



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ROMA
"TOR VERGATA"
Facoltà di Medicina e Chirurgia



OSPEDALE DI RIABILITAZIONE
"FONDAZIONE SANTA LUCIA"
Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico

Prof. Carlo Caltagirone
Ordinario di Neurologia
Dirigente di II livello
Neurologia e Riabilitazione Neurologica
c/o I.R.C.C.S. Fondazione Santa Lucia
Via Ardeatina, 306 - 00179 ROMA
Tel. +39 06 51501409 - +39 06 51501515
Fax +39 06 51501408
e-mail: c.caltagirone@hsantalucia.it

MEMORIA, AMNESIA PSICOGENA E FALSI RICORDI

INTRODUZIONE

La memoria

La memoria è il risultato di un processo di apprendimento tramite il quale si acquisiscono nuove informazioni. La memoria rappresenta una funzione fondamentale della mente per lo svolgimento di altre funzioni superiori, quali la percezione, il riconoscimento, il linguaggio, la pianificazione e la soluzione di problemi. Inoltre, la memoria è alla base del principio di continuità dell'identità personale, in quanto capacità di percepire se stessi in maniera unitaria e continuativa attraverso variazioni di tempo, spazio e situazioni.

La memoria è il frutto di quattro processi diversi (Làdavvas e Berti 1995):

1. *codifica*: processo con il quale si concentra l'attenzione su informazioni nuove che vengono analizzate appena si entra in contatto con esse. In particolare, questa è la fase in cui avviene l'elaborazione delle caratteristiche distintive dello stimolo (percettive, funzionali, contesto spazio-temporale ecc.), quindi alla sua identificazione e classificazione. Dall'efficienza della codifica (che a sua volta è influenzata da variabili quali l'attenzione e la motivazione) dipende la qualità della traccia mnestica;
2. *consolidamento*: insieme di processi di modifica delle nozioni appena acquisite, ma ancora labili, in modo da renderli più stabili e di lunga durata. Il consolidamento richiede l'espressione di geni e la sintesi di nuove proteine;

3. *conservazione*: riguarda i meccanismi ed i siti in cui la memoria viene mantenuta per lungo tempo. Le informazioni vengono "inserite" in più magazzini distribuiti in differenti aree cerebrali. Tale capacità di conservazione sembra essere illimitata;

4. *recupero*: insieme di processi che consentono di richiamare alla mente un ricordo. E' la fase di ricostruzione di tutte le distinte informazioni, riguardanti un soggetto, che sono state "archivate" in zone diverse della neocortex. Si distinguono due modalità di recupero: quello associativo, a carico prevalentemente delle aree temporali mediali, e quello strategico, a carico prevalentemente delle aree prefrontali. Ad un'iniziale fase di ricerca dell'informazione precedentemente archiviata segue la fase di verifica del risultato dell'operazione eseguita.

La memoria umana dunque non è una funzione unitaria, bensì è costituita da differenti sistemi anatomicamente indipendenti, con fini e modalità diversi, ma funzionalmente coordinati. I modelli più recenti della memoria descrivono le seguenti componenti principali (Denes e Pizzamiglio 1996):

a) la Memoria Sensoriale. Essa fissa per tempi brevissimi inferiori al secondo informazioni sensoriali visive (memoria iconica), uditive (memoria ecoica), olfattive, gustative, tattili, ecc. Si può considerare parte del processo di percezione che permette l'elaborazione dell'informazione a livello corticale;

b) Memoria a Breve Termine (MBT). E' il sistema che consente di conservare una quantità limitata di nuove informazioni per un tempo molto breve dell'ordine di secondi. Qui la traccia mnestica rispecchia fedelmente l'originale;

c) Memoria di Lavoro o Working Memory. Viene definita come il "tavolo da lavoro" che consente di mantenere attiva e quindi manipolare una limitata quantità di informazioni per portare a termine una ampia gamma di compiti. In particolare, si occupa di distribuire le risorse attentive, di modulare l'attività degli altri sotto-sistemi. Dunque, deve avere accesso alle rappresentazioni immagazzinate nella MLT e agli obiettivi del Soggetto;

d) Memoria a Lungo Termine (MLT). Rappresenta il sistema che consente di conservare un numero illimitato di informazioni per tempi lunghi, teoricamente per tutta la vita. In questa fase la traccia mnestica è una rielaborazione dell'originale, frutto della integrazione con le conoscenze possedute (rappresentazione) ed altri elementi di rielaborazione. A sua volta, la MLT comprende dei sotto-sistemi, ovvero la Memoria Implicita e la Memoria Esplicita. La Memoria Implicita si caratterizza per essere non consapevole, non dichiarabile verbalmente, bensì solitamente deducibile dalle modificazioni del comportamento nell'esecuzione di un compito, e per il fatto di richiedere meno risorse attentive. In essa si identifica la Memoria Procedurale che riguarda le informazioni relative ai comportamenti automatici, per lo più apprese tramite condizionamento e priming (una forma di rievocazione suggerita in cui, senza che il soggetto ne sia consapevole, la precedente esposizione

allo stimolo, ne facilita il successivo riconoscimento), così come la padronanza di procedure apprese in passato in modo consapevole, e poi successivamente, grazie alla pratica ripetuta, diventate automatiche, non richiedendo più necessariamente il controllo cosciente (ad esempio, guidare la macchina). Altre forme di memoria implicita si realizzano in presenza di situazioni particolari in cui, ad esempio, un odore, un suono o un'immagine scatenano reazioni emotive senza che la persona sappia deliberatamente attribuire all'evento scatenante un preciso significato emozionale. La Memoria Esplicita, o Dichiarativa, invece si caratterizza per essere consapevole, verbalizzabile, basata su processi cognitivi di comparazione e per richiedere un maggiore impegno delle risorse attentive. La Memoria Esplicita a sua volta può essere utilmente suddivisa in Memoria Semantica e Memoria Episodica. La prima riguarda le informazioni che hanno perso la loro connotazione temporale e spaziale specifica, e fa riferimento al significato delle acquisizioni accumulate nel tempo che consentono la codifica di una rappresentazione (conoscenze enciclopediche, significato delle parole, simboli, regole grammaticali, sintattiche, regole del calcolo, ecc.). La memoria Episodica attiene invece a tutte quelle informazioni che mantengono le loro relazioni temporali e spaziali, ovvero esperienze passate, episodi, eventi, fatti personali (Memoria Autobiografica) ed extrapersonali. Infine, questi processi di memoria per eventi passati si contrappongono ad un tipo di memoria per eventi futuri denominata Memoria Prospettica: ricordarsi di compiere un'azione nel futuro come di fare una telefonata programmata da tempo o prendere uno specifico farmaco all'ora stabilita.

