

Purkinjecell, en typ av nervcell,
tecknad av Santiago Ramón y Cajal.
KÄLLA: commons.wikimedia.org, public domain



Didaktiska perspektiv på undervisning om nervsystemet

TEXT: Pål Kvello, førsteamanuensis vid Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, pal.kvello@ntnu.no,
Niklas Gericke, professor i naturvetenskapernas didaktik vid Karlstads universitet, niklas.gericke@kau.se

Kunskapen om vårt komplexa nervsystem är omfattande. Hur gör man som lärare ett urval bland all information som finns? Här tipsar två didaktikforskare om att fokusera på förståelse av neurala nätverk, till exempel genom en mer fullständig beskrivning av knäreflexen än vad som vanligtvis används.

Att undervisa om nervsystemet kan vara en utmanande uppgift. Tiden i klassrummet är kort och mängden information om ämnet har vuxit enormt – samtidigt har kunskap om nervsystemet blivit relevant i allt fler sammanhang. Antalet publicerade neurovetenskapliga artiklar per år har ökat stort och det har även skett en tillväxt av "neuroinspirerade" akademiska discipliner, till exempel neurofilosofi, neuroetik, neurohistoria, neuropedagogik, neuroekonomi och neurorobotik. Dataingenjörer använder kunskap om nervsystemet för att driva på utvecklingen av robotteknik, ekonomer för att förstå och förutsäga mänskligt beslutsfattande, och lärare för att öka elevernas inlärning.

Dessutom finns det många missuppfattningar om ämnet, till

exempel att vi bara använder tio procent av hjärnan. Sammantaget gör detta det svårt för lärare att välja bland allt som kan läras ut om nervsystemet.

Systemförståelse

Enligt didaktisk forskning bör man prioritera sådant som främjar så kallad systemförståelse, eller systemtänkande, för att elever ska lära sig om ett ämne på djupet. Systemförståelse definieras bland annat som förmågan att förstå hur ett helt system fungerar och hur förändringar i en del av detta påverkar resten av systemet.

Med systemförståelse i åtanke genomförde vi nyligen en så kallad delphistudie (se referens på s. 17). En delphistudie innebär att ett antal experter ger sin syn på ett ämne utifrån ett antal frågor och

sedan får möjlighet att komplettera och revidera sina svar utifrån de övrigas åsikter. Vi ville ta reda på vad 15 experter inom områden som medicin, psykologi och neurobiologi ansåg vara viktig kunskap för att förstå nervsystemet.

Teman och principer

Vi fann sex övergripande teman som ansågs viktiga att lära ut i gymnasieskolan. Dessa representerar olika nivåer i nervsystemet:

1. Övergripande anatomi och funktion
2. Celltyper och funktionella enheter
3. Nervsignalen
4. Kopplingar mellan nervceller
5. När nervsignaler sprids genom neurala nätverk
6. Nervsystemets plasticitet

Varje tema organiserades i 4–7 punkter eller principer, från allmän till mer specifik kunskap i en sammanhängande och logisk progression. I det första temat introduceras till exempel *det perifera nervsystemet (PNS)* som kan specificeras av *den motoriska delen av PNS*, som i sin tur kan specificeras ytterligare genom att gå in på *den viljemässiga och autonoma delen*.

Hur dessa principer ska tillämpas i undervisningen är dock en öppen fråga. Mängden information om nervsystemet som ryms inom de sex teman som definierats är fortfarande stor i förhållande till den tillgängliga undervisningstiden i skolorna. Men om målet är systemförståelse kan det vara vettigt att fokusera på neurala nätverk.

Neurala nätverk

Ett neuralt nätverk kan beskrivas som ett antal neuron (nervceller) med förmågan att kommunicera med varandra.

I traditionell undervisning presenteras neuron vanligtvis med dendriter, axon och nervsignaler via synapser. Sedan beskriver man hjärnan med hjärnbarken som är uppdelad i olika områden, vart och ett med en specifik funktion, till exempel tal, rörelse, syn och hörsel. Men kopplingen mellan neuronets funktion och hjärnans funktion saknas. Ett sätt att knyta ihop dem är att ta upp hur neurala nätverk fungerar, eftersom hjärnan består av just neurala nätverk.

Informationen bör inte vara mer komplex än vad som är nödvändigt för att förstå systemets logik men samtidigt bör den vara tillräckligt komplex för att ge bästa möjliga bild av det mänskliga nervsystemet. Sådant som är centralt för systemförståelsen är till exempel hur nervsignaler

förflyttar sig längs nervbanor, hur synapser fungerar samt vikten av aktiverande och hämmande neuron.

När ett exempel på ett neuralt nätverk ges i undervisningssammanhang nämns vanligtvis knäreflexen men ofta används mycket förenklade modeller. Detta är problematiskt eftersom komplexiteten hos modellerna är så låg att logiken inte är representativ för det mänskliga nervsystemet. Vi kommer att gå in närmare på detta, men först ett exempel på en enklare beskrivning av knäreflexen.

Knäreflexen

Den fyrhövdade muskeln på lårets framsida, knästräckaren, fäster i en sena i underbenets framsida. Knäreflexen kan framkallas genom att man slår på senan med en reflexhammare strax under knäskålen. Detta drar i senan och orsakar en lätt sträckning av knästräckarmuskeln och muskelspolen, ett sinnesorgan i muskeln. Detta aktiverar sensoriska neuron som skickar nervsignaler till ryggmärgen. I ryggmärgen överförs dessa via synapser dels till motoriska neuron som vidarebefordrar signalen till knästräckarmuskeln och får den att dra ihop sig, dels till inhiberande interneuron som överför signalerna till andra motoriska neuron, som hämmas. De sistnämnda är kopplade till knäböjaren, muskulaturen på lårets baksida. Inhiberingen får knäböjaren att slappna av medan knästräckarmuskeln drar ihop sig, vilket resulterar i en utsträckning av underbenet.

Ofullständig bild

Ett problem med att ta upp en förenklad förklaring av knäreflexen i undervisningssammanhang är att det ger en mycket begränsad bild av hur nervsystemet bidrar

till benets rörelse. Om eleverna ska förstå hämning av nervsignaler genom exemplet med knäreflexen måste de informeras om att sammandragningen av knästräckarmuskeln (så att underbenet sträcks ut) orsakar en lätt sträckning av knäböjarmuskeln och dess muskelspole. Detta aktiverar i sin tur sensoriska neuron som går från knäböjarmuskeln till motoriska neuron i ryggmärgen (se figur på nästa sida). Om dessa motoriska neuron, som reglerar knäböjarmuskeln, inte nyss hämmas skulle knäböjarmuskeln dra ihop sig – och de båda musklerna skulle turas om att böja benet fram och tillbaka utan slut.

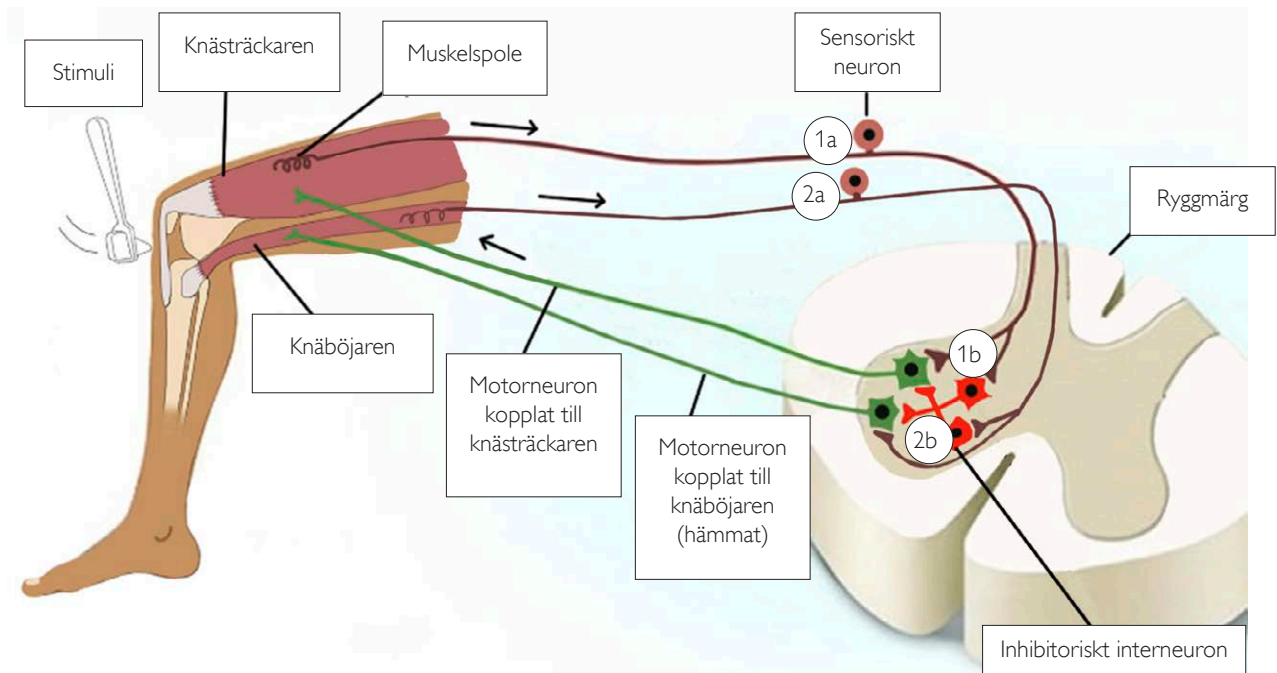
I de mycket förenklade modeller som vanligtvis används och som finns i dagens läroböcker saknas bland annat ofta de hämmande neuronerna, vilket gör att viktiga principer om hämning inte lärs ut.

Viktig kunskap

Nervsystemet är beroende av en fin balans mellan aktiverande och hämmande neuron. Om till exempel aktiviteten i hämmande neuron minskar kan hyperaktivitet i form av epilepsi uppstå. Epileptiska anfall orsakas oftast av för lite hämning, och medicineras med substanser som ökar hämmande neurons effekt.

Annan viktig information som ofta saknas i undervisningen om nervsystemet är att hjärnan genererar nervsignaler på egen hand. Ett exempel på detta är de signaler som styr vår inre klocka, den cirkadiska rytmen, och genereras med en cykel på 24–25 timmar.

Utän att nämna hämmande neuron och nervsignaler som hjärnan själv genererar kan det uppstå missuppfattningar om att nervsystemets bidrag till beteendet endast är att fungera som en enkel input-output-maskin. Det vill säga att nervsystemet är bero-



KNÄREFLEXEN

Ovan visas en utförlig illustration av hur knäreflexen framkallas, där det framgår varför inhibitoriska interneuron behövs för att hämma motorneuronet som går till knäböjarmuskeln:

Genom att slå lätt på senan som är kopplad till muskeln som kallas knästräckaren, sträcks muskeln och muskelspolen. Då skickas en nervsignal via ett sensoriskt neuron (1a) till både motorneuron och interneuron (1b – anslutning till grönfärgat motorneuron och rödfärgat interneuron). Det leder till att motorneuronet signalerar till knästräckarmuskeln som dras samman. Men samtidigt skickas en hämmande nervsignal via interneuronet till motorneuronet som är kopplat till knäböjarmuskeln. Knästräckarmuskeln drar ihop sig och knäböjarmuskeln slappnar av – vilket leder till att knäböjaren sträcks passivt. Den lätta sträckningen gör att muskelspolen i knäböjaren sträcks ut och då skickas en nervsignal via ett sensoriskt neuron (2a) till motorneuron och interneuron (2b). Eftersom knäböjarmotorneuronet nyss hämmats av inhiberande neuron (1b) kommer ingen nervsignal skickas vidare via motorneuronet till knäböjarmuskeln.

De enskilda neuronerna (nervcellerna) i illustrationen representerar en samling av många neuron.

ILLUSTRATION: Pål Kvello (siffror och svensk text har lagts till av Bioresurs)

ende av stimuli från omgivningen för att skicka nervsignaler, och att nervsignalerna skickas genom en kedja av nervceller som är förbundna med synapser, en efter en, från sensorisk input till motorisk output (någon form av beteende). En sådan förståelse är oförenlig med ett komplext beteende och gör att eleverna måste söka andra system och förklaringar, som i värsta fall är ovetenskapliga, för att förstå sina egna beteenden, tankar och känslor.

Fler nätverk behövs

För att lyckas med framtida undervisning om nervsystemet

anser vi att det är viktigt att fokusera på systemförståelse. Detta kan göras genom att prioritera undervisning som tar upp neuronala nätverk, till exempel en utvidgad knäreflex, samtidigt som man fortsätter den traditionella undervisningen om neuron och hjärna.

Andra neuronala nätverk bör dock också inkluderas, exempelvis de vi använder för att bestämma riktningen på föremål i rörelse eller för att lokalisera ljud. Mycket didaktisk forskning återstår dock för att kartlägga vilka neurala nätverk som är lämpliga på olika nivåer i skolan. Dessutom behöver dessa göras

tillgängliga för lärare, det vill säga forskningslitteraturen behöver bearbetas så att den kan användas i skolan.

Delphistudiens principer kan vara ett stöd för att se till att de neurala nätverk vi tar upp i skolan har tillräcklig komplexitet för att representera logiken i det mänskliga nervsystemet.

Läs om delphistudien

Kvello, P., Gericke, N. (2021). Identifying knowledge important to teach about the nervous system in the context of secondary biology and science education—A Delphi study. *PLOS ONE* 16(12): e0260752.