

Kennisontwikkeling en onderwijs in de geneeskunde: een subtiel evenwicht

H.P.A. Boshuizen, H.G. Schmidt

Inleiding

Het onderwijs dat aan faculteiten geneeskunde wordt gegeven, heeft als hoofddoel binnen een tijdsbestek van zes jaar relatieve beginners te veranderen in bekwame beroepsbeoefenaren. Daartoe volgen studenten colleges, komen ze bij elkaar in kleine groepen, krijgen ze speciale vaardigheidstrainingsprogramma's en zijn er de co-assistentschappen. Toch zijn opleiders niet altijd even gelukkig met de uitkomsten van hun inspanningen. Een van de klachten is dat studenten misschien wel kennis hebben van onderwerp X of Y, maar dat ze daar geen blijk van geven in de situaties waarin die kennis moet worden toegepast. Verder zouden studenten niet in staat zijn klinische problemen op te lossen, met name niet in praktische settings. Misschien kunnen ze dat nog wel in beschermde, gesimuleerde situaties, maar wanneer ze geconfronteerd worden met echte patiënten en echte problemen lijken ze hun competentie soms geheel of gedeeltelijk te verliezen. Door de jaren heen hebben dit soort observaties geïnspireerd tot een aantal belangrijke onderzoeksprojecten.¹² Ook de introductie van nieuwe onderwijsmethoden in de geneeskunde die bedoeld zijn om het klinische redeneren in de geneeskunde te verbeteren vloeit hieruit voort.³

Is klinisch redeneren te leren?

In dit artikel proberen we een antwoord te vinden op de vraag of het mogelijk is studenten het klinisch redeneren te leren of eventueel een leerproces dat spontaan optreedt op gunstige wijze te beïnvloeden, en welke middelen ons daarbij dan ten dienste staan. Alhoewel we ons daarbij met name richten op het klinisch rede-

neren van studenten geneeskunde, heeft onze analyse een duidelijk bredere geldigheid, namelijk voor die beroepen en opleidingen waarbij diagnostiek een belangrijk deel uitmaakt van het takenpakket en tijdens de opleiding een grote hoeveelheid theoretische basiskennis moet worden verworven. Daarbij valt te denken aan diverse (para)medische opleidingen op HBO en universitair niveau, maar het zou zelfs van toepassing kunnen zijn op de opleiding van storingsmonteurs, accountants of organisatieadviseurs. Om onze vraag over de onderwijsbaarheid van klinisch redeneren te beantwoorden zullen we in de eerste plaats de ontwikkeling van beginner tot expert in de geneeskunde beschrijven en een theoretisch model voor die ontwikkeling presenteren. Voorts bediscussiëren we een aantal benaderingen dat in de literatuur wordt gevonden voor het trainen van klinisch denken en geven we de implicaties aan die een dergelijke theorie heeft voor de verbetering van het klinisch redeneren van studenten. Hierbij zullen we ook stil staan bij de dilemma's van de dagelijkse onderwijspraktijk, zoals de vraag of er wel of geen expliciete training van klinisch denken moet plaatsvinden (en zo ja hoe?), welke middelen daarbij gebruikt kunnen worden en op welk moment in de opleiding daar aandacht aan besteed zou moeten worden.

Een theorie over de ontwikkeling van medische expertise

Kennisstructureren

Lange tijd was men van mening dat de verschillende 'functies' van de menselijke geest rechtstreeks konden worden getraind. Men dacht

daarbij aan het geheugen (veel jaartallen en zo uit het hoofd leren zou daar goed voor zijn), logisch denken (Latijn en wiskunde), probleemoplossen en creativiteit. Polya's trainingsprogramma voor probleemoplossen is ook op een dergelijke veronderstelling gebaseerd.⁴ In de lijn van deze veronderstelling ligt ook de gedachte dat experts in een bepaald domein zodanig waren getraind dat zij met name hun algemene probleemoplossings- en denkvaardigheden hadden ontwikkeld. Deze algemene, populaire opvatting staat echter haaks op de onderzoeksuitkomsten, die laten zien dat experts in een bepaald domein geen algemene probleemoplossingsvaardigheden hebben ontwikkeld die ze op uiteenlopende onderwerpen kunnen toepassen. Zelfs schaakexperts blijken geen denkexperts te zijn, terwijl juist schaken altijd werd aanbevolen als een goede mentale training, die iemands geest zou scherpen. In plaats daarvan hebben domeinexperts zich domeinkennis en probleemoplossingsvaardigheden gelijktijdig en in onderlinge samenhang eigen gemaakt. Dit verschijnsel is in verschillende domeinen gevonden: schaken, techniek, statistiek, wiskunde en natuurkunde.⁵⁻¹⁰

Wat de geneeskunde betreft, is door verschillende onderzoeksgroepen in Canada, de Verenigde Staten, Groot-Brittannië en Nederland aangetoond dat klinisch redeneren geen afzonderlijke vaardigheid is die onafhankelijk van andere diagnostische vaardigheden en medische kennis verworven wordt. Hun gezamenlijke onderzoeksinspanningen suggereren dat de ontwikkeling van medische expertise in fasen verloopt, waarbij kennis- en vaardigheidsverwerving hand in hand gaan.¹¹⁻¹⁶

Kennisnetwerken

In wezen is deze theorie over medisch probleemoplossen er één over het verwerven en ontwikkelingen van de kennisstructuren waarmee een arts of een student opereert wanneer deze een medische casus oplost. Structu-

rele veranderingen in de kennis resulteren in dramatische veranderingen in de wijze waarop de betreffende persoon een probleem oplost of een aandoening diagnostiseert. In het eerste stadium verwerven studenten zich grote hoeveelheden biomedische basiskennis. Zij verwerven concepten die met elkaar zijn verbonden in een kennisnetwerk. Geleidelijk worden er steeds meer concepten toegevoegd en steeds verder verfijnd, en worden meer en betere verbanden gelegd. In deze fase van hun opleiding is kennistoename en validatie het belangrijkste. In deze zelfde fase wordt het klinisch redeneerproces gekenmerkt door redeneerketens bestaande uit kleine tussenstapjes die meestal gebaseerd zijn op gedetailleerde biomedische concepten. Een verder gevolg van deze kennisstructuur is dat studenten in deze fase veelal een groot aantal verschillende hypothesen genereren wanneer zij een medisch probleem oplossen: ieder nieuw gegeven lijkt de activatie van een nieuwe hypothese te triggeren, terwijl ze moeite hebben om deze nieuwe informatie te integreren in de representatie die ze van een probleem hebben opgebouwd.¹⁷

Een voorbeeld van redeneren op basis van kleine stapjes is te vinden in tabel 1. Het is afkomstig uit een langer protocol van een vierdejaars student geneeskunde die doende is een pancreatitiscasus op te lossen. Zijn beginhypothesen omvatten galblaas- en pancreasaandoeningen. Blijkbaar overweegt deze student nu de hypothese 'obstructie van de galwegen'. Eerst beredeneert hij of een nieuw gegeven over de ontlasting van de patiënt deze hypothese beïnvloedt en concludeert dat dat niet het geval is. Dan, drie items later, combineert hij de verkregen informatie en komt tot de conclusie dat er geen sprake is van een ontsteking (die deze obstructie zou veroorzaken) <stap 1>, daarom is er geen sprake van cholecystitis <stap 2>, daarom zijn de galwegen door iets anders geobstrueerd, een steen bijvoorbeeld <stap 3>, of een carcinoom <stap 4>, hetgeen inderdaad het geval zou kunnen zijn want de patiënt is afgevallen <stap 5>. Later blijkt dat

Tabel 1. Protocol fragment van een vierdejaars student geneeskunde die werkt aan een pancreatitis casus. Het fragment toont een aantal gedetailleerde redeneerstappen. Een gedetailleerde omschrijving van het experiment is te vinden in Boshuizen en Schmidt (1992) of Boshuizen (1989)

Redeneerstappen bij een vierdejaars student geneeskunde	
<i>Casus item (nummer en tekst)</i>	<i>Hard-op denk protocol</i>
31. (Anamnese) De ontlasting is volgens de patiënt de laatste tijd lichter van kleur en stinkt meer	.. zet die gal minder op de helling.. de frekwentie. en het patroon vergeleken met de kleur en dergelijke. de stank eh...ja..geen problemen met de ontlasting, dat wil zeggen heel zeker gen obstipatie, dat zou je ook niet verwachten bij een geobstrueerde gal... nou ja
32. (Anamnese) Gisteren voor het laatst ontlasting gehad	
33. (Anamnese) Temperatuur: om 6 uur vanavond 37° C	geen koorts dus
34. (Lichamelijk onderzoek) Pols: regelmatig, 72/min.	... eh. ja. de afgelopen twee. in totaal.. wil zeggen dat er eh feitelijk geen ontsteking aan de hand aanwezig is.. en dat zou een eh.. een eh. cholecystitis uitschakelen.. en zou dus meer op een. eh.. galwegobstructie neerkomen. door een steen, bijvoorbeeld. of, wat ook zou kunnen, door een carcinoom.. maar daar had ik.. nou ja, nou ja dat zou kunnen. 5 kilo afgevallen..

hij ook de hypothese van een pancreasaandoening nog in het achterhoofd heeft, die dan op een zeer gedetailleerde manier wordt gecombineerd met galwegobstructie.

Tegen het einde van deze eerste fase beschikken studenten over een kennisnetwerk dat ze in staat stelt directe verbanden te leggen tussen verschillende concepten in hun kennisnetwerk. Hoe vaker deze rechtstreekse verbindingen worden geactiveerd, hoe meer de betrokken concepten zullen samenclusteren. Hierdoor kunnen studenten ook het eerste en het laatste concept van zo'n lange redeneerketen tenslotte direct aan elkaar koppelen, waarbij de tussenliggende concepten kunnen worden overgeslagen. In onze eerste publikaties over dit kennisherstructureringsprincipe, noemden we het 'kenniscompilatie',¹⁶⁻¹⁸ een term die de verkorting van de redeneerpaden benadrukt;¹⁹ in latere artikelen gebruiken we de term 'kennisencapsulatie', een term die het

conceptclusteringsaspect in dit leerproces beter benadrukt.^{12 19 20} Veel van deze conceptclusters hebben (semi-) klinische namen, zoals micro-embolieën, aorta-insufficiëntie, forward failure, of extra-hepatische icterus, en vormen krachtige hulpmiddelen in het redeneren.

Encapsulatie van biomedische kennis leidt tot een volgende fase, waarin biomedische kennis geïntegreerd wordt in klinische kennis. Tijdens deze fase bevatten de klinische redeneerprocessen van studenten nauwelijks meer biomedische concepten. Studenten neigen er toe rechtstreekse verbindingen te leggen tussen patiëntengegevens en klinische concepten die in het redeneerproces de status hebben van hypothesen of diagnoses. De geëncapsuleerde kennis kan echter, indien noodzakelijk, weer ontvouwen worden, bijvoorbeeld wanneer men met een heel gecompliceerd probleem te maken heeft.

Ziektescripts

Tegelijkertijd vindt een overgang plaats van een netwerachtige structuur van de kennis naar een kennisorganisatie die we aanduiden met de term 'ziektescript'. Ziektescripts hebben drie componenten. De eerste component bestaat uit de 'Enabling Conditions' voor een aandoening. Deze Enabling Conditions zijn de persoonlijke, sociale, medische, erfelijke en omgevingsfactoren die de gezondheid in positieve of in negatieve zin beïnvloeden, of die het verloop van een aandoening beïnvloeden. De tweede component is de 'Fault': het pathofysiologisch proces dat bij een specifieke aandoening plaatsvindt. Deze kennis is in geëncapsuleerde vorm gerepresenteerd. De derde component bestaat uit de gevolgen, de 'Consequences' van de Fault: de signalen en symptomen van een aandoening. Feltoovich en Barrows introduceerden dit begrip in 1984.^{12 19-21}

In tegenstelling tot kennisnetwerken, worden ziektescripts als een geheel geactiveerd. Nadat een ziektescript is geactiveerd, is geen gedetailleerd zoekproces binnen dat script meer noodzakelijk. De andere elementen van het script worden onmiddellijk en automatisch meegeactiveerd. Daarom hebben mensen die over een kennisstructuur beschikken die georganiseerd is in ziektescripts een voordeel boven hen wier kennis in netwerken is georganiseerd. Tijdens het probleemoplossen activeert een arts één of enkele scripts; vervolgens worden de elementen van zo'n actief script (Enabling Conditions en Consequences) vergeleken met de informatie die van de patiënt afkomstig is. Ziektescripts nemen niet alleen informatie op die door de patiënt wordt gegeven, ze genereren ook verwachtingen over andere verschijnselen en symptomen die de patiënt zou kunnen vertonen. Actieve ziektescripts leveren een lijst op van verwachte fenomenen waaraan bij de anamnese en het lichamelijk onderzoek aandacht moet worden besteed. In de loop van dit verificatieproces worden passende scripts aan de werkelijkheid getoetst. Daarbij worden de verwachte waar-

den in een geactiveerd script vervangen door (passende) bevindingen. Scripts die onvoldoende passen bij de binnenkomende informatie zullen de-activeren. Geïntantieerde scripts vormen uiteindelijk de diagnose, of, wanneer er meerdere overblijven, de differentiaaldiagnose.

In tabel 2 vindt u een voorbeeld van script-activatie door een ervaren arts, die met dezelfde casus bezig is als de student uit tabel 1. De informatie over het medische verleden en de psychosociale omstandigheden van de patiënt, die in het protocol worden samengevat, worden gecombineerd met de huidige klacht en activeren een aantal ziektescripts: pancreas- en leverlijden, maligniteit in de buik (wat hij niet waarschijnlijk acht gezien de leeftijd van de patiënt) en maagperforatie. Verder denkt hij nog aan cardiomyopathie als mogelijk gevolg van excessief drankgebruik. Tijdens het verdere verloop van het denkproces lijkt hij de activatiegraad van de ge(de)activeerde ziektescripts goed in de gaten te houden. Behalve galblaasaandoening worden na deze eerste episode geen nieuwe scripts geactiveerd.

De ziektescripts die op deze wijze zijn geactiveerd en getoetst aan de werkelijkheid blijven in het geheugen bestaan als episodische geheugensporen, als concrete herinneringen aan de patiënt compleet met - delen van - de diagnose, die later gebruikt kunnen worden wanneer een vergelijkbaar probleem optreedt. De kennisstructuren die op deze wijzen, tijdens de verschillende stadia van de ontwikkeling tot expert, zijn ontstaan, pathofysiologische netwerken, geëncapsuleerde structuren, ziektescripts en episodische geheugensporen van toegepaste scripts, vervagen niet, ze worden niet inert of ontoegankelijk. Ze vormen lagen die gebruikt zullen worden wanneer ontologisch gezien recentere kennissystemen niet in staat zijn een adequate representatie van een medisch probleem te genereren.¹⁶

Tabel 2. Protocol fragment van een ervaren huisarts die bezig is met een pancreatitis casus. Eerder heeft hij reeds informatie gekregen omtrent enabling conditions zoals psychische problemen en alcoholmisbruik. Een gedetailleerde omschrijving van het experiment is te vinden in Boshuizen en Schmidt (1992) of Boshuizen (1989)

Ziektescript activatie bij een huisarts	
<i>Casus item (nummer en tekst)</i>	<i>Hard-op denk protocol</i>
8. Klacht: Continue pijn in de bovenbuik die doortrekt	<p>... nou, als ik bij iemand komt die acuut.. continu sinds hoe lang? pijn in zijn bovenbuik heeft die naar de naar de rug rug trekt, die een jaar daarvoor pancreatitis heeft gehad.. waarvan ik niet zeker weet of ie na die psychische problematiek, die WAO problematiek nog bestaat, dan denk ik dat ik eerst eens denk: nou hoe zit het met de pancreas., hoe zit het met die lever., en dat - gezien zijn leeftijd - eh andere zaken in de buik. eh. van kwaadaardige zaak eh aard wat minder waarschijnlijk zijn. natuurlijk eh als ie flink alcohol gebruikt, kan er ook nog altijd een maag eh probleem bij zitten, maagperforatie..</p> <p>flink alcoholgebruik kan ook een eh ernstige cardiomyopathie veroorzaken die eh hartproblemen kan geven.</p> <p>mm ik kan op dit moment het woord continu wat dat betreft niet eh goed beoordelen</p>

Klinisch redeneren

Tot nu toe hebben we gezien dat de kennisstructuren van beginners en experts in vele opzichten van elkaar verschillen. Als gevolg daarvan vinden we ook veel verschillen in klinisch redeneren. Experts in de geneeskunde die beschikken over grote hoeveelheden kant-en-klare ziektescripts die betekenis geven aan Enabling Conditions en Consequences die met een bepaalde aandoening zijn geassocieerd, kunnen één of meer ziektescripts activeren wanneer ze met een casus bezig zijn. Activatie daarvan zal getriggerd worden door informatie die Enabling Conditions en/of Consequences betreft. Het activeren en testen van hypothesen door experts kan beschouwd worden als een epifenomeen van dit proces van activatie en toetsing van ziektescripts. Deze processen spelen zich, door de bank genomen, automatisch en niet-bewust af. Zo lang nieuwe informatie aansluit bij een actief ziektescript hoeft er niet actief geredeneerd te worden. De expert gaat

alleen dan over tot actief klinisch redeneren als er sprake is van conflicterende gegevens of wanneer een gegeven strijdig is met een geactiveerd script. Gedurende dit proces worden òf de verwachtingen bijgesteld, wat gebeurt op basis van de specifieke kenmerken van de patiënt, òf de expert neem zijn/haar toevlucht tot puur biomedisch redeneren, waarbij de geëncapsuleerde kennis ontvouwd zal worden. Een voorbeeld van het eerste verschijnsel wordt gegeven door Lesgold en zijn collega's, die laten zien hoe ervaren radiologen een vergrote hartschaduw op een Röntgen-opname interpreterden.²² De experts namen daarbij in beschouwing dat er sprake was van een flinke scoliosis van de thoracale wervelkolom, waardoor de positie van het hart ten opzichte van de Röntgenplaat werd beïnvloed. Op grond hiervan concludeerden zij dat het hart helemaal niet vergroot was. Daartegenover vinden we de studenten, die slechts kunnen terugvallen op meer of minder uitgebreide en uitgewerkte

Tabel 3. Kennisherstructurering en klinisch redeneren bij de opeenvolgende expertiseniveaus

<i>Expertise niveau</i>	<i>Kennis representatie</i>	<i>Kennis-verwerving en (her)structurering</i>	<i>Klinisch redeneren</i>	<i>Cognitieve controle activiteit tijdens het redeneerproces</i>
novice	semantische netwerken	kennis toevoegen en validatie	lange ketens van gedetailleerde redeneerstappen door het netwerk	actieve controle van iedere redeneerstap
gevorderde	semantische netwerken	encapsulatie	relatief korte redeneerketens door geïncapsuleerde netwerken	actieve controle van iedere redeneerstap
expert	ziektescripts	ziektescript vorming (geïncapsuleerde scripts)	ziektescript activatie en instantiatie	controle van het niveau van script instantiatie

kennisnetwerken, die minder rijk zijn en minder gemakkelijk geactiveerd kunnen worden dan de ziektescripts van de experts. Aangezien de (namen van) aandoeningen in die netwerken slechts aan een beperkt aantal Enabling Conditions en Consequences verbonden zijn, zal hun redeneren meer informatie vereisen, voordat ze een specifieke hypothese kunnen activeren. Om kennis toe te passen die in een semantisch netwerk is gerepresenteerd, moet deze stapsgewijs doorgeredeneerd worden. Dit proces vraagt relatief veel tijd, en daarbij is het ook noodzakelijk dat het nauwkeurig wordt gecontroleerd. Bovendien geldt dat de kennisstructuren van studenten niet automatisch lijsten van verwachte symptomen en verschijnselen genereren. Zij moeten actief de netwerken doorexcereren om een dergelijke lijst van verwachte symptomen bij elkaar te sprokkelen die een geactiveerde hypothese kunnen bevestigen of falsifiëren. In het algemeen geldt dat het redeneerproces van studenten minder ordelijk verloopt, minder doelgericht is, meer tijd kost, en gebaseerd is op minder plausibele hypothesen, hetgeen resulteert in minder accurate diagnoses dan die van experts. In tabel 3 zijn deze

verschillen tussen beginners, gevorderden en experts samengebracht.

Onderwijs in klinisch denken

De traditionele benadering in het onderwijs om het klinisch denken van studenten te verbeteren is gebaseerd op de aanname dat klinisch denken of probleemoplossen een vaardigheid is die onafhankelijk is van de domeinkennis. Een representatief voorbeeld wordt beschreven door Elstein, Shulman en Sprafka.² In het door hen beschreven trainingsprogramma leerden de studenten een aantal heuristieken dat gebaseerd was op een analyse van gerapporteerde en geobserveerde fouten die door studenten in hun diagnostisch redeneren werden gemaakt. Studenten leerden daarom bijvoorbeeld dat iedere informatie-eenheid die zij opvroegen, deel moest uitmaken van een plan om het probleem op te lossen: de planningsheuristiek. Zij leerden ook dat zij ten minste twee of drie alternatieve hypothesen dienden te overwegen en dat ieder stukje informatie geëvalueerd zou moeten worden met het oog op alle op dat ogenblik actieve hypothesen. Tot hun teleurstelling vonden de onderzoekers echter dat dit

programma geen significante effecten had op de diagnostische accuratesse van de studenten of op de kosten die ze daarbij maakten. Bovendien vonden ze dat de studenten sterk verschillen in hun vermogen en bereidheid de aanbevolen heuristieken toe te passen op uiteenlopende casuïstiek. Dit resultaat en onderzoek naar verschillen tussen zeer sterke en zwakke medische probleemoplossers brachten de onderzoekers tot de conclusie dat de verschillen eerder liggen in hun repertoire van ervaringen dan in verschillen in de plannings- en probleemoplosstrategieën die zij zouden gebruiken.

Wat is klinisch denken?

Tot nu toe hebben we vermeden de concepten klinisch redeneren (of denken) en klinische redeneervaardigheid te definiëren en hebben we eerst aandacht besteed aan de kennisstructuren waarop deze denkprocessen opereren; we hebben ook nog geen aandacht besteed aan de principiële vraag of klinisch redeneren kan worden onderwezen. In onze opvatting is klinisch redeneren niets anders dan het denkproces dat plaatsvindt wanneer iemand probeert een diagnose te stellen. De meeste onderzoekers maken onderscheid tussen de diverse stadia van dat redeneerproces: hypothesegeneratie, informatiestrategie (inquiry strategy), data-analyse, probleemsynthese, en beslissingen omtrent diagnostische procedures en behandeling. Meestal neemt men aan dat deze verschillende stadia verschillende vaardigheden vereisen: hypothese genereer vaardigheden, informatievaardigheden, data-analysevaardigheden, enzovoorts. Van experts, die nu eenmaal beter presteren, wordt dan verondersteld dat ze betere vaardigheden hebben dan beginners en min of meer gevorderden. Deze positie wordt ingenomen door Barrows en Pickell.²³ Uit de beschrijving van onze theorie zal inmiddels duidelijk zijn dat onze opvatting hiervan afwijkt. Desondanks zijn er ook overeenkomsten tussen beide benaderingen te vinden. Daarom zullen we in de volgende para-

grafen proberen onze positie in dit debat zo duidelijk mogelijk naar voren te brengen door deze af te zetten tegen de ideeën van Barrows en Pickell.

Redeneervaardigheid en kennis

In hun boek getiteld *Developing clinical problem solving skills; a guide to more effective diagnosis and treatment* stellen Barrows en Pickell met nadruk: "There are two components of expert clinical problem-solving that need to be considered separately, even though they can not be separated in practice. One is *content*, the rich, extensive knowledge base about medicine that resides in the long term memory of the expert. The other is *process*, the method of knowledge manipulation the expert uses to apply that knowledge to the patient's problem. In expert performance these components are inexorably intertwined. Both are required; a well developed reasoning process appropriately bringing accurate knowledge to bear on a problem in a most effective manner. (...) This book should help you *perfect the process of clinical reasoning* (cursivering auteurs) to best deliver the knowledge that you now have (and will acquire in the future) to the care of your patients. (...) To develop these skills you must practice, analyze, and repractice them until they are automatic. More important, if you associate your medical-school learning with this regime, your knowledge will be organized for effective recollection in your clinical work."²³

Barrows en Pickell veronderstellen dus dat klinische redeneervaardigheden en medische kennis onafhankelijk van elkaar kunnen worden verworven, alhoewel het beter is dit gelijktijdig te doen, teneinde de organisatie van de medische kennis te optimaliseren. Zij suggereren bijvoorbeeld dat studenten hun klinische redeneervaardigheden bij alle zich voordoende gelegenheden moeten oefenen. Zij bevelen onder andere aan:

- To develop an accurate initial concept (of a patient's problem, auteurs), look carefully for important initial information as the patient encounter begins.
- Generate a complete set of hypotheses in every patient encounter, carefully watching their degree of specificity and their complementarity. Be sure to watch out for hidden biases.
- Use your creativity, and your inductive skills, to develop these hypotheses.
- Use your critical deductive skills to inquire in a manner that will establish the more likely hypothesis.
- Generate new hypotheses whenever your inquiries become unproductive or new data makes your present hypotheses less likely.
- In both your hypothesis generation and in inquiry strategy, be guided by an awareness of the basic pathophysiologic mechanism that may be operative in your patient's problem.^{11 23}

Deze lijst van aanbevelingen vertoont een aantal overeenkomsten met onze theorie. De suggestie van de auteurs te zoeken naar belangrijke initiële informatie bij het begin van een arts-patiënt contact komt overeen met het belang dat wij hechten aan de rol van Enabling Conditions bij het activeren van ziektescripts. Maar de vraag is wat een student met dit advies moet wanneer hij/zij nog geen ziektescripts op het betreffende gebied heeft? Verder komt hun suggestie om te letten op het basale pathofysiologische mechanisme dat een rol zou kunnen spelen overeen met onze opvattingen over de rol van de Fault. In onze theorie zou het nuttig zijn biomedische kennis toe te passen wanneer het niet lukt om een passend ziektescript te activeren. Verder zou het actieve toepassen van biomedische kennis door studenten tijdens het diagnostisch redeneren tot kennisencapsulatie leiden, wat weer een belangrijke stap zou zijn in het ontwikkelen van ziektescripts. Het verschil tussen onze benadering en die van Barrows en Pickell is echter dat die auteurs suggereren dat iedere student en iedere arts,

onafhankelijk van hun niveau van expertise, altijd op deze wijze te werk zou moeten gaan, terwijl onze theorie suggereert dat het gebruik van informatie over Enabling Conditions of het activeren van biomedische kennis geen vaardigheden zijn, maar fenomenen die geassocieerd zijn met de kennisstructuur van de persoon. Belangrijker is echter dat zo lang de student niet over de relevante kennis beschikt, veel van de suggesties die door Barrows en Pickell zijn gegeven, contraproductief zijn. Bijvoorbeeld, een student die geconfronteerd wordt met een 48-jarige patiënt die klaagt over kortademigheid, kan overspoeld worden door de informatie die aan het begin van het arts-patiënt contact beschikbaar is: het uiterlijk van de patiënt, diens verbaal en non-verbaal gedrag en de medische en sociale achtergrond. De suggestie om te zoeken naar belangrijke informatie zal niet erg helpen, tenzij de student weet welke factoren kortademigheid zouden kunnen veroorzaken. Aan de andere kant zal de ervaren arts onmiddellijk de informatie oppikken dat de patiënt werkzaam is in de plaatselijke keramische industrie en daarom wellicht aan silicose zou kunnen lijden. Alleen die studenten die deze kennis niet in ziektescript-vorm maar in de vorm van een netwerk hebben, zouden kunnen profiteren van een dergelijke hint, mits op het juiste ogenblik gegeven.

Deze analyse roept de vraag op of klinische redeneervaardigheden als zodanig onderwezen en getraind kunnen worden of dat andere onderwijsmaatregelen nodig zijn om het klinisch redeneren van studenten te verbeteren. Het zal duidelijk zijn dat onze theorie in combinatie met eerdere ervaringen met dergelijke trainingsprogramma's suggereert dat andere maatregelen noodzakelijk zijn voorzover het de cognitieve, redeneer component van het diagnostisch proces betreft. Bovendien suggereert onze theorie dat het onderwijs zich in de eerste plaats zou moeten richten op de ontwikkeling van adequate kennisstructuren teneinde het klinisch redeneren te verbeteren. Daarom zouden alle onderwijsactiviteiten, van frontaal

onderwijs tot supervisie, en van training tot coaching, zich moeten aanpassen aan de kennis en kennisorganisatie van de student.

Kennisvermeerdering

Gedurende het eerste stadium, waarin kennisvermeerdering en -validatie plaatsvindt, zouden studenten uitgebreid de gelegenheid moeten krijgen om de kennis die ze eerder hebben verworven te toetsen op consistentie en samenhang, de concepten en hun relaties bij te stellen, en de gevonden hiaten op te vullen. Veel van deze dingen zullen de studenten al uit zichzelf ondernemen, wanneer ze voldoende stof tot nadenken krijgen en daarbij de juiste feedback. Deze stof tot nadenken hoeft niet noodzakelijkerwijs uit patiëntproblemen te bestaan. Men zou ook kunnen denken aan korte beschrijvingen van fysiologische verschijnselen die verklaard moeten worden. Een voorbeeld dat ontleend is aan het programma van het eerste jaar van de medische opleiding aan de Rijksuniversiteit Limburg is het volgende: Een 60-jarige vrouw vliegt van Amsterdam naar New York. De eerste paar dagen na aankomst voelt ze zich moe, terwijl ze 's avonds bijna niet in slaap kan komen. Haar eetlust is slecht en haar maag is van streek. De indruk die de stad op haar maakt, is overdonderend. Het lawaai, de hitte en de drukte zijn haar te veel. De taak van de studenten is deze verschijnselen te verklaren. Door dat te doen zullen ze te maken krijgen met onderwerpen als bioritme en de fysiologische regeling van de slaap, honger enzovoort. Vergelijkbare problemen zouden studenten kunnen helpen om hun kennis van verschillende disciplines te integreren. Een probleem dat studenten moet stimuleren hun kennis over anatomie en pathologie te integreren is het volgende: Een 55-jarige vrouw rolt krimpand van de pijn over de grond. De pijn komt in vlagen en strekt zich uit van de rechterflank tot de lies en de voorkant van het been.³

Kennisencapsulatie

Gedurende het volgende stadium van kennisencapsulatie zouden studenten te maken moeten krijgen met (meer uitgebreide) patiëntproblemen. Door bij een patiënt een diagnose te stellen en na afloop deze diagnose uit te leggen aan een medestudent of aan een supervisor zal de biomedische kennis geëncapsuleerd worden onder concepten van hogere orde. Bijvoorbeeld, een student die bij een patiënt de diagnose acute bacteriële endocarditis overweegt, zal zich door een heel kennisnetwerk heen moeten ploegen, waarbij onder andere infectie, koortsreactie, temperatuurregulatie, circulatie en hemodynamica, aan de orde kunnen komen. Later zal een vergelijkbare casus uitgelegd worden in termen van bacteriële infectie, sepsis, micro-embolieën en aorta-insufficiëntie.¹⁸ De problemen hoeven niet per se door echte patiënten in echte situaties te worden gepresenteerd. Papieren casuïstiek en simulatiepatiënten kunnen hetzelfde doel dienen, misschien zelfs wel beter. Met name in het begin van dit stadium van kennisencapsulatie, waarin studenten veel en gedetailleerd moeten redeneren, kan het heel praktisch zijn wanneer men kan werken met papieren casuïstiek die alle relevante informatie bevat. Op deze manier hoeven ze zich niet zoveel zorgen te maken of de beschikbare informatie valide en compleet is. In plaats daarvan kunnen ze zich erop concentreren om een coherente representatie en verklaring van de aanwezige informatie te vinden. Later in deze fase, wanneer de kennis geherstructureerd is in een dichtere en hechtere structuur, kan een student meer onzekerheid aan.

Ziektescriptvorming

In het stadium van ziektescriptvorming is het daarentegen een must dat studenten met echte patiënten en echte situaties te maken krijgen. Onderzoek door Custers, Boshuizen en Schmidt laat zien dat praktische ervaring met typische patiënten (dat zijn patiënten bij wie

een ziekte zich 'conform het boekje' manifesteert) de voorkeur verdient boven ervaring met atypische patiënten.²⁴ Er zijn geen empirische gegevens beschikbaar die ons zouden kunnen helpen een antwoord te vinden op de vraag of het daarbij noodzakelijk is dat de student ook zelf actief met de patiënt interacteert, of dat hetzelfde doel bereikt kan worden door middel van observaties van arts-patiënt contacten. Aan de andere kant kan men stellen dat aangezien encapsulatie en scriptvorming vermoedelijk hand in hand gaan, vooral later tijdens deze fase, zelf doen vermoedelijk de voorkeur verdient. Door over een patiënt te redeneren zou de kennis verder encapsuleren, terwijl de directe interactie met een echte patiënt de mogelijkheid biedt tot perceptueel leren, waardoor er werkelijkheid wordt toegevoegd aan de symbolische concepten in de leerboeken. Tijdens deze fase zouden de studenten in het begin gemakkelijk overspoeld kunnen raken door de informatie die in de werkelijkheid aanwezig is; ze kunnen bovendien gemakkelijk informatie over het hoofd zien zo lang ze de relevantie ervan niet kennen. Dit laatste zal met name van invloed zijn op de wijze waarop ze Enabling Conditions waarnemen. Daarom zou het wellicht van belang kunnen zijn de aandacht van de studenten specifiek op deze informatie te vestigen, zodat ze zien welke Enabling Conditions werkzaam zijn bij bepaalde patiënten zodat hun ziektescripts uitgebreid worden met deze informatie. Boshuizen, Hobus, Custers en Schmidt leggen er de nadruk op dat in dit stadium van de opleiding een mengeling van praktisch en theoretisch onderwijs noodzakelijk is.¹³ Zij vonden dat studenten er tijdens de co-assistentenschappen toe neigen over te stappen op het gebruik van klinische kennis, alhoewel deze nog niet volledig is geïntegreerd in de biomedische kennis. Een combinatie van deze twee manieren van leren kan studenten helpen een robuust en tegelijkertijd flexibel kennisbestand op te bouwen.

Coördinatie van kennis en vaardigheden

Uit het voorafgaande zal duidelijk zijn dat werken aan problemen en het diagnostiseren en uitleggen van casus op basis van biomedische kennis, en feedback op het denken van de student van nut zouden kunnen zijn bij het vormen van een kennissysteem dat het de student mogelijk maakt om efficiënt en accuraat klinisch te redeneren zonder dat daarbij alle beschikbare controlecapaciteit wordt opgeslorpt (tabel 3). Klinisch redeneren moet uiteindelijk echter plaatsvinden in de context van echte patiënten. Uiteindelijk moeten studenten in staat zijn om op basis van hun klinisch redeneerproces informatie te verzamelen door een anamnese af te nemen, lichamelijk onderzoek te verrichten en laboratoriumonderzoek te laten doen en een (voorlopige) diagnose te vinden binnen de beschikbare tijd. Een goed georganiseerd kennissysteem is een eerste vereiste, evenals goed getrainde sociale, perceptuele en psychomotorische vaardigheden. Deze vaardigheden hebben een kenniscomponent die het moeilijk maakt om ze apart, los van kennisverwerving, te trainen. Daarom moeten studenten leren hun klinisch redeneren en de toepassing van deze vaardigheden te coördineren. En ook daarvoor is weer oefening en training noodzakelijk.²⁵

Inpassing in het curriculum

De lezer heeft misschien opgemerkt dat er een zekere overeenkomst bestaat tussen wat in dit artikel naar voren wordt gebracht als nuttige onderwijsvormen, en probleemgestuurd onderwijs. Die overeenkomst is niet toevallig. Onze suggesties van leren met casuïstiek en van ervaring in de praktijk vereisen echter geen volledig probleemgestuurd curriculum. Ze kunnen ook in een meer traditioneel, cursorisch curriculum worden ingepast. Bovendien is niet ieder probleemgestuurd curriculum georganiseerd op de wijze die wij voorstaan. Bijvoorbeeld, een programma dat problemen als startpunt voor leren gebruikt, kan gemak-

kelijk de encapsulatiefunctie van leren met problemen veronachtzamen. In onze opvatting is het essentieel dat studenten niet alleen met problemen en casus werken, maar is het ook van groot belang er rekening mee te houden dat dezelfde studenten er behoefte aan hebben dat onderwijsprogramma's gebaseerd zijn op inzicht in de verschillende moeilijkheden die zij ervaren tijdens de verschillende fasen van hun ontwikkeling tot expert.

Blijft de vraag of de fasen in de ontwikkeling van de kennisstructuur vertaald moeten worden in een curriculum waarin eerst een compleet, coherent en goed geïntegreerd kennisbestand moet worden verworven, gevolgd door een periode waarin de kennis geëncapsuleerd wordt, en uiteindelijk afgerond door een periode waarin de ziektescripts worden gevormd. Onze theorie en de beschikbare empirische evidentie wijzen uit dat zo'n strikte scheiding niet nodig is. Als studenten eenmaal een volledige kennisbasis op een specifiek terrein hebben gevormd, bijvoorbeeld de effecten van vitamine B₁₂-deficiëntie op het cellulair en organisch niveau, dan is er geen reden om de encapsulatie van die kennis tegen te gaan, zo lang de studenten bereid en in staat blijven hun kennis aan te passen en deze te her-encapsuleren wanneer nieuwe kennis wordt verworven. Wat de motivatie van de studenten betreft, zal een curriculum waarin de verschillende fasen elkaar overlappen, waarschijnlijk de voorkeur verdienen.

Tenslotte

Uit het voorafgaande zal duidelijk zijn dat er niet één specifieke methode is die op een specifiek moment in de opleiding kan worden ingebracht om daarmee de studenten te trainen in klinisch denken. Leren klinisch denken dient te gebeuren in samenhang met de ontwikkeling en de integratie van hun medische kennis. Daarbij kunnen studenten wel geholpen worden, bijvoorbeeld door problemen aan te bieden die aangepast zijn aan hun beheersingsni-

veau, dus eerst eenvoudige papieren problemen, daarna simulatiepatiënten en nog later echte patiënten. Dit zou (zie hiervoor) zo snel mogelijk in de opleiding moeten starten. Ook de vraag of studenten expliciet onderricht in het klinisch denken zouden moeten krijgen, kent allerlei haken en ogen en dient in het licht van de ontwikkeling van de kennis gezien te worden. Aangegeven is al dat van geïsoleerde training van klinisch denken weinig heil te verwachten valt. De ontwikkeling van kennis en vaardigheid verloopt het meest efficiënt wanneer dit in samenhang met elkaar gebeurt en de hulp die de docent daarbij kan bieden dient toegesneden te zijn op het stadium van expertiseontwikkeling waarin de student zich bevindt. Algemeen toepasbare voorschriften of protocollen zijn daar van weinig nut omdat de student ze altijd zelf moet in- en aanvullen met toepasselijke kennis. Een voorschrift als 'verzamel relevante informatie uit de context van de patiënt', gegeven door Barrows en Pickell, leidt alleen maar tot resultaat wanneer de student weet welke informatie waarvoor relevant zou kunnen zijn. Een ander probleem kan optreden wanneer de docent zijn of haar klinisch denken aan de studenten demonstreert. Hierbij kan het gebeuren dat het voor de studenten allemaal zo vanzelfsprekend lijkt dat ze de problemen niet meer zien. Studenten die het dan vervolgens zelf moeten doen, komen in dezelfde situatie als kinderen die schaatsen alleen van de kampioenschappen op de televisie kennen en tot de ontdekking komen dat zelf doen heel erg hard tegenvalt. Het meest instructief blijft daarom de zelfwerkzaamheid, daarbij gesteund en gecoached door een ervaren docent, die een goed oog heeft voor de huidige toestand en het gewenste eindresultaat, en de studenten kan helpen bij het analyseren van hun prestaties teneinde gemaakte fouten de volgende keer te vermijden.

Literatuur

1. Barrows HS, Feightner JW, Neufeld VR, Norman GR. An analysis of the clinical method of medical students and physicians. Hamilton, Ontario, Canada: McMaster University, 1978.
2. Elstein AS, Shulman LS, Sprafka SA. Medical problem solving, an analysis of clinical reasoning. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1978.
3. Norman GR, Schmidt HG. The psychological basis of problem-based learning: a review of the evidence. *Academic Medicine* 1992; 67: 557-65.
4. Polya G. How to solve it. Garden City, NY: Doubleday, 1957.
5. De Groot AD. Thought and choice in chess. The Hague: Mouton, 1965.
6. Ackermann W, Barbichon G. Conduites intellectuelles et activité technique. *Bulletin CERP* 1963; 12: 1-16.
7. Allwood CM, Montgomery H. Knowledge and technique in statistical problem solving. *European Journal of Science Education* 1981; 3: 431-50.
8. Allwood CM, Montgomery H. Detection of errors in statistical problem solving. *Scandinavian Journal of Psychology* 1982; 23: 131-40.
9. Bloom BS, Broder LJ. Problem solving processes of college students. Chicago, Ill.: University of Chicago Press, 1950.
10. Chi MTH, Feltovich PJ, Glaser R. Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science* 1981; 5: 121-52.
11. Boshuizen HPA, Schmidt HG. The developing structure of medical knowledge. In: Schmidt HG, Nooman Z, Ezzat E, eds. *Innovation in medical education: an evaluation of its present status*. New York: Springer Verlag, 1992.
12. Boshuizen HPA, Schmidt HG. On the role of biomedical knowledge in clinical reasoning by experts, intermediates and novices. *Cognitive Science* 1992; 16(2): 153-84.
13. Boshuizen HPA, Hobus, PPM, Custers EJFM, Schmidt HG. Cognitive effects of practical experience. In: Evans AE, Patel VL, eds. *Advanced models of cognition for medical training and practice*. New York: Springer Verlag, 1992.
14. Schmidt HG, Boshuizen HPA. Encapsulation of biomedical knowledge. In: Evans AE, Patel VL, eds. *Advanced models of cognition for medical training and practice*. New York: Springer Verlag, 1992.
15. Schmidt HG, Boshuizen HPA, Norman GR. Reflections on the nature of expertise in medicine. In: Keravrou E, ed. *Deep models for medical knowledge engineering*. Amsterdam: Elsevier, 1992; 231-48.
16. Schmidt HG, Norman GR, Boshuizen HPA. A cognitive perspective on medical expertise: Theory and implications. *Academic Medicine* 1990; 65: 611-21.
17. Joseph GM, Patel VL. Domain knowledge and hypothesis generation in diagnostic reasoning. *Journal of Medical Decision Making* 1990; 10: 31-46.
18. Boshuizen HPA. De ontwikkeling van medische expertise; een cognitief-psychologische benadering. Haarlem: Thesis Publ., 1989. Academisch proefschrift Rijksuniversiteit Limburg. 201 pp.
19. Anderson JR. Skill acquisition: compilation of weak-method problem solutions. *Psychological Review* 1987; 94: 192-210.
20. Schmidt HG, Boshuizen HPA. On acquiring expertise in medicine. *Educational Psychology Review* 1993, in press.
21. Feltovich PJ, Barrows HS. Issues of generality in medical problem solving. In: Schmidt HG, De Volder ML, eds. *Tutorials in problem-based learning; a new direction in teaching the health professions*. Assen: Van Gorcum, 1984; 128-42.
22. Lesgold A, Robinson H, Feltovich PJ, Glaser R, Klopfer D. Expertise in a complex skill: diagnosing X-ray pictures. In: Chi MTH, Glaser R, Farr M, eds. *The nature of expertise*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1988.
23. Barrows HS, Pickell GC. *Developing clinical problem-solving skills; a guide to more effective diagnosis and treatment*. New York: Norton & Comp., 1991.
24. Custers EJFM, Boshuizen HPA, Schmidt HG. The influence of typicality of case descriptions on subjective disease probability estimations. Annual Meeting of the American Educational Research Association. Atlanta GA, 1993.
25. Patrick J. *Training: theory and practice*. London: Academic Press, 1992.

DE AUTEURS

Dr. H.P.A. Boshuizen is als universitair docent verbonden aan de vakgroep Onderwijsontwikkeling en Onderwijsresearch van de Rijksuniversiteit Limburg. Haar aandachtsgebied is onderzoek op het gebied van de ontwikkeling van expertise en probleemoplossen en de consequenties daarvan voor het onderwijs.

Prof.dr. H.G. Schmidt is voorzitter van dezelfde vakgroep, waar hij de positie van hoogleraar onderwijspsychologie bekleedt. Gezamenlijk hebben zij in de afgelopen jaren meerdere artikelen op dit terrein gepubliceerd.

Correspondentie-adres:

H.P.A. Boshuizen, Rijksuniversiteit Limburg, Vakgroep Onderwijsontwikkeling en Onderwijsresearch, Postbus 616, 6200 MD Maastricht.