Correlati neuroanatomici

L'osservazione di pazienti con lesioni cerebrali e studi condotti utilizzando innovative tecniche d'indagine hanno contribuito a delineare l'impalcatura neuroanatomica sottostante ai processi mnestici. Il sistema limbico è ampiamente coinvolti nei processi di memorizzazione. Nell'uomo le nozioni conservate come memorie esplicite vengono inizialmente elaborate in una o più delle corteccie associative polimodali (corteccie prefrontale, limbica e parieto-temporo-occipitale). Da qui le informazioni vengono trasferite alle corteccie paraippocampica e peririnale, e quindi alla corteccia entorinale, al giro del cingolo, all'ippocampo, al subiculum ed infine di nuovo alla corteccia entorinale. Dalla corteccia entorinale le informazioni sono reinviata alla corteccia paraippocampica e peririnale ed infine ancora alle corteccie associative della neocortex. All'ippocampo arrivano numerosi tipi di informazioni da vaste aree corticali, e riesce così ad avere in ogni momento input rappresentativi dello stato corrente dell'ambiente circostante. L'ippocampo li elabora, crea associazioni nuove, registra informazioni su vari livelli, alcune le seleziona, altre le lascia decadere (per esempio quelle che interferiscono) e rimanda le rappresentazioni indietro alla

corteccia entorinale, da cui ha ricevuto l'input iniziale. Se all'interno della rete la griglia della rappresentazione iniziale e quella che l'ippocampo rimanda indietro dopo l'elaborazione sono abbastanza simili, allora la rete ha recuperato il ricordo.

Forme diverse di memoria non dichiarativa coinvolgono regioni cerebrali diverse. Ad esempio, memorie emotive come quelle che si formano con il condizionamento alla paura coinvolgono l'amigdala, l'apprendimento di abilità motorie e l'acquisizione di regole e procedure coinvolgono i nuclei della base e la corteccia motoria. L'importante ruolo dei nuclei della base si manifesterebbe però anche in compiti di memoria dichiarativa, come la memoria spaziale e la memoria di riconoscimento visiva. L'apprendimento di abilità percettive, ad esempio visive o acustiche correla con cambiamenti nelle aree sensoriali corticali e coinvolge probabilmente proiezioni dalle aree associative superiori alle aree sensoriali primarie e secondarie, proiezioni dette top-down. Anche il cervelletto sembra coinvolto in alcune forme di memoria procedurale.

Per quanto riguarda la memoria di lavoro, la corteccia parietale inferiore sinistra (informazioni uditive), le aree parieto-temporo-occipitali di destra (memoria a breve termine visuo-spaziale) e nuovamente la corteccia prefrontale sono le strutture principalmente coinvolte.

Come già accennato, l'ippocampo svolge un ruolo fondamentale nella decodifica delle nuove informazioni e nella formazione di associazioni rapide finalizzate a guidare i comportamenti. All'interno dell'ippocampo avviene una rappresentazione delle informazioni contestualizzata nell'ambiente. Mentre nella corteccia prefrontale si associano rappresentazioni simili agli eventi effettivi, nell'ippocampo le rappresentazioni sono classificate in modo distinto. Esiste infatti una categorizzazione di tipo sia ambientale che temporale, ed eventi simili possono essere rappresentati in modo diverso, ed associati ad informazioni completamente distinte, se appartengono a configurazioni spaziali e temporali diverse. Il sistema di apprendimento ippocampale consiste in un learning rapido e arbitrario, mentre l'apprendimento che ha luogo nella corteccia prefrontale, è un learning integrativo. Un altro importante ruolo funzionale dell'ippocampo è il sistema di mappatura spaziale che permette una rappresentazione semantica del mondo circostante. La corteccia parietale decodifica caratteristiche spaziali dell'ambiente in modo egocentrico, cioè riferibile esclusivamente ad una percezione soggettiva dei riferimenti circostanti. L'ippocampo invece produce delle rappresentazioni allocentriche, cioè che prendono come riferimenti caratteristiche semantiche dell'ambiente esterno. Le rappresentazioni che l'ippocampo fornisce dell'ambiente circostante sono costituite da un collage di rappresentazioni meno estese e centrate intorno ai punti di riferimento semantici scelti (per questo si parla di *navigazione semantica*). L'ippocampo mette poi insieme questi pezzi di rappresentazioni episodiche e riesce a dare una contestualizzazione allocentrica dell'ambiente indipendente dalla posizione dell'individuo. Il mappaggio ippocampale possiede

anche un senso lineare del tempo, che permette di creare una mappa cognitiva dell'ambiente contestualizzata anche temporalmente, e soggetta ad associazioni mnestiche con eventi ed episodi. Questo sistema cognitivo permette agli eventi di essere collocati sia nello spazio che nel tempo ed è alla base del sistema spazio-temporale episodico proprio dell'ippocampo. Questo tipo di operazioni svolte dall'ippocampo prende il nome di *binding*, e più in generale consiste nel legare insieme le rappresentazioni semantiche immagazzinate nella corteccia, creando così un contesto sia temporale che spaziale (episodico), per rappresentazioni che si riferiscono ad un particolare evento. Le associazioni che sono inizialmente elaborate dall'ippocampo, possono essere rimosse, se non vengono più fatte riaffiorare, oppure ripetute e apprese dalla corteccia stessa (consolidamento). Il sistema ippocampale quindi funziona tramite due meccanismi in reciproca competizione: a) *Pattern separation*: è il meccanismo utilizzato per la codifica delle nuove informazioni; b) *Pattern completion*: è il meccanismo che, a partire da piccoli frammenti di ricordi, permette di far riaffiorare e completare nella memoria rappresentazioni di eventi e situazioni. C'è una naturale competizione tra questi due meccanismi: quando al nostro cervello arrivano degli input esterni, esso non capisce subito se le informazioni che ne derivano siano nuove (da registrare in modo separato da quelle già esistenti, tramite la *pattern separation*), oppure vadano invece completate in quanto frammenti di memorie già esistenti (tramite la *pattern completion*).

