

Pikiran dan Otak

Seperti yang telah ditemukan oleh pers populer, orang-orang memiliki selera yang tinggi untuk informasi penelitian tentang bagaimana otak bekerja dan bagaimana proses berpikir berkembang (*Newsweek*, 1996, 1997; *Time*, 1997a, b). Minat sangat tinggi pada cerita tentang perkembangan saraf bayi dan anak-anak dan efek dari pengalaman awal pada pembelajaran. Bidang ilmu saraf dan ilmu kognitif membantu memuaskan keingintahuan mendasar tentang bagaimana orang berpikir dan belajar.

Dalam mempertimbangkan temuan mana dari penelitian otak yang relevan dengan pembelajaran manusia atau, lebih jauh lagi, dengan pendidikan, seseorang harus berhati-hati untuk menghindari mengadopsi konsep aneh yang belum terbukti bernilai dalam praktik kelas. Di antaranya adalah konsep bahwa kiri dan kanan belahan otak harus diajarkan secara terpisah untuk memaksimalkan efektivitas pembelajaran. Lain adalah gagasan bahwa otak tumbuh secara holistik "semburan", di dalam atau di sekitar tujuan pendidikan tertentu yang seharusnya diatur: seperti yang dibahas dalam bab ini, ada bukti signifikan bahwa daerah otak berkembang secara tidak sinkron, meskipun pendidikan tertentu implikasi dari ini masih harus ditentukan. Kesalahpahaman lain yang dipegang secara luas adalah bahwa orang hanya menggunakan 20 persen otak mereka—dengan perbedaan angka persentase dalam inkarnasi yang berbeda — dan harus dapat menggunakan lebih banyak itu. Keyakinan ini tampaknya muncul dari temuan ilmu saraf awal bahwa sebagian besar korteks serebral terdiri dari "daerah sunyi" yang tidak diaktifkan oleh aktivitas sensorik atau motorik. Namun, sekarang diketahui bahwa ini area diam memediasi fungsi kognitif yang lebih tinggi yang tidak digabungkan secara langsung terhadap aktivitas sensorik atau motorik.

Kemajuan dalam ilmu saraf mengkonfirmasi posisi teoretis yang maju oleh psikologi perkembangan selama beberapa tahun, seperti pentingnya pengalaman awal dalam pembangunan (Hunt, 1961). Apa yang baru, dan karenanya penting untuk volume ini, adalah *konvergensi* bukti dari sejumlah bidang ilmiah. Sebagai ilmu psikologi perkembangan, psikologi kognitif, dan ilmu saraf, untuk menyebutkan tiga, telah memberikan kontribusi besar sejumlah studi penelitian, rincian tentang pembelajaran dan pengembangan telah berkumpul untuk membentuk gambaran yang lebih lengkap tentang bagaimana perkembangan intelektual terjadi. Klarifikasi beberapa mekanisme pembelajaran oleh neuro

Copyright 2004 ©
National Academy of Sciences. Seluruh hak cipta.

Kecuali dinyatakan lain, semua materi dalam File PDF ini disediakan oleh National Academies Press (www.nap.edu) untuk penelitian tujuan dilindungi hak cipta oleh National Academy of Sciences. Distribusi, posting, atau penyalinan dilarang keras tanpa izin tertulis dari RAN.

Dibuat untuk flyjuu@126.com pada Minggu 19 Sep 19:44:00 2004

ilmu pengetahuan telah maju, sebagian, dengan munculnya teknologi pencitraan non-invasif, seperti tomografi emisi positron (PET) dan pencitraan resonansi magnetik fungsional (fMRI). Teknologi ini memungkinkan peneliti untuk mengamati proses belajar manusia secara langsung.

Bab ini mengulas temuan-temuan kunci dari ilmu saraf dan ilmu kognitif yang memperluas pengetahuan tentang mekanisme pembelajaran manusia. Tiga poin utama memandu diskusi dalam bab ini:

1. Belajar mengubah struktur fisik otak.
2. Perubahan struktural ini mengubah organisasi fungsional otak; dengan kata lain, belajar mengatur dan mereorganisasi otak.
3. Bagian otak yang berbeda mungkin siap untuk belajar pada waktu yang berbeda.

Kami pertama-tama menjelaskan beberapa konsep dasar ilmu saraf dan pengetahuan baru tentang perkembangan otak, termasuk efek instruksi dan pembelajaran pada otak. Kami kemudian melihat bahasa dalam pembelajaran sebagai contoh koneksi pikiran-otak. Terakhir, kami memeriksa penelitian tentang bagaimana memori direpresentasikan di otak dan implikasinya untuk pembelajaran.

Dari perspektif ilmu saraf, instruksi dan pembelajaran adalah bagian yang sangat penting dari perkembangan otak anak dan proses perkembangan psikologis. Perkembangan otak dan perkembangan psikologis melibatkan interaksi berkelanjutan antara seorang anak dan lingkungan luar—atau, lebih tepatnya, hierarki lingkungan, yang terbentang dari tingkat sel-sel tubuh individu hingga batas kulit yang paling jelas. Pemahaman yang lebih besar tentang sifat proses interaktif ini menimbulkan pertanyaan seperti seberapa besar ketergantungan pada gen dan seberapa banyak pada lingkungan.

Seperti yang telah disarankan oleh berbagai peneliti perkembangan, pertanyaan ini seperti menanyakan mana yang paling banyak menyumbang luas persegi panjang, tinggi atau lebarnya (Eisenberg, 1995)?

OTAK: LANDASAN UNTUK BELAJAR

Ahli saraf mempelajari anatomi, fisiologi, kimia, dan biologi molekuler sistem saraf, dengan minat khusus pada bagaimana aktivitas otak berhubungan dengan perilaku dan pembelajaran. Beberapa pertanyaan penting tentang pembelajaran awal khususnya ahli saraf intrik. Bagaimana otak berkembang?

Apakah ada tahapan perkembangan otak? Apakah ada periode kritis ketika hal-hal tertentu harus terjadi agar otak berkembang secara normal? Bagaimana informasi dikodekan dalam sistem saraf berkembang dan dewasa? Dan mungkin yang paling penting: Bagaimana pengalaman memengaruhi otak?

Beberapa Dasar

Sel saraf, atau neuron, adalah sel yang menerima informasi dari sel saraf lain atau dari organ sensorik dan kemudian memproyeksikan informasi itu ke sel saraf lain, sementara neuron lain memproyeksikannya kembali ke bagian tubuh yang berinteraksi dengan lingkungan. , seperti otot. Sel saraf dilengkapi dengan badan sel—semacam jantung metabolik—dan struktur besar seperti pohon yang disebut medan dendritik, yang merupakan sisi masukan neuron. Informasi masuk ke dalam sel dari proyeksi yang disebut akson.

Sebagian besar informasi rangsang masuk ke dalam sel dari medan dendritik, seringkali melalui proyeksi dendritik kecil yang disebut duri. Persimpangan melalui mana informasi melewati dari satu neuron ke yang lain disebut sinapsis, yang dapat bersifat rangsang atau penghambatan. Neuron mengintegrasikan informasi yang diterimanya dari semua sinapsisnya dan ini menentukan keluarannya.

Selama proses pengembangan, "diagram pengkabelan" otak dibuat melalui pembentukan sinapsis. Saat lahir, otak manusia hanya memiliki proporsi yang relatif kecil dari triliunan sinapsis yang pada akhirnya akan dimilikinya; ia bertambah sekitar dua pertiga dari ukuran dewasanya setelah lahir. Sisa sinapsis terbentuk setelah lahir, dan sebagian dari proses ini dipandu oleh pengalaman.

Koneksi sinaptik ditambahkan ke otak dalam dua cara dasar. Cara pertama adalah sinapsis diproduksi secara berlebihan, kemudian hilang secara selektif. Sinapsis atas produksi dan kehilangan adalah mekanisme mendasar yang digunakan otak untuk memasukkan informasi dari pengalaman. Ini cenderung terjadi selama periode awal perkembangan. Di korteks visual—area korteks serebral otak yang mengontrol penglihatan—seseorang memiliki lebih banyak sinapsis pada usia 6 bulan daripada saat dewasa. Ini karena semakin banyak sinapsis yang terbentuk pada bulan-bulan awal kehidupan, kemudian menghilang, terkadang dalam jumlah yang luar biasa. Waktu yang dibutuhkan fenomena ini untuk berjalan dengan sendirinya bervariasi di berbagai bagian otak, dari 2 hingga 3 tahun di korteks visual manusia hingga 8 hingga 10 tahun di beberapa bagian korteks frontal.

Beberapa ahli saraf menjelaskan pembentukan sinaps dengan analogi seni patung. Seniman klasik yang bekerja di marmer menciptakan patung dengan memahat potongan-potongan batu yang tidak perlu sampai mereka mencapai bentuk akhir mereka. Penelitian pada hewan menunjukkan bahwa "pemangkasan" yang terjadi selama sinapsis atas produksi dan kehilangan mirip dengan tindakan mengukir patung ini. Sistem saraf mengatur sejumlah besar koneksi; pengalaman kemudian bermain di jaringan ini, memilih koneksi yang sesuai dan menghapus yang tidak pantas. Yang tersisa adalah bentuk akhir yang disempurnakan yang merupakan dasar sensorik dan mungkin kognitif untuk fase perkembangan selanjutnya.

Metode pembentukan sinapsis yang kedua adalah melalui penambahan sinapsis baru—seperti seniman yang membuat patung dengan menambahkan hal-hal menjadi

Cipta 2004 © National Academies of Sciences, Arts, and Humanities. Semua hak cipta.

Kecuali dinyatakan lain, semua materi dalam File PDF ini disediakan oleh National Academies Press (www.nap.edu) untuk tujuan penelitian dilindungi hak cipta oleh National Academy of Sciences. Distribusi, posting, atau penyalinan dilarang keras tanpa izin tertulis dari RAN.

proses penambahan sinapsis beroperasi di seluruh rentang kehidupan manusia dan sangat penting di kemudian hari. Proses ini tidak hanya peka terhadap pengalaman, tetapi sebenarnya didorong oleh pengalaman. Penambahan sinapsis mungkin terletak di dasar beberapa, atau bahkan sebagian besar, bentuk memori. Seperti yang dibahas nanti dalam bab ini, karya ilmuwan kognitif dan peneliti pendidikan berkontribusi pada pemahaman kita tentang penambahan sinapsis.

Menghubungkan Otak

Peran pengalaman dalam menghubungkan otak telah diterangi oleh penelitian tentang korteks visual pada hewan dan manusia. Pada orang dewasa, input yang masuk ke otak dari kedua mata berakhir secara terpisah di daerah korteks visual yang berdekatan. Selanjutnya, dua input berkumpul pada set neuron berikutnya. Orang tidak dilahirkan dengan pola saraf ini. Tetapi melalui proses penglihatan yang normal, otak memilah-milah semuanya.

Ahli saraf menemukan fenomena ini dengan mempelajari manusia dengan kelainan visual, seperti katarak atau ketidakteraturan otot yang menyimpang dari mata. Jika mata kehilangan pengalaman visual yang sesuai pada tahap awal perkembangan (karena kelainan seperti itu), ia kehilangan kemampuannya untuk mengirimkan informasi visual ke sistem saraf pusat. Ketika mata yang tidak mampu melihat pada usia yang sangat dini dikoreksi kemudian, koreksi saja tidak membantu — mata yang menderita tetap tidak dapat melihat. Ketika para peneliti melihat otak monyet di mana jenis manipulasi eksperimental serupa telah dibuat, mereka menemukan bahwa mata normal telah menangkap jumlah neuron yang lebih besar dari rata-rata, dan mata yang terhalang telah kehilangan koneksi tersebut.

Fenomena ini hanya terjadi jika mata dicegah untuk mengalami penglihatan normal pada awal perkembangannya. Periode di mana mata sensitif sesuai dengan waktu kelebihan produksi sinaps dan kehilangan di korteks visual. Dari campuran awal input yang tumpang tindih, koneksi saraf yang dimiliki mata yang melihat secara normal cenderung bertahan, sedangkan koneksi yang dimiliki mata abnormal menghilang. Ketika kedua mata melihat secara normal, masing-masing mata kehilangan beberapa koneksi yang tumpang tindih, tetapi keduanya mempertahankan angka normal.

Dalam kasus perampasan sejak lahir, satu mata sepenuhnya mengambil alih. Semakin lambat perampasan terjadi setelah lahir, semakin sedikit efeknya. Pada usia sekitar 6 bulan, menutup satu mata selama berminggu-minggu tidak akan menghasilkan efek apa pun. Masa kritis telah berlalu; koneksi telah disortir sendiri, dan koneksi yang tumpang tindih telah dihilangkan.

Anomali ini telah membantu para ilmuwan mendapatkan wawasan tentang perkembangan visual yang normal. Dalam perkembangan normal, jalur untuk setiap mata dibentuk (atau "dipangkas") ke jumlah sambungan yang tepat, dan sambungan tersebut. Copyright 2004 © National Academy of Sciences. Seluruh hak cipta.

Kecuali dinyatakan lain, semua materi dalam File PDF ini disediakan oleh National Academies Press (www.nap.edu) untuk tujuan penelitian dilindungi hak cipta oleh National Academy of Sciences. Distribusi, posting, atau penyalinan dilarang keras tanpa izin tertulis dari RAN.

tions dipahat dengan cara lain, misalnya, untuk memungkinkan seseorang untuk melihat pola. Dengan memproduksi sinapsis secara berlebihan kemudian memilih koneksi yang tepat, otak mengembangkan diagram pengkabelan yang terorganisir yang berfungsi secara optimal. Proses perkembangan otak sebenarnya menggunakan informasi visual yang masuk dari luar untuk menjadi lebih terorganisir dengan tepat daripada yang bisa dilakukan dengan mekanisme molekuler intrinsik saja. Informasi eksternal ini bahkan lebih penting untuk perkembangan kognitif selanjutnya. Semakin banyak seseorang berinteraksi dengan dunia, semakin seseorang membutuhkan informasi dari dunia yang dimasukkan ke dalam struktur otak.

Produksi dan seleksi sinaps yang berlebihan dapat berkembang pada tingkat yang berbeda di berbagai bagian otak (Huttenlocher dan Dabholkar, 1997). Di korteks visual primer, puncak kepadatan sinaps terjadi relatif cepat. Di korteks frontal medial, wilayah yang jelas terkait dengan fungsi kognitif yang lebih tinggi, prosesnya lebih berlarut-larut: produksi sinaps dimulai sebelum kelahiran dan kepadatan sinaps terus meningkat hingga usia 5 atau 6 tahun.

Proses seleksi, yang secara konseptual sesuai dengan pengorganisasian pola utama, berlanjut selama 4-5 tahun ke depan dan berakhir sekitar masa remaja awal. Kurangnya sinkronisasi antara daerah kortikal juga dapat terjadi pada neuron kortikal individu di mana input yang berbeda dapat matang pada tingkat yang berbeda (lihat Juraska, 1982, pada penelitian pada hewan).

Setelah siklus kelebihan produksi sinaps dan seleksi berjalan dengan sendirinya, perubahan tambahan terjadi di otak. Mereka tampaknya memasukkan modifikasi sinapsis yang ada dan penambahan sinapsis yang sama sekali baru ke otak. Bukti penelitian (dijelaskan di bagian selanjutnya) menunjukkan bahwa aktivitas dalam sistem saraf yang terkait dengan pembelajaran mengalami beberapa cara menyebabkan sel-sel saraf membuat sinapsis baru. Tidak seperti proses kelebihan dan kehilangan sinapsis, penambahan dan modifikasi sinapsis adalah proses seumur hidup, didorong oleh pengalaman. Pada dasarnya, kualitas informasi yang diekspos dan jumlah informasi yang diperoleh seseorang tercermin sepanjang hidupnya dalam struktur otak. Proses ini mungkin bukan satu-satunya cara informasi disimpan di otak, tetapi merupakan cara yang sangat penting yang memberikan wawasan tentang bagaimana orang belajar.

PENGALAMAN DAN LINGKUNGAN UNTUK PENGEMBANGAN OTAK

Perubahan di otak yang terjadi selama pembelajaran tampaknya membuat sel-sel saraf lebih efisien atau kuat. Hewan yang dibesarkan di lingkungan yang kompleks memiliki volume kapiler per sel saraf yang lebih besar—dan oleh karena itu suplai darah ke otak lebih besar—daripada hewan yang dikurung, terlepas dari apakah hewan yang dikurung itu hidup sendiri atau bersama teman (Black et al., 1987).). (Kapiler adalah pembuluh darah kecil yang memasok oksigen dan nutrisi lain ke otak.) Dengan cara ini, pengalaman meningkatkan kualitas keseluruhan Hak Cipta 2004 © National Academy of Sciences. Seluruh hak cipta.

dari fungsi otak. Menggunakan astrosit (sel yang mendukung fungsi neuron dengan menyediakan nutrisi dan membuang limbah) sebagai indeks, ada jumlah astrosit per neuron yang lebih tinggi pada hewan dengan lingkungan kompleks daripada pada kelompok yang dikurung. Secara keseluruhan, studi-studi ini menggambarkan sebuah pola peningkatan kapasitas di otak yang tergantung pada pengalaman.

Penelitian lain terhadap hewan menunjukkan perubahan lain di otak melalui pembelajaran; lihat Kotak 5.1. Berat dan ketebalan korteks serebral dapat terukur pada tikus yang dibesarkan dari penyapihan, atau ditempatkan sebagai orang dewasa, dalam sangkar besar yang diperkaya oleh kehadiran kedua set objek yang berubah untuk bermain dan eksplorasi dan tikus lain untuk mendorong permainan dan eksplorasi (Rosenzweig dan Bennett, 1978). Hewan-hewan ini juga tampil lebih baik pada a berbagai tugas pemecahan masalah daripada tikus yang dipelihara di kandang laboratorium standar. Menariknya, baik kehadiran interaktif kelompok sosial maupun fisik langsung kontak dengan lingkungan merupakan faktor penting: hewan ditempatkan di lingkungan yang diperkaya saja menunjukkan manfaat yang relatif kecil; begitu juga hewan yang ditempatkan di kandang kecil dalam lingkungan yang lebih besar (Ferchmin et al., 1978; Rosenzweig dan Bennett, 1972). Dengan demikian, struktur kasar korteks serebral diubah baik oleh paparan kesempatan untuk belajar dan dengan belajar dalam konteks sosial.

Apakah Aktivitas Saraf Sekedar Mengubah Otak atau? Apakah Belajar Diperlukan?

Apakah perubahan di otak karena pembelajaran yang sebenarnya atau variasi dalam? tingkat agregat aktivitas saraf? Hewan di lingkungan yang kompleks tidak hanya belajar dari pengalaman, tetapi mereka juga berlari, bermain, dan berolahraga, yang mengaktifkan otak. Pertanyaannya adalah apakah aktivasi saja dapat menghasilkan otak berubah tanpa subjek benar-benar mempelajari apa pun, sama seperti aktivasi otot dengan olahraga dapat menyebabkannya tumbuh. Untuk menjawab pertanyaan ini, sekelompok hewan yang mempelajari keterampilan motorik yang menantang tetapi memiliki aktivitas otak yang relatif sedikit dibandingkan dengan kelompok yang memiliki tingkat kecerdasan yang tinggi. aktivitas otak tetapi melakukan pembelajaran yang relatif sedikit (Black et al., 1990). Ada empat kelompok semuanya. Satu kelompok tikus diajari melintasi dataran tinggi Halang rintang; "akrobat" ini menjadi sangat baik dalam tugas selama sebulan atau begitulah praktiknya. Kelompok kedua dari "olahraga wajib" ditempatkan pada a treadmill sekali sehari, di mana mereka berlari selama 30 menit, istirahat selama 10 menit, kemudian berlari lagi 30 menit. Kelompok ketiga dari "pelatih sukarela" memiliki akses gratis ke roda aktivitas yang terpasang langsung ke kandang mereka, yang mereka sering digunakan. Kelompok kontrol tikus "kentang sangkar" tidak berolahraga.

Apa yang terjadi dengan volume pembuluh darah dan jumlah sinapsis? per neuron pada tikus? Baik yang wajib maupun yang suka rela berolahraga menunjukkan kepadatan pembuluh darah yang lebih tinggi daripada kandang

tikus kentang atau akrobat yang mempelajari keterampilan yang tidak melibatkan signifikansi Hak

KOTAK 5.1 Membuat Tikus Lebih Cerdas

Bagaimana tikus belajar? Bisakah tikus "dididik?" Dalam studi klasik, tikus ditempatkan di lingkungan komunal yang kompleks penuh dengan objek yang memberikan banyak kesempatan untuk eksplorasi dan bermain (Greenough, 1976). Objek diubah dan diatur ulang setiap hari, dan selama waktu berubah, hewan-hewan belum dimasukkan lingkungan lain dengan kumpulan objek lainnya. Jadi, seperti bagian tandingan dunia nyata mereka di selokan New York atau ladang Kansas, tikus-tikus ini memiliki serangkaian pengalaman yang relatif kaya untuk menarik informasi. Grup yang kontras tikus ditempatkan di lingkungan laboratorium yang lebih khas, hidup sendiri atau dengan satu atau dua lainnya di kandang tandus — yang jelas merupakan model tikus asli yang buruk dunia. Kedua pengaturan ini dapat membantu menentukan bagaimana pengalaman memengaruhi perkembangan otak normal dan struktur kognitif normal, dan orang juga dapat melihat apa yang terjadi ketika hewan kehilangan pengalaman kritis.

Setelah tinggal di lingkungan yang kompleks atau miskin untuk jangka waktu dari penyapihan tikus remaja, dua kelompok hewan menjadi sasaran pengalaman belajar. Tikus-tikus yang tumbuh di lingkungan yang kompleks membuat lebih sedikit kesalahan di awal daripada tikus lainnya; mereka juga belajar lebih cepat bukan untuk membuat kesalahan sama sekali. Dalam hal ini, mereka lebih pintar daripada rekan-rekan mereka yang lebih miskin. Dan dengan imbalan positif, mereka tampil lebih baik pada tugas-tugas kompleks daripada hewan yang dibesarkan di kandang individu. Yang paling penting, belajar mengubah otak tikus: hewan dari lingkungan yang kompleks memiliki 20-25 persen lebih banyak sinapsis per sel saraf di korteks visual daripada hewan dari kandang standar (lihat Turner dan Greenough, 1985; Beaulieu dan Colonnier, 1987). Jelas bahwa ketika hewan belajar, mereka menambahkan koneksi baru ke kabel otak mereka — sebuah fenomena yang tidak terbatas pada perkembangan awal (lihat, misalnya, Greenough et al., 1979).

jumlah aktivitas. Tetapi ketika jumlah sinapsis per sel saraf adalah diukur, akrobat adalah kelompok yang menonjol. Belajar menambahkan sinapsis; latihan tidak. Jadi, berbagai jenis pengalaman mengkondisikan otak dalam cara yang berbeda. Pembentukan sinaps dan pembentukan pembuluh darah (vaskularisasi) adalah dua bentuk adaptasi otak yang penting, tetapi didorong oleh mekanisme fisiologis yang berbeda dan oleh peristiwa perilaku yang berbeda.

Perubahan Lokal

Mempelajari tugas-tugas khusus membawa perubahan lokal di bidang-bidang

otak yang sesuai dengan tugas. Misalnya, ketika hewan dewasa muda adalah

Hak Cipta © 2004 National Academies Press. Kecuali dinyatakan lain, semua materi dalam File PDF ini disediakan oleh National Academies Press (www.nap.edu) untuk penelitian tujuan dilindungi hak cipta oleh National Academy of Sciences. Distribusi, posting, atau penyalinan dilarang keras tanpa izin tertulis dari RAN.

Dibuat untuk flyjui@126.com pada Minggu 19 Sep 19:44:00 2004

diajarkan labirin, perubahan struktural terjadi di area visual otak korteks (Greenough et al., 1979). Ketika mereka mempelajari labirin dengan satu mata diblokir dengan lensa kontak buram, hanya daerah otak yang terhubung ke mata terbuka diubah (Chang dan Greenough, 1982). Ketika mereka belajar seperangkat keterampilan motorik yang kompleks, perubahan struktural terjadi di wilayah motorik korteks serebral dan di otak kecil, struktur otak belakang yang mengkoordinasikan aktivitas motorik (Black et al., 1990; Kleim et al., 1996).

Perubahan struktur otak ini mendasari perubahan fungsional atau ganization otak. Artinya, belajar memaksakan pola organisasi baru pada otak, dan fenomena ini telah dikonfirmasi oleh rekaman elektro fisiologis aktivitas sel saraf (Beaulieu dan Cynader,

1990). Studi perkembangan otak memberikan model proses pembelajaran pada tingkat sel: perubahan yang pertama kali diamati pada tikus juga terbukti benar pada tikus, kucing, monyet, dan burung, dan hampir pasti terjadi di manusia.

PERAN INSTRUKSI DALAM PERKEMBANGAN OTAK

Jelas, otak dapat menyimpan informasi, tetapi jenis informasi apa? Ahli saraf tidak menjawab pertanyaan-pertanyaan ini. Menjawabnya adalah pekerjaan ilmuwan kognitif, peneliti pendidikan, dan orang lain yang mempelajari efek pengalaman pada perilaku manusia dan potensi manusia. Beberapa contoh menggambarkan bagaimana instruksi dalam jenis informasi tertentu dapat mempengaruhi proses perkembangan alami. Bagian ini membahas suatu kasus dalam perkembangan bahasa.

Perkembangan Bahasa dan Otak

Perkembangan otak sering diatur waktunya untuk mengambil keuntungan dari pengalaman tertentu, sehingga informasi dari lingkungan membantu untuk mengatur otak. Perkembangan bahasa pada manusia merupakan contoh dari proses yang dipandu oleh jadwal dengan kondisi batasan tertentu. Suka perkembangan sistem visual, proses paralel terjadi pada manusia pengembangan bahasa untuk kapasitas memahami fonem, "atom" pidato. Fonem didefinisikan sebagai unit ucapan terkecil yang bermakna suara. Manusia membedakan suara "b" dari suara "p" sebagian besar dengan memahami waktu permulaan suara relatif terhadap waktu bibir bagian; ada batas yang memisahkan "b" dari "p" yang membantu untuk membedakan "taruhan" dari "hewan peliharaan." Batas-batas semacam ini ada di antara fonem-fonem yang terkait erat, dan pada orang dewasa batas-batas ini mencerminkan pengalaman bahasa. Sangat anak-anak kecil membedakan lebih banyak batas fonemik daripada orang dewasa, tetapi mereka kehilangan kekuatan diskriminatif mereka ketika batas-batas tertentu tidak didukung oleh pengalaman dengan bahasa lisan (Kuhl, 1993). Asli Japa- Hak Cipta

2004 © National Academy of Sciences. Seluruh hak cipta.

Kecuali dinyatakan lain, semua materi dalam File PDF ini disediakan oleh National Academies Press (www.nap.edu) untuk penelitian tujuan dilindungi hak cipta oleh National Academy of Sciences. Distribusi, posting, atau penyalinan dilarang keras tanpa izin tertulis dari RAN.

Dibuat untuk flyjuu@126.com pada Minggu 19 Sep 19:44:00 2004

Penutur bahasa, misalnya, biasanya tidak membedakan bunyi “r” dari bunyi “l” yang terlihat jelas bagi penutur bahasa Inggris, dan kemampuan ini hilang pada masa kanak-kanak awal karena tidak ada dalam tuturan yang mereka dengar. Tidak diketahui apakah kelebihan produksi dan eliminasi sinaps mendasari proses ini, tetapi tampaknya masuk akal.

Proses eliminasi sinaps terjadi relatif lambat di daerah korteks serebral yang terlibat dalam aspek bahasa dan fungsi kognitif lain yang lebih tinggi (Huttenlocher dan Dabholkar, 1997). Sistem otak yang berbeda tampaknya berkembang sesuai dengan kerangka waktu yang berbeda, sebagian didorong oleh pengalaman dan sebagian oleh kekuatan intrinsik. Proses ini menunjukkan bahwa otak anak-anak mungkin lebih siap untuk mempelajari berbagai hal pada waktu yang berbeda. Tapi, seperti disebutkan di atas, pembelajaran terus mempengaruhi struktur otak lama setelah kelebihan dan kehilangan sinaps selesai. Sinapsis baru ditambahkan yang tidak akan pernah ada tanpa pembelajaran, dan diagram pengkabelan otak terus ditata ulang sepanjang hidup seseorang. Mungkin ada perubahan lain di otak yang terlibat dalam pengkodean pembelajaran, tetapi sebagian besar ilmuwan setuju bahwa penambahan dan modifikasi sinapsis adalah yang paling pasti.

Contoh Efek Instruksi pada Pengembangan otak

Pengetahuan rinci tentang proses otak yang mendasari bahasa telah muncul dalam beberapa tahun terakhir. Misalnya, tampaknya ada area otak terpisah yang mengkhususkan diri dalam subtugas seperti mendengar kata-kata (bahasa lisan orang lain), melihat kata-kata (membaca), mengucapkan kata-kata (ucapan), dan menghasilkan kata-kata (berpikir dengan bahasa). Apakah pola pengorganisasian otak untuk keterampilan lisan, tertulis, dan mendengarkan ini memerlukan latihan terpisah untuk meningkatkan keterampilan komponen bahasa dan literasi masih harus ditentukan. Jika keterampilan yang terkait erat ini memiliki representasi otak yang agak independen, maka praktik keterampilan yang terkoordinasi mungkin merupakan cara yang lebih baik untuk mendorong pembelajar bergerak dengan mulus di antara berbicara, menulis, dan mendengarkan.

Bahasa memberikan contoh yang sangat mencolok tentang bagaimana proses instruksional dapat berkontribusi untuk mengatur fungsi otak. Contohnya menarik karena proses bahasa biasanya lebih erat kaitannya dengan otak kiri. Seperti yang ditunjukkan oleh diskusi berikut, jenis pengalaman tertentu dapat berkontribusi pada area otak lain yang mengambil alih beberapa fungsi bahasa. Misalnya, orang tuli yang belajar bahasa isyarat belajar berkomunikasi menggunakan sistem visual menggantikan sistem pendengaran. Bahasa isyarat manual memiliki struktur gramatikal, dengan imbuhan dan morfologi, tetapi mereka bukan terjemahan dari bahasa lisan. Setiap bahasa isyarat tertentu (seperti Bahasa Isyarat Amerika)

memiliki organisasi yang unik, dipengaruhi oleh fakta bahwa hal itu dirasakan secara visual. Persepsi bahasa isyarat tergantung pada persepsi visual paralel dari bentuk, lokasi spasial relatif, dan gerakan tangan—jenis persepsi yang sangat berbeda dari persepsi pendengaran bahasa lisan (Bellugi, 1980).

Dalam sistem saraf orang yang mendengar, jalur sistem pendengaran tampaknya berhubungan erat dengan daerah otak yang memproses fitur bahasa lisan, sedangkan jalur visual tampaknya melalui beberapa tahap pemrosesan sebelum fitur bahasa tertulis diekstraksi (Blakemore, 1977; Friedman dan Cocking, 1986). Ketika seorang tunarungu belajar berkomunikasi dengan isyarat manual, proses sistem saraf yang berbeda telah menggantikan proses yang biasanya digunakan untuk bahasa—suatu pencapaian yang signifikan.

Ahli saraf telah menyelidiki bagaimana area visual-spasial dan pemrosesan bahasa masing-masing berkumpul di belahan otak yang berbeda, sambil mengembangkan fungsi baru tertentu sebagai hasil dari pengalaman bahasa visual. Di otak semua orang tuli, beberapa area kortikal yang juga tidak memproses informasi pendengaran menjadi terorganisir untuk memproses visual dalam formasi. Namun ada juga perbedaan yang dapat dibuktikan antara otak orang tuli yang menggunakan bahasa isyarat dan orang tuli yang tidak menggunakan bahasa isyarat, mungkin karena mereka memiliki pengalaman bahasa yang berbeda (Neville, 1984, 1995). Antara lain, perbedaan utama ada dalam aktivitas listrik otak individu tunarungu yang menggunakan bahasa isyarat dan mereka yang tidak tahu bahasa isyarat (Friedman dan Cocking, 1986; Neville, 1984). Juga, ada kesamaan antara pengguna bahasa isyarat dengan pendengaran normal dan pengguna bahasa isyarat tunarungu yang dihasilkan dari pengalaman umum mereka terlibat dalam aktivitas bahasa. Dengan kata lain, jenis instruksi tertentu dapat memodifikasi otak, memungkinkannya menggunakan input sensorik alternatif untuk mencapai fungsi adaptif, dalam hal ini, komunikasi.

Demonstrasi lain bahwa otak manusia dapat direorganisasi secara fungsional dengan instruksi berasal dari penelitian pada individu yang menderita stroke atau bagian otaknya dihilangkan (Bach-y-Rita, 1980, 1981; Crill dan Raichle, 1982). Karena pemulihan spontan umumnya tidak mungkin, cara terbaik untuk membantu orang-orang ini mendapatkan kembali fungsi mereka yang hilang adalah dengan memberi mereka instruksi dan latihan jangka panjang. Meskipun pembelajaran semacam ini biasanya memakan waktu lama, hal itu dapat menyebabkan pemulihan sebagian atau keseluruhan fungsi bila didasarkan pada prinsip-prinsip instruksi yang baik. Studi hewan dengan gangguan serupa telah jelas menunjukkan pembentukan koneksi otak baru dan penyesuaian lainnya, tidak berbeda dengan yang terjadi ketika orang dewasa belajar (misalnya, Jones dan Schallert, 1994; Kolb, 1995). Dengan demikian, pembelajaran terbimbing dan pembelajaran dari pengalaman individu keduanya memainkan peran penting dalam reorganisasi fungsional otak.

MEMORI DAN PROSES OTAK

Penelitian proses memori telah berkembang dalam beberapa tahun terakhir melalui upaya gabungan dari ahli saraf dan ilmuwan kognitif, dibantu oleh tomografi emisi positron dan pencitraan resonansi magnetik fungsional (Schacter, 1997). Sebagian besar kemajuan penelitian dalam memori yang membantu para ilmuwan memahami pembelajaran berasal dari dua kelompok studi utama: studi yang menunjukkan bahwa memori bukanlah konstruksi kesatuan dan studi yang menghubungkan fitur pembelajaran dengan efektivitas di kemudian hari dalam mengingat.

Memori bukanlah entitas tunggal atau fenomena yang terjadi di satu area otak. Ada dua proses memori dasar: memori deklaratif, atau memori untuk fakta dan peristiwa yang terjadi terutama dalam sistem otak yang melibatkan hipokampus; dan memori prosedural atau nondeklaratif, yaitu memori untuk keterampilan dan operasi kognitif lainnya, atau memori yang tidak dapat direpresentasikan dalam kalimat deklaratif, yang terjadi terutama dalam sistem otak yang melibatkan neostriatum (Squire, 1997).

Fitur pembelajaran yang berbeda berkontribusi pada daya tahan atau kerapuhan memori. Misalnya, perbandingan ingatan orang untuk kata-kata dengan ingatan mereka untuk gambar dari objek yang sama menunjukkan efek superioritas untuk gambar. Efek superioritas gambar juga benar jika kata-kata dan gambar digabungkan selama pembelajaran (Roediger, 1997). Jelas, temuan ini memiliki relevansi langsung untuk meningkatkan pembelajaran jangka panjang dari jenis informasi tertentu.

Penelitian juga menunjukkan bahwa pikiran bukan hanya perekam pasif dari peristiwa, melainkan aktif bekerja baik dalam menyimpan dan mengingat informasi. Ada penelitian yang menunjukkan bahwa ketika serangkaian peristiwa disajikan dalam urutan acak, orang menyusunnya kembali menjadi urutan yang masuk akal ketika mereka mencoba mengingatnya (Lichtenstein dan Brewer, 1980). Fenomena otak aktif secara dramatis diilustrasikan lebih lanjut oleh fakta bahwa pikiran dapat "mengingat" hal-hal yang sebenarnya tidak terjadi. Dalam salah satu contoh (Roediger, 1997), orang pertama kali diberi daftar kata: permen asam-gula-pahit-rasa enak-gigi-pisau-madu-foto-cokelat-hati-kue tart-pie. Selama fase pengenalan selanjutnya, subjek diminta untuk menjawab "ya" atau "tidak" untuk pertanyaan apakah kata tertentu ada dalam daftar. Dengan frekuensi tinggi dan keandalan tinggi, subjek melaporkan bahwa kata "manis" ada dalam daftar. Artinya, mereka "mengingat" sesuatu yang tidak benar. Temuan ini menggambarkan pikiran aktif di tempat kerja menggunakan proses inferensi untuk menghubungkan peristiwa. Orang-orang "mengingat" kata-kata yang tersirat tetapi tidak dinyatakan dengan probabilitas yang sama seperti kata-kata yang dipelajari. Dalam tindakan efisiensi dan "ekonomi kognitif" (Gibson, 1969), pikiran menciptakan kategori untuk memproses informasi. Dengan demikian, merupakan ciri pembelajaran bahwa proses memori membuat hubungan relasional dengan informasi lain.

Mengingat fakta bahwa pengalaman mengubah struktur otak dan

pengalaman cific memiliki efek tertentu pada otak, sifat "pengalaman" menjadi pertanyaan menarik dalam kaitannya dengan proses memori. Untuk Misalnya, ketika anak-anak ditanya apakah peristiwa palsu pernah terjadi (seperti: diverifikasi oleh orang tua mereka), mereka akan dengan benar mengatakan bahwa itu tidak pernah terjadi mereka (Ceci, 1997). Namun, setelah diskusi berulang kali tentang hal yang sama peristiwa palsu menyebar dari waktu ke waktu, anak-anak mulai mengidentifikasi peristiwa palsu ini sebagai kejadian nyata. Setelah sekitar 12 minggu diskusi seperti itu, anak-anak memberikan uraian lengkap tentang peristiwa fiktif ini, yang melibatkan orang tua, saudara kandung, dan sejumlah besar "bukti" pendukung. Daftar kata yang berulang dengan orang dewasa juga mengungkapkan bahwa mengingat peristiwa yang tidak dialami mengaktifkan wilayah otak yang sama dengan peristiwa atau kata-kata yang dialami secara langsung (Schacter, 1997). Pencitraan resonansi magnetik juga menunjukkan bahwa area otak yang sama diaktifkan selama tanya jawab tentang keduanya benar dan kejadian palsu. Ini mungkin menjelaskan mengapa ingatan palsu bisa tampak begitu menarik bagi individu yang melaporkan peristiwa tersebut.

Singkatnya, kelas kata, gambar, dan kategori informasi lainnya yang melibatkan pemrosesan kognitif kompleks secara berulang mengaktifkan otak. Aktivasi menggerakkan peristiwa yang dikodekan sebagai bagian dari ingatan jangka panjang. Proses memori memperlakukan memori benar dan salah peristiwa serupa dan, seperti yang ditunjukkan oleh teknologi pencitraan, mengaktifkan hal yang sama daerah otak, terlepas dari validitas apa yang sedang diingat. Pengalaman penting untuk perkembangan struktur otak, dan apa itu? terdaftar di otak sebagai ingatan pengalaman dapat mencakup milik sendiri kegiatan mental.

Poin-poin tentang memori ini penting untuk memahami pembelajaran dan dapat menjelaskan banyak hal tentang mengapa pengalaman diingat dengan baik atau buruk. Yang sangat penting adalah penemuan bahwa pikiran memaksakan struktur pada informasi yang tersedia dari pengalaman. Ini paralel dengan deskripsi organisasi informasi dalam kinerja terampil yang dibahas dalam

Bab 3: salah satu perbedaan utama antara pemula dan ahli adalah cara di mana informasi diatur dan digunakan. Dari perspektif pengajaran, sekali lagi menunjukkan pentingnya kerangka keseluruhan yang tepat di mana pembelajaran terjadi paling efisien dan efektif (lihat bukti yang dibahas dalam Bab 3 dan 4).

Secara keseluruhan, penelitian ilmu saraf menegaskan peran penting yang dimainkan oleh pengalaman dalam membangun struktur pikiran dengan memodifikasi struktur tersebut. otak: perkembangan tidak semata-mata terungkapnya hal-hal yang telah diprogram sebelumnya pola. Selain itu, ada konvergensi berbagai jenis penelitian tentang beberapa aturan yang mengatur pembelajaran. Salah satu aturan paling sederhana adalah praktek meningkatkan pembelajaran; di otak, ada hubungan serupa antara jumlah pengalaman dalam lingkungan yang kompleks dan jumlah dari perubahan struktural.

Singkatnya, ilmu saraf mulai memberikan beberapa wawasan, jika tidak

Hak Cipta 2004 © Akademi Ilmu Pengetahuan Nasional. Seluruh hak cipta.

Kecuali dinyatakan lain, semua materi dalam File PDF ini disediakan oleh National Academies Press (www.nap.edu) untuk penelitian tujuan dilindungi hak cipta oleh National Academy of Sciences. Distribusi, posting, atau penyalinan dilarang keras tanpa izin tertulis dari RAN.

Dibuat untuk flyjuu@126.com pada Minggu 19 Sep 19:44:00 2004

jawaban akhir, untuk pertanyaan yang sangat menarik bagi para pendidik. Ada bukti yang berkembang bahwa otak yang berkembang dan yang matang secara struktural berubah ketika pembelajaran terjadi. Dengan demikian, perubahan struktural ini diyakini mengkodekan pembelajaran di otak. Studi telah menemukan perubahan dalam berat dan ketebalan korteks serebral tikus yang memiliki kontak langsung dengan lingkungan fisik yang merangsang dan kelompok sosial yang interaktif. Pekerjaan selanjutnya telah mengungkapkan perubahan mendasar dalam struktur sel saraf dan jaringan yang mendukung fungsinya. Sel-sel saraf memiliki lebih banyak sinapsis yang melaluinya mereka berkomunikasi satu sama lain.

Struktur sel saraf itu sendiri juga berubah. Di bawah setidaknya beberapa kondisi, baik astrosit yang memberikan dukungan ke neuron dan kapiler yang memasok darah juga dapat diubah. Mempelajari tugas-tugas tertentu tampaknya mengubah daerah-daerah tertentu di otak yang terlibat dalam tugas tersebut. Temuan ini menunjukkan bahwa otak adalah organ yang dinamis, sebagian besar dibentuk oleh pengalaman—oleh apa yang dilakukan dan dilakukan makhluk hidup.

KESIMPULAN

Hal ini sering populer berpendapat bahwa kemajuan dalam pemahaman perkembangan otak dan mekanisme pembelajaran memiliki implikasi substansial untuk pendidikan dan ilmu pembelajaran. Selain itu, ilmuwan otak tertentu telah menawarkan nasihat, seringkali dengan dasar ilmiah yang lemah, yang telah dimasukkan ke dalam publikasi yang dirancang untuk pendidik (lihat, misalnya, Sylwester, 1995: Bab 7). Ilmu saraf telah maju ke titik di mana sudah waktunya untuk berpikir kritis tentang bentuk di mana informasi penelitian tersedia bagi pendidik sehingga ditafsirkan secara tepat untuk praktik — mengidentifikasi temuan penelitian mana yang siap untuk diimplementasikan dan mana yang tidak.

Bab ini mengulas bukti efek pengalaman pada perkembangan otak, kemampuan beradaptasi otak untuk jalur alternatif untuk belajar, dan dampak pengalaman pada memori. Beberapa temuan tentang otak dan pikiran jelas dan mengarah pada topik penelitian selanjutnya:

1. Organisasi fungsional otak dan pikiran bergantung pada dan mendapat manfaat positif dari pengalaman.
2. Perkembangan bukan hanya proses penyingkapan yang didorong secara biologis, tetapi juga proses aktif yang memperoleh informasi penting dari pengalaman.
3. Penelitian telah menunjukkan bahwa beberapa pengalaman memiliki efek paling kuat selama periode sensitif tertentu, sementara yang lain dapat mempengaruhi otak dalam rentang waktu yang lebih lama.

4. Isu penting yang perlu ditentukan dalam kaitannya dengan pendidikan

Hak Cipta 2004 © Akademi Ilmu Pengetahuan Nasional. Seluruh hak cipta.

Kecuali dinyatakan lain, semua materi dalam File PDF ini disediakan oleh National Academies Press (www.nap.edu) untuk tujuan penelitian dilindungi hak cipta oleh National Academy of Sciences. Distribusi, posting, atau penyalinan dilarang keras tanpa izin tertulis dari RAN.

tion adalah hal-hal mana yang terikat pada periode kritis (misalnya, beberapa aspek persepsi mikrofon telepon dan pembelajaran bahasa) dan untuk hal-hal mana waktu pemaparan kurang kritis.

Dari temuan ini, jelas bahwa ada perbedaan kualitatif antara jenis kesempatan belajar. Selain itu, otak "menciptakan" pengalaman informasi melalui aktivitas mental seperti inferensi, pembentukan kategori, dan sebagainya. Ini adalah jenis kesempatan belajar yang dapat difasilitasi. Sebaliknya, ini adalah jembatan yang terlalu jauh, untuk memparafrasekan John Bruer (1997), untuk menyarankan bahwa aktivitas spesifik mengarah pada percabangan saraf (Cardellicchio dan Field, 1997), seperti yang disiratkan oleh beberapa penafsir ilmu saraf.