

## Fisiologi Pemrosesan Visual dan Faktor-faktor yang Memengaruhinya

Zaki Ahmad Fauzan<sup>1</sup>, Rani Himayani<sup>2</sup>, Nurul Utami<sup>3</sup>, Selvi Rahmawati<sup>3</sup>

Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung

<sup>2</sup>Bagian Ilmu Penyakit Mata, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung

<sup>3</sup>Bagian Histologi dan Patologi Anatomi, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung

### Abstrak

Manusia menggunakan indra penglihatan untuk mengenali benda-benda di sekitarnya dan mengelola informasi yang dimiliki benda-benda tersebut. Proses pengelolaan informasi yang didapat dari benda-benda di lingkungan sekitar dapat disebut sebagai pemrosesan visual (*visual processing*). Pemrosesan visual mencakup beberapa tugas penglihatan, seperti pendeteksian keberadaan benda, pembedaan antar benda, pengenalan benda yang dianggap mirip, pengidentifikasian benda, penunjukkan lokasi spasial, pendeteksian pergerakan, warna dan pola yang dimiliki benda, serta pembuatan jenis keputusan lain tentang peristiwa yang kompleks secara visual. Proses yang dimulai dari penerimaan cahaya oleh bagian optik mata sampai pembuatan representasi kortikal di otak ini adalah proses yang rumit sehingga ada banyak faktor yang dapat mempengaruhinya. Dari faktor-faktor tersebut, ada faktor yang dapat mempermudah pemrosesan visual, seperti kondisi emosi, peningkatan orientasi auditori, dan tindakan yang menyertai proses visual, serta ada pula yang mempersulit pemrosesan visual, seperti proses penuaan dan efek dari kelahiran premature. Pemahaman ini penting dalam menentukan epidemiologi penyakit mata dan yang mempengaruhinya dalam diagnosis penyakit mata.

**Kata kunci:** Faktor pengaruh, fisiologi, pemrosesan visual, sistem sensoris

## Physiology of Visual Processing and Its Influencing Factors

### Abstract

Humans use the sense of sight to recognize objects around them and manage the information these objects have. The process of managing information obtained from objects in the surrounding environment is referred to as visual processing. Visual processing includes several visual tasks, such as detecting the presence of objects, differentiating between objects, recognizing objects that are considered similar, identifying objects, pinpointing spatial locations, detecting their movements, colors and patterns, and making other types of decisions regarding visually complex events. . This process, which starts from light receiving by the optic part of the eye until cortical representations creation in the brain, is a complex process, and because of that, there are so many factors that can influence it. Among factors, there are factors that can optimize visual processing, such as emotional conditions, increased auditory orientation, and actions that accompany visual processes, as well as those that complicate visual processing, such as the aging process and the effects of premature birth. This understanding is important in determining the epidemiology of ocular disease and its influence in the diagnosis. of ocular disease.

**Keywords:** Influencing factors, mechanism, physiology, sensory system, visual processing

### Pendahuluan

*Visual processing* adalah kemampuan yang dipakai manusia dalam kehidupan sehari-hari. Manusia menggunakan indra penglihatan untuk mengenali benda-benda di sekitarnya dan mengelola informasi yang dimiliki benda-benda tersebut. <sup>1</sup>Pemrosesan visual memiliki beberapa uraian proses, antara lain pendeteksian keberadaan benda, pembedaan antar benda, pengenalan benda yang dianggap mirip, pengidentifikasian benda, penunjukkan lokasi spasial, serta pembuatan jenis keputusan lain tentang peristiwa yang kompleks secara visual. Pergerakan, pola, dan warna benda serta pengintegrasian informasi-informasi tersebut (yang menjadi input visual secara keseluruhan) juga termasuk kedalam

pemrosesan visual. Hasil dari pemrosesan visual yang disebutkan di atas sangat diperlukan oleh manusia untuk hidup dan berinteraksi dengan lingkungannya.<sup>1,2</sup>