Memorie imperfette e input di distrazione contribuiscono a creare ambiguità, e il lavoro dell'ippocampo è quello di ottimizzare tale ambiguità creando quante più connessioni possibili per contestualizzare al meglio informazioni e episodi del nostro passato, e permetterci di catalogarli, riconoscerli e ricordarli nel modo più adeguato. Nello specifico, ciò avviene tramite un controllo top-down operato su due livelli: a) *BIAS*: la dimensione del bias appartiene alla corteccia prefrontale, e consiste nel completamento delle informazioni attraverso processi familiari o appresi. Tale dimensione sta alla base dei comportamenti ormai automatizzati, e b) *BINDING*: consiste in una mediazione, operata dall'ippocampo, delle associazioni finalizzata al conseguimento di nuovi obiettivi, e sta alla base dei comportamenti finalizzati ad un obiettivo nuovo, non familiare. I processi della memoria prospettica sono interessati da una competizione tra le nuove pianificazioni indirette dell'ippocampo e lo stato di permanenza stabile delle rappresentazioni neocorticali. Tale competizione porta ad una continua riformulazione del set contestuale cognitivo, le rappresentazioni decodificate dall'ippocampo, che sono moltissime e soggette in gran parte ad un rapido decadimento, provocano una riorganizzazione ed una inibizione delle rappresentazioni della corteccia. Tale inibizione provoca un contrasto di rappresentazioni scaturite da stimoli diversi e una competizione tra stati tra loro incompatibili, interferendo con la risposta allo stimolo e portando il soggetto apparentemente ad ignorarlo.

La fallibilità della memoria

Dalla breve descrizione data, già si evidenzia una elevata complessità del sistema memoria, così come risulta evidente che la memoria non è una fotografia fedele di eventi reali. Negli anni Settanta è stata proposta con largo consenso una teoria chiamata "*teoria della vista costruttiva della memoria*" (da qui il termine "costruttivismo"): essa afferma che il ragionamento influenza la memoria, in contrasto con l'opinione predominante per cui la memoria sostiene il ragionamento. In particolare, Bransford e Franks (1971) hanno notato l'importanza dei desideri e delle credenze personali nel recupero dei ricordi. Berliner e Briere (1998) sostengono che la memoria è «un amalgama fra ciò che è stato codificato al momento dell'evento, le conoscenze di base all'interno delle quali l'evento è stato integrato, l'interpretazione del significato dell'informazione, l'adeguatezza delle strategie di recupero ed il contesto del recupero». Ricordare vuol dire ricostruire dinamicamente un'esperienza, in cui gli elementi vengono costantemente rielaborati e filtrati anche alla luce di schemi culturali acquisiti nel corso della vita (Bartlett 1974) e di stati emotivi presenti al momento della rievocazione. Lo stato emotivo del soggetto che lo porta a selezionare gli elementi ritenuti salienti in quel contesto, le convinzioni che si acquisiscono in seguito su ciò che può essere successo; il desiderio di confermare un'ipotesi; il modo in cui sono formulate le domande che possono in qualche modo indirizzare il ricordo; il filtro dei nostri schemi mentali attraverso i quali passa l'interpretazione dell'intera scena, sono tutti fattori che influenzano più o meno pesantemente il recupero mnestico. Inoltre, il nostro cervello memorizza solo alcuni elementi di un episodio, non tutti i dettagli. Eppure nell'attivare la memoria, inconsapevolmente, riempiamo i vuoti, inserendo elementi che per noi "hanno senso" in quel contesto, anche se non realmente accaduti. Così, ciò che viene ricostruito al momento della riproduzione o del ricordo, mostra non soltanto omissioni ed abbreviazioni, ma anche nuove elaborazioni e distorsioni. Inoltre, noi non ricordiamo l'evento nella sua versione originale, quanto piuttosto un'ulteriore elaborazione dell'ultima rievocazione che era già stata distorta. Dunque, il ricordare un evento molte volte, se da una parte serve a solidificare sempre di più la memoria a lungo termine, dall'altra aumenta il grado di distorsione. Questo fenomeno è ben dimostrato dal fatto che con il passare del tempo, le risposte che noi diamo a domande mirate a valutare la fedeltà del ricordo, aumentano di numero rispetto a quelle che eravamo in grado di fornire a breve distanza dall'evento accaduto, ma esse si discostano sempre di più dalla verità. In altre parole, ricordiamo di più, ma ricordiamo con minor precisione. Il fatto importante è che noi non ci rendiamo conto di queste distorsioni ed in buona fede siamo convinti

che quanto ricordiamo è vero. Infine, il processo di formazione della memoria ha anche il sonno come elemento fondamentale. Nel sonno vengono rielaborate le immagini del giorno: il nostro cervello ne salva alcune e ne elimina altre, grazie al riarrangiamento delle sinapsi tra i neuroni di differenti zone cerebrali vengono formate nuove memorie.

LA MEMORIA IN SITUAZIONI TRAUMATICHE O DI STRESS ACUTO

Il trauma psicologico è una *reazione* psichica – da intendere come una ferita causata da un fattore traumatico (*stressor*) – che comporta primariamente l'essere sopraffatti da emozioni molto dolorose e intollerabili, e tutto il coinvolgimento della persona per poterle gestire. Generalmente le manifestazioni psicopatologiche di un'esperienza traumatica possono derivare da ognuno o da entrambi i seguenti stressor:

- da un evento stressante di natura violenta (morte, lesioni, minacce all'integrità fisica e psicologica)
- da una serie di microtraumi relazionali protratti nel tempo.

La consistenza e il grado dell'esperienza traumatica dipendono poi dalla *vulnerabilità* e dalla *resilienza* individuale e, pertanto, *la reazione psichica ai traumi è prevalentemente soggettiva*.

Possiamo infatti considerare il trauma da due punti di vista complementari: l'aspetto oggettivo e quello soggettivo. Se consideriamo l'aspetto oggettivo del trauma, valutiamo prevalentemente la drammaticità intrinseca all'evento: esistono eventi come l'abuso o la tortura, per esempio, che sono esperienze dolorose e insostenibili che si connotano come esperienze oggettivamente traumatiche. Considerando, invece, la dimensione soggettiva, il modo individuale di elaborare l'esperienza traumatica dal punto di vista emotivo e cognitivo fa una grande differenza. Di conseguenza, è l'intensità della reazione emotiva – determinata dal significato attribuito all'evento più che dall'evento in sé – che alla fine spiega le eventuali conseguenze psicopatologiche di un'esperienza potenzialmente traumatica. Spesso capita che, quando gli individui si sentono minacciati, sperimentino una *contrazione significativa della coscienza* e rimangono concentrati solo sui dettagli percettivi centrali. Un'emozione violenta può interferire con il normale processo di elaborazione dell'informazione e con la sua memorizzazione nella memoria narrativa esplicita (dichiarativa). Numerose ricerche evidenziano come, in condizioni di forte sollecitazione, la memoria esplicita possa fallire e l'individuo diventare incapace di articolare una narrazione coerente dell'incidente. Lo stress traumatico ha effetti contraddittori sui ricordi espliciti: può renderli più efficaci, come nel fenomeno dei "ricordi lampo" ("flashbulb memories") con un meccanismo indicato come "now print" (istantanea), che come un flash fissa e conserva con vividezza straordinaria lo scenario presente al momento dell'evento, oppure, specie se un evento traumatico riguarda la sfera dei nostri

affetti, si può verificare l'assenza totale di rievocazione. In questi casi l'intera scena va incontro all'oblio.

Amnesia psicogena e falsi ricordi

L'oblio è un meccanismo che agisce anche in situazioni di normalità. Queste temporanee "amnesie" non sono fonte di preoccupazione e generalmente sono ascritte a vissuti emotivi contestuali, a un meccanismo di interferenza (un'informazione viene confusa con un'altra) o all'"indebolimento" dei legami mnestici dovuto alla vecchiaia. Rose (1994) attribuisce all'oblio una funzione di difesa dalle mole sterminate di informazioni che inflazionano il cervello: in altre parole, se ricordassimo tutto ci troveremo nella situazione di chi non ricorda nulla.

L'amnesia psicogena o dissociativa, invece, consiste in una pervasiva perdita di memoria relativa ad informazioni personali significative. Essa non è dovuta, diversamente da altri tipi di amnesia, ad un trauma di natura medica, come ad esempio un trauma cranico (Schacter e Kihlstrom 1989), piuttosto appare associata ad esperienze traumatiche vissute in prima persona o di cui si è stati testimoni. L'amnesia dissociativa è classificata dal Manuale Diagnostico e Statistico dei Disturbi Mentali, IV edizione-R (DSM IV-TR) (APA 2002) all'interno dei disturbi dissociativi, in cui le funzioni di memoria, identità, percezione o coscienza, normalmente ben integrate, sono invece separate o frammentate (dissociate). Si distinguono cinque tipi di amnesia dissociativa:

- localizzata: il soggetto non riesce a ricordare eventi che si sono verificati entro un periodo limitato di tempo successivo all'evento traumatico;
- selettiva: il soggetto è in grado di ricordare alcune, ma non tutti gli eventi verificatisi in un certo lasso di tempo;
- generalizzata: il soggetto non è in grado di ricordare nulla della sua intera vita;
- continua: l'amnesia copre l'intero periodo senza soluzione di continuità a partire da un evento traumatico fino al momento attuale;
- sistematica: l'amnesia riguarda solo determinate categorie di informazioni, ad esempio i ricordi relativi ad un certo luogo o ad una particolare persona.

L'amnesia psicogena può essere spiegata in base a diverse teorie. Classicamente, l'approccio psicoanalitico considera tale disturbo come un atto di auto-difesa utilizzato in situazioni estreme, e corrisponderebbe a ciò che viene indicato con il termine di rimozione. La rimozione è un processo proposto da Freud (1922), per cui ricordi spiacevoli vengono esclusi dalla consapevolezza, solitamente segue un evento vissuto come traumatico o stressante, o si origina in associazione ad un conflitto psicologico (Kaplan e Sadock 1995). Non è riconducibile direttamente ad insulti fisiologici o neurologici, né ad una condizione medica generale. Tuttavia, recenti studi hanno evidenziato un

incremento nell'attività neuronale nella corteccia prefrontale, in particolare nella porzione dorso-laterale, ed una conseguente inibizione dell'attività ippocampale, in associazione a fenomeni di amnesia dissociativa (Anderson et al. 2004; Kikuchi et al. 2009). Alcune caratteristiche psicologiche, come umore depresso, tratti isterici, e tratti psicotici, sono stati descritti in associazione a casi di amnesia per crimini commessi o cui si è assistito (Taylor e Kopelman 1984; Parwatikar et al. 1985; Kopelman 1987; Kopelman 1995). Da notare anche la differenza tra chi mente per evitare di prendersi la responsabilità di una situazione emotivamente insostenibile e l'isterico che, nelle stesse circostanze, inconsapevolmente o automaticamente trova rifugio nell'amnesia.

La difficoltà nel recupero di ricordi legati ad atti violenti può anche essere ricondotta all'abuso di sostanze stupefacenti o alcol antecedente la violenza. Tuttavia, poiché l'amnesia derivante dall'intossicazione è un fenomeno differente dall'amnesia dovuta a stati puramente psicologici, è importante distinguere le due situazioni (Porter et al. 2001).

L'eccessiva disorganizzazione/frammentazione della memoria traumatica è particolarmente probabile quando coloro che hanno vissuto il trauma hanno esperito reazioni di notevole intensità (risposte peritraumatiche). La relazione tra dissociazione peritraumatica e Disturbo Post-Traumatico da Stress (PTSD) o implica proprio la memoria, poiché le alterazioni nella codifica di un evento si verificheranno come dissociazione, tanto da influenzare la qualità e la coerenza dei ricordi relativi all'evento traumatico. Inoltre, i soggetti affetti da PTSD mostrano un bias attentivo relativamente alle informazioni inerenti l'evento minaccioso. I meccanismi neurobiologici alla base di questi eventi sono diversi: a) vi sono neuropeptidi e neurotrasmettitori rilasciati nel corso di eventi stressogeni che influenzano la formazione e il recupero mnestico; b) la normale elaborazione della memoria autobiografica è bloccata dallo squilibrio o dall'alterato rilascio di ormoni stress-correlati, come glucocorticoidi e mineralcorticoidi nel cervello. Le regioni del sistema limbico nell'emisfero destro appaiono più vulnerabili allo stress, influenzando la secrezione di oppioidi, ormoni e neurotrasmettitori, come le norpinefrine, la serotonina ed il neuropeptide Y. Un'elevata densità di recettori glucocorticoidi e mineralcorticoidi può influenzare l'attività di regioni temporali anteriori, della corteccia orbito-frontale, dell'ippocampo e dell'amigdala; infine, c) lo stress può influenzare direttamente il sistema temporo-diencefalico, inibendo il recupero di memorie autobiografiche. Jacobs e Nadel (1985) suggeriscono un ruolo chiave del cortisolo, un ormone stress-correlato. Il cortisolo infatti viene secreto nel circolo sanguigno dalle ghiandole surrenali in risposta ad un segnale ormonale di origine ipofisaria. Tale segnale è scatenato a sua volta al momento dello stress dall'amigdala, attraverso l'ipotalamo. Adrenalina e cortisolo agiscono insieme per preparare l'organismo alla risposta di lotta-o-fuga, fino a causare una parziale o completa inattivazione

dell'ippocampo, e con esso un'interruzione della formazione della memoria dichiarativa (LeDoux 1992; de Kloet et al. 1993). Ecco perché eventi intensamente traumatici o protratti sono ricordati a pezzi, in modo incompleto o affatto. L'amigdala al contrario non si disattiva, ma al contrario vede aumentare la sua attività. Ciò porta a situazioni in cui la memoria esplicita di un evento traumatico è confusa o assente, ma la componente di memoria emozionale si mantiene e tende a riemergere appena se ne presenta l'occasione, ovvero in presenza di uno stimolo situazionale in qualche modo associato al trauma. L'ippocampo, poi, sembrerebbe essere coinvolto nel raccoglimento di informazioni provenienti da più siti cerebrali e dalla capacità di contestualizzare spazialmente e temporalmente il ricordo al quale si accede (Brennner 1999). Ciò renderebbe parzialmente conto della complessa fenomenologia traumatica, specialmente quando si manifesta con amnesie più o meno parziali, frammenti di ricordi sotto forma di emozioni, sensazioni, presenza settoriale di residui sensoriali. Numerosi studi indicano che i ricordi traumatici inizialmente vengono recuperati sotto forma di tracce mestiche dissociate, inerenti per lo più elementi sensoriali e affettivi legati al trauma stesso. Nel tempo, i soggetti tendono a riportare l'emergere di una narrazione personale dell'accaduto.

Essere convinti di avere vissuto qualcosa che non è mai accaduto, ricostruire a distanza di tempo una situazione che, se ci si confronta con qualcuno che era presente, non corrisponde quasi per niente alla realtà. Entrambe sono esperienze che spesso capitano. E, per il cervello, sono entrambe reali. Come mai? Un gruppo multidisciplinare di ricercatori della Northwestern University è riuscito a scoprire nuove prove sull'esistenza dei falsi ricordi e di come si formano (Gonsalves et al. 2004). Lo studio, descritto in un articolo pubblicato sulla rivista *Psychological Science*, sfrutta le tecniche di risonanza magnetica per individuare come si forma il ricordo di qualcosa che non è mai accaduto. Gli autori hanno misurato l'attività cerebrale di persone che osservavano la foto di un oggetto o immaginavano altri oggetti che si chiedeva loro di visualizzare. In un secondo momento, è stato chiesto ai partecipanti di discriminare fra quello che avevano visto realmente e quello che si erano immaginati. Molte delle figure visive che ai soggetti era stato chiesto di immaginare, in seguito sono state ricordate erroneamente come effettivamente osservate. Le parti del cervello usate per percepire realmente un oggetto e per immaginarlo si sovrappongono. Pertanto, un evento vividamente immaginato può lasciare una traccia nel cervello molto simile a quella di un evento realmente sperimentato. In una ricerca condotta alla Duke University e pubblicata sul *Journal of Neuroscience* (Kim e Cabeza 2007), sono state fatte leggere delle parole ad un gruppo di volontari fissare nella memoria; hanno poi riproposto le stesse parole in un secondo momento agli stessi soggetti mentre erano sottoposti a risonanza magnetica funzionale in modo da verificare quali zone del cervello erano maggiormente attive nell'operazione di riconoscimento. Hanno così verificato

che quando i volontari si esprimevano con sicurezza e ricordavano correttamente una parola, la regione cerebrale coinvolta era il lobo mediale-temporale, quello deputato alla conservazione della memoria a lungo termine; quando invece i volontari si esprimevano con sicurezza, ma sbagliavano nel riconoscere la parola, la regione più attiva era quella fronto-parietale, che è coinvolta nel richiamare le caratteristiche generali di un evento avvenuto, senza però rievocarne i dettagli. In entrambi i casi la percezione del soggetto era quella di essere nel giusto e di non aver commesso alcun errore, benché le aree coinvolte fossero distinte. Va tenuto presente che nel momento in cui si assiste a una scena, si memorizza solo ciò a cui si fa attenzione, e di solito il soggetto non è preparato a ricordare. Piuttosto, subiamo l'emozione dell'avvenimento, e la codifica viene dunque penalizzata e impoverita. Infatti, la scena viene anche inconsciamente interpretata; alcuni dettagli si perdono, mentre altri si esagerano. Quindi nel momento del recupero della memoria, dobbiamo riempire molti vuoti, con conoscenze già presenti, che non necessariamente sono corrette o vere in quel contesto. I falsi ricordi a volte sono corredati anche da dettagli specifici su eventi che non si sono mai verificati. In base alla teoria della Source-Monitoring Framework (Lindsay e Johnson 2000), i falsi ricordi sono per lo più dovuti ad una confusione tra eventi accaduti e eventi immaginati, ovvero ad un fallimento nella capacità di monitorare la realtà. Ciò riguarderebbe proprio l'aggiunta di dettagli nei falsi ricordi. In particolare, un'alterazione nella capacità di monitoraggio della realtà sembra svolgere un ruolo determinante nella formazione di falsi ricordi nei testimoni oculari. Ad esempio, è probabile che i dettagli non veri vengano spontaneamente immaginati dai testimoni mentre rispondono a domande sull'evento cui hanno assistito e più tardi attribuiti erroneamente all'evento stesso.

Falsi ricordi e suggestionabilità

I falsi ricordi, o pseudoricordi, dipendono dalla natura ricostruttiva della memoria che talvolta cede ad immaginari e creazioni fantastiche specialmente per completare il ricordo di un'esperienza traumatica. Negli anni novanta, ebbe luogo un'accesa controversia sull'attendibilità o meno di ricordi di abusi sessuali riportati da molte donne che ritenevano di aver recuperato questi ricordi sepolti, grazie alla psicoterapia. Le donne dichiaravano di essere certe di aver subito abusi sessuali in tenera età da parte di genitori, amici di famiglia, ecc. Alcune dichiarazioni hanno in effetti trovato conferma, mentre per molte altre quegli eventi probabilmente non sono mai accaduti. Come accennavamo, l'immaginazione non è l'unica variabile in gioco nella creazione di falsi ricordi. La disinformazione può modificare i ricordi di una persona in modo prevedibile. I ricordi distorti possono essere anche il risultato di ricordi veri e di suggestioni indotte da altri (Loftus 1997; Loftus e Polage 1999). Ci sono dei fattori che facilitano la creazione di false memorie; ad esempio,

esercitare pressione sul soggetto o suggerirgli puntualmente dei particolari nel momento in cui tarda a rispondere, può essere cruciale nella costruzione della falsa memoria, poiché l'individuo si sente pressato a completare il ricordo, arricchendolo del maggior numero possibile di particolari. Durante questo processo, è possibile che il soggetto dimentichi la fonte delle informazioni. La misura dell'influenza di simili interventi è del tutto dipendente dalla persona suggestionata e, molto spesso, dalla fiducia incondizionata che ella ha nei confronti della persona che ha suggerito quel falso ricordo. Ciò sembra poi particolarmente vero per soggetti tendenti alla dissociazione (Porter et al. 2000). Bisogna sottolineare che il soggetto che ha un falso ricordo non mente quando esprime questa memoria come se fosse vera: è anzi assolutamente in buona fede, in quanto almeno nella sua memoria quel dato evento c'è effettivamente stato. Ciò vale non solo per scene consuete o familiari, ma anche per scene insolite o bizzarre, come nel famoso caso dell'attentato all'Alfred P. Murrah Federal Building, avvenuto ad Oklahoma City nel 1995 (Thomas e Loftus 2002). Ciò dovrebbe infatti essere ancor più vero in situazioni traumatiche, in cui, come già evidenziato, i ricordi sono immagazzinati in una rete cognitiva eccessivamente frammentata e disorganizzata (Shipherd e Salters-Pedneault 2008).

Elizabeth Loftus, Professore di Psicologia e Professore Aggiunto di Legge alla Washington University, e Presidente dell'American Psychological Foundation, in 200 esperimenti sulla testimonianza oculare che hanno coinvolto oltre 20.000 individui (Loftus 2005b, 2005a) ha dimostrato in maniera rigorosa come nel ricordare un evento realmente accaduto si possa avere una distorsione semplicemente suggerendo all'individuo una "disinformazione". La metodologia adottata in questi lavori si basa essenzialmente sul paradigma della "misinformazione" e si compone di tre momenti distinti. In una prima fase -definita di *presentazione*- viene presentato uno stimolo ad esempio un filmato, un racconto, una scenetta (un incidente d'auto, un furto, uno scippo violento, etc.). Nella seconda fase -detta di *suggestione post-evento o disinformazione*- vengono fornite informazioni fuorvianti sullo stimolo cui il soggetto è stato precedentemente esposto. I risultati e le osservazioni di questi primi studi hanno indotto gli autori a notare come sia possibile indurre i soggetti, attraverso semplici manipolazioni linguistiche nelle domande poste, ad incorporare nelle rievocazioni item non esistenti nella scena originario (Loftus e Palmer 1974; Loftus 1975; Pezdek 1977; Zaragoza e Mitchell 1996). Tale disinformazione può invadere i nostri ricordi quando parliamo ad altri, quando veniamo interrogati in modo suggestivo, quando leggiamo i giornali o vediamo fotografie relative a qualche evento al quale abbiamo noi stessi assistito. La Loftus ha dunque dimostrato che si possono indurre ricordi di eventi mai accaduti. Nel tentativo di portare alla memoria un evento, l'individuo si sforza di immaginarlo ripetutamente, sia da solo sia con l'aiuto degli altri, e tale immaginazione anche se falsa entra a poco a poco a far parte del nostro bagaglio di

memoria. Inoltre, quanto più si tende a ricordare, tanto più il ricordo si consolida fino a diventare parte del nostro corredo permanente di informazioni, tanto più quindi cresce la probabilità che si creino false memorie. Peraltro, in questi casi i racconti “inventati” sono sostenuti in perfetta buona fede. In conclusione, si possono creare dei ricordi del tutto falsi, specialmente quando il ricordo è vago ed incerto, con vari meccanismi tra i quali sono molto importanti il far immaginare, il suggerire o l’ascoltare altre testimonianze (Gonsalves e Paller 2002). Quali meccanismi possono spiegare questo fenomeno? E’ stata avanzata l’ipotesi che il mediatore tra la fonte dell’informazione e gli effetti di suggestionabilità sia individuabile in un processo di tipo cognitivo legato alla “*individuazione della discrepanza*” fra fonti informative (Johnson et al. 1993; Belli et al. 1994; Zaragoza e Lane 1994). Se il soggetto non è in grado di individuare la discrepanza tra le fonti da cui provengono le informazioni non riesce neanche a distinguere cognitivamente tra le informazioni che ha a disposizione e quelle suggerite dall’intervistatore (fonte estranea) e finisce per confondere la rappresentazione interna preesistente (il ricordo che possiede) con quelle che gli vengono fornite. La difficoltà a discriminare correttamente l’origine dell’informazione, indurrebbe così a credere che l’evento suggerito sia un vero e proprio ricordo. È persino possibile fare in modo che una falsa incriminazione – specialmente se proviene da una persona considerata un’autorità – induca un individuo a credersi colpevole, e se si afferma di aver visto una persona compiere un reato, questa può suggestionarsi a tal punto da confessare il misfatto mai commesso. Una conferma scientifica proviene dagli studi di Saul M. Kassin del Williams College (Kassin e Wrightsman 1985; Kassin 1997, 2008); egli fece un esperimento, accusando alcune persone di aver causato un danno ad un computer dopo aver premuto il tasto sbagliato. I non colpevoli inizialmente respinsero l’accusa, ma quando un confederato testimoniò di averli visti, molti di loro firmarono una dichiarazione di colpevolezza. Una falsa prova incriminante può indurre, quindi, non solo ad accettare la responsabilità di reati non compiuti, ma anche a sviluppare falsi ricordi per confermare e sostenere la convinzione di colpevolezza.

Implicazioni legali

La fallacia della memoria dei testimoni oculari rappresenta un problema cruciale nell’amministrazione della giustizia ed è documentata in numerosi casi di false condanne basate su erronee testimonianze. Gli esperti di scienze sociali e i gli esperti di materie giuridiche da tempo hanno ammesso che gli interrogatori possono essere altamente suggestivi e come tali influenzare in larga misura l’inaccuratezza delle testimonianze oculari. In alcuni casi, effettivamente, coloro che eseguono l’interrogatorio tentano di sollecitare nel testimone resoconti che confermino le convinzioni degli investigatori stessi. In tal modo, gli interroganti possono pressare il testimone

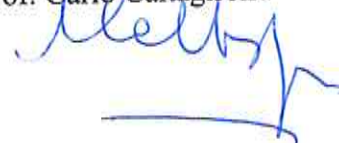
affinché descriva quegli eventi che gli investigatori credono di intravedere, perfino quando i testimoni non sono in grado di ricordare o non hanno mai assistito alle scene che viene loro chiesto di riportare. Un accorgimento particolare che può indurre delle alterazioni nelle testimonianze sono i feedback confermativi (“Sì, è giusto!”, “Proprio così!”) forniti dagli interroganti subito dopo delle risposte confuse o dubbie da parte dei testimoni. E’ probabile che i feedback confermativi vengano usati per mettere a proprio agio i testimoni e facilitarne la cooperazione. Ma, più importante, è possibile che vengano utilizzati (più o meno intenzionalmente) come mezzo per “modellare” le testimonianze, rinforzando selettivamente le dichiarazioni che forniscono informazioni in linea con le aspettative degli investigatori, ed ignorando quelle di valenza opposta. Alcune ricerche sperimentali hanno confermato il potere di questo tipo di accorgimenti (Zaragoza et al. 2001).

Per quanto riguarda l’amnesia psicogena, essa è stata descritta in numerosi casi di omicidio o tentato omicidio, non solo relativamente a chi commette l’atto criminale, ma anche in testimoni della violenza perpetrata. Kassin e Wrightsman (1985) hanno introdotto una classificazione in cui distinguono tre tipi di false confessioni: a) volontarie, spesso in casi di alto profilo, fornite da soggetti innocenti senza alcuna pressione da parte della polizia; b) forzata-compiacente, in cui persone sospettate ma innocenti capitolano al fine di sottrarsi ad una situazione stressante, evitare punizioni o ottenere premi; e c) forzata-internalizzata, in cui soggetti sospettati ma innocenti, accompagnati da false prove di colpevolezza, arrivano a credere di avere effettivamente commesso il crimine di cui sono accusati. Quest’ultima tipologia in particolare è ritenuta derivare da una “sindrome di mancata fiducia nella memoria”, in seguito alla quale le persone sviluppano una profonda sfiducia nelle propria capacità di ricordare, che a sua volta li rende vulnerabili alla manipolazione esercitata da fonti esterne. Kassin (1997) ritiene che questo processo sia riconducibile all’influenza della creazione di falsi ricordi, simile a quella a volte osservata in psicoterapia. In entrambe le situazioni, infatti, una figura autoritaria fa valere la propria prospettiva privilegiata, l’individuo si trova isolato dagli altri e mantenuto in uno stato di malleabilità, per cui l’esperto in ultima analisi convince l’individuo ad accettare una dolorosa “verità” invocando i concetti di dissociazione o rimozione. Inoltre, in alcuni casi, una persona è tanto giovane, spontaneamente ingenuo e immaturo, collaborativo, suggestionabile o ansioso, da confessare volontariamente o in risposta a pressioni esterne (Kassin 2008). Ci sono poi da considerare le modalità con cui vengono effettuati gli interrogatori, cui abbiamo in parte già accennato. Attraverso una rappresentazione distorta della realtà – favorita da falsi “alleati”, norme inventate, falsi feedback psicologici, finti risultati di test di laboratorio et similia – il soggetto accusato ma innocente può arrivare ad alterare la propria percezione, le proprie convinzioni, emozioni, sensazioni, auto-valutazioni, ricordi di eventi sia osservati che vissuti in prima persona (Loftus

1997) Anche interrogatori particolarmente lunghi, di più di 6 ore, possono essere considerati coercitivi, in quanto provocano facilmente affaticamento, incertezza, disperazione ed una possibile privazione di sonno e di altri stati fisiologici, al punto da indurre il soggetto a confessare reati non commessi o comunque a rendere testimonianze che assecondino le aspettative degli inquirenti (Blair 2005). Kassin (2008) raccomanda particolare attenzione alla vulnerabilità dei soggetti più giovani. Infatti, è notorio che i ragazzi più giovani sono più influenzabili degli adulti, quindi più vulnerabili alla manipolazione e dunque a maggior rischio nel corso degli interrogatori. Ciò è in linea con almeno cento anni di ricerche che hanno dimostrato che gli adolescenti sono cognitivamente e psicologicamente meno maturi degli adulti, condizione cui si accompagna anche un'immaturità nel giudizio, che si manifesta sotto forma di decisioni impulsive, bassa capacità di considerare conseguenze a lungo termine ed un'aumentata suscettibilità all'influenza esercitata da fonti esterne (Owen-Kostelnik et al. 2006).

Roma, 25 settembre 2009

Prof. Carlo Caltagirone



Bibliografia

- Anderson, M.C., Ochsner, K.N., Kuhl, B., Cooper, J., Robertson, E., Gabrieli, S.W., Glover, G.H., Gabrieli, J.D., 2004. Neural systems underlying the suppression of unwanted memories. *Science* 303, 232-235
- APA, 2002. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorder, DSM-IV-TR*. American Psychiatric Press, Washington:
- Bartlett, F., 1974. *La memoria*. Franco Angeli, Milano
- Belli, R., Lindsay, D., Gales, M., McCarthy, T., 1994. Memory impairment and source misattribution in postevent misinformation experiments with short retention intervals. *Memory and Cognition* 22, 40-54
- Berliner, L., Briere, J., 1998. Trauma, memory, and clinical practice. In: Williams, L. (Ed), *Trauma, memory, and clinical practice*. Sage, Thousand Oaks, CA, pp.
- Blair, J., 2005. A test of unusual false confession perspective using cases of proven false confessions. *Criminal and Law Bulletin* 41, 127-144
- Bransford, J., Franks, J., 1971. The abstraction of linguistic ideas. *Cognitive Psychology* 2, 331-350
- Bremner, J., 1999. Traumatic memories lost and found. In: Williams, L., Bayard, V. (Ed), *Traumatic memories lost and found*. Sage Publication, California, pp. 217-227
- de Kloet, E., Oitzl, M., Joëls, M., 1993. Functional implications of brain corticosteroid receptor diversity. *Cellular and Molecular Neurobiology* 13, 433-455
- Denes, G., Pizzamiglio, L., 1996. *Manuale di neuropsicologia*. Zanichelli,
- Freud, S., 1922. *Introductory lectures on psychoanalysis* (1st edition). Allen&Unwin, London
- Gonsalves, B., Paller, K.A., 2002. Mistaken memories: remembering events that never happened. *Neuroscientist* 8, 391-395

- Gonsalves, B., Reber, P.J., Gitelman, D.R., Parrish, T.B., Mesulam, M.M., Paller, K.A., 2004. Neural evidence that vivid imagining can lead to false remembering. *Psychol Sci* 15, 655-660
- Jacobs, W.J., Nadel, L., 1985. Stress-induced recovery of fears and phobias. *Psychol Rev* 92, 512-531
- Johnson, M., Hashtroudi, S., DS, L., 1993. Source monitoring. *Psychological Bulletin* 114, 3-28
- Kaplan, H., Sadock, B., 1995. *Comprehensive textbook of psychiatry* (6th edition). Williams&Wilkins, New York
- Kassin, S., 1997. False memories turned against the self. *Psychological Inquiry* 8, 300-302
- Kassin, S., 2008. The psychology of confessions. *Annual Reviews of Law and Social Sciences* 4, 193-217
- Kassin, S., Wrightsman, L., 1985. Confession evidence. In:Kassin, S., Wrightsman, L. (Ed), *Confession evidence*. Sage, Beverly Hills, CA, pp.
- Kikuchi, H., Fujii, T., Abe, N., Suzuki, M., Takagi, M., Mugikura, S., Takahashi, S., Mori, E., 2009. Memory Repression: Brain Mechanisms Underlying Dissociative Amnesia. *Journal of Cognitive Neuroscience*
- Kim, H., Cabeza, R., 2007. Trusting our memories: dissociating the neural correlates of confidence in veridical versus illusory memories. *Journal of Neuroscience* 27, 12190-12197
- Kopelman, M., 1987. Crime and amnesia: a review. *Behavioral Science and the Law* 5, 323-342
- Kopelman, M., 1995. The assessment of psychogenic amnesia. In:Baddeley, A., Wilson, B., Watts, F. (Ed), *The assessment of psychogenic amnesia*. Wiley, Chichester, England, pp.
- Làdavvas, E., Berti, A., 1995. *Neuropsychologia*. Il Mