

bedre genetisk karakterisering af patienterne, dels give vigtig viden om øjets udvikling, hvilket også kan overføres til andre øjenssygdomme, f.eks. medfødt katarakt.

**KORRESPONDANCE:** Laura Sønderberg Roos, Center for Applied Human Molecular Genetics, Kennedy Centret, Gamle Landevej 7, 2600 Glostrup.  
E-mail: lar@kennedy.dk

**ANTAGET:** 26. oktober 2011.

**FØRST PÅ NETTET:** 5. december 2011

**INTERESSEKONFLIKTER:** ingen

#### LITTERATUR

- Weiss AH, Kousseff BG, Ross EA et al. Simple microphthalmos. Arch Ophthalmol 1989;107:1625-30.
- Verma AS, FitzPatrick DR. Anophthalmia and microphthalmia. Orphanet J Rare Dis 2007;2:47.
- Shah SP, Taylor AE, Sowden JC et al. Anophthalmos, microphthalmos, and typical coloboma in the United Kingdom: a prospective study of incidence and risk. Invest Ophthalmol Vis Sci 2011;52:558-64.
- Francois J, Haustrate-Gosset MF. Genetic counselling in cases of microphthalmia and anophthalos. J Genet Hum 1976;24(suppl):35-41.
- Morle L, Bozon M, Zech JC et al. A locus for autosomal dominant colobomatous microphthalmia maps to chromosome 15q12-q15. Am J Hum Genet 2000;67:1592-7.
- Bessant DA, Khaliq S, Hameed A et al. A locus for autosomal recessive congenital microphthalmia maps to chromosome 14q32. Am J Hum Genet 1998;62:1113-6.
- Graham CA, Redmond RM, Nevin NC. X-linked clinical anophthalmos. Localization of the gene to Xq27-Xq28. Ophthalmic Paediatr Genet 1991;12:43-8.
- Ugurbas SH, Zilelioglu G, Günalpet al. Microphthalmos: clinical and ultrasonographic findings. Ann Ophthalmol (Skokie) 2007;39:112-22.
- Andersen ST, Fledelius HC, Heegaard S et al. Bilateral microphthalmia with cyst. Acta Ophthalmol Scand 2004;82:490-1.
- Quaranta-Leoni FM. Treatment of the anophthalmic socket. Curr Opin Ophthalmol 2008;19:422-7.
- Tucker S, Jones B, Collin R. Systemic anomalies in 77 patients with congenital anophthalmos or microphthalmos. Eye (Lond) 1996;10:310-4.
- Fantes J, Ragge NK, Lynch SA et al. Mutations in SOX2 cause anophthalmia. Nat Genet 2003;33:461-3.
- Stark Z, Storen R, Bennetts B et al. Isolated hypogonadotropic hypogonadism with SOX2 mutation and anophthalmia/microphthalmia in offspring. Eur J Hum Genet 16. feb 2011 (epub ahead of print).
- Ragge NK, Brown AG, Poloschek CM et al. Heterozygous mutations of OTX2 cause severe ocular malformations. Am J Hum Genet 2005;76:1008-22.
- Ferda PE, Ploder LA, Yu JJ et al. Human microphthalmia associated with mutations in the retinal homeobox gene CHX10. Nat Genet 2000;25:397-401.
- Voronina VA, Kozhemyakina EA, O'Kernick CM et al. Mutations in the human RAX homeobox gene in a patient with anophthalmia and sclerocornea. Hum Mol Genet 2004;13:315-22.
- Raca G, Jackson CA, Kucinskas L et al. Array comparative genomic hybridization analysis in patients with anophthalmia, microphthalmia, and coloboma. Genet Med 31. jan 2011 (epub ahead of print).

## Test af viden og færdigheder øger indlæring

Charles Kromann, Mette Koefoed, Morten Jensen & Charlotte Ringsted

### STATUSARTIKEL

Center for Klinisk Uddannelse, Rigshospitalet

Testforstærket læring beskriver det fænomen, at man husker et materiale bedre, hvis man efter at have læst det én gang bliver udsat for en test [1]. Umiddelbart skulle man tro, at denne øgede hukommelse eller retention af viden skyldes eksterne faktorer, som for eksempel feedback eller øget motivation. Ikke desto mindre er der videnskabeligt bevis for, at testforstærket læring ikke skyldes disse eksterne faktorer, men er en iboende effekt af testen. En test er således ikke kun et måleinstrument, men også et værktøj, der i sig selv påvirker læring.

Sigtet med denne statusartikel er at give en indføring i fænomenet testforstærket læring, beskrive grundlæggende og nyere forskning inden for emnet, mulige mekanismer og betydning for undervisning og fremtidig forskning.

Testforstærket læring er ikke et nyt begreb. Forskning i testforstærket læring begyndte i USA allerede tidligt i 1900-tallet. I et bemærkelsesværdigt studie fra 1939 ( $n = 3.605$ ;  $p = 0,01$ ) viste Spitzer, at man i stor udstrækning kunne øge retentionen af læst materiale ved hjælp af bare en enkelt test uden feedback givet umiddelbart efter indlæring [1, 2].

Forskellige eksterne faktorer er blevet undersøgt som forklaringsmodeller på fænomenet, og i andre studier har man undersøgt, hvilke testformater der egner sig bedst til at fremme testforstærket læring.

Testforstærket læring har fået en renæssance inden for medicinsk pædagogik, og i videnskabelige tidsskrifter inden for området er der publiceret flere artikler om fænomenet – heriblandt flere fra Danmark [3, 4].

### STØRRELSE AF EFFEKT OG VARIGHED AF LÆRING

Indlært viden og færdigheder henfalder eksponentielt aftagende over tid, hvilket er blevet eftervist i Spitzers studie. Studierne viste også, at testforstærket læring har en klar effekt på hukommelsen af indlært viden (Figur 1).

I litteraturen er testforstærket læring blevet forbundet med effektstørrelser (ES) fra 0,4 til 1,0, hvilket vil sige fra middel til stor effekt, og indebærer, at interventionen har væsentlig praktisk værdi [5]. Spitzers studier viste, at der kan være op til to måneders varighed af testforstærket læring, og i nyere studier påvises varighed i op til et halvt år [6, 7].

## EKSTERNE FAKTORER

For overbevisende at underbygge, at testforstærket læring er en iboende effekt af testning og ikke skyldes eksterne faktorer, vil vi gennemgå nogle eksterne faktorer, der kunne tænkes at forklare fænomenet, og som derfor har været undersøgt i tidligere studier.

### Større motivation

*Haynie* har lavet en metaanalyse, der viste, at der ikke var nogen læringseffekt af den blotte forventning om en test, når testen ikke blev gennemført. Han refererede to studier med en gennemsnitlig ES på 0,05. En interessant detalje ved *Haynies* studier, der også blev beskrevet i metaanalysen, var, at forsøgspersonerne til trods for en øget studieindsats i forventning om en test ikke forbedrede deres resultater, medmindre de reelt testes [8].

### Øget eksponering for materialet

Hvis man først læser en tekst og dernæst testes i, om man kan huske indholdet, er man blevet mere eksponeret for materialet, end hvis man blot læser uden at blive testet. *Hogan & Kintsch* viste i 1971, at en gruppe, der læste en tekst en gang og dernæst blev testet to gange, havde signifikant bedre retention af teksten end en gruppe, der læste teksten hele tre gange ( $n = 64$ ;  $p > 0,025$ ). Det vil sige, at testforstærket læring ikke kan forklares ved øget eksponering for materialet. Resultatet er yderligere interessant, idet gruppen, der læste teksten tre gange, faktisk huskede teksten signifikant bedre umiddelbart efter tredje læsning end testgruppen, men denne effekt var ikke at finde i retentionstesten. Således understreges endnu en interessant pointe: umiddelbart læringsudbytte er et dårligt mål for langtidslæringsudbyttet [9]. Testforstærket læring har således den styrke, at det øger retentionen.

### Kendskab til testformatet

*Glover* viste, at testforstærket læring er uafhængig af, om testformatet ved de indledende test er det samme som ved de afsluttende test. Ligeegyldigt hvordan man bliver testet, er testning mere effektivt end øget læsning. Dog er visse testformater bedre til at befordre testforstærket læring [10]. Der er evidens for, at læringseffekten af essay og kortsvarsopgaver er bedre end effekten af multiple-choice-spørgsmål (MCQ) og andre genkendelsesorienterede formater [1].

### Feedback

Feedback befordre langtidslæring. Det viser blandt andre *McDaniel & Fisher* ( $n = 90$ ;  $p > 0,05$ ) [11]. *Butler & Roediger* fandt dog ikke øget retention ved kombineret feedback og testning i forhold til testning

alene ( $n = 27$ ;  $p > 0,05$ ) [12]. Der er nok en additiv effekt af test og feedback, som påvist i flere arbejder [1, 11], men *Butlers & Roediger* studie viser klart, at man ikke kan forklare fænomenet testforstærket læring med feedback [12].

## MULIGE MEKANISMER

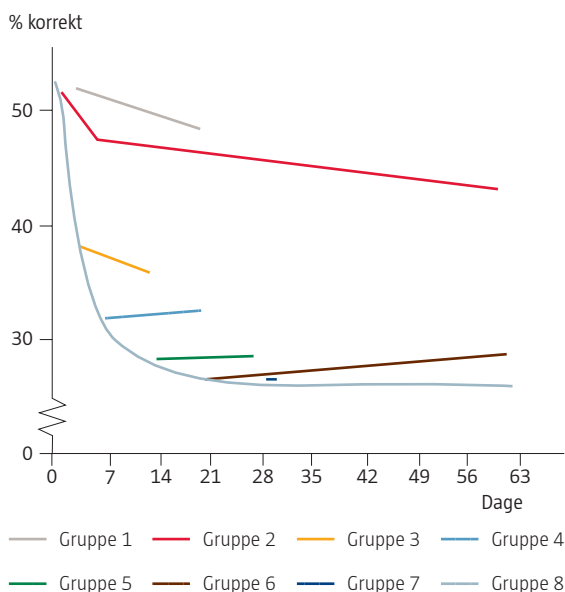
Der er ingen simpel forklaring på mekanismerne bag testforstærket læring, men der eksisterer dog i litteraturen tre teoretiske forklaringer, der er mere eller mindre velunderbyggede.

### Arbejdskrævende genkaldelse

En teori er, at jo hårdere man skal arbejde for at genkalde noget fra hukommelsen, desto bedre mobiliseres langtidshukommelsen. Teorien siger, at når man arbejder aktivt på at genkalde sig et bestemt minde, vil der skabes flere forbindelser til det bestemte minde. Begrebet kaldes *elaborate retrieval* eller *desirable difficulties* i den internationale litteratur og har været en logisk model at benytte i forsøget på at forstå testforstærket læring [13]. Man har i flere studier besværliggjort genkaldelsen og fået resultater, der sandsynliggør, at arbejdskrævende genkaldelse i en vis udstrækning kan forklare testforstærket læring

FIGUR 1

*Spitzers* forsøg fra 1939, hvor han inddelte en stor mængde skoleelever i otte grupper, gav dem læsemateriale og derefter testede dem i det med forskellig forsinkelse på fra fem minutter til 63 dage. Senere testede han retentionen af materialet og viste, at interventionen, multiple-choice-testen, stort set havde forhindret yderligere glemsel af det indlærte materiale. Gruppe 1 læste således materialet til tiden 0, blev testet dagen efter og retentionstestet på 21.-dagen og så fremdeles med de andre grupper [2].





En test efter kursus i basal genoplivning har i danske studier vist at øge indlæringen mere end instruktørsuperviseret træning.

[1], men fænomenet bør undersøges nærmere for at beskrive den bagvedliggende mekanisme og for at belyse dets bidrag til testforstærket læring.

#### Indlæringsproces minder om anvendelsesproces

Denne overskrift dækker over begrebet *transfer-appropriate processing*, der i sin enkelthed går ud på, at jo tættere den kognitive proces, der benyttes i læringsituationen, er på processen i anvendelsessituationen, desto bedre vil retentionen være. Dette er underbygget af bl.a. *Thomas & McDaniel* [14]. Hvis man går ind på præmissen i *transfer-appropriate processing*, bør det være mest effektivt for præstationen i f.eks. en MCQ-test at træne besvarelse af MCQ-spørgsmål. *Kang et al* har imidlertid påvist, at det er bedre for præstationen i en MCQ-test at træne kortvarsopgaver end at træne MCQ-spørgsmål ( $n = 48$ ;  $ES = 0,36-0,61$ ) [15]. Således fremstår *transfer-appropriate processing* som en mulig, men ikke fuldstændig forklaring på testforstærket læring.



#### FAKTABOKS

Testforstærket læring er et evidensbaseret pædagogisk værktøj til øgning af retention af både teori og færdigheder.

Fænomenet er uafhængigt af eksterne faktorer.

Mekanismen er kompleks og muligvis stressrelateret og kønsforskellig.

Test umiddelbart efter indlæring er mest effektiv.

Brug af test bør indtænkes i læringsforløb.

#### Stressrelateret læring

En teori, fremsat af vores egen gruppe i en nyligt publiceret artikel om testforstærket læring af færdigheder [16], er, at testinduceret stress vil øge konsolideringen af det indlærte. *Kirschbaum & Pirke* har påvist, at den socioevaluative trussel, som testsituationen reelt udgør, vil inducere et hormonelt stressrespons, der bevirker en akut stigning i serumkortisol ( $n = 20$ ;  $p > 0,05$ ) [17]. Det er velunderbygget i både dyremodeller og i forsøg med mennesker, at en akut stigning i kortisol giver øget konsolidering af hukommelse. Kronisk høje kortisolniveauer kan inducere irreversibel cerebral skade [18]. Hvad angår stress og indlæring hos raske mennesker, fungerer kortisol, populært sagt, ved at sætte hjernen i indlæringsmodus [19] og lukke ned for hukommelsen ved at suppressere hippocampus og temporallapperne [18]. Jf. *Kirschbaum & Pirke* holder denne akutte stigning i kortisolniveauet maksimalt en time [17]. Stressinduceret læring kan kun i mindre grad forklare testforstærket læring [16].

Vi står således med tre mulige mekanismer, der hver især er utilstrækkelig til at forklare testforstærket læring. Den logiske slutning må være, at testforstærket læring kan skyldes en kombineret effekt af de tre mekanismer – eller en kombination med flere andre mekanismer.

#### TESTFORSTÆRKET LÆRING AF FÆRDIGHEDER

Vores gruppe har lavet tre studier af, hvorvidt testforstærket læring, der hidtil kun har været undersøgt i relation til læring af viden, også gælder for læring af færdigheder.

Resultaterne viser, at konceptet testforstærket læring også gælder for medicinstuderendes læring af genoplivningsfærdigheder. Fundet er konsistent i de tre studier med ES, der stemmer overens med litteraturen, ES fra 0,4 til 1,0 [1, 4, 6, 16]. Langtidseffekten af testning understøttes af nyere studier [7]. Stress og stigning i kortisolniveauet kan til dels forklare testforstærket læring af genoplivningsfærdigheder hos mænd [16].

#### IMPLIKATIONER FOR UNDERVISNING

Ovenstående indbyder til at bruge flere test i undervisningen. Dog skal vi ikke blot teste blindt og standardiseret, men i design af uddannelsesforløb indtænke evaluering og formativ testning, dvs. løbende testning, hvor testenes funktion ikke er at vurdere, om de studerende kan fortsætte på studiet, men derimod at understøtte deres læring. Kun med relevant anvendelse af testning i uddannelse kan vi forvente at høste resultater af testforstærket læring.

I klinisk undervisning kan man med fordel af-

slutte en undervisningsperiode med en kort test, hvori de vigtigste pointer opsummeres ( $n = 78$ ;  $p = 0,04$ ;  $ES = 0,47$ ) [20]. Modsat kan det at blive bombarderet med for svære spørgsmål hæmme hukommelsen og skabe akavede situationer. Testning øger stressniveauet og bør doseres rimeligt. Testning må aldrig overskygge initial oplæring. En test har ingen eller kun begrænset læringseffekt på materiale, der endnu ikke er blevet indlært [1].

### FREMTIDIG FORSKNING

Der er stadig et stort felt at afdække omkring testforstærket læring, ikke kun inden for medicinsk pædagogik, men også inden for psykologi og neurobiologi. Mekanismerne bag testforstærket læring bør udforskes, og på trods af, at resultaterne af nyere studier tyder på, at der er en kønsforskel i testforstærket læring, er der en overraskende mangel på kønsstratificeret forskning inden for området [16]. Desuden bør studierne om testforstærket læring af færdigheder følges op.

**KORRESPONDANCE:** Charles Kromann, Center for Klinisk Uddannelse, Rigshospitalet, Blegdamsvej 9, 2100 København Ø. E-mail: charles.kromann@gmail.com

**ANTAGET:** 3. november 2011

**FØRST PÅ NETTET:** 5. december 2011

**INTERESSEKONFLIKTER:** ingen

### LITTERATUR

1. Roediger HL, Karpicke JD. The power of testing memory: basic research and implications for educational practice. *Perspect Psychol Sci* 2006;1:181-276.
2. Spitzer HF. Studies in retention. *J Educ Psychol* 1939;30:641-56.

3. Larsen DP, Butler AC, Roediger III HL. Test-enhanced learning in medical education. *Med Educ* 2008;42:959-66.
4. Kromann C, Jensen ML, Ringsted C. The testing effect in skills learning. *Med Educ* 2009;43:21-7.
5. Hojat M, Xu G. A visitor's guide to effect sizes – statistical significance versus practical (clinical) importance of research findings. *Adv Health Sci Educ Theory Pract* 2004;9:241-9.
6. Kromann CB, Bohnstedt C, Jensen ML et al. The testing effect on skills learning might last 6 months. *Adv Health Sci Educ Theory Pract* 2010;15:395-401.
7. Larsen DP, Butler AC, Roediger HL 3rd. Repeated testing improves long-term retention relative to repeated study: a randomised controlled trial. *Med Educ* 2009;43:1174-81.
8. Haynie W. Effects of test taking on retention learning in technology education: a meta-analysis. *J Technol Educ* 2007;18:24.
9. Hogan R, Kintsch W. Differential effects of study and test trials on long-term recognition and recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior* 1971;10:562-7.
10. Glover J. The "testing" phenomenon: not gone but nearly forgotten. *J Educ Psychol* 1989;81:392-9.
11. McDaniel MA, Fisher RP. Tests and test feedback as learning sources. *Contemporary Educational Psychology* 1991;16:192-201.
12. Butler AC, Roediger HL 3rd. Testing improves long-term retention in a simulated classroom setting. *Eur J Cogn Psychol* 2007;4-5:514-527.
13. Carpenter SK, DeLosh EL. Impoverished cue support enhances subsequent retention: support for the elaborative retrieval explanation of the testing effect. *Mem Cognit* 2006;34:268-76.
14. Thomas A, McDaniel M. The negative cascade of incongruent generative study-test processing in memory and metacomprehension. *Mem Cognition* 2007;35:668-78.
15. Kang SHK, McDermott K, Roediger H. Test format and corrective feedback modify the effect of testing on long-term retention. *Eur J Cogn Psychol* 2008;19:528-58.
16. Kromann CB, Jensen ML, Ringsted C. Test-enhanced learning may be a gender related phenomenon explained by change in cortisol. *Med Educ* 2011;45:1929.
17. Kirschbaum C, Pirke KM. The »Trier Social Stress Test« – a tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting. *Neuropsychology* 1993;28:76-81.
18. McEwen BS. Protective and damaging effects of stress mediators. *New Engl J Med* 1998;338:171-9.
19. Joëls M, Pu Z, Wiegert O et al. Learning under stress: how does it work? *Trends Cogn Sci* 2006;10:152-8.
20. Leeming FC. The exam-a-day procedure improves performance in psychology classes. *Teach Psychol* 2002;29:210-2.

# Idrætstraumatologi og artroskopi – fra videnskab til klinisk behandling

Michael R. Krogsgaard

Danmark har en lang tradition for artroskopi. I 1912 rapporterede danskeren *Severin Nordentoft* som den første i verden om en artroskopisk undersøgelse af et knæ, og han navngav proceduren arthroscopia genu. Idrætstraumatologien er organisatorisk forankret i Dansk Selskab for Artroskopisk Kirurgi og Sportstraumatologi og Dansk Idrætsmedicinsk Selskab og fagligt gennem opbygning af idrætsklinikker og tværfaglige enheder.

Idrætstraumatologi spænder vidt. Der er ca. 700.000 sportsskader årligt i Danmark, foruden en

del skader, der viser sig ved suboptimal funktion og ikke ved smerter.

### OVERBELASTNINGSSKADER

Mekanismerne ved overbelastningsskader kendes delvist. Når knoglevæv adapteres til øget belastning for at blive stærkere, begynder remodelleringen med nedbrydning af det eksisterende væv (i løbet af nogle uger), og derefter begynder opbygningen (som tager nogle måneder). 2-6 uger efter en kraftig belastning er knoglevæv derfor svækket, og hvis belastningen

### PROFESSOR-TILTRÆDELSSE-FORELÆSNING

Idrætsskirurgisk Enhed  
MS1, Bispebjerg Hospital