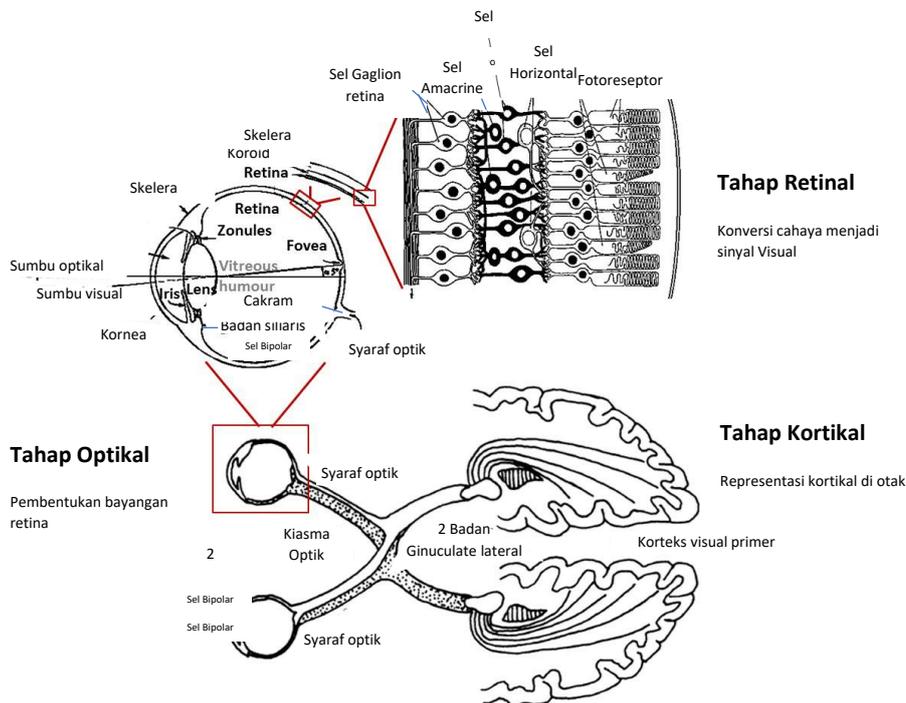
Terdapat banyak faktor yang dapat mempengaruhi pemrosesan visual. Hal ini terutama karena ada banyak hal yang dapat terjadi kepada manusia selama interaksinya dengan lingkungan di sekitarnya. Di antara faktor-faktor tersebut adalah proses penuaan dan perubahan kondisi emosional . Proses penuaan dapat menurunkan ketajaman visual, sensitivitas kontras, diskriminasi orientasi dan kecepatan membaca, bahkan tanpa perubahan patogenik. Perubahan kondisi emosional dapat memengaruhi pemrosesan visual dengan merubah luas lapangan pandang dan tingkat

pengenalan stimuli. Terdapat juga faktor-faktor lain, seperti peningkatan orientasi auditori, tindakan yang menyertai proses visual, serta efek dari kelahiran prematur.<sup>3,4</sup>

**Isi**

Penglihatan adalah sebuah proses yang rumit, di mana sistem visual mengubah stimulus cahaya menjadi informasi yang kemudian diproses oleh otak. Proses yang rumit ini dilakukan dalam 3 tahap (gambar 1). Cahaya yang dipantulkan benda pertama-tama

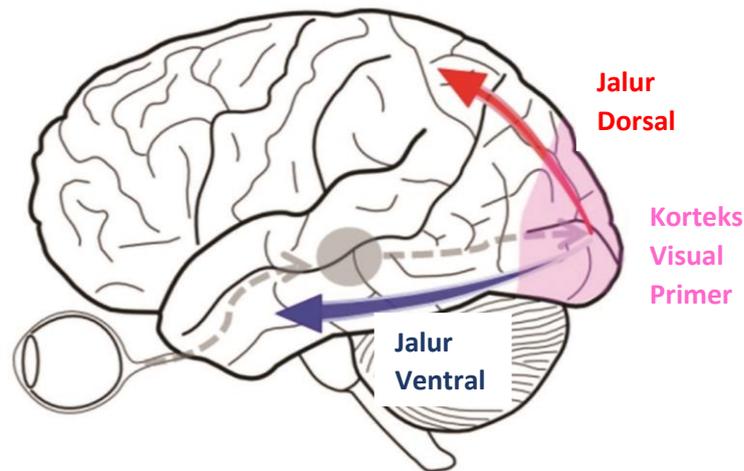
difokuskan oleh bagian optik mata (utamanya kornea dan lensa mata). Di retina, fotoreseptor menerima distribusi cahaya, kemudian cahaya tersebut akan diserap dan dikonversi menjadi sinyal kimiawi serta sinyal elektrik (sinyal visual) oleh lapisan retina. Sinyal-sinyal ini keluar dari mata melalui syaraf optik dan diubah menjadi representasi kortikal di otak. Gambar dibawah ini mengilustrasikan tempat tahap-tahap pemrosesan visual.<sup>5</sup>



**Gambar 1.** Ilustrasi Tempat Terjadinya 3 Tahap Pemrosesan Visual<sup>5</sup>

Akhir abad lalu, Mishkin dan Ungerleider mengidentifikasi dua jalur kortikal untuk pemrosesan visual. Satu jalur melibatkan korteks temporal inferior dan mendukung pengenalan objek sedangkan jalur lainnya melibatkan korteks parietal posterior dan mendukung lokalisasi objek. Teori jalur ganda yang dihasilkan dari pemrosesan visual dikembangkan lebih lanjut oleh Goodale, et al. Mereka menggambarkan aliran kortikal ventral yang menerima masukan dari lapisan parvoseluler dari nukleus genikulat lateral dan memproyeksikan melalui daerah ventral dari korteks visual ke lobus temporal dan aliran dorsal dengan masukan magnoseluler yang

diproyeksikan melalui area dorsal korteks visual dan area V5 ke lobus parietal. Model yang dikembangkan dari teori oleh Goodale, et al tersebut diperlihatkan pada Gambar 2, yang mengilustrasikan aliran informasi dari retina ke korteks visual primer melalui lateral geniculate nucleus (LGN). Lingkaran berwarna abu-abu menggambarkan LGN, dan garis abu-abu yang putus-putus menggambarkan koneksi anatomikal retina dengan korteks visual. Dari korteks visual primer, pemrosesan visual berlanjut di jalur dorsal (yang berwarna merah), dan jalur ventral (yang berwarna biru).<sup>6,7</sup>



**Gambar 2.** Skema jalur aliran informasi dari retina ke dua jalur Kortikal<sup>7</sup>

Aliran ventral berkaitan dengan persepsi bentuk, dan aliran mendukung persepsi dorsal gerak, lokalisasi objek dan kontrol visuomotor (bagaimana berinteraksi dengan objek). Meskipun aliran kortikal ini berbeda dalam spesialisasi fungsionalnya, mereka saling berhubungan dan bergantung pada sejumlah area kortikal yang umum. Integrasi gerakan adalah sekuensial dan dimulai dengan deteksi sinyal gerakan dalam wilayah kecil bidang visual. Gerakan di dalam wilayah kecil ini disebut gerakan local, dan sinyal ini dapat dihasilkan oleh perubahan pencahayaan (gerakan urutan pertama) atau perubahan komponen pemandangan visual selain pencahayaan, seperti kontras, kedalaman, atau tekstur (gerakan urutan kedua). Deteksi gerakan urutan pertama terutama melibatkan pemrosesan pada tingkat korteks visual primer (V1), sedangkan gerakan urutan kedua mungkin melibatkan korteks visual primer dan ekstrasitriate.

Area kortikal aksesori V3 (V3A) dan V5 (juga disebut area temporal tengah [MT]) memungkinkan integrasi sinyal lokal ke dalam persepsi gerak global yang koheren. Demikian pula, persepsi bentuk global dihipotesiskan untuk memulai sebagai pemrosesan fitur lokal pada tingkat korteks visual primer, diikuti dengan integrasi fitur dalam area ventral dari korteks visual ekstrasitriate dan korteks temporal inferior.<sup>6</sup>

Sirkuit saraf untuk pemrosesan gerak visual adalah salah satu aspek yang paling dipahami dari struktur dan fungsi korteks serebral primata. Korteks visual primer (V1)

adalah tahap pertama pemrosesan visual di korteks serebral di mana selektivitas arah pertama kali muncul, tetapi hanya sebagian kecil neuron V1 yang selektif arah. Neuron selektif arah telah diamati di beberapa area visual lainnya tetapi area middle temporal (MT) dan medial superior temporal (MST) yang tampaknya paling terspesialisasi untuk pemrosesan gerak. Sebagian besar sel di wilayah ini adalah selektif arah.<sup>8</sup>

Lebih lanjut, diketahui bahwa kerusakan pada MT dan MST mengakibatkan gangguan persepsi gerak dan stimulasi listrik pada daerah tersebut dapat mempengaruhi persepsi gerak. Dengan demikian, hubungan kausal telah ditetapkan antara aktivitas saraf di MT dan MST dan persepsi gerak visual. MST dapat dibagi menjadi dua subregional: bagian lateral (MSTl) yang terlibat dalam persepsi objek bergerak dan gerakan mata pengejaran halus, dan bagian dorsal (MSTd), yang terkait dengan persepsi pola gerak kompleks, terutama gerak diri, dan memiliki peran yang dijelaskan dengan baik dalam integrasi isyarat gerak vestibular visual tanah. Perbedaan antara MT dan MST telah dipelajari dengan baik pada monyet, tetapi dalam penelitian manusia, area ini biasanya dikelompokkan menjadi satu wilayah yang disebut kompleks MT manusia, karena batas resolusi spasial Fmri.<sup>8</sup>

Kondisi emosi diketahui berpengaruh terhadap pemrosesan visual seseorang. Diketahui bahwa peningkatan aktivitas aliran informasi berhubungan dengan ketegangan yang terletak di area prefrontal lateral sinistra.

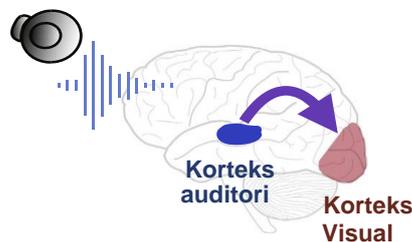
Efek ini diinterpretasikan sebagai sensitisasi yang didorong dari atas ke bawah. Hal ini melibatkan pengaruh simultan pada beberapa area kortikal dan dengan demikian mempengaruhi tahapan yang berbeda dalam pemrosesan informasi. Kondisi emosional yang negatif diduga mengakibatkan beberapa mekanisme tambahan untuk penurunan regulasi yang afektif sehingga dapat menambah aktivitas kontrol persepsi/perhatian.<sup>9</sup>

Telah diketahui pula adanya peran korteks prefrontal sebagai area penting untuk integrasi fungsi kognitif dan modulasi seluruh sistem perhatian/persepsi. Ketegangan yang terjadi dikaitkan juga dengan peningkatan konektivitas di dalam dan dari area yang dikenal sebagai jaringan perhatian dorsal (dorsal attentional network). Ini diduga merupakan dasar dari mekanisme saraf sensitisasi perhatian yang digerakkan oleh rangsangan.<sup>10,11</sup>

Suasana hati positif dikaitkan dengan peningkatan aliran dari area parietal kanan ke

korteks visual dan juga diketahui mempengaruhi ruang lingkup bidang visual. Hal ini mendasari perubahan dalam lingkup perhatian. Terdapat peningkatan aktivitas arus keluar informasi terkait ketegangan yang terletak di prefrontal daerah lateral kiri. Sementara itu, suasana hati negatif telah diketahui dapat meningkatkan pengenalan konten atau objek yang dirasa mengancam dalam keadaan cemas. Telah terbukti bahwa stres dan kecemasan mengubah tingkat pengenalan rangsangan negatif serta karakteristik spasial dari pemrosesan adegan visual.<sup>9</sup>

Selain kondisi emosi, orientasi perhatian suara juga dapat meningkatkan pemrosesan visual. Perhatian kita kadang tiba-tiba tertarik pada sesuatu (misal suara mendadak yang mengagetkan) sehingga kita menajamkan telinga atau melihat lebih dekat ke tempat munculnya objek. Orientasi perhatian yang tidak disengaja ini memiliki pengaruh penting pada persepsi dan tindakan.<sup>12</sup>



**Gambar 3.** Skema Pengaruh Suara Peripher terhadap Aktivitas Korteks visual<sup>12</sup>

Skema di gambar 3 menggambarkan suara perifer yang menonjol dapat secara selektif meningkatkan aktivitas korteks visual kontralateral ke lokasi suara. Ini telah diinterpretasikan sebagai efek perhatian lintas-modal di mana isyarat pendengaran menarik perhatian visual-spasial ke lokasinya.<sup>12</sup>

Informasi auditori biasanya disertai dengan objek visual, dan suara sering kali berfungsi sebagai tanda peringatan dan membawa nilai prediksi kapan dan di mana objek visual akan muncul.<sup>10</sup> Bukti- bukti telah menunjukkan bahwa suara perifer dan

menonjol dapat meningkatkan persepsi visual dari stimulus visual yang disajikan selanjutnya di lokasi yang sama. Efek persepsi ini disertai dengan respons saraf yang ditingkatkan dalam jalur pemrosesan kortikal visual awal. Suara saja (tanpa rangsangan visual) dapat mengaktifkan korteks visual.<sup>13</sup>

Faktor lainnya yang dapat memengaruhi persepsi visual yaitu tindakan. Perencanaan suatu tindakan terhadap objek visual dapat mempengaruhi bagaimana fitur objek diproses secara istimewa. Sebuah penelitian oleh Wykowska et al telah menunjukkan bahwa gerakan mengganggam terencana

meningkatkan kemampuan orang untuk menilai ukuran rangsangan visual dibandingkan dengan gerakan menunjuk terencana. Genggaman kekuatan terencana meningkatkan kepekaan visual terhadap perubahan yang relatif besar, sedangkan pemahaman presisi yang direncanakan meningkatkan kepekaan visual terhadap perubahan yang relatif kecil sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem visual lebih memilih fitur visual yang paling relevan dengan tindakan yang direncanakan.<sup>14,15</sup>

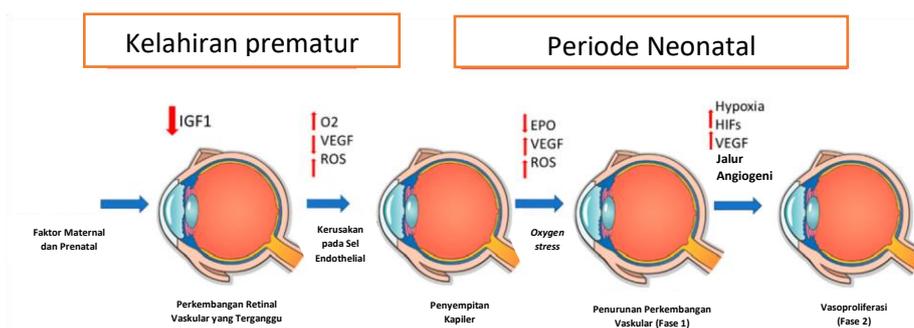
Kecepatan pemrosesan visual menurun seiring dengan penambahan usia. Secara umum penuaan, walaupun tanpa kondisi perubahan patologis, memiliki efek terhadap perlambatan pemrosesan informasi di otak. Pada fungsi visual, penuaan dapat mempengaruhi beberapa fungsi visual, contohnya ketajaman visual, diskriminasi orientasi, sensitivitas kontras, dan kecepatan membaca serta secara sangat signifikan mengakibatkan penurunan kecepatan pemrosesan visual.<sup>3,16,17</sup>

Penelitian yang dilakukan Habekos et al menggunakan model Theory of Visual Attention (TVA) menunjukkan bahwa kecepatan pemrosesan visual seseorang berkurang setengahnya seiring bertambahnya usia dari 75 menuju 80 tahun. Dalam Theory of Visual Attention dinyatakan bahwa seluruh

objek yang berada di bidang visual diproses oleh otak secara paralel namun dengan kecepatan yang berbeda. Tingkat pemrosesan setiap objek menentukan kemungkinan objek tersebut untuk dikenali secara sadar dan jumlah kecepatan pemrosesan untuk setiap objek individu dalam bidang visual sama dengan total kapasitas pemrosesan sistem visual.<sup>17,18</sup>

Penurunan kecepatan pemrosesan visual pada lansia diyakini terjadi akibat perubahan rasio signal-to-noise saraf akibat proses penuaan fisiologis. Hipotesis lainnya adalah tidak terhubungnya beberapa area kortikal yang penting dalam proses pengenalan visual.<sup>17</sup>

Selain proses fisiologis seperti penuaan, kondisi patologis juga dapat berpengaruh terhadap penurunan kemampuan pemrosesan visual. Salah satunya adalah kelahiran prematur yang dikaitkan dengan retinopati prematuritas. Gangguan ini ditandai dengan pertumbuhan abnormal pembuluh darah retinal perifer sebagai respons terhadap konsentrasi oksigen retina yang berubah ketika bayi lahir sangat prematur. Pembuluh darah baru ini memanjang dari retina ke vitreous sebagai ekstraretinal proliferasi fibrovaskular, yang nantinya dapat berakibat pada lepasnya retina dan selanjutnya kehilangan penglihatan.<sup>6</sup>



**Gambar 4.** Deskripsi dari urutan kejadian patofisiologi yang umum diketahui dapat menyebabkan retinopati prematuritas. Singkatan: EPO, erythropoietin; HIFs, hypoxia-inducible factors; IGF-1, insulin-like growth factor 1; O<sub>2</sub>, oxygen; ROS, reactive oxygen species; VEGF, vascular endothelial growth factor  
Dikutip dari: Graziosi, et al<sup>19</sup>

penglihatan yang umum terjadi pada anak-anak yang lahir prematur antara lain penurunan ketajaman penglihatan, strabismus, stereopsis abnormal ataupun kesalahan refraksi. Fungsi visual yang terkait

dengan aliran pemrosesan visual dorsal, seperti persepsi gerak global dan integrasi visuomotor, mungkin terganggu oleh kelahiran prematur. Gangguan ini dapat berlanjut hingga remaja dan dewasa.<sup>6</sup>

## Ringkasan

Di antara banyak faktor yang dapat memengaruhi pemrosesan visual, terdapat faktor yang mempermudah maupun yang mempersulit pemrosesan visual. Faktor yang mempermudah pemrosesan visual di antaranya adalah peningkatan orientasi auditori, tindakan yang menyertai proses visual, serta kondisi emosi, baik yang positif maupun yang negatif. Sedangkan faktor yang mempersulit pemrosesan visual diantaranya adalah proses penuaan dan efek dari kelahiran prematur.

## Simpulan

Proses penglihatan manusia sangat penting dalam kehidupan sehari-hari dan melalui proses yang mendetail serta dipengaruhi bermacam-macam faktor.

## Daftar Pustaka

1. Jaiswal.NIH Public Access. Bone [Internet]. 2014;23(1):1–7. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3624763/pdf/nihms412728.pdf>
2. Price TD, Khan R. Evolution of Visual Processing in the Human Retina. Trends Ecol Evol [Internet]. 2017;32(11):810–3. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2017.09.001>
3. He X, Shen M, Cui R, Zheng H, Ruan X, Lu ZL, et al. The temporal window of visual processing in Aging. Investig Ophthalmol Vis Sci. 2020;61(5):3–5.
4. Wyczesany M, Ligeza TS, Grzybowski SJ. Effective connectivity during visual processing is affected by emotional state. Brain Imaging Behav. 2015;9(4):717–28.
5. Vinas M. Polychromatic Adaptive Optics to evaluate the impact of manipulated optics on vision. 2015.
6. Leung MPS, Thompson B, Black J, Dai S, Alsweller JM. The effects of preterm birth on visual development. Clin Exp Optom. 2018;101(1):4–12.
7. Kafaligönül H. Vision: a Systems Neuroscience Perspective. J Neurobehav Sci. 2014;1(2):21–5.
8. Chaplin TA, Rosa MGP, Lui LL. Auditory and visual motion processing and integration in the primate cerebral cortex. Front Neural Circuits. 2018;12(October):1–9.
9. O’connor. HHS Public Access. Physiol Behav. 2016;176(1):139–48.
10. Viviani R. Emotion regulation, attention to emotion, and the ventral attentional network. Front Hum Neurosci. 2013;7(NOV):1–24.
11. Widge AS, Heilbronner SR, Hayden BY. Prefrontal cortex and cognitive control: New insights from human electrophysiology [version 1; peer review: 3 approved]. F1000Research. 2019;8:1–10.
12. Störmer VS. Orienting spatial attention to sounds enhances visual processing. Curr Opin Psychol. 2019;29:193–8.
13. Vroomen J, De Gelder B. Sound enhances visual perception: Cross-modal effects of auditory organization on vision. J Exp Psychol Hum Percept Perform. 2000;26(5):1583–90.
14. Suh J, Abrams RA. Action influences unconscious visual processing. Attention, Perception, Psychophys. 2018;80(6):1599–608.
15. Wykowska A, Schubö A. Action intentions modulate allocation of visual attention: Electrophysiological evidence. Front Psychol. 2012;3(OCT):1–15.
16. Eckert MA, Keren NI, Roberts DR, Calhoun VD, Harris KC. Age-related changes in processing speed: Unique contributions of cerebellar and prefrontal cortex. Front Hum Neurosci. 2010;4(March):1–14.
17. Habekost T, Vogel A, Rostrup E, Bundesen C, Kyllingsbaek S, Garde E, Ryberg C, Waldemar G. Visual processing speed in old age. Scandinavian journal of psychology. 2013;54(2): 89–94.
18. Bundesen C, Vangkilde S, Petersen A. Recent developments in a computational theory of visual attention (TVA). Vision Res [Internet]. 2015;116:210–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2014.11.005>
19. Graziosi A, Perrotta M, Russo D, Gasparroni G, D’Egidio C, Marinelli B, et al. Oxidative Stress Markers and the Retinopathy of Prematurity. J Clin Med. 2020;9(9):2711.