i> , <i>PubMed</i> dan <i>Scopus</i> dengan menggunakan kata kunci carian tertentu seperti mikroplastik dan jantung. Proses carian dijalankan pada sembilan November 2024 dengan menasarkankan penerbitan antara tahun 2019 hingga 2024.
Hasil	Sebanyak enam artikel yang diterbitkan antara tahun 2023 hingga 2024 telah dianalisis. Kesemua artikel melaporkan pendedahan mikroplastik mencetuskan tekanan oksidatif dan tindak balas inflamasi tisu jantung. Proses ini mengakibatkan iskemia dan infarksi miokardium serta kegagalan jantung.
Kesimpulan	Pendedahan mikroplastik merupakan faktor risiko baharu bagi penyakit jantung. Penemuan ini perlu diintegrasikan dalam program promosi kesihatan awam dan garis panduan amalan klinikal penyakit kardiovaskular agar pencegahan dapat dilaksanakan di semua peringkat masyarakat.
Kata kunci	Plastik; mikroplastik; jantung; ulasan; naratif

Article history:

Received: 24 November 2025

Accepted: 7 January 2026

Published: 18 March 2026

PENDAHULUAN

Di peringkat global, penyakit kardiovaskular merupakan penyebab utama kematian.¹ Penyakit kardiovaskular dianggarkan menyumbang sebanyak 19.8 juta kematian (32%) di seluruh dunia. Penyakit kardiovaskular merupakan masalah terhadap jantung dan salur darah. Terdapat pelbagai faktor penyebab penyakit jantung berkaitan gaya hidup dan persekitaran. Faktor persekitaran yang signifikan adalah pencemaran udara, pencemaran bunyi, pendedahan bahan kimia, perubahan iklim dan pendedahan kepada mikroplastik.²

Mikroplastik merupakan partikel polimer organik sintetik (polietilena dan polivinilklorida). Partikel mikroplastik bersaiz kurang daripada 5 mm. Saiz yang sangat kecil dan penggunaan yang berleluasa turut menyebabkan mikroplastik sukar untuk disingkirkan daripada ekosistem.³ Terdapat dua jenis mikroplastik iaitu primer dan sekunder. Mikroplastik primer dihasilkan untuk kegunaan industri manakala, mikroplastik sekunder adalah hasil degradasi bahan plastik.⁴⁻⁵ Saiz mikroplastik yang sangat kecil memudahkan ia diserap masuk ke dalam tubuh. Mikroplastik telah dikesan dalam tubuh pada jantung, peparu, usus, hati, uri, urin, darah dan salur darah. Kajian melaporkan, pesakit yang mempunyai pengumpulan mikroplastik pada plak arteri di jantung menunjukkan peningkatan risiko sebanyak 4 hingga 5 kali ganda untuk mendapat infarksi miokardium berbanding individu yang tidak mempunyai pengumpulan mikroplastik pada plak arteri. Kewujudan pengumpulan mikroplastik pada tubuh juga meningkatkan kadar kematian pra-matang yang disebabkan oleh penyakit jantung.⁶⁻⁸

Seseorang individu berpotensi terdedah kepada mikroplastik melalui makanan, sedutan, sentuhan kulit dan peralatan perubatan.⁹⁻¹⁰ Pada masa kini, mikroplastik digunakan secara meluas

dalam bidang perubatan seperti penggunaan tiub untuk prosedur rawatan perubatan, kateter, prob mesin, branula dan pembungkusan sampel klinikal.¹¹ Dalam bidang kardiologi, mikroplastik digunakan dalam pengurusan pesakit sebagai sten, perentak, injap jantung dan kateter invasif. Penggunaan bahan mikroplastik dianggap sesuai untuk tempoh jangka panjang dalam pengendalian pesakit jantung berdasarkan aspek ketahanan dan biokompatibiliti mikroplastik.⁵⁻⁸ Kajian terdahulu menunjukkan berlakunya proses pembebasan mikroplastik daripada kateter salur darah jantung melalui proses larut resap.¹⁰ Oleh itu, terdapat keperluan untuk mengkaji kaitan pendedahan mikroplastik dengan kesan terhadap jantung.

Kebanyakan kajian terkini melaporkan tentang perkaitan antara pengumpulan mikroplastik pada tisu badan dan penyakit yang dihidapi tetapi tidak memperincikan mekanisme kemudaratan terhadap organ vital secara spesifik. Dengan memahami dan menyatukan bukti saintifik berkaitan kesan pendedahan mikroplastik terhadap jantung, ia dapat dijadikan justifikasi untuk menggesa multiagensi bertindak bagi mengurangkan pendedahan mikroplastik kepada masyarakat awam. Dapatan ini juga akan menjadi pendorong bagi meningkatkan strategi mewujudkan kesedaran bahaya pendedahan mikroplastik terhadap kesihatan jantung melalui program promosi kesihatan awam. Maka, wajarlah tujuan ulasan ini untuk mengkaji kesan pendedahan mikroplastik terhadap jantung.

METODOLOGI

Ulasan naratif ini menggunakan pangkalan data *Scopus*, *PubMed* dan *Web of Science (WoS)* dengan menggunakan kata kunci tertentu seperti yang dinyatakan dalam Jadual 1. Proses carian dijalankan pada sembilan November 2024.

Jadual 1 Kata Kunci Pencarian Kajian Literasi

Domain	Kata Kunci
Sistem kardiovaskular	kardiovaskular, jantung, miosit, kardio, endotelium, salur darah.
Mikroplastik	mikroplastik, plastik.

Kriteria Pemilihan dan Pengecualian Artikel

Kriteria pemilihan artikel adalah seperti penulisan artikel yang melibatkan kajian pemerhatian, percubaan klinikal, kajian dalam Bahasa Inggeris dan Bahasa Melayu serta kajian yang diterbitkan bermula daripada tahun 2019 hingga 2024. Semua kriteria tersebut adalah untuk memastikan artikel yang dipilih adalah yang terkini dan tidak mengandungi data pendua daripada kertas penerbitan kajian utama. Kriteria pengecualian artikel adalah penulisan artikel yang tidak menyatakan objektif ulasan naratif secara jelas.

Dokumen yang memenuhi kriteria pemilihan tersebut, didaftarkan dalam senarai Perisian Pengurus Rujukan *Endnote*.

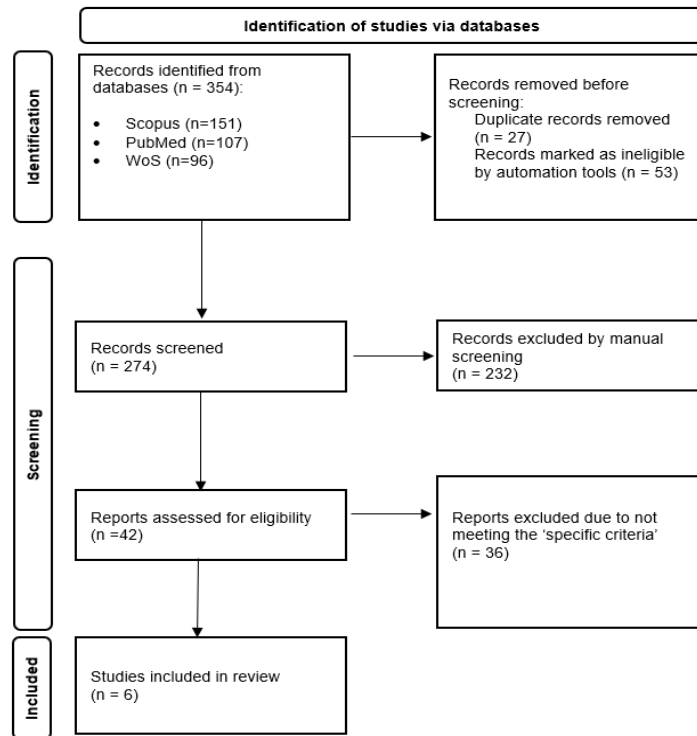
Pemilihan Artikel

Proses carian artikel menggunakan pendekatan *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)* sebagai panduan. Pendekatan PRISMA bukan secara penuh kerana ini ialah ulasan naratif. Rajah 1 menunjukkan carta alir PRISMA sebagai panduan dalam proses mengenalpasti, saringan, pengecualian dan

pemilihan artikel. Sebanyak 354 artikel disaring menggunakan tajuk dan abstrak melalui Perisian Pengurus Rujukan *Endnote*. Dalam proses saringan, sebanyak 274 artikel dikeluarkan kerana objektif kajian tidak menepati persoalan kajian, kajian jenis eksperimen terhadap haiwan dan artikel jenis ulasan. Hanya enam artikel diterima dan dimasukkan di dalam ulasan ini.

Pengekstrakan Data

Pengekstrakan data dilakukan dengan mengumpulkan maklumat relevan daripada kajian yang dipilih, termasuk nama penyelidik, tahun penerbitan, lokasi, reka bentuk kajian, proses patofisiologi yang berlaku dan kesan pendedahan mikroplastik terhadap jantung.



Rajah 1 Proses pemilihan artikel menggunakan carta alir PRISMA

HASIL

Ciri Kajian

Terdapat enam kajian yang dipilih dalam ulasan ini. Kesemua enam kajian berbentuk keratan rentas dan dijalankan di Negara China antara tahun 2023 hingga 2024. Kajian-kajian ini dijalankan terhadap kardiomyosit manusia secara *in-vitro*,¹²⁻¹⁴ sampel darah pesakit jantung¹⁵ dan sel stem manusia.^{16,17}

Proses Patofisiologi dan Kesan pada Jantung Tekanan Oksidatif

Mikroplastik mendorong tekanan oksidatif dalam tisu jantung dengan menghasilkan Spesies Oksigen Reaktif (ROS) seperti superoksida dan hidrogen peroksida. Penghasilan ROS mengganggu homeostasis ion kalsium dan mengakibatkan pengaktifan protein-protein kaspase. Tindakbalas ini mengakibatkan kebocoran mitokondria ke dalam

sitoplasma dan apoptosis kardiomyosit seterusnya mengaktifkan proses penuaan sel.^{12,14,16} Kesan pengaktifan penuaan sel menyebabkan berlakunya proses fibrosis dan kemusnahan kardiomyosit yang mengganggu kontraktiliti jantung hingga menyebabkan disfungsi jantung.¹⁵

Tindak Balas Inflamasi

Dapatan melaporkan tahap mikroplastik dalam sampel darah pesakit sindrom koronari akut menunjukkan korelasi positif yang signifikan dengan tahap interleukin (IL)-6 dan IL-12p70, sel limfosit B serta sel limfosit pemusnah semula jadi. Tahap mikroplastik dalam sampel darah pesakit juga menunjukkan korelasi yang positif dengan keterukan sindrom koronari akut yang dialami.¹⁵ Keterukan sindrom koronari akut dinilai menggunakan skor SYNTAX (*Synergy Between PCI with Taxus and Cardiac Surgery*).

Jadual 3 Kesan mikroplastik terhadap jantung

Bil	Pengarang & Tahun	Mekanisme utama	Kesan mikroplastik terhadap jantung
1.	Yang et al ¹⁵	Tindak balas inflamasi dengan meningkatkan tahap: i. interleukin (IL)-6 dan IL-12p70 ii. limfosit B iii. sel limfosit pemusnah semula jadi	Meningkatkan keterukan tahap penyakit salur darah jantung
2.	Deng et al ¹²	Tekanan oksidatif	Merosakkan sel salur darah
3.	Zhang et al ²³	i. Tekanan oksidatif ii. Tindak balas inflamasi iii. Pemusnahan homeostasis ion kalsium	Kesan jangka pendek: Kardiotoxiciti
4.	Li et al ¹⁷	iv. Disfungsi mitokondria i. Tekanan oksidatif ii. Mengaktifkan isyarat laluan <i>protein kinase</i> iii. Menghalang <i>autophagy flux</i> iv. Mengurangkan tahap poten sel stem embrio manusia	Kesan terhadap stem sel embrio manusia: Menghasilkan kardiomyosit yang kecil dan tidak matang seterusnya menjejaskan tahap kontraktiliti jantung
5.	Wang et al ²⁴	i. Tekanan oksidatif ii. Tindak balas inflamasi	Mencetuskan penuaan kardiomyosit
6.	Zhou et al ¹⁶	i. Tekanan oksidatif ii. Tindak balas inflamasi iii. Apoptosis iii. Pengumpulan kolagen	Meningkatkan ketebalan septum interventrikular yang mencetus hipertrofi jantung

PERBINCANGAN

Kebanyakan kajian berkaitan kesan mikroplastik terhadap jantung dijalankan di Negara China memandangkan negara tersebut merupakan pengeluar dan pengguna plastik terbesar dunia.¹⁸ Kajian berkaitan mikroplastik di Malaysia masih fokus terhadap isu kesedaran awam, kesan mikroplastik terhadap hidupan marin dan alam sekitar.^{19,21} Kajian tempatan berkaitan kesan pendedahan mikroplastik terhadap kesihatan masyarakat awam sangat terhad sedangkan, dapatan kajian sebegini yang menjadi pendorong kepada masyarakat awam untuk mengamalkan dasar berkaitan mikroplastik yang telah dirangka. Kajian lain mendapati, pendekatan secara impak kesihatan mempengaruhi perubahan tingkah laku individu termasuk dalam mengurangkan pendedahan terhadap mikroplastik.²² Oleh itu, kajian berkaitan kesan pendedahan mikroplastik terhadap kesihatan amat diperlukan.

Kesan pendedahan mikroplastik terhadap jantung adalah secara langsung dan tidak langsung. Kesan langsung adalah terhadap kardiomyosit, manakala kesan tidak langsung adalah melalui kecederaan sel salur darah yang mengakibatkan aterosklerosis. Mikroplastik mencetuskan tindak balas inflamasi dan pembentukan ROS dalam mitokondria kardiomyosit. Pembentukan ROS yang berlebihan dalam mitokondria kardiomyosit memusnahkan DNA, lipid, protein dan rantai

pengangkutan elektron mitokondria. Kemusnahan ini mengganggu penghasilan *Adenosine Triphosphate* (ATP) yang membekalkan tenaga bagi kontraksi kardiomyosit. Pengurangan penghasilan ATP mencetus rembesan faktor apoptosis yang mendorong kematian kardiomyosit. Pembentukan ROS yang berlebihan juga mengaktifkan laluan isyarat kinase *Mitogen-Activated Protein (MAP)* yang menggalakkan fibrosis dan hipertrofi kardiomyosit. Pengurangan tenaga bagi kontraktiliti, fibrosis dan hipertrofi kardiomyosit yang berpanjangan mengakibatkan kardiomyopati seterusnya menyumbang kepada disfungsi jantung yang akhirnya menyebabkan kegagalan jantung.^{12,23}

Kesan pendedahan mikroplastik terhadap salur darah jantung mengaktifkan tindak balas inflamasi dan merangsang rembesan sitokin. Penghasilan sitokin menyebabkan tekanan oksidatif dan menghalang penghasilan nitrit oksida. Molekul nitrit oksida penting dalam mengekalkan relaksasi salur darah, mencegah agregasi platelet dan mencegah pelekatan sel imun yang berlebihan. Disfungsi salur darah mengakibatkan rembesan molekul pelekatan seperti Molekul Perlekatan Sel Vaskular-1 (VCAM-1) dan Molekul Perlekatan Interselular-1 (ICAM-1). Keadaan ini meningkatkan lagi pelekatan sel-sel imun dan mengakibatkan kecederaan salur darah. Sel salur darah yang cedera merangsang rembesan faktor koagulasi seperti faktor von Willebrand yang mengakibatkan agregasi

platelet dan trombosis. Tindak balas yang berterusan menghasilkan pegumpulan lipid dan pembentukan plak seterusnya menyebabkan berlaku aterosklerosis.^{24,25} Mekanisme ini menyerupai kesan bahan pencemar udara halus (*Particulate Matter* 2.5) yang mempercepatkan proses aterosklerosis.²⁶ Pembentukan aterosklerosis menyempitkan salurdarah dan mengurangkan aliran darah ke kardiomyosit. Pengurangan aliran darah ke kardiomyosit mengakibatkan iskemia dan infarksi miokardium.

Dapatan menunjukkan pendedahan mikroplastik sebagai faktor risiko baru bagi penyakit jantung. Oleh itu, tindakan pencegahan bagi pendedahan mikroplastik sangat penting. Dalam usaha mengurangkan pendedahan mikroplastik, Malaysia telah membangunkan strategi melalui kawalan alam sekitar dan industri penyediaan makanan. Contohnya Pelan Tindakan Malaysia Ke Arah Sifar Penggunaan Plastik Sekali Guna 2018-2030²⁷ dan perundangan di Bahagian Keselamatan dan Kualiti Makanan, Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM). Peraturan-peraturan Makanan 1985: Peraturan 27, 29, dan 30 ada menyatakan tentang larangan penggunaan polivinilklorida dalam pembungkusan makanan.²⁸ Namun begitu, fokus terhadap pendedahan mikroplastik daripada perkhidmatan kesihatan, peralatan dan implan perubatan masih sangat terhad. Pendekatan ini perlu bagi mengelakkan risiko mudarat daripada rawatan yang diterima pesakit jantung sendiri. Kajian terkini menunjukkan terdapat pilihan polimer seperti asid poliaktik, polikaprolakton, asid poliglikolik dan polihidroksialkanoat sebagai alternatif kepada bahan mikroplastik. Cabaran kepada penggunaan polimer alternatif ini adalah kos yang lebih tinggi dan kesesuaian bahan polimer alternatif dengan fungsi peralatan perubatan. Inovasi dan penyelidikan baru amat diperlukan bagi mengkaji kesesuaian penggunaan alternatif polimer ini. Pihak KKM juga perlu merangka garis panduan kawalan penggunaan bahan mikroplastik dalam peralatan dan implan perubatan serta menilai kesan jangka panjang terhadap sistem kardiovaskular.

Cadangan

Majoriti kajian yang dijalankan berbentuk model in vivo dan in vitro. Ini menunjukkan bukti saintifik terhadap manusia masih terhad. Oleh itu, kajian berbentuk kohort perlu dilakukan bagi menilai kesan sebenar pendedahan manusia terhadap pencemaran mikroplastik. Dapatan kajian tersebut mampu menyumbang kepada penemuan baharu bagi merancang dan melaksanakan strategi pencegahan terhadap masyarakat awam secara holistik.

KESIMPULAN

Pendedahan mikroplastik merupakan faktor risiko baharu bagi penyakit jantung iskemia dan kegagalan

jantung melalui tekanan oksidatif serta tindak balas inflamasi. Maklumat ini perlu diintegrasikan dalam program promosi kesihatan awam dan garis panduan amalan klinikal penyakit kardiovaskular agar pencegahan dapat dilaksanakan di peringkat individu, komuniti dan multiagensi.

PENGHARGAAN

Penulis ingin menyampaikan setinggi-tinggi penghargaan kepada Dekan Fakulti Perubatan dan Jabatan Perubatan Kesihatan Awam, Fakulti Perubatan, Universiti Kebangsaan Malaysia atas sokongan terhadap penghasilan artikel ini. Penghargaan turut didedikasikan kepada Ketua Pengarah Kesihatan Malaysia atas kebenaran penerbitan artikel ini [NIH.800-4/4/1 Jld. 142 (51)].

RUJUKAN

1. Di Cesare M, Perel P, Taylor S, Kabudula C, Bixby H, Gaziano TA, et al. The heart of the world. *Global Heart*. 2024;19(1):11.
2. WHO. *Non-communicable disease*. 2025. [cited 15 July 2025] Available from: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)).
3. Auta HS, Emenike CU, Fauziah SH. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: a review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment international*. 2017;102:165-176.
4. Schmid C, Cozzarini L, Zambello E. Microplastic's story. *Marine Pollution Bulletin*. 2021;162:111820.
5. Rushdi IW, Rusidi RS, Khairul WM, Hamzah S, Khalik W, Anuar ST, et al. Microplastics in the environment: Properties, impacts and removal strategies. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*. 2023;27(6):1216-1235.
6. Glazier HA. Microplastics and Nanoplastics in Atheromas. *The New England Journal of Medicine*. 2024;390(18):1727-1728.
7. Marfella R, Prattichizzo F, Sardu C, Fulgenzi G, Graciotti L, Spadoni T, et al. Microplastics and nanoplastics in atheromas and cardiovascular events. *New England Journal of Medicine*. 2024;390(10):900-910.
8. Prattichizzo F, Ceriello A, Pellegrini V, La Grotta R, Graciotti L, Olivieri F, et al. Micro-nanoplastics and cardiovascular diseases: evidence and perspectives. *European Heart Journal*. 2024;45(38):4099-4110.
9. Persiani E, Cecchetti A, Ceccherini E, Gisone I, Morales MA, Vozzi F.

- Microplastics: A Matter of the Heart (and Vascular System). *Biomedicines*. 2023;11(2).
10. Yang Y, Xie E, Du Z, Peng Z, Han Z, Li L, et al. Detection of Various Microplastics in Patients Undergoing Cardiac Surgery. *Environ Sci Technol*. 2023;57(30):10911-10918.
 11. Dewika M, Kantha N, Markandan K, Nagaratnam S, Irfan NA, Khalid M. Microplastics release from coronary catheters: Insights from catheter analysis. *Chemosphere*. 2024;366.
 12. Deng L, Li M, Jiang Z, Xiang G, He S, Zhang H, et al. Cobalt nanoparticles attenuate microplastic-induced vascular endothelial injury via Nrf2 pathway activation. *Science of The Total Environment*. 2024;951:175711.
 13. Wang T, Yi Z, Liu X, Cai Y, Huang X, Fang J, et al. Multimodal detection and analysis of microplastics in human thrombi from multiple anatomically distinct sites. *Ebiomedicine*. 2024;103.
 14. Zhang T, Yang S, Ge Y, Yin L, Pu Y, Gu Z, et al. *Unveiling the Heart's Hidden Enemy: Dynamic Insights into Polystyrene Nanoplastic-Induced Cardiotoxicity Based on Cardiac Organoid-on-a-Chip*. ACS Nano. 2024.
 15. Yang YX, Zhang F, Jiang ZL, Du ZY, Liu S, Zhang M, et al. Microplastics are associated with elevated atherosclerotic risk and increased vascular complexity in acute coronary syndrome patients. *Particle and Fibre Toxicology*. 2024;21(1):34.
 16. Zhou Y, Wu Q, Li Y, Feng Y, Wang Y, Cheng W. Low-dose of polystyrene microplastics induce cardiotoxicity in mice and human-originated cardiac organoids. *Environment International*. 2023;179:108171.
 17. Li J, Weng H, Liu S, Li F, Xu K, Wen S, et al. Embryonic exposure of polystyrene nanoplastics affects cardiac development. *Science of The Total Environment*. 2024;906:167406.
 18. Yu C, Jin D, Hu X, He W, Li G. An Overview of Management Status and Recycling Strategies for Plastic Packaging Waste in China. *Recycling*. 2023;8(6):90.
 19. Goh KC, Kurniawan TA, Sarpin N, Masrom MAN, Othman MHD, Anouzla A, et al. Combating microplastic pollution in Malaysia's marine ecosystems using technological solutions, policy instruments, and public participation: a review. *Journal of Hazardous Materials Advances*. 2025;17:100542.
 20. Tan E, Jaafar N, Tan SA, Zanuri NM, editors. *A review of plastic and microplastic pollution towards the Malaysian marine environment*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; 2022: IOP Publishing.
 21. Praveena SM. Exploring public awareness, influencing factors and policy implications towards microplastic pollution: Perspectives from Malaysia. *Marine Policy*. 2024;161:106042.
 22. Hossain MS. People's attitudes regarding plastics and microplastics pollution: Perceptions, behaviors, and policy implications. *Marine Policy*. 2024;165:106219.
 23. Zhang M, Shi J, Zhou J, Song L, Ding J, Deng HP, et al. N6-methyladenosine methylation mediates non-coding RNAs modification in microplastic-induced cardiac injury. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2023;262:115174.
 24. Wang R, Wang M, Ye J, Sun G, Sun X. Mechanism overview and target mining of atherosclerosis: Endothelial cell injury in atherosclerosis is regulated by glycolysis. *International Journal of Molecular Medicine*. 2021;47(1):65-76.
 25. Vlácil A-K, Bänfer S, Jacob R, Trippel N, Kuzu I, Schieffer B, Grote K. Polystyrene microplastic particles induce endothelial activation. *PloS one*. 2021;16(11):e0260181.
 26. Niu X, Yu J, Sun J, Zhang X, Zhou L, Liu X, et al. New mechanisms of PM(2.5) induced atherosclerosis: Source dependent toxicity and pathogenesis. *Environ Res*. 2025;266:120535.
 27. Ma ZF, Ibrahim YS, Lee YY. Microplastic pollution and health and relevance to the Malaysia's roadmap to zero single-use plastics 2018–2030. *The Malaysian Journal of Medical Sciences: MJMS*. 2020;27(3):1.
 28. Nordin NH, Razman MR, Zakaria SZS. The Safety of Packaged Food: Focus on Environmental Management and the Food Regulation 1985. *International Journal of the Malay World and Civilisation*. 2018; 6: 41–46.