



Basal Ganglia, Penyakit Parkinson, dan Pentingnya Olahraga dalam Pengembangan Kecerdasan Gerak

Hafidz Gusdiyanto¹, Pinton Setya Mustafa^{2*}

¹ SMP Negeri 2 Malang, Indonesia

² Universitas Islam Negeri Mataram, Indonesia

Email: hafidgusdiyanto@gmail.com¹, pintonsetyamustafa@uinmataram.ac.id^{2*}

Article Info

Received: 29 Februari 2024

Accepted: 25 Maret 2024

Abstrak:

Bergerak memerlukan banyak proses yang begitu kompleks yang melibatkan berjuta sel dalam otak untuk menciptakan gerakan tersebut. Tujuan artikel ini adalah membahas tentang basal ganglia, penyakit parkinson, dan peran olahraga dalam pengembangan gerak. Studi ini merupakan kajian kepustakaan, yaitu melakukan kajian dari buku maupun jurnal tentang topik yang relevan dengan pendekatan kualitatif. Hasil tinjauan ini telah membahas basal ganglia adalah struktur di otak yang membantu kontrol gerakan sehingga berperan dalam motor dan tindakan otomatis dari keterampilan motorik yang bertindak dengan memfasilitasi penggunaan perencanaan motorik. Basal ganglia berfungsi memodulasi pola gerakan yang telah dimulai pada level kortikal. Gangguan yang terjadi pada basal ganglia yang sangat umum yaitu penyakit parkinson, salah satu gejala awal yang paling umum yaitu mengalami tremor saat sedang beristirahat. Pembelajaran olahraga untuk perkembangan kecerdasan gerak pada masa usia emas dapat diberikan melalui permainan yang disesuaikan dengan perkembangan dan pertumbuhan anak. Kesimpulan dari kajian ini bahwa basal ganglia berperan penting dalam keterampilan motorik dan pola gerakan otomatis. Apabila terjadi gangguan fungsi pada basal ganglia, maka berdampak negatif pada fungsi motorik. Oleh karena itu, penting untuk merangsang perkembangan kecerdasan gerak pada masa anak-anak melalui permainan gerak yang dapat meningkatkan kreativitas.

Kata Kunci: Basal Ganglia, Parkinson, Gerak, Olahraga.

Citation: Gusdiyanto, H., & Mustafa, P. S. (2024). Basal Ganglia, Penyakit Parkinson, dan Pentingnya Olahraga dalam Pengembangan Kecerdasan Gerak. *Medika: Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 4(1), 1-11.

Pendahuluan

Gerak merupakan aspek penting dalam kehidupan sehari-hari. Setiap gerakan mulai dari yang paling sederhana hingga yang paling kompleks melibatkan serangkaian proses yang rumit dan terkoordinasi (Schmidt et al., 2019). Proses gerak dimulai di otak yang mengatur dan mengontrol semua gerakan tubuh (Rosenbaum, 2009). Namun, gerakan apa pun yang diperintahkan oleh otak biasanya masih kasar dan tidak terkontrol (Ramachandran, 2012). Hal tersebut berarti bahwa gerakan tersebut tidak sepenuhnya dikoordinasikan dan belum efisien atau efektif. Oleh karena itu, perlu ada sistem yang dapat mengontrol dan mengkoordinasikan gerakan ini agar lebih halus dan terkontrol.

Basal ganglia adalah sekelompok struktur di otak yang memainkan peran penting dalam mengatur dan mengkoordinasikan gerakan (Haber & Gdowski, 2005). Basal ganglia bekerja dengan otak dan sistem saraf lainnya untuk mengontrol gerakan, memastikan bahwa gerakan tersebut halus, terkoordinasi, dan efisien (Groenewegen, 2003). Basal ganglia bukan hanya membantu dalam mengontrol gerakan, tetapi juga berperan dalam berbagai fungsi otak lainnya,



termasuk pembelajaran, memori, dan emosi (Packard & Knowlton, 2002). Namun, fungsi utamanya adalah dalam mengontrol gerakan. Tanpa basal ganglia, seseorang akan kesulitan melakukan tugas sehari-hari yang melibatkan gerakan, seperti berjalan atau meraih benda. Perlu diingat bahwa basal ganglia tidak bekerja sendirian dalam mengontrol gerakan. Basal ganglia bekerja bersamaan dengan berbagai bagian lain dari sistem saraf, termasuk korteks motorik, sistem saraf perifer, dan sistem saraf otonom. Semua sistem ini bekerja bersama-sama untuk memastikan bahwa gerakan lancar dan terkoordinasi. Dengan demikian, gerakan adalah proses yang kompleks yang melibatkan berbagai bagian dari otak dan sistem saraf.

Basal ganglia adalah struktur otak yang berperan penting dalam fungsi motorik dan gerakan tubuh (Mink, 2003). Struktur basal ganglia membantu dalam pengaturan dan koordinasi gerakan menjadikannya lebih halus dan terkontrol. Oleh karena itu, setiap gerakan yang dilakukan oleh tubuh, baik itu sederhana atau kompleks, melibatkan aktivitas basal ganglia (Leisman et al., 2014). Basal ganglia berfungsi sebagai pusat pengendalian yang memutuskan gerakan apa yang harus dilakukan dan apa yang tidak. Fungsi ini dilakukan dengan menerima, memproses, dan mengirimkan informasi dari dan ke berbagai bagian otak dan sistem saraf. Dalam hal ini, basal ganglia bertindak seperti 'penyaring' untuk perintah gerakan, memastikan bahwa hanya gerakan yang diperlukan dan diinginkan yang dilakukan, sementara gerakan yang tidak perlu atau berbahaya dihentikan.

Fungsi basal ganglia sangat penting untuk efisiensi dan keamanan gerakan. Tanpa basal ganglia, tubuh memungkinkan melakukan gerakan yang tidak perlu atau berbahaya yang dapat menyebabkan cedera atau kerusakan (Seger, 2008). Oleh karena itu, peran basal ganglia dalam pengendalian gerakan sangat penting untuk kesehatan dan kesejahteraan tubuh. Peran basal ganglia dalam pengendalian gerakan tidak terbatas pada penyaringan perintah gerakan saja. Basal ganglia juga berperan dalam proses pembelajaran motorik, yang melibatkan pembentukan dan penguatan pola gerakan baru (Turner & Desmurget, 2010). Basal ganglia berperan dalam membantu individu untuk belajar dan menguasai keterampilan motorik baru, seperti bermain sepakbola atau mengendarai sepeda. Selain itu, basal ganglia berinteraksi dengan bagian otak lainnya, seperti korteks serebral dan talamus untuk mengkoordinasikan dan mengoptimalkan gerakan (Hintzen et al., 2018). Misalnya, basal ganglia bekerja sama dengan korteks motorik untuk merencanakan dan mengeksekusi gerakan, dan dengan talamus untuk mengatur dan memodulasi aktivitas motorik. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa basal ganglia memiliki peran yang sangat penting dalam pengendalian gerakan. Basal ganglia bertindak sebagai pengendalian gerakan, memastikan bahwa semua gerakan yang dilakukan oleh tubuh adalah efisien, aman, dan efektif. Tanpa basal ganglia, kemampuan tubuh untuk bergerak dan berfungsi dengan baik bisa sangat terganggu.

Basal ganglia struktur otak yang berperan penting dalam mengendalikan gerakan bisa terganggu oleh penyakit Parkinson (Blandini et al., 2000). Penyakit parkinson bisa menyebabkan berbagai gejala, termasuk kelemahan otot, tremor atau gemetar, kesulitan dalam menjaga keseimbangan, dan kesulitan dalam melakukan gerakan (Jankovic, 2008). Penyakit Parkinson terjadi ketika sel-sel dalam substantia nigra, bagian dari basal ganglia, mati. Ini berdampak pada daerah lain dari basal ganglia seiring berjalannya waktu (Jenner & Olanow, 2006). Hilangnya sel dalam substantia nigra mengganggu keseimbangan antara jalur saraf yang mendorong dan menghambat gerakan, yang pada gilirannya mengurangi gerakan. Gejala ini mencakup gaya berjalan tertentu yang sering dilihat pada pasien Parkinson, seperti menyeret kaki dan mengalami masalah keseimbangan. Selain itu, otot menjadi kaku dan gemeteran bisa terjadi saat istirahat (Dewey, 2000). Oleh karena itu, peran basal ganglia dalam mengendalikan gerakan sangat penting dan gangguan pada struktur ini bisa berdampak signifikan pada kualitas hidup individu.

Mengingat pentingnya kemampuan untuk bergerak dalam kehidupan sehari-hari dan peran krusial yang dimainkan oleh basal ganglia dalam mengendalikan gerakan, sangatlah vital bagi setiap individu untuk menjaga kesehatan dan fungsi basal ganglia. Salah satu cara adalah dengan mencegah penyakit Parkinson, suatu kondisi yang dapat mempengaruhi basal ganglia dan mengganggu kontrol gerakan. Pencegahan dapat dilakukan melalui gaya hidup sehat, yang mencakup diet seimbang dan bergizi. Makanan sehat dan bergizi dapat membantu menjaga kesehatan otak dan melindungi sel-sel otak dari kerusakan (Gómez-Pinilla, 2008). Makanan bergizi memiliki kandungan kaya antioksidan, seperti buah dan sayuran, serta makanan kaya omega-3, seperti ikan dan kacang-kacangan. Di sisi lain, makanan yang tidak sehat dan obat-obatan tertentu dapat berdampak negatif pada kesehatan otak dan harus dihindari (Heatherton

& Wagner, 2011). Dengan menjaga gaya hidup sehat dan menjaga kesehatan otak, individu dapat membantu menjaga kesehatan dan fungsi basal ganglia, dan dengan demikian menjaga kemampuan mereka untuk bergerak dan berfungsi dengan baik.

Metode

Penelitian ini adalah penelitian kepustakaan berdasarkan pada analisis literatur yang sudah ada (George, 2008), seperti buku dan jurnal ilmiah yang relevan dengan topik basal ganglia yang berhubungan dengan gerak maupun gangguan kesehatan. Data untuk penelitian ini dikumpulkan melalui studi literatur yang mendalam, dimana mencakup pencarian dari tinjauan buku dan artikel jurnal yang relevan. Penelitian ini menggunakan basis data publikasi ilmiah secara online pada *google scholar*. Sumber-sumber publikasi ilmiah dicari menggunakan kata kunci seperti "basal ganglia", "parkinson", "olahraga", dan "gerak". Selain itu, sumber yang merujuk pada karya yang telah ditemukan juga akan dipertimbangkan untuk memberikan perspektif yang lebih luas. Setelah data dikumpulkan, akan dilakukan analisis. Analisis data dilakukan dengan pendekatan kualitatif meliputi: kondensasi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan (Miles et al., 2014). Temuan sumber yang relevan dilakukan identifikasi pada literatur yang ditemukan. Hasil dari analisis tersebut digunakan untuk penyajian temuan dan verifikasi hasil kajian. Penelitian kepustakaan ini mematuhi standar etika penelitian, termasuk pengakuan dan penghargaan terhadap semua sumber yang digunakan dalam penelitian. Data yang ditemukan dan dianalisis digunakan untuk membuat kesimpulan dan rekomendasi tentang basal ganglia, penyakit parkinson, dan pentingnya olahraga dalam pengembangan kecerdasan gerak.

Hasil dan Pembahasan

Basal Ganglia

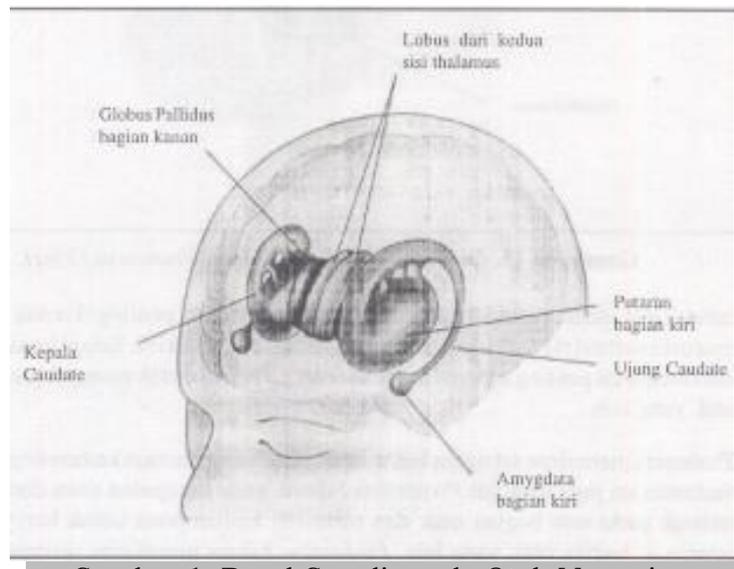
Menurut kamus kesehatan basal ganglia atau ganglia basalis adalah massa materi abu-abu di bagian dalam belahan otak. Basal ganglia terdiri dari sekelompok subkortikal yang terlibat dalam kontrol perilaku gerak, suasana hati dan pikiran (De Deurwaerdere et al., 2013). Sedangkan menurut Kalaitzakis et al. (2009) Basal ganglia merupakan beberapa kelompok kecil substansi kelabu yang terbenam dalam masa substansi putih pada setiap hemisfer otak. Sedangkan pendapat lain dari Nelson & Kreitzer (2014) basal ganglia adalah serangkaian nuklei subkortikal yang saling berhubungan, maksudnya basal ganglia merupakan istilah yang digunakan untuk menyebut beberapa area di *subcortical gray matter* yang meliputi nukleus kaudatus, putamen, globus pallidus, nukleus subthalamikus dan substansia nigra.

Kemudian dari Lanciego et al. (2012) yang menyebutkan bahwa basal ganglia mengacu pada sekelompok nuklei subkortikal yang bertanggung jawab terutama untuk kontrol motorik, serta peran lain seperti pembelajaran motorik, fungsi dan perilaku eksekutif, dan emosi. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa basal ganglia terdiri dari sekelompok subkortikal yang terlibat dalam kontrol perilaku gerak, suasana hati dan pikiran, bagiannya meliputi striatum (nukleus kaudatus dan putamen), globus palidus (eksterna dan interna), substansia nigra dan nukleus sub-thalamik.

Anatomi Basal Ganglia

Menurut Kalaitzakis et al. (2009) beberapa kelompok kecil substansi kelabu yang disebut ganglia atau nukleibasalis terbenam dalam masa substansi putih pada setiap hemisfer otak. Kemudian menurut Ganong (2008) basal ganglia terletak di bagian anterior dari ventrikel lateral. Berikut gambar potongan axial dari serebrum basal ganglia adalah yang ditunjukkan oleh lingkaran berwarna merah.

Kemudian untuk bagian-bagian penyusun basal ganglia Ganong (2008) mengungkapkan bahwa basal ganglia terdiri dari globus pallidus, putamen, caudate, dan amygdala. Putamen dan caudate dikenal juga dengan striatum. Globus pallidus terletak di bagian lateral dari thalamus di setiap sisi hemisphere. Putamen terletak di bagian lateral globus pallidus. Caudate merupakan bagian yang panjang dan melingkar di bagian ujung anterior putamen. Amygdala merupakan bagian dari sistem limbic.



Gambar 1. Basal Ganglia pada Otak Manusia
(Sumber: Ganong, 2008)

Pendapat dari Ring & Serra-Mestres (2002), bahwa basal ganglia terdiri dari komponen inti yang terdiri dari nukleus kaudatus, nukleus accumbens, putamen, dan globus pallidus. Nukleus caudatus dan putamen bersama-sama kadang-kadang disebut striatum, dan putamen dan globus pallidus bersama-sama kadang-kadang digambarkan sebagai nukleus lentiform. Lain lagi dengan pendapat Snell (2006) yang menyatakan bahwa basal ganglia terdiri dari striatum (nukleus kaudatus dan putamen), globus pallidus (eksterna dan interna), substantia nigra dan nukleus sub-thalamik. Nukleus pedunculopontin tidak termasuk bagian dari basal ganglia, meskipun dia memiliki koneksi yang signifikan dengan basal ganglia. Korpus striatum terdiri dari nukleus kaudatus, putamen dan globus pallidus. Striatum dibentuk oleh nukleus kaudatus dan putamen. Nukleus lentiformis dibentuk oleh putamen dan kedua segmen dari globus pallidus. Tetapi letak anatomis perdarahan basal ganglia yang dibahas disini hanya meliputi nukleus kaudatus dan nukleus lentiformis. Kapsula interna terletak diantara nukleus kaudatus dan nukleus lentiformis. Kapsula interna adalah tempat relay dari traktus motorik volunter, sehingga jika ada lesi pada lokasi ini akan menyebabkan gangguan motorik seperti hemiparesis ataupun gangguan motorik lain (Tortora & Derrickson, 2018).

Vaskularisasi yang mendarahi basal ganglia adalah cabang-cabang arteri yang berasal dari arteri serebri anterior (ACA), serebri media (MCA), choroidal anterior, posterior communicans (P-comma), serebri posterior (PCA) dan serebelar superior. Cabang dari MCA, yang disebut Lenticulostriata lateral, adalah yang terbanyak mendarahi striatum dan lateral dari pallidum. Perdarahan pada basal ganglia yang tersering adalah dikarenakan ruptur arteri lenticulostriata media. Arteri Heubner, disebut juga arteri striata media, berasal dari A2, yaitu segmen dari ACA, memperdarahi putamen dan kepala dari nukleus caudatus. Arteri choroidalis anterior memperdarahi sebagian dari globus pallidus dan putamen, juga ekor dari nukleus caudatus. Arteri posterior communicans memperdarahi bagian medial dari pallidum, medial substantia nigra dan sebagian nukleus subthalamikus. Thalamo perforata dari PCA adalah yang terbanyak memperdarahi substantia nigra dan sebagian dan STN. Cabang dari SCA memperdarahi bagian lateral dari substantia nigra (Moore, 2012).

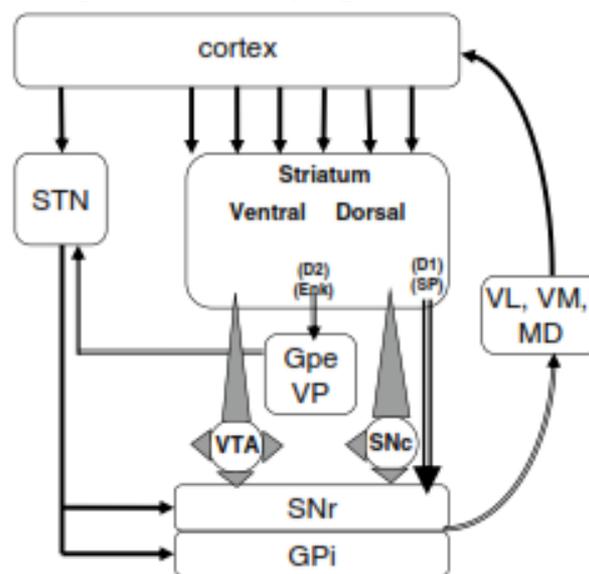
Mekanisme kerja Basal Ganglia

Mekanisme kerja basal ganglia belum bisa diketahui secara rinci melihat begitu rumitnya pemahaman tentang basal ganglia. Snell (2006) mengungkapkan bahwa basal ganglia menghasilkan gerakan yang terampil dan terkoordinasi dihasilkan dari kerja motorik. Sebuah perencanaan motorik dibuat oleh area premotor yang nantinya akan dieksekusi oleh area motorik primer. Gerakan yang dihasilkan oleh kortek motorik primer masih kasar, sehingga perlu dikontrol oleh area premotor yang berhubungan dengan basal ganglia. Dengan peran dari basal ganglia maka gerakan yang dihasilkan akan lebih terkontrol.

Snell (2006) juga menjelaskan bahwa nukleus kaudatus dan putamen menyusun striatum. Striatum merupakan reseptor utama dari basal ganglia yang menerima input dari kortekserebri, sistem limbik, thalamus dan substansia nigra. Input yang berasal dari kortekserebri merupakan eksitasi dan merupakan proyeksi dari sensorik dan korteks motorik menuju ke putamen, dari prefrontal korteks menuju ke nukleus kaudatus dan dari korteks limbik dan amigdala menuju ke ventral striatum.

Input kortikal dari basal ganglia kebanyakan menggunakan *neurotransmitter* dan *dopamine*. Striatum merupakan area di otak yang paling kaya mengandung dua *neurotransmitter* yang penting di dalam sistem saraf pusat yakni *achetylchline* dan *dopamine*. *Acetylcholine* merupakan *neurotransmitter* pada sinaps di kebanyakan saraf, sedangkan *dopamine* diproduksi di substansia nigra dan disalurkan ke striatum melalui akson nigrostriatal, untuk bekerja pada striatum. Apabila terjadi kerusakan pada substansia nigra, maka akan menyebabkan penurunan level *dopamine* pada striatum. Aktivitas basal ganglia dimodulasi oleh neuron *dopaminergic* di substansia nigra. *Dopamine* memiliki efek eksitasi pada neuron striatal pada jalur langsung dan efek inhibisi pada jalur tidak langsung. Jalur langsung terdiri dari putamen nukleus kaudatus, dan striatum menghasilkan inhibisi pada *globus pallidus* dan sebagai konsekuensinya di inhibisi dari thalamus, superior kullikulus dan target lainnya. Jalur tidak langsung yang terdiri dari nukleus subtalamik menghasilkan eksitasi dari output saraf dari globus pallidus yang akan meningkatkan inhibisi pada organ target.

Menurut De Deurwaerdère et al. (2013) organisasi fungsional dari basal ganglia adalah struktur subkortikal terlibat dalam kontrol gerak dan fungsi kognitif, termasuk integrasi sensorimotor, prosedural memori, pembentukan kebiasaan dan perilaku Otomatisasi. Berdasarkan koneksi fungsional mereka, definisi modern dari ganglia basal termasuk striatum dorsal (berekor inti dan putamen), segmen internal dan eksternal dari globus pallidus, substantia nigra dan reticulata dan inti subthalamik. Struktur limbik seperti nucleus accumbens (kadang-kadang disebut sebagai striatum ventral) dan pallidum ventral yang terkait erat dengan ganglia basal dan terlibat dalam sirkuit saraf paralel yang menghubungkan daerah dari input ganglia. Basal ganglia menerima masukan dari sebagian besar wilayah kortikal dan menyampaikan informasi ini kembali ke premotor dan motor area kortikal dengan cara thalamus. Prinsip organisasi utama dari jaringan basal ganglia adalah bahwa masukan kortikal mencapai basal ganglia langsung oleh proyeksi *monosynaptic* ke striatum dan Stn. Pada gilirannya, striatal dan neuron *subthalamik*, masing-masing, mengirim hambat GABAergic dan glutamatergic rangsang serat untuk EPG, GPI dan Snr neuron. GABAergic GPI dan Snr neuron akhirnya mengirim proyeksi penghambatan ke thalamus. Prinsip organisasi kedua muncul dari organisasi topografi input kortikal, yang menentukan wilayah fungsional dalam ganglia basal. wilayah ini mewakili sensorimotor, asosiatif dan daerah limbik, di mana informasi disampaikan secara paralel dan secara parsial terpisah di berbagai inti anatomi yang membentuk basal ganglia.



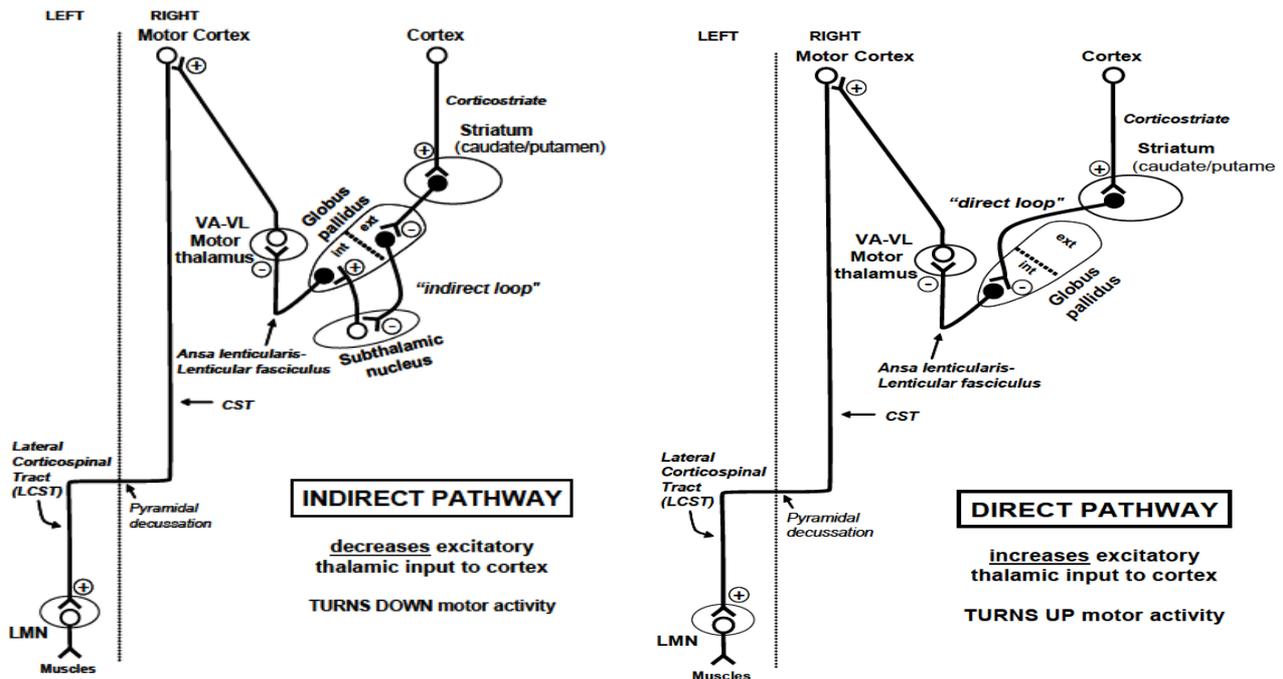
Gambar 2. Organisasi Anatomofungsional Ganglia Basal
(Sumber: De Deurwaerdère et al., 2013)

Pola Kerja Basal Ganglia Secara Langsung dan Tidak Langsung

Ada dua jalur penting di mana informasi striatal mencapai GP (internal) - jalur langsung dan jalur tidak langsung. Kedua jalur ini memiliki efek yang berlawanan pada aktivitas motorik dan membantu menjelaskan banyak gejala klinis penyakit pada basal ganglia. Menurut Mailly et al. (2003) aktivasi jalur langsung membangkitkan efek penghambatan dan rangsang dalam populasi sel SNR (substantia nigra pars reticulata) yang berbeda. Satu penjelasan potensial untuk hasil ini adalah bahwa aktivasi jalur langsung mengurangi hambatan lateral SNR(substantia nigra pars reticulata) pada sel-sel yang tereksitasi dengan menghambat tetangga yang terhubung secara lateral dengan input striatal yang kuat. SNR neuron telah terbukti membentuk sinapsis lokal.

Pendapat dari Freeze et al. (2013) di jalur langsung, striatal sel memproyeksikan langsung ke Globus Pallidus (internal). Konsekuensi dari jalur ini adalah untuk meningkatkan dorongan rangsang dari talamus ke korteks. Proyeksi kortikal ke striatum menggunakan pemancar glutamat eksitasi. Ketika mereka diaktifkan, kortikal ini proyeksi merangsang neuron striatal. Masukan rangsangan ini cukup untuk menyalakan sel striatal. Hasil akhir dari input rangsang kortikal ke neuron striatal di kepala jalur langsung adalah peningkatan kekerasan va / vl neuron dan dalam menghidupkan motor cortex. Berikut pola kerja basal ganglia secara langsung.

Dalam jalur tidak langsung, serat kortikal merangsang neuron striatal yang memproyeksikan ke GP (eksternal). Peningkatan aktivitas dari neuron striatal GABAergic menurunkan aktivitas di GP (eksternal). Sel-sel GABAergic di GP (eksternal) menghambat sel-sel di nukleus subthalamic, sehingga penurunan aktivitas di GP (eksternal) menghasilkan lebih sedikit penghambatan sel-sel di nukleus subthalamic (Wei et al., 2015). Hasil akhir dari tindakan tidak langsung adalah peningkatan aktivitas sel GABAergic di GP (internal) yang memproyeksikan ke VA / VL atau peningkatan penghambatan dari neuron thalamic. Berikut pola kerja basal ganglia secara tidak langsung.



Gambar 3. Jalur Langsung dan Tidak Langsung dari Basal Ganglia (Sumber: Roshan et al., 2016)

Inti dari pola kerja basal ganglia yaitu, pola kerja basal ganglia secara langsung bertujuan untuk menghidupkan aktivitas motorik sedangkan pola kerja basal ganglia secara tidak langsung menghambat aktivitas motorik.

Peran Basal ganglia

Snell (2006) mengungkapkan bahwa basal ganglia menghasilkan gerakan yang terampil dan terkoordinasi dihasilkan dari kerja motorik. Lebih lanjut dari Snell (2006) menyatakan basal ganglia berperan dalam motor dan tindakan otomatis dari keterampilan motorik yang bertindak dengan memfasilitasi penggunaan perencanaan motorik. Basal ganglia tidak berfungsi untuk memulai gerakan, namun berfungsi memodulasi pola gerakan yang telah dimulai pada level kortikal. Pendapat dari Rauch & Savage (1997) Fungsi-fungsi di mana ganglia basal tampaknya terlibat termasuk pembelajaran motorik, sekuensing, dan gerakan, alokasi atensi dan penyaringan, memori kerja, dan pembelajaran implisit dan memori. Operasi ini dapat memainkan peran baik dalam akuisisi perilaku yang dilakukan secara otomatis dan dalam meningkatkan efisiensi prosesor urutan tinggi seperti yang terlibat dalam memori kerja

Kemudian menurut Ganong (2008) bahwa secara umum basal ganglia terlibat dalam proses pengendalian gerakan. Diperluas pengertian tentang fungsi basal ganglia oleh Lanciego et al. (2012) fungsi basal ganglia adalah untuk kontrol motorik, serta peran lain seperti pembelajaran motorik, fungsi dan perilaku eksekutif, dan emosi.

Kalaitzakis et al. (2009) mengungkapkan bahwa basal ganglia, atau inti basal, adalah struktur di otak yang membantu mengontrol gerakan tubuh. Kontrol motor halus, dimana gerakan dimulai, ber-langsung dan berakhir seperti yang diharapkan, sebagian dikoordinasikan oleh basal ganglia. Fungsi dari basal ganglia terlibat dalam pengiriman sinyal saraf sepanjang dua jalur yang berbeda, salah satunya adalah langsung dan lainnya tidak langsung. Sinyal ini ditransmisikan ke bagian otak depan yang dikenal sebagai talamus, yang menyampaikan sinyal ke korteks serebral, pada daerah abu-abu otak.

Diperkirakan bahwa jalur tidak langsung menekan tindakan yang bertentangan sedangkan jalur langsung memungkinkan tugas tertentu yang harus dilakukan. Untuk gerakan normal, jalur harus bekerja bersama-sama dengan benar dan apa yang mengganggu keseimbangan antara mereka dapat menyebabkan gangguan gerakan.

Penyakit Parkinson dan Gangguan pada Basal Ganglia

Penyakit atau gangguan yang terjadi pada basal ganglia yang sangat umum yaitu penyakit parkinson. Gaudet (2002) mengungkapkan bahwa individu dengan penyakit parkinson harus berurusan dengan sejumlah masalah unjuk kerja, salah satu gejala awal yang paling umum dari penyakit parkinson yaitu mengalami tremor saat sedang beristirahat dan hal itu diketahui pada 70% dari pasien di awal diagnosis. Ganong (2008) juga mengungkapkan bahwa penyakit parkinson disebabkan oleh proses degenerasi neuron-neuron yang terletak pada midbrain yang mengirim akson ke bagian basal ganglia. Penyakit tersebut memiliki symptom seperti munculnya kelemahan otot, tremor (gemeteran), hambatan keseimbangan dan kesulitan dalam melakukan gerakan (kaku). Lain lagi dari DeLong & Wichmann (2007) parkinson adalah gangguan gerakan yang ditandai dengan triad bradikinesia, tremor saat istirahat, dan kekakuan otot, yang dihasilkan dari nada dopaminergik menurun di bagian motorik putamen

Kalaitzakis et al. (2009) menambahkan pada penyakit parkinson, sel-sel di basal ganglia mati, menyebabkan gejala gerakan menjadi lambat, gemetar dan otot terkunci. Kondisi seperti cedera kepala, tumor otak, stroke, dan obat-obatan juga dapat merusak sel-sel otak dan mempengaruhi fungsi basal ganglia. Kemudian menurut Hauser et al. (2011) sudah semestinya setiap orang juga menghindari konsumsi obat-obatan yang dapat merusak sel-sel otak dan mempengaruhi fungsi basal ganglia. Selain itu bagi orang tua terutama seorang ibu yang sedang mengandung juga sudah semestinya menghindari konsumsi obat yang berpengaruh bagi kerusakan sel otak, karena hal tersebut bisa berpengaruh terhadap perkembangan janin di dalam kandungan.

Selain itu terdapat penelitian bahwa anak dengan kelainan hiperaktif dan kurang bisa memperhatikan sesuatu bisa disembuhkan dengan memberikan stimulan. Seperti yang dikatakan oleh Sobel et al. (2010) dalam hasil penelitiannya bahwa temuan dari penelitian ini berpotensi mewakili bukti disregulasi anatomi di sirkuit ganglia basalis pada anak-anak dengan kelainan hiperaktif dan kurang memperhatikan (ADHD) dan menyarankan bahwa stimulan dapat menormalkan fitur morfologi ganglia basal pada anak dengan gangguan tersebut.

Pembelajaran Gerak Mempengaruhi Perkembangan Basal Ganglia

Kecerdasan gerak-kinestetik berkaitan dengan kemampuan menggunakan gerak seluruh tubuh untuk mengekspresikan ide dan perasaannya serta keterampilan menggunakan tangan

untuk mencipta atau mengubah sesuatu (Tadkiroatun, 2008). Kecerdasan ini meliputi kemampuan fisik yang spesifik, seperti koordinasi, keseimbangan, keterampilan, kekuatan, kelenturan, kecepatan dan keakuratan menerima rangsang, sentuhan, dan tekstur.

Menurut Gardner (1993), kecerdasan gerak kinestetik mempunyai lokasi di otak serebeum (otak kecil), basal ganglia (otak keseimbangan) dan motor korteks. Kecerdasan ini memiliki wujud relative bervariasi, bergantung pada komponen-komponen kekuatan dan fleksibilitas serta dominan seperti tari dan olahraga.

Hasil penelitian di bidang neurologi yang dilakukan Benyamin S. Bloom, seorang ahli pendidikan dari Universitas Chicago, Amerika Serikat (Direktorat Tenaga Teknis, 2003), mengemukakan bahwa pertumbuhan sel jaringan otak pada anak usia 0 – 4 tahun mencapai 50%, hingga usia 8 tahun mencapai 80%. Maka masa kanak-kanak dari usia 0 – 8 tahun disebut masa emas (*Golden Age*) yang hanya terjadi sekali dalam perkembangan kehidupan manusia sehingga sangatlah penting untuk merangsang pertumbuhan kecerdasan otak anak dengan memberikan perhatian terhadap kesehatan anak, penyediaan gizi yang cukup, dan pelayanan pendidikan.

Layanan pembelajaran kepada anak-anak usia dini, termasuk juga gerak-gerak dasar kinestetik merupakan dasar yang sangat berpengaruh terhadap perkembangan anak selanjutnya hingga dewasa (Hakim & Mustafa, 2023). Hal ini diperkuat dengan pendapat Hurlock (1991) bahwa tahun-tahun awal kehidupan anak merupakan dasar yang cenderung bertahan dan mempengaruhi sikap, perilaku dan kecerdasan gerak kinestetik anak di sepanjang hidupnya (Mustafa, 2020). Layanan pendidikan untuk perkembangan kecerdasan gerak pada masa usia emas dapat diberikan melalui permainan yang disesuaikan dengan perkembangan dan pertumbuhan anak. Karena di dalam permainan terkandung nilai-nilai kreatifitas, terapi, dan mengembangkan kecerdasan majemuk anak.

Hasil penelitian dari Chaddock et al. (2010) menyatakan bahwa untuk anak-anak yang rajin aktivitas fisik, memberikan pengaruh terhadap kardiovaskular, kebugaran dan volume ganglia basal serta kinerja kognitif. Ditemukan juga bahwa ada efek untuk putamen dan globus pallidus. Sedangkan menurut Niemann et al. (2014) dengan desain intervensi latihan kardiovaskular (olahraga berjalan) memiliki efek pada volume ganglia basal. Hal tersebut diperkuat pendapat dari Becker et al. (2016) bahwa dengan aktivitas fisik, terutama latihan kebugaran motorik, dapat menjadi solusi yang menjanjikan yang mengarah ke perubahan struktural pada ganglia basalis. Hal ini memiliki potensi untuk mengurangi penurunan kognitif pada orang dewasa yang lebih tua dan untuk mendukung keberhasilan akademis pada anak-anak dan orang dewasa muda.

Pada hakikatnya anak belajar sambil bermain, oleh karena itu pembelajaran pada anak usia dini pada dasarnya adalah bermain (Mustafa, 2023). Sesuai dengan karakteristik anak usia dini yang bersifat aktif dalam melakukan berbagai eksplorasi terhadap lingkungannya, maka aktifitas bermain merupakan bagian dari proses pembelajaran. Pembelajaran diarahkan pada pengembangan dan penyempurnaan potensi kemampuan yang dimiliki anak seperti kemampuan berbahasa, sosio-emosional, motorik, dan intelektual. Untuk itu pembelajaran pada usia dini harus dirancang agar anak tidak merasa terbebani dalam mencapai tugas perkembangannya, suana belajar dibuat secara alami, hangat, dan menyenangkan. Aktivitas bermain (*playful activity*) yang memberikan kesempatan pada anak untuk berinteraksi dengan lingkungannya merupakan hal yang diutamakan. Selain itu, karena anak merupakan individu yang unik dan sangat variatif, maka unsur variasi individu dan minat anak juga perlu diperhatikan.

Kesimpulan

Basal ganglia terdiri dari sekelompok subkortikal yang terlibat dalam kontrol perilaku gerak, suasana hati dan pikiran, bagiannya meliputi striatum (nukleus kaudatus dan putamen), globus pallidus (eksterna dan interna), substansia nigra dan nukleus sub-thalamik. Basal ganglia berperan dalam motor dan tindakan otomatis dari keterampilan motorik yang bertindak dengan memfasilitasi penggunaan perencanaan motorik. Basal berfungsi memodulasi pola gerakan yang telah dimulai pada level kortikal. secara umum basal ganglia terlibat dalam proses pengendalian gerakan, mengontrol tonus dan gerakan-gerakan otot skelet yang tidak disadari misalnya gerakan lengan pada saat berjalan. Penyakit parkinson adalah gangguan pada basal ganglia yang disebabkan oleh proses degenerasi neuron-neuron yang terletak pada midbrain yang mengakibatkan kelemahan otot, tremor (gemeteran), hambatan keseimbangan dan kesulitan dalam melakukan gerak. Layanan pendidikan untuk perkembangan kecerdasan gerak pada masa

usia emas dapat diberikan melalui permainan yang disesuaikan dengan perkembangan dan pertumbuhan anak. Karena di dalam permainan terkandung nilai-nilai kreativitas dan mengembangkan kecerdasan majemuk anak.

Daftar Rujukan

- Becker, L., Kutz, D. F., & Voelcker-Rehage, C. (2016). Exercise-induced changes in basal ganglia volume and their relation to cognitive performance. *Journal of Neurology and Neuromedicine*, 1(5), 19–24. <https://doi.org/10.29245/2572.942X/2016/5.1044>
- Blandini, F., Nappi, G., Tassorelli, C., & Martignoni, E. (2000). Functional changes of the basal ganglia circuitry in Parkinson's disease. *Progress in Neurobiology*, 62(1), 63–88. [https://doi.org/10.1016/S0301-0082\(99\)00067-2](https://doi.org/10.1016/S0301-0082(99)00067-2)
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., VanPatter, M., Voss, M. W., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2010). Basal Ganglia Volume Is Associated with Aerobic Fitness in Preadolescent Children. *Developmental Neuroscience*, 32(3), 249–256. <https://doi.org/10.1159/000316648>
- De Deurwaerdère, P., Lagièrre, M., Bosc, M., & Navailles, S. (2013). Multiple controls exerted by 5-HT_{2C} receptors upon basal ganglia function: from physiology to pathophysiology. *Experimental Brain Research*, 230(4), 477–511. <https://doi.org/10.1007/s00221-013-3508-2>
- DeLong, M. R., & Wichmann, T. (2007). Circuits and Circuit Disorders of the Basal Ganglia. *Archives of Neurology*, 64(1), 20. <https://doi.org/10.1001/archneur.64.1.20>
- Dewey, R. B. (2000). Clinical Features of Parkinson's Disease. In *Parkinson's Disease and Movement Disorders* (pp. 71–84). Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-59259-410-8_4
- Direktorat Tenaga Teknis. (2003). *Pertumbuhan dan Perkembangan Anak Usia 0–6 Tahun*. Ditjen PLSP – Depdiknas.
- Freeze, B. S., Kravitz, A. V., Hammack, N., Berke, J. D., & Kreitzer, A. C. (2013). Control of Basal Ganglia Output by Direct and Indirect Pathway Projection Neurons. *The Journal of Neuroscience*, 33(47), 18531–18539. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1278-13.2013>
- Ganong, W. F. (2008). *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran* (22nd ed.). EGC.
- Gardner, H. (1993). *Multiple intelligences: The theory in practice*. Hachette Book Group.
- Gaudet, P. (2002). Measuring the Impact of Parkinson's Disease: An Occupational Therapy Perspective. *Canadian Journal of Occupational Therapy*, 69(2), 104–113. <https://doi.org/10.1177/000841740206900206>
- George, M. W. (2008). *The Elements of Library Research: What Every Student Needs to Know*. Princeton University Press.
- Gómez-Pinilla, F. (2008). Brain foods: the effects of nutrients on brain function. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(7), 568–578. <https://doi.org/10.1038/nrn2421>
- Groenewegen, H. J. (2003). The Basal Ganglia and Motor Control. *Neural Plasticity*, 10(1–2), 107–120. <https://doi.org/10.1155/NP.2003.107>
- Haber, S. N., & Gdowski, M. J. (2005). The basal ganglia. In *Scientific basis for the treatment of Parkinson's disease* (pp. 1–31).
- Hakim, L., & Mustafa, P. S. (2023). *Perkembangan Peserta Didik dalam Pembelajaran*. UIN Mataram Press.
- Hauser, R. A., Cantillon, M., Pourcher, E., Micheli, F., Mok, V., Onofrj, M., Huyck, S., & Wolski, K. (2011). Preladenant in patients with Parkinson's disease and motor fluctuations: a phase 2, double-blind, randomised trial. *The Lancet Neurology*, 10(3), 221–229. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(11\)70012-6](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(11)70012-6)
- Heatherton, T. F., & Wagner, D. D. (2011). Cognitive neuroscience of self-regulation failure. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(3), 132–139. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.12.005>
- Hintzen, A., Pelzer, E. A., & Tittgemeyer, M. (2018). Thalamic interactions of cerebellum and basal ganglia. *Brain Structure and Function*, 223(2), 569–587. <https://doi.org/10.1007/s00429-017-1584-y>
- Hurlock, E. B. (1991). *Psikologi Perkembangan Suatu Pendekatan Sepanjang Rentang Kehidupan*. Erlangga.
- Jankovic, J. (2008). Parkinson's disease: clinical features and diagnosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 79(4), 368–376. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2007.131045>
- Jenner, P., & Olanow, C. W. (2006). The pathogenesis of cell death in Parkinson's disease. *Neurology*, 66(10_suppl_4). https://doi.org/10.1212/WNL.66.10_suppl_4.S24

- Kalaitzakis, M. E., Christian, L. M., Moran, L. B., Graeber, M. B., Pearce, R. K. B., & Gentleman, S. M. (2009). Dementia and visual hallucinations associated with limbic pathology in Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders*, 15(3), 196–204. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2008.05.007>
- Lanciego, J. L., Luquin, N., & Obeso, J. A. (2012). Functional neuroanatomy of the basal ganglia. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 2(12), a009621. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a009621>
- Leisman, G., Braun-Benjamin, O., & Melillo, R. (2014). Cognitive-motor interactions of the basal ganglia in development. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 8, 16. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2014.00016/full>
- Mailly, P., Charpier, S., Menetrey, A., & Deniau, J.-M. (2003). Three-Dimensional Organization of the Recurrent Axon Collateral Network of the Substantia Nigra Pars Reticulata Neurons in the Rat. *The Journal of Neuroscience*, 23(12), 5247–5257. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.23-12-05247.2003>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: a methods sourcebook* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Mink, J. W. (2003). The basal ganglia. In L. Squire, F. Bloom, S. McConnell, J. Roberts, N. Spitzer, & M. Zigmond (Eds.), *Fundamental neuroscience* (2nd ed., pp. 815–839).
- Moore, K. L. (2012). *Anatomi Klinik Dasar*. Hipokrates.
- Mustafa, P. S. (2020). Implikasi Pola Kerja Telensefalon dan Korteks Cerebral dalam Pendidikan Jasmani. *Media Ilmu Keolahragaan Indonesia*, 10(2), 53–62. <https://doi.org/10.15294/miki.v10i2.24901>
- Mustafa, P. S. (2023). *Buku Ajar Pendidikan Jasmani dan Kesehatan untuk Guru Kelas MI/SD*. Insight Mediatama.
- Nelson, A. B., & Kreitzer, A. C. (2014). Reassessing Models of Basal Ganglia Function and Dysfunction. *Annual Review of Neuroscience*, 37(1), 117–135. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-071013-013916>
- Niemann, C., Godde, B., Staudinger, U. M., & Voelcker-Rehage, C. (2014). Exercise-induced changes in basal ganglia volume and cognition in older adults. *Neuroscience*, 281, 147–163. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2014.09.033>
- Packard, M. G., & Knowlton, B. J. (2002). Learning and Memory Functions of the Basal Ganglia. *Annual Review of Neuroscience*, 25(1), 563–593. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.25.112701.142937>
- Ramachandran, V. S. (2012). *The tell-tale brain: Unlocking the mystery of human nature*. Random House.
- Rauch, S. L., & Savage, C. R. (1997). Neuroimaging and neuropsychology of the striatum: Bridging basic science and clinical practice. *Psychiatric Clinics of North America*, 20(4), 741–768. [https://doi.org/10.1016/S0193-953X\(05\)70343-9](https://doi.org/10.1016/S0193-953X(05)70343-9)
- Ring, H. A., & Serra-Mestres, J. (2002). Neuropsychiatry of the basal ganglia. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 72(1), 12–21. <https://doi.org/10.1136/jnnp.72.1.12>
- Rosenbaum, D. A. (2009). *Human motor control*. Academic Press.
- Roshan, M. H. K., Tambo, A., & Pace, N. P. (2016). Potential Role of Caffeine in the Treatment of Parkinson's Disease. *The Open Neurology Journal*, 10(1), 42–58. <https://doi.org/10.2174/1874205X01610010042>
- Schmidt, R. A., Lee, T. D., Winstein, C. J., Wulf, G., & Zelaznik, H. N. (2019). *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis* (6th ed.). Human Kinetics.
- Seger, C. A. (2008). How do the basal ganglia contribute to categorization? Their roles in generalization, response selection, and learning via feedback. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 32(2), 265–278. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2007.07.010>
- Snell, R. (2006). *Clinical neuroanatomy*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Sobel, L. J., Bansal, R., Maia, T. V., Sanchez, J., Mazzone, L., Durkin, K., Liu, J., Hao, X., Ivanov, I., Miller, A., Greenhill, L. L., & Peterson, B. S. (2010). Basal Ganglia Surface Morphology and the Effects of Stimulant Medications in Youth With Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *American Journal of Psychiatry*, 167(8), 977–986. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2010.09091259>
- Tadkiroatun, M. (2008). *Cerdas Melalui Bermain*. Grasindo.
- Tortora, G. J., & Derrickson, B. H. (2018). *Principles of anatomy and physiology* (12th ed.). John

Wiley & Sons.

- Turner, R. S., & Desmurget, M. (2010). Basal ganglia contributions to motor control: a vigorous tutor. *Current Opinion in Neurobiology*, 20(6), 704–716. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2010.08.022>
- Wei, W., Rubin, J. E., & Wang, X.-J. (2015). Role of the Indirect Pathway of the Basal Ganglia in Perceptual Decision Making. *The Journal of Neuroscience*, 35(9), 4052–4064. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3611-14.2015>