



Modul 3  
FPG 122-Ilmu Perkembangan Gerak

Materi 4  
Kontrol Motorik dan Pembelajaran Motorik  
(Motor Control and Motor Learning)

Disusun Oleh  
Wahyuddin

UNIVERSITAS ESA UNGGUL  
2019

Motor kontrol teori menyediakan kerangka kerja untuk menafsirkan gerakan dan perilaku. Kontrol motor adalah kemampuan untuk mengatur dan mengontrol pergerakan fungsional. Bidang kontrol motor tumbuh terutama dari studi khusus neu-rofisiologi dalam upaya untuk menjelaskan bagaimana gerakan fungsional diproduksi dan diatur pada manusia. Dari perspektif sejarah, beberapa teori dan model telah diajukan. Beberapa model mendekati kontrol motorik dari perspektif fisiologis, dan yang lain memiliki perspektif psikologis. Apapun, penting untuk menyadari bahwa teori-teori ini selalu berubah dan berkembang berdasarkan pemikiran kontemporer dan penelitian saat ini. Ketika penjelasan teori yang ada tidak lagi cukup untuk menafsirkan data penelitian, teori baru dikembangkan.

Selama abad kedua puluh, para sarjana berusaha menjelaskan mekanisme kontrol motorik. Awalnya, ia berpikir bahwa otak mengatur gerakan melalui refleks sendiri atau sebagai hierarki. Model kemudian dikembangkan yang menggambarkan umpan balik dan pemrograman dalam sistem saraf. Model sistem adalah model kontrol motor paling kontemporer saat ini. Kontrol motor adalah kemampuan untuk mengatur dan mengendalikan gerakan fungsional. Masing-masing model dibahas secara bergantian.

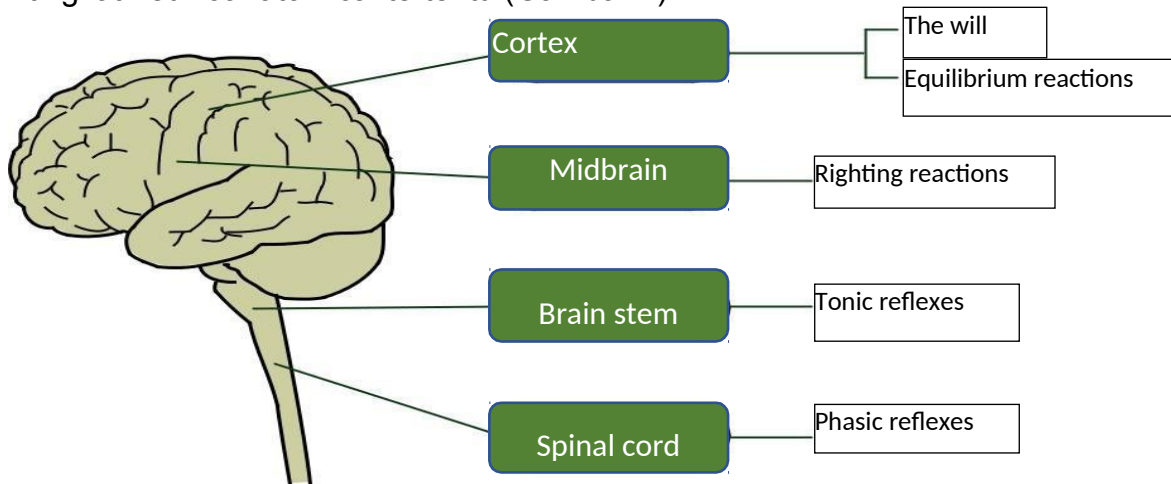
Perspektif awal kontrol motor tanggal kembali ke akhir 1800-an, ketika dua pandangan serupa diusulkan yang menunjuk ke sebuah organisasi hierarkis. Dalam penelitian terpisah, penulis mengklaim bahwa input sensorik adalah Memahami perubahan terkait usia dalam kontrol motorik dan pembelajaran motorik.diperlukan untuk kontrol output motor. James<sup>1</sup> menyatakan bahwa rantai kontrasepsi otot yang berurutan yang melekat dalam tindakan motorik kebiasaan dipicu secara berurutan oleh sensasi yang terkait, atau rantai . Pada pergantian abad, Sherrington mengusulkan *model refleksnya*, di mana urutan refleks terbentuk blok bangunan perilaku motorik yang kompleks. Sayangnya, kedua teori terkait ini tidak menjelaskan gerakan yang terjadi tanpa stimulus sensorik, juga tidak menjelaskan bagaimana tindakan dimodifikasi tergantung pada konteks di mana mereka terjadi (misalnya, kecepatan yang berbeda-beda, kondisi baru).

### Model Refleks (Sherrington)

Model ini didasarkan pada pendapat bahwa refleks sebagai unit dasar gerakan. Refleks adalah respons stereotip terhadap rangsangan sensorik tertentu. Informasi sensorik memicu respons motorik. Tidak ada respons tanpa input sensorik. Refleks tendon yang dalam adalah contoh refleks monosinaptik. Refleks lain lebih rumit dan melibatkan lebih dari satu tingkat sistem saraf seperti refleks leher tonik asimetri. Sherrington berpikir bahwa gerakan sukarela adalah produk rantai refleks yang disatukan oleh otak. Meskipun penjelasan tentang gerakan yang didasarkan pada refleks ini bertahan cukup lama, itu tidak benar. Gerakan dapat terjadi tanpa pemicu sensorik. Gerakan refleksif cenderung sangat stereotipikal dengan sedikit atau tanpa variabilitas. Sistem saraf memang memiliki sirkuit lokal di tingkat medula spinalis yang mengoordinasikan refleks. Gerakan refleksif hanya satu kategori gerakan.

## Teori Kontrol Motorik Hierarchy Model

Dalam model hirarki kontrol motor, refleks atau reaksi spesifik dikaitkan dengan tingkat neu-roanatomical tertentu (Gambar 1).



Refleks yang dimediasi di medula spinalis dianggap fasik karena durasinya pendek. Refleks regangan monosinaptik dan penarikan fleksor adalah contoh refleks fasik. Refleks spinal ditandai oleh pola persarafan timbal balik. Refleks yang dimediasi pada tingkat batang otak ditandai sebagai tonik karena durasinya yang panjang. Refleks tonik seperti refleks leher tonik asimetris dan refleks labyrinthine tonik menghasilkan perubahan nada dan postur. Kontraksi otot agonis dan antagonis memungkinkan bentuk posisi primitif.

Otak tengah atau struktur subkortikal dihubungkan dengan perilaku kompensasi yang menyelaraskan tubuh sehubungan dengan gravitasi. Reaksi yang benar ini disebabkan oleh sinyal sensorik kompleks yang timbul dari berbagai sumber, termasuk mata, labirin telinga, dan reseptor kulit dan proprioseptif tubuh. Gerakan yang dihasilkan lebih bervariasi daripada refleks dan sebagai hasilnya disebut reaksi

Setiap level berikutnya dari sumbu saraf menunjukkan kontrol atas level yang lebih rendah, menghasilkan model kontrol top-down. Level kontrol motor tertinggi dalam model hirarkis adalah pada level kortikal. Korteks dalam model ini dianggap sebagai direktur gerakan. Korteks adalah tempat kemauan, atau fungsi kehendak yang menghambat dan mengendalikan refleks dan memulai tindakan tujuan-penuh.

Ahli saraf telah menjelaskan perilaku motorik yang ditunjukkan oleh pasien dengan cedera otak menggunakan hierarki tradisional ini.<sup>3-5</sup> Menurut teori klasik, penyakit atau kerusakan pada otak menyebabkan "pembubaran" fungsi otak. *Pembubaran* berarti bahwa fungsi saraf mundur ke arah karakteristik tingkat primitif dari fase awal pengembangan sistem nervous. Setelah terapis melakukan uji klinis refleks, perilaku pasien ditafsirkan untuk

mewakili tingkat fungsi tertentu. Sebagai contoh, jika perilaku pasien didominasi oleh respons refleksi tonik, perilaku tersebut diartikan sebagai fungsi tingkat batang otak yang berubah-ubah. Pengobatan klasik dan strategi intervensi untuk individu dengan kerusakan otak ditemukan berdasarkan pandangan tentang kontrol motorik ini.

Baik dalam refleksi maupun model hierarkis, gerakan voliional dianggap menggantikan gerakan refleksif. Seperti yang dinyatakan sebelumnya, ketika seseorang mampu melakukan kontrol kortikal atas tindakannya, dia menunjukkan kontrol gerakan kehendak. Kemampuan perusahaan untuk menggunakan umpan balik yang berkaitan dengan kinerja tugas motor berkontribusi pada kontrol kehendak gerakan. Penggunaan informasi sensorik dalam bentuk umpan balik merupakan faktor penting dalam kontrol motorik dan pembelajaran motorik. Berbagai model kontrol motor selanjutnya meneliti konsep umpan balik.

### Kontrol Umpan Balik

Umpan balik adalah fitur yang sangat penting dari kontrol motor. Umpan balik didefinisikan sebagai informasi sensorik atau persepsi yang diterima sebagai hasil dari pergerakan. Ada umpan balik intrinikal, atau umpan balik yang dihasilkan oleh gerakan. Umpan balik indera dapat digunakan untuk mendeteksi kesalahan dalam gerakan. Umpan balik dan sinyal kesalahan penting karena dua alasan. Pertama, umpan balik menyediakan sarana untuk memahami proses pengendalian diri. Refleksi dimulai dan dikendalikan oleh rangsangan sensorik dari lingkungan sekitar individu. Perilaku motorik yang dihasilkan dari umpan balik dimulai sebagai hasil dari sinyal kesalahan yang dihasilkan oleh suatu proses dalam individu. Level tertinggi dari banyak hierarki motor adalah fungsi volisional, atau kontrol-diri, tetapi hanya ada sedikit penjelasan tentang cara kerjanya.

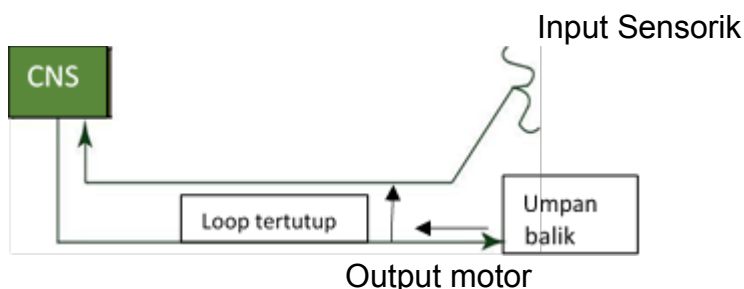
Kedua, umpan balik juga menyediakan proses mendasar untuk mempelajari keterampilan motorik baru. Umpan balik intrinsik berasal dari sumber inderawi dari dalam tubuh seperti dari proprioceptors atau di luar tubuh ketika orang tersebut melihat bahwa target tidak mengenai sasaran atau bola tidak mengenai batas.<sup>6</sup> Umpan balik ekstrinsik adalah informasi sensorik ekstra atau tambahan yang diberikan kepada penggerak oleh beberapa sumber eksternal.<sup>6</sup> Seorang terapis atau pelatih dapat memberikan umpan balik yang ditingkatkan tentang kinerja motor seseorang. Untuk alasan ini, umpan balik adalah elemen umum dalam teori kontrol motorik dan pembelajaran motorik.

### Model Kontrol Loop Tertutup

Kontrol loop tertutup adalah istilah yang digunakan untuk menunjuk proses kontrol motor yang didasarkan pada umpan balik. Jika seseorang menggambar model umpan balik atau proses kontrol loop tertutup, akan terlihat seperti Gambar 2. Informasi mengenai aksi motorik dimasukkan kembali ke sistem saraf untuk membantu merencanakan aksi selanjutnya atau

memodifikasi aksi yang sedang berlangsung. Loop antara informasi sensorik dan aksi motorik dibuat; ini adalah loop tertutup. Dengan menggunakan umpan balik, kesalahan dapat dideteksi dan koreksi dilakukan untuk mempertahankan atau meningkatkan kinerja.

Contoh tindakan loop tertutup dapat dilihat di banyak permainan komputer yang membutuhkan panduan gambar atau objek di layar. Tidak ada yang bisa belajar tanpa umpan balik. Apakah seseorang bergantung pada guru atau pelatih untuk memberikan umpan balik atau pada kapasitas seseorang untuk mengumpulkan informasi tentang kinerja, umpan balik diperlukan untuk memperbaiki tindakan yang salah. Kontrol loop tertutup digunakan untuk mengontrol gerakan yang disengaja yang dilakukan pada kecepatan yang relatif lambat dan diperlukan untuk pembelajaran motorik



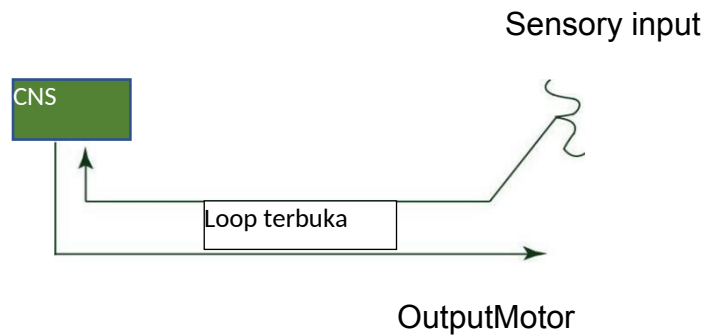
Gambar 2. Model Kontrol Loop Tertutup

### Model Kontrol Loop Terbuka

Proses kontrol loop terbuka digambarkan pada Gambar 3. Gerakan diantisipasi dalam jenis kontrol tanpa menunggu umpan balik. Kontrol kontrol feedforward atau loop terbuka didorong oleh perintah terprogram sebelumnya atau informasi sensorik dari lingkungan perifer. Ini terutama berlaku untuk tindakan yang sangat cepat yang disebut gerakan balistik. Misalnya, ketika seorang pelempar bola menembakkan lemparannya, gerakan itu terjadi begitu cepat sehingga selesai sebelum loop umpan balik dapat memberikan informasi yang akan mengubah tindakan. Isyarat indra dalam hal ini diumpangkan ke depan untuk memicu tindakan daripada umpan balik setelah tindakan. Bunyi alarm kebakaran segera menghasilkan gerakan cepat pada individu untuk pindah ke pintu keluar. Kontrol loop terbuka dapat terjadi setelah suatu gerakan dipelajari dengan baik dan memungkinkan peningkatan kecepatan kinerja yang tidak akan mungkin terjadi jika orang tersebut menunggu untuk menerima umpan balik.

Kontrol feedforward membutuhkan pengalaman dan informasi sensorik untuk bekerja dengan benar. Karena itu lebih tepat disebut *kontrol antisipatif*. Kontrol feedforward sangat penting untuk respons yang cepat. Kontrol feedforward mengharuskan sistem saraf untuk dapat memprediksi apa yang akan terjadi sebagai akibat dari pengalaman sensorik. Misalnya, pikirkan adonan memukul bola yang kemudian datang langsung ke Anda. Anda harus bereaksi dengan cepat dan cepat untuk memposisikan tangan Anda yang

bersarung tangan untuk menangkap bola dengan cepat. Kontrol umpan maju adalah salah satu aspek penting dari kontrol postur dan gerakan.



Gambar 3. Kontrol Loop Terbuka

### Model Program Motorik

Sebagai hasil dari perdebatan tentang peran informasi sensorik dalam aksi motorik, konsep penting lainnya untuk kontrol motorik saat ini dan teori pembelajaran muncul. Konsep itu adalah program motorik. Program motorik adalah struktur memori yang memberikan instruksi untuk kontrol tindakan. Suatu program adalah rencana yang telah disimpan untuk digunakan di masa depan. Konsep program motorik berguna karena menyediakan sarana yang dengannya sistem nervous dapat menghindari keharusan membuat setiap aksi dari awal dan dengan demikian dapat menghemat waktu ketika memulai tindakan. Ada banyak perdebatan tentang apa yang terkandung dalam program motorik. Peneliti yang berbeda telah mengusulkan berbagai program. Selama 1900-an, perspektif yang berbeda muncul dalam upaya untuk menunjukkan bahwa gerakan dapat dihasilkan dari dalam sistem saraf, tidak hanya mengikuti stimulus sensorik, dan bahwa kontrol motorik dapat didistribusikan ke seluruh sistem saraf. Motorik teori program dikembangkan untuk secara langsung menantang Gagasan bahwa semua gerakan dihasilkan melalui rantai atau refleks karena bahkan gerakan lambat terjadi terlalu cepat untuk input sensorik untuk memengaruhi mereka. Implikasinya adalah agar gerakan yang efisien terjadi pada waktu yang tepat, representasi internal dari tindakan gerakan harus tersedia bagi penggerak. "Program motorik dikaitkan dengan serangkaian perintah otot yang ditentukan pada saat produksi aksi, yang tidak memerlukan input sensorik. Schmidt memperluas teori program motorik untuk memasukkan gagasan tentang program motorik yang digeneralisasi atau abstrak representasi neural dari suatu tindakan, didistribusikan di antara sistem yang berbeda. Mampu mewakili secara mental suatu tindakan adalah bagian dari pengembangan kontrol motorik.

### Model Sistem

Suatu model sistem membantah asumsi bahwa kendali motorik diatur secara hierarkis dan sebaliknya berpendapat bahwa kontrol motor didistribusikan ke seluruh sistem saraf. Meskipun CNS diatur secara hierarkis sampai tingkat tertentu, arah kontrol tidak sama dari atas ke bawah. Sebagai contoh, tingkat yang lebih rendah dari sistem saraf dapat mengambil kendali atas tingkat yang lebih tinggi tergantung pada tujuan dan kendala tugas. Otak mengalami pertumbuhan anatomi selama pengembangan, yang meliputi proliferasi sel, migrasi, dan diferensiasi, serta perubahan fungsional dan organisasi dalam menanggapi tuntutan lingkungan dan tugas.

Karena sistem saraf memiliki kemampuan untuk mengatur diri sendiri, mungkin beberapa sistem terlibat dalam menyelesaikan masalah gerakan; oleh karena itu, solusi biasanya unik untuk konteks dan tujuan tugas yang dihadapi. Keuntungan dari model sistem adalah dapat memperhitungkan fleksibilitas dan kemampuan adaptasi perilaku motor dalam berbagai kondisi lingkungan. Tujuan fungsional, serta kendala lingkungan dan tugas, dianggap memainkan peran utama dalam gerakan ini kerangka acuan memberikan landasan untuk mengembangkan strategi intervensi berdasarkan pada tujuan tugas yang bertujuan untuk meningkatkan keterampilan motorik.

### Model Sistem Dinamis Sistem

Dinamis adalah sistem yang berubah seiring waktu. Pengembangan kontrol sistem tubuh yang terlibat dalam gerakan terjadi secara serempak. Namun, semua sistem tubuh berinteraksi satu sama lain dan dengan lingkungan di mana gerakan berlangsung secara terus-menerus. Antarmuka penggerak, tugas, dan lingkungan adalah di mana pola gerakan muncul paling sesuai dengan kebutuhan pada waktu itu. Tidak hanya sistem tubuh yang terlibat dalam gerakan yang semakin matang dari waktu ke waktu, tetapi juga pemahaman psikologis dari pikiran dan tubuh yang matang untuk memberikan motivasi, ide, dan pemahaman tentang bagaimana sesuatu bekerja. Solusi umum untuk dilema gerakan awal, seperti gravitasi dan perubahan proporsi tubuh yang merupakan urutan perkembangan, mendukung pandangan ini tentang kontrol motorik.

Teori kontrol motor terus dikembangkan, dan meskipun asumsi yang terkait mungkin berbeda, sebagian besar model saat ini telah memasukkan pandangan sistem dari kontrol distribusi dari sistem saraf. Salah satu asumsi yang masih kontroversial adalah apakah representasi saraf pusat gerakan ada. Bernstein menyarankan bahwa hasil gerakan diwakili dalam rencana motorik (misalnya, mengarahkan bola menuju target) dan didistribusikan di berbagai tingkat SSP. Banyak ahli teori telah mengadopsi konsep ini. *Teori program motorik awal* menyatakan bahwa beberapa bentuk penyimpanan saraf rencana motor terjadi. Dapat dipertanyakan apakah CNS memiliki kapasitas untuk menyimpan rencana motorik atau apakah rencana motorik merupakan konsep hipotetis. Sebaliknya, DST mengusulkan bahwa tidak ada yang disimpan; sebaliknya, gerakan adalah properti yang muncul. Meskipun organisasi spesifik dari rencana motorik tidak diketahui, representasi saraf fleksibel dari proses dinamis dan terdistribusi di mana sistem saraf dapat

menyelesaikan masalah motorik tampaknya ada. Diperkirakan bahwa pembelajaran motor berevolusi dari interaksi dan penguatan di antara banyak sistem dan bahwa mungkin ada koneksi saraf yang kuat antara sistem terkait yang dapat secara kasar dipandang sebagai representasi.

## Masalah Terkait Kontrol Motorik

### Top-Down Distributed

Masalah di mana kontrol gerakan berada selalu menjadi inti pembahasan tentang kontrol motor. Ingat bahwa kontrol motorik terjadi dalam mili detik dibandingkan dengan waktu yang diperlukan untuk mempelajari suatu gerakan atau untuk mengembangkan keterampilan motorik baru. Refleks model hirarkis yang didasarkan pada korteks menjadi pengontrol gerakan. Namun, jika tidak ada perusahaan, gerakan masih mungkin dilakukan. Korteks dapat memulai gerakan, tetapi bukan satu-satunya struktur saraf yang dapat melakukannya. Dari mempelajari patologi yang melibatkan basal ganglia, diketahui bahwa inisiasi gerakan melambat pada orang dengan penyakit Parkinson. Struktur saraf lain yang dapat memulai / mengendalikan gerakan termasuk ganglia basal, otak kecil, dan sumsum tulang belakang. Tali pusat dapat menghasilkan gerakan timbal balik yang belum sempurna dari aktivasi generator pola sentral. Penarikan refleksif dan ekstensi tungkai telah dimodifikasi untuk menghasilkan pola siklus yang membantu pergerakan menjadi otomatis tetapi dapat dimodifikasi oleh pusat otak yang lebih tinggi. Terakhir, otak kecil terlibat dalam koordinasi gerakan dan waktu gerakan. Fakta bahwa lebih dari satu struktur dalam sistem saraf dapat memengaruhi dan mengontrol gerakan memberikan kepercayaan pada kontrol gerakan yang terdistribusi.

Tidak ada satu kendali dalam pandangan sistem tentang pergerakan; gerakan muncul dari kebutuhan gabungan dari penggerak, tugas, dan lingkungan. Struktur, jalur, dan proses yang diperlukan untuk menghasilkan gerakan yang paling efisien ditemukan dalam menemukan cara terbaik untuk menyelesaikan tugas. Struktur, jalur, atau proses yang terus digunakan semakin baik dalam tugas dan menjadi cara yang disukai untuk melakukan tugas tertentu. Secara perkembangan, hanya struktur, jalur, atau proses tertentu yang tersedia sejak awal pengembangan sehingga gerakan menjadi lebih halus dan kontrol meningkat seiring bertambahnya usia. Kontrol gerakan meningkat bukan hanya karena perubahan pada SSP tetapi karena kematangan sistem muskuloskeletal. Karena sistem muskuloskeletal melakukan gerakan, pematangannya dapat mempengaruhi hasil gerakan.

## Derajat Kebebasan

Bagaimana masalah derajat kebebasan yang melekat dalam gerakan diselesaikan? Definisi mekanis *derajat kebebasan* adalah "jumlah bidang gerak yang dimungkinkan pada suatu sendi tunggal. Tingkat kebebasan suatu sistem telah didefinisikan sebagai semua elemen gerakan independen dari sistem kontrol dan jumlah cara masing-masing elemen dapat bertindak. Ada beberapa



tingkat di dalam SSP. Bernstein menyarankan bahwa fungsi kunci dari SSP adalah untuk mengendalikan redundansi ini dengan meminimalkan derajat kebebasan atau jumlah elemen gerakan independen yang digunakan. Sebagai contoh, otot dapat menembak dengan berbagai cara untuk mengendalikan pola gerakan tertentu atau gerakan sendi. Selain itu, banyak pola kinematik atau gerakan yang berbeda dapat dieksekusi untuk mencapai satu hasil atau tindakan tertentu.

Selama tahap-tahap awal mempelajari tugas-tugas baru, tubuh dapat menghasilkan gerakan yang sangat sederhana, seringkali "menghubungkan bersama dua atau lebih derajat kebebasan" dan membatasi jumlah gerakan sendi dengan memegang beberapa sendi dengan kaku melalui kontraksi otot. Ketika suatu tindakan atau tugas dipelajari, pertama-tama kita memegang sendi kita dengan kaku melalui koaktivasi otot, dan kemudian, saat kita mempelajari tugas itu, kita mengurangi koaktivasi dan membiarkan sendi bergerak dengan bebas. Ini meningkatkan derajat kebebasan di sekitar sendi.

Tentu saja, peningkatan kekakuan bersama yang digunakan untuk meminimalkan tingkat kebebasan pada tahap awal perolehan keterampilan mungkin tidak berlaku untuk semua jenis tugas. Faktanya, keterampilan yang berbeda membutuhkan pola aktivasi otot yang berbeda pula. Sebagai contoh, Spencer dan Thelen melaporkan bahwa koaktivitas otot meningkat dengan mempelajari gerakan penjangkauan vertikal yang cepat. Mereka mengusulkan bahwa gerakan kecepatan tinggi benar-benar menghasilkan perlunya koaktivitas kecil untuk menangkal gaya rotasi yang tidak diinginkan. Namun, selama pelaksanaan tugas multijoint yang kompleks, seperti berjalan dan naik dari duduk ke berdiri, koaktivasi otot jelas tidak diinginkan dan mungkin sebenarnya berdampak negatif pada kelancaran dan efisiensi gerakan. Resolusi derajat masalah kebebasan bervariasi tergantung pada karakteristik pelajar serta pada komponen tugas dan lingkungan. Terlepas dari berbagai penafsiran hipotesis asli Bernstein, penyelesaian masalah derajat kebebasan terus membentuk dasar yang mendasari teori sistem kendali motorik.

### Penggunaan Informasi Sensorik

Gerakan terjadi dalam konteks lingkungan. Pertama, sensasi dipasangkan dengan gerakan secara refleks, setelah itu sensasi dapat digunakan untuk mempelajari gerakan seperti saat umpan balik terjadi. Akhirnya, sensasi dapat memberi isyarat pada gerakan untuk memberi makan ke depan. Informasi sensorik yang paling berkaitan dengan kontrol motorik berasal dari tiga sumber utama: somatosensori (proprioseptif dan sentuhan), visual, dan proses vestibular. Pemrosesan sensorik meningkat melalui masa kanak-kanak dan remaja, seperti halnya integrasi informasi sensorik untuk perencanaan dan pelaksanaan gerakan. Visi sangat penting untuk kontrol postural dan keseimbangan di awal kehidupan. Sistem vestibular memberikan informasi tentang hubungan bayi dengan gravitasi dan gerakan kepala. Proprioception ekstremitas atas sangat penting dalam pengembangan akurasi kinerja motorik pada anak-anak. Tergantung pada jenis tugas yang

digunakan, penelitian telah menunjukkan bahwa kemampuan proprioseptif stabil pada usia 8 atau bahwa kemampuan proprioseptif terus membaik hingga remaja. Hilangnya kepekaan proprioseptif pada orang dewasa yang lebih tua memiliki konsekuensi fungsional untuk perpindahan.

### Prinsip optimasi

Teori optimisasi menunjukkan bahwa pergerakan dikhususkan untuk mengoptimalkan fungsi biaya pilih. Fungsi adalah faktor kinematik (spasial) atau dinamis yang memengaruhi pergerakan. Pengembangan keterampilan motorik atau pembelajaran kembali ditujukan untuk mencapai tujuan tertentu sambil meminimalkan biaya untuk sistem. Mengurangi biaya tersebut sambil memenuhi tuntutan tugas dan mengakomodasi kendala-kendala tugas secara orisinal memecahkan masalah tingkat kebebasan dan meningkatkan efisiensi gerakan

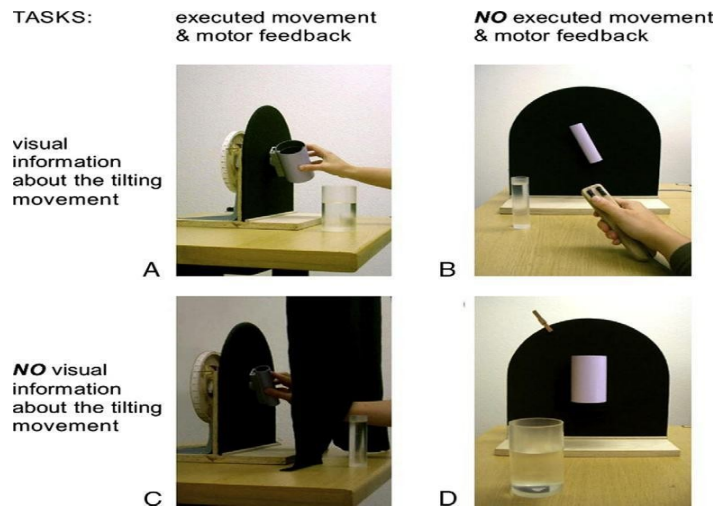
Sebagai anak-anak dan orang dewasa berjuang untuk mencapai keuntungan fungsional selama pengembangan atau selama pemulihan dari cedera saraf, mereka mungkin tampak menggunakan strategi gerakan yang tidak efisien, setidaknya dari pandangan luar. Pada kenyataannya, mereka mungkin mengekspresikan gerakan paling efisien yang tersedia untuk mereka mengingat sumber daya mereka saat ini.

### Perubahan Kontrol Motorik Terkait Usia

Perkembangan kontrol motor dianggap terkait dengan pengembangan kemampuan untuk membentuk representasi gerakan pria, yang telah dipelajari menggunakan paradigma pencitraan motorik. Pencitraan motorik adalah proses kognitif aktif di mana representasi dari suatu tindakan direproduksi secara internal dalam memori kerja. Representasi internal ini terjadi tanpa motor out-put. Citra motorik sering digunakan untuk mempelajari bagaimana orang dewasa merencanakan dan mengendalikan gerakan, tetapi anak-anak lebih jarang dipelajari.

### Anak-anak

Dalam sebuah artikel Gabbard mempresentasikan temuan terkini tentang pencitraan motorik pada anak-anak. Ada hubungan antara kemampuan untuk secara mental mewakili suatu tindakan dengan membentuk model internal dan citra motorik. Kontrol umpan maju berkembang dengan cepat antara usia 6 dan 10 tahun.<sup>40</sup> Koneksi antara citra motorik dan aksi motorik semakin kuat seiring bertambahnya usia dan mungkin merupakan pematangan jaringan saraf. Seiring bertambahnya usia anak-anak, mereka meningkatkan kemampuan mereka untuk menghasilkan model gerakan internal yang diskalakan.



Gambar 5 Pengaturan eksperimental untuk berbagai tugas:

### Remaja dan Dewasa

Kemampuan untuk menghasilkan gambar mental yang akurat dari tindakan meningkat dan disempurnakan dengan bertambahnya usia. Remaja dan orang dewasa menunjukkan perubahan pada citra motorik yang tidak dapat dipertanggungjawabkan oleh perubahan kognitif umum. Choudhury dan kawan-kawan menilai waktu pelaksanaan gerakan pada remaja dan dewasa sambil melakukan dua gerakan tangan yang berbeda dan sambil membayangkan melakukan dua gerakan tangan yang sama. Ada korelasi ketat yang pasti antara waktu yang diperlukan untuk melakukan gerakan nyata dan imajinasi. Kemampuan untuk membentuk gambar motorik lebih baik pada orang dewasa daripada remaja. Para peneliti menghubungkan perbedaan ini dengan fakta bahwa otak remaja mengalami pematangan berkelanjutan dari korteks parietal. Korteks parietal dianggap terlibat dengan penyimpanan dan modifikasi model tindakan internal.

### Orang tua

Berbeda dengan orang dewasa, orang dewasa yang lebih tua menunjukkan kurangnya kemampuan untuk mensimulasikan gerakan yang dibayangkan secara akurat. Dengan kata lain, orang dewasa yang lebih tua menunjukkan penurunan kemampuan untuk mencocokkan waktu dan komponen spasial dari gerakan simulasi pria dibandingkan dengan orang dewasa. Para peneliti ini mempelajari gerakan lengan dalam serangkaian percobaan yang membandingkan kinerja orang dewasa yang sehat dan orang dewasa yang lebih muda yang sehat. Berdasarkan percobaan ini, mereka menyimpulkan representasi mental dari gerakan lengan tampaknya melemah dengan bertambahnya usia.

Selain itu, Skoura dan rekan-rekannya menemukan lebih banyak penurunan pada kelompok yang tidak dominan. Skoura dan rekannya juga menunjukkan bahwa orang dewasa muda dan tua menunjukkan waktu yang sama untuk tugas

berjalan dan menunjuk yang dibayangkan atau dilakukan. Namun, kelompok-kelompok itu berbeda dalam hal waktu tugas berdiri-duduk-berdiri. Baik orang dewasa muda maupun tua menunjukkan waktu yang lebih singkat untuk tugas imajined daripada untuk tugas yang sebenarnya. Para penulis berpikir bahwa ini terkait dengan fakta bahwa ketika benar-benar melakukan pergerakan, bagian duduk-ke-berdiri dari tugas dilakukan lebih cepat daripada bagian berdiri-ke-duduk dari tugas itu. Mereka menduga itu terjadi karena kurangnya informasi visual mengenai pergerakan ke ruang terbelakang.

### Pembelajaran Motorik

Sepanjang masa hidup, individu dihadapkan pada tantangan motorik baru dan harus belajar untuk melakukan keterampilan motorik baru. Seorang bayi harus belajar cara mengangkat kepalanya, berguling, duduk, merangkak, dan akhirnya berjalan. Setiap keterampilan membutuhkan waktu untuk dikuasai dan terjadi hanya setelah bayi mempraktikkan setiap keterampilan dengan beberapa cara berbeda. Anak kecil itu kemudian menguasai berlari, memanjat furnitur, berjalan menaiki tangga, melompat, dan bermain bola. Anak usia sekolah mengambil tugas-tugas ini lebih jauh untuk secara khusus menendang bola sepak ke jaring, melempar bola ke ring basket, mengendarai sepeda, atau skateboard. Ketika remaja dan orang dewasa mempelajari olahraga baru, mereka mengasah keterampilan mereka, menjadi lebih efisien dalam berbelok saat bermain ski salju atau melempar bola baseball ke zona pemogokan dengan kekuatan yang lebih besar. Orang dewasa juga belajar untuk melakukan tugas-tugas yang terkait dengan pekerjaan mereka secara efisien.

Tugas-tugas ini sangat bervariasi dari satu pekerjaan ke pekerjaan lain dan mungkin termasuk keyboard komputer yang efisien, memanjat tangga, atau mengangkat kotak. Orang dewasa yang lebih tua mungkin perlu memodifikasi kinerja keterampilan motorik mereka untuk mengakomodasi perubahan kekuatan dan fleksibilitas. Misalnya, pegolf dewasa yang lebih tua dapat mengubah sikapnya selama ayunan atau belajar menggunakan klub golf yang lebih berat untuk memaksimalkan jarak perjalanannya. Seringkali cedera atau penyakit mengharuskan seseorang mempelajari kembali cara duduk, berjalan, mengenakan baju, atau masuk atau keluar mobil. Metode yang digunakan setiap individu untuk mempelajari gerakan baru menunjukkan proses pembelajaran motorik. Pembelajaran motorik menguji bagaimana seseorang belajar atau memodifikasi tugas motorik. Sebagaimana dibahas pada bagian kontrol motorik, karakteristik tugas, pelajar, dan lingkungan akan memengaruhi kinerja dan pembelajaran keterampilan. Dengan pembelajaran motorik, prinsip-prinsip umum berlaku untuk individu dari segala usia, tetapi variasi juga telah ditemukan antara metode pembelajaran motorik yang digunakan oleh anak-anak, orang dewasa, dan orang dewasa yang lebih tua.

### Definisi Motor Learning

Dalam istilah paling sederhana, pembelajaran motor dapat didefinisikan sebagai perubahan permanen dalam kinerja motor yang terjadi sebagai hasil

dari praktik. Secara lebih formal, pembelajaran motorik didefinisikan sebagai: "Perubahan dalam proses internal yang menentukan kemampuan individu untuk menghasilkan tugas motorik. Tingkat pembelajaran motorik individu meningkat dengan latihan dan sering disimpulkan dengan mengamati tingkat kinerja motorik seseorang yang relatif stabil. Ada dua teori pembelajaran motorik yang telah menghasilkan banyak studi tentang bagaimana kita mengendalikan dan memperoleh keterampilan motorik. Kedua teori menggunakan program untuk menjelaskan bagaimana gerakan dikendalikan dan dipelajari; mereka adalah teori loop tertutup Adams tentang pembelajaran motorik dan teori skema Schmidt. Kedua teori berbeda dalam jumlah penekanan pada proses loop terbuka yang dapat terjadi tanpa manfaat dari umpan balik yang berkelanjutan. Schmidt memasukkan banyak ide orisinal Adams ketika merumuskan teorinya dalam upaya menjelaskan perolehan gerakan lambat dan cepat.

### Teori Loop Tertutup Adams

Nama teori Adams menekankan peran penting umpan balik. Konsep loop tertutup kontrol motor adalah konsep di mana informasi sensorik disalurkan kembali ke sistem saraf pusat untuk pemrosesan dan kontrol perilaku motorik. Umpan balik indera digunakan untuk menghasilkan gerakan yang akurat.

Premis dasar teori Adams adalah bahwa gerakan dilakukan dengan membandingkan gerakan yang sedang berlangsung dengan referensi internal tentang kebenaran yang dikembangkan selama latihan. Referensi internal ini disebut *jejak perseptual*, yang mewakili umpan balik terima jika tugas dilakukan dengan benar. Melalui perbandingan berkelanjutan dari umpan balik dengan jejak persepsi, anggota tubuh dapat dibawa ke posisi yang diinginkan. Untuk mempelajari tugas itu, perlu untuk melatih keterampilan yang tepat berulang kali, memperkuat jejak persepsi yang benar. Kualitas kinerja secara langsung berkaitan dengan kualitas jejak persepsi. Jejak persepsi, terbentuk ketika pelajar berulang kali melakukan suatu tindakan, terdiri dari serangkaian sinyal umpan balik intrinsik yang muncul dari pelajar. Umpan balik intrinsik di sini berarti informasi sensor yang dihasilkan melalui kinerja, misalnya, nuansa kinestetik dari gerakan tersebut. Ketika sebuah gerakan baru dipelajari, hasil yang benar memperkuat pengembangan jejak persepsi yang paling efektif dan benar, sementara jejak persepsi yang mengarah ke hasil yang lebih salah dibuang. Jejak persepsi menjadi lebih kuat dengan pengulangan dan lebih akurat mewakili kinerja yang benar sebagai hasil dari umpan balik.

Keterbatasan teori loop tertutup pembelajaran motor telah diidentifikasi, karena kontrol motor dan pembelajaran telah dipelajari secara lebih rinci. Salah satu batasannya adalah bahwa teori tersebut tidak menjelaskan bagaimana gerakan dapat dijelaskan ketika informasi sensorik tidak tersedia. Teori ini juga tidak menjelaskan bagaimana individu sering dapat melakukan tugas-tugas baru dengan sukses, tanpa manfaat dari praktik yang berulang dan jejak persepsi. Kemampuan otak untuk menyimpan jejak perseptual individu untuk setiap gerakan yang mungkin juga telah dipertanyakan, mengingat kapasitas penyimpanan memori otak.

## Teori Skema Schmidt

Teori ini dikembangkan sebagai respons langsung terhadap teori loop-tertutup Adams dan keterbatasannya. Teori skema berkaitan dengan bagaimana langkah-langkah yang dapat dilakukan tanpa umpan balik dipelajari, dan itu bergantung pada elemen kontrol loop terbuka, program motor, untuk mendorong pembelajaran. Program *motor* untuk suatu gerakan mencerminkan aturan umum untuk menyelesaikan gerakan dengan sukses. Aturan umum ini, atau skema, kemudian dapat digunakan untuk menghasilkan gerakan dalam berbagai kondisi atau pengaturan. Misalnya aturan umum untuk berjalan dapat diterapkan untuk berjalan di atas ubin, di atas rumput, naik bukit, atau di trotoar yang dingin. Program motor menyediakan informasi spasial dan temporer tentang aktivasi otot yang diperlukan untuk menyelesaikan gerakan. Program motor adalah skema, atau memori abstrak, dari aturan yang terkait dengan tindakan terampil.

Penarikan *skema* digunakan untuk memilih metode untuk melengkapi tugas motorik. Ini adalah representasi abstrak dari hubungan antara kondisi awal di sekitar kinerja, parameter yang ditentukan dalam program motor, dan hasil kinerja. Pelajar, melalui analisis parameter yang ditentukan dalam program motorik dan hasilnya, mulai memahami hubungan antara dua faktor ini.

Pengakuan *skema* membantu menilai seberapa baik perilaku motorik telah dilakukan. Ini mewakili hubungan antara kondisi awal, hasil kinerja, dan konsekuensi sensorik yang dirasakan oleh pelajar. Karena ia dibentuk dengan cara yang mirip dengan skema penarikan, setelah ditetapkan, skema pengenalan digunakan untuk menghasilkan perkiraan konsekuensi sensorik dari tindakan yang akan digunakan untuk menyesuaikan dan mengevaluasi kinerja motor dari tugas motorik yang diberikan.

Dalam pembelajaran motorik, perilaku motorik dinilai melalui penggunaan skema pengakuan. Jika kesalahan diidentifikasi, mereka digunakan untuk memperbaiki skema penarikan. Skema penarikan kembali dan pengakuan terus direvisi dan diperbarui seiring gerakan terampil dipelajari.

Keterbatasan teori skema juga telah diidentifikasi. Satu batasan adalah bahwa pembentukan program motorik umum tidak dijelaskan. Pertanyaan lain telah muncul dari hasil yang tidak konsisten dalam studi efektivitas praktik variabel pada pembelajaran keterampilan motorik baru, terutama dengan mata pelajaran orang dewasa.

## Tahap Pembelajaran Motorik

Secara umum dimungkinkan untuk mengetahui kapan seseorang mempelajari suatu keterampilan baru. Performa seseorang tidak memiliki gerakan anggun, efisien dari seseorang yang telah menyempurnakan keterampilannya. Misalnya, ketika orang dewasa belajar bermain ski salju, mereka biasanya memegang tubuh mereka dengan kaku, dengan lutut lurus dan lengan di samping mereka. Seiring waktu, ketika mereka menjadi lebih nyaman dengan bermain ski mereka akan menekuk dan meluruskan lutut

mereka saat mereka berbalik. Akhirnya, ketika menonton mengalami pemain ski, tubuh dengan lancar berputar dan melentur / meluas saat ia bermanuver menuruni lereng curam atau menyelesaikan lomba slalom. Tahapan yang terkait dengan penguasaan keterampilan telah dijelaskan dan dengan jelas membedakan antara tahap awal pembelajaran motorik dan tahap akhir pembelajaran motorik.

Pada tahap awal pembelajaran motorik, individu harus memikirkan keterampilan yang mereka lakukan dan bahkan mungkin "berbicara" dengan keterampilan mereka. Misalnya, ketika belajar cara membalik ketika berski salju, pemain ski pemula mungkin akan mengatakan pada dirinya sendiri untuk menekuk lutut saat memulai belokan, kemudian meluruskan lutut melalui belokan, dan kemudian menekuk lutut lagi saat belokan selesai. Pemain ski bahkan mungkin diamati mengatakan kata-kata "menekuk, meluruskan, menekuk" atau "turun, naik, turun" saat dia berbalik. Di awal proses pembelajaran motorik, gerak-gerak cenderung kaku dan tidak efisien. Pelajar baru mungkin tidak selalu berhasil menyelesaikan keterampilan atau mungkin ragu, membuat gerakan waktu dalam keterampilan tidak akurat.

Pada tahap akhir pembelajaran motorik, individu mungkin tidak perlu memikirkan keterampilannya. Sebagai contoh, pemain ski akan secara otomatis melalui gerakan yang sesuai dengan waktu yang tepat saat dia membuat lereng menuruni lereng curam. Demikian juga, pemain baseball melangkah ke atas piring dan tidak terlalu memikirkan bagaimana dia akan memukul bola. Adonan akan mengayunkan bola yang masuk ke zona serang secara otomatis. Jika pemain ski berpengalaman atau adonan melakukan kesalahan, ia akan menilai sendiri kinerjanya dan mencoba memperbaiki kesalahan di lain waktu.

### Tahapan Fitts

Dalam menganalisis perolehan keterampilan motorik baru, Fitts menggambarkan tiga tahap pembelajaran motorik. Tahap pertama adalah *fase kognitif* di mana pelajar harus secara sadar mempertimbangkan tujuan tugas yang harus diselesaikan dan mengenali fitur-fitur lingkungan yang harus disesuaikan dengan gerakan tersebut. Dalam tugas seperti berjalan melintasi ruangan yang penuh sesak, permukaan lantai dan lokasi serta ukuran orang di dalam ruangan itu dianggap sebagai fitur pengaturan. Jika lantainya licin, pola berjalan seseorang berbeda dengan jika lantainya berkarpet. Fitur latar belakang seperti pencahayaan atau kebisingan juga dapat mempengaruhi kinerja tugas. Selama fase kognitif awal pembelajaran ini, seorang individu mencoba berbagai strategi untuk mencapai tujuan gerakan. Melalui pendekatan coba-coba ini, strategi yang efektif dibangun di atas dan strategi yang tidak efektif dibuang.

Pada tahap pembelajaran berikutnya, *fase asosiatif*, pelajar telah mengembangkan pola gerakan umum yang diperlukan untuk melakukan tugas dan siap untuk memperbaiki dan meningkatkan kinerja keterampilan. Pelajar membuat penyesuaian halus untuk menyesuaikan kesalahan dan untuk menyesuaikan keterampilan dengan tuntutan lingkungan yang bervariasi dari tugas. Sebagai contoh, seorang pemain bisbol muda dapat belajar bahwa dia

dapat lebih efisien dan konsisten memukul bola jika dia tersedak kelelawar. Selama fase ini, fokus pelajar beralih dari "apa yang harus dilakukan" ke "bagaimana melakukan gerakan.

Pada tahap akhir pembelajaran, *tahap otonom*, keterampilan menjadi lebih "otomatis" karena pelajar tidak perlu memusatkan seluruh perhatiannya pada keterampilan motorik. Dia dapat menangani komponen tugas lainnya, seperti memindai kendala lingkungan yang halus. Pada fase ini, pelajar lebih mampu beradaptasi dengan perubahan fitur di lingkungan. Pemain baseball muda akan relatif sukses memukul bola ketika menggunakan kelelawar yang berbeda atau jika kerumunan yang bersorak hadir.

### Model "Neo-Bernsteinien"

Dalam model ini tahap awal pembelajaran motorik, *tahap pemula*, adalah ketika pelajar mengurangi derajat kebebasan yang perlu dikontrol selama tugas. Pelajar akan "memperbaiki" beberapa sendi sehingga gerakan tidak terjadi dan tingkat kebebasan dibatasi pada sendi itu. Sebagai contoh, pikirkan pemain ski salju baru yang memegang lututnya dengan kaku sambil membungkuk di batang untuk mencoba berputar. Gerakan yang dihasilkan terlihat kaku dan tidak selalu efektif. Misalnya, jika kemiringan bukit terlalu curam, atau jika pemain ski mencoba menyalakan lapisan es, ia mungkin tidak efektif. Tahap kedua dalam model ini, *tahap lanjut*, terlihat ketika pelajar memungkinkan lebih banyak sendi untuk berpartisipasi dalam tugas, pada dasarnya melepaskan beberapa derajat kebebasan. Koordinasi ditingkatkan karena otot agonis dan antagonis di sekitar sendi dapat bekerja bersama untuk menghasilkan gerakan, daripada melakukan cocontracting seperti yang mereka lakukan untuk "memperbaiki" sendi dalam upaya gerakan sebelumnya. Tahap ketiga dari model ini, *tahap ahli*, adalah ketika semua derajat kebebasan yang diperlukan untuk melakukan tugas secara efisien, terkoordinasi dilepaskan. Dalam tahap ini, pelajar dapat mulai menyesuaikan kinerja untuk meningkatkan efisiensi gerakan dengan menyesuaikan kecepatan gerakan. Mempertimbangkan pemain ski, ahli mungkin menghargai bahwa dengan meningkatkan kecepatan keturunan, belokan mungkin lebih mudah untuk dimulai.

### Elemen Penting Proses Pembelajaran Motorik Praktik

Seperti yang didefinisikan sebelumnya pembelajaran motorik adalah perubahan permanen dalam perilaku motorik yang dihasilkan dari praktik. Karenanya, praktik merupakan komponen utama pembelajaran motorik. Banyak faktor yang perlu dipertimbangkan ketika merancang komponen praktik untuk mempelajari tugas yang berbeda. Jumlah latihan dan jadwal latihan harus dipertimbangkan. Urutan di mana tugas dipraktikkan juga dapat mempengaruhi pembelajaran, seperti halnya apakah tugas dipraktikkan sebagai keterampilan keseluruhan atau dipecah.

Umpan balik



Umpan balik adalah komponen penting dari pembelajaran motorik. Seperti dibahas dalam bagian teori pembelajaran motorik, dua jenis pembelajaran panduan umpan balik: umpan balik intrinsik dan umpan balik ekstrinsik. Ketika menyusun sesi pembelajaran, seorang terapis akan menginginkan pelajar untuk mengalami jenis umpan balik intrinsik yang akan paling membantu pelajar mempelajari tugas atau program motorik umum yang diperlukan untuk kinerja keterampilan yang efisien. Dalam menyusun sesi pembelajaran motorik, terapis harus mempertimbangkan bagaimana menyusun umpan balik ekstrinsik yang disediakan untuk meningkatkan pembelajaran.

## Pembelajaran Bermotor dan Anak Praktik

Ketika anak-anak kecil belajar tugas motorik kasar yang baru, praktik yang tersumbat tampaknya mengarah pada transfer dan kinerja keterampilan yang lebih baik. Del Rey et al mengemukakan bahwa anak-anak (sekitar 8 tahun) mempraktikkan tugas waktu antisipasi dengan kecepatan yang berbeda baik dalam urutan yang diblokir atau acak dan kemudian menguji mereka pada tes transfer dengan pola koordinasi baru. Para peneliti menemukan bahwa latihan yang diblok menyebabkan kinerja yang lebih baik pada tugas transfer daripada yang dilakukan secara acak. Mereka kemudian menguji mereka pada tes transfer dengan pola koordinasi baru. Para peneliti menemukan bahwa latihan yang diblok menyebabkan kinerja yang lebih baik pada tugas transfer daripada yang dilakukan secara acak. Dalam pengalaman melempar Frisbee, akurasi melempar Frisbee pada target ditingkatkan dengan praktik yang diblokir pada anak-anak, meskipun orang dewasa paling meningkatkan akurasi dengan praktik acak. Gangguan kontekstual yang disediakan oleh jadwal praktik ran tampaknya tidak membantu anak-anak mempelajari keterampilan motorik baru.

## Umpan balik

Umpan balik memainkan peran penting dalam pembelajaran motorik untuk bayi dan anak-anak. Bayi dalam percobaan imitasi menunjukkan respons terkuat ketika ibu mereka menawarkan demonstrasi dan pujian verbal terkait dengan penyelesaian tugas bermain. Bayi yang berumur 10 bulan telah menunjukkan penggunaan input intrinsik, proprio reseptif dalam mempelajari tugas-tugas baru. Dalam percobaan ini, bayi dihadapkan pada tugas menggunakan tongkat untuk menarik mainan yang jauh dari jangkauan. Bayi yang secara fisik mempraktekkan tugas tersebut tampaknya menganggap tongkat dapat digunakan sebagai alat untuk mencapai mainan, tetapi bayi yang hanya menyaksikan ketika orang lain menarik tongkat untuk mendapatkan mainan tampaknya tidak bereaksi terhadap tongkat sebagai alat yang bisa digunakan untuk mendapatkan mainan.

Anak-anak berbeda dari orang dewasa dalam jenis dan frekuensi umpan balik yang paling mendukung pembelajaran motorik mereka. Pada anak-anak, jika pengetahuan tentang hasil (KR) terlalu spesifik, itu membingungkan anak

dan mengganggu belajar. Ketika mempelajari tugas motorik baru, tampak bahwa anak-anak mendapat manfaat lebih banyak dari umpan balik yang lebih konstan daripada yang mereka dapatkan dari umpan balik yang berkurang. Anak sepuluh tahun yang mempelajari tugas baru dalam kelompok umpan balik 100% memiliki konsistensi yang lebih baik dalam tes retensi dibandingkan dengan anak berusia 10 tahun yang menerima umpan balik berkurang (62% pudar) Karena perbedaan perkembangan dalam kemampuan pemrosesan informasi dan memori, anak-anak mungkin memerlukan peningkatan tingkat umpan balik. Dalam melihat jenis umpan balik ekstrinsik yang disediakan, anak-anak juga tampaknya mendapat manfaat dari umpan balik yang membahas persyaratan internal suatu tugas daripada hasil eksternal. Dalam situasi belajar melempar panah, orang dewasa mendapat manfaat lebih banyak dari umpan balik tentang panah dan target daripada tentang bentuk mereka (misalnya, posisi tangan, aktivitas siku) selama lempar panah. Anak-anak dalam percobaan yang sama ini paling banyak mengalami peningkatan dalam lemparan panah ketika mereka menerima umpan balik pada aktivitas tangan, siku, dan lengan tertentu yang akan digunakan selama lemparan panah.<sup>76</sup> Kemampuan seorang anak untuk mendapat manfaat dari umpan balik kinestetik, fokusoseptif, atau kinestetik yang lebih fokus daripada dari informasi yang berkaitan dengan hasil tugas juga dapat mencerminkan kemampuan perkembangan anak dalam memproses informasi sensorik dan pemrosesan informasi.

### Pembelajaran Motorik dan Dewasa yang Lebih Tua

Secara luas, penuaan mempengaruhi pembelajaran motorik. Tidak jelas persis mengapa ini terjadi. Dipercayai, bagaimanapun, untuk setidaknya sebagian terkait dengan perubahan yang berkaitan dengan usia dalam fungsi subsistem yang diperlukan untuk kinerja tugas motorik, seperti produksi dan kontrol kekuatan, kapasitas sensor, dan permintaan perhatian.

Penelitian seringkali memiliki ukuran sampel yang kecil untuk kenyamanan, jarang memeriksa pembelajaran motorik pada populasi pasien, dan biasanya menggunakan berbagai tugas motorik, beberapa diantaranya mungkin tidak menawarkan implikasi klinis segera untuk pembelajaran atau mempelajari kembali aktivitas fungsional dalam klinis. atau pengaturan rumah. Saat ini ada beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa orang dewasa memiliki defisit dalam pembelajaran urutan motorik, defisit dalam mempelajari teknologi baru tetapi tidak dalam manfaat praktik, defisit dalam mempelajari koordinasi bimanual yang kuat poladengan penggunaan umpan balik yang ditingkatkan atau ditingkatkan.

### Praktik

Jelas bahwa orang dewasa yang lebih tua dapat meningkatkan kinerja motorik dengan latihan. Sebagai contoh, sebuah studi awal menunjukkan bahwa manfaat dari praktik yang diblokir dan berlari terkait dengan tingkat aktivitas fisik peserta secara umum: mereka yang memiliki tingkat aktivitas fisik yang lebih tinggi dapat memperoleh manfaat dari praktik acak. Ini

menunjukkan bahwa perbedaan individu dapat berinteraksi dengan jadwal latihan. Jamieson dan Rogers mengevaluasi dampak praktik yang diblokir dan acak pada pembelajaran menggunakan mesin ATM pada orang dewasa yang lebih muda dan lebih tua. Sementara orang dewasa yang lebih tua lebih lambat dan kurang akurat dalam pemilihan menu dan lebih cenderung melupakan tanda terima atau uang, baik orang dewasa yang lebih muda dan yang lebih tua diuntungkan dari praktik acak. Latihan acak juga lebih baik daripada latihan yang diblokir. Selain itu, orang dewasa yang lebih tua dapat mentransfer pembelajaran ke skenario ATM baru.

Sehubungan dengan praktik massa dibandingkan praktik terdistribusi, setidaknya satu studi telah menunjukkan manfaat terdistribusi atas praktik massa untuk orang dewasa yang lebih tua. Kausler dan kawan-kawan<sup>84</sup> memiliki subjek yang melakukan satu set 16 tugas motorik dalam kondisi praktik yang terdistribusi atau massal. Praktek yang didistribusikan menghasilkan daya ingat yang lebih baik terhadap tugas-tugas ini. Seperti dengan penelitian yang dikutip sebelumnya, orang dewasa yang lebih tua menunjukkan penurunan kinerja ketika dibandingkan dengan orang dewasa yang lebih muda.

Singkatnya, orang dewasa yang lebih tua cenderung melakukan tugas yang harus dipelajari dengan kecepatan lebih lambat dan kesalahan yang lebih besar, namun mereka tampaknya mendapat manfaat yang sama, dibandingkan dengan orang dewasa yang lebih muda, dari jadwal latihan yang kondusif untuk pembelajaran motorik.

## Umpan Balik

Pengetahuan hasil telah terbukti sama efektifnya dalam pembelajaran motorik ketika orang dewasa yang lebih muda dan lebih tua dibandingkan. Sebagai contoh, Swanson dan Lee memiliki subjek yang lebih muda dan lebih tua belajar gerakan terus menerus yang terdiri dari tiga langkah urutan spasial dengan ekstremitas atas. Sementara orang dewasa yang lebih tua menunjukkan penurunan akurasi gerakan dan konsistensi selama uji coba akuisisi, kedua kelompok mendapat manfaat dari KR dengan cara yang sama.

## Referensi

Donna J. Cech, Suzanne Tink Martin. *Functional Movement Development across the Life Span* 3<sup>rd</sup> ed. Saunders Elsevier Inc, Missouri 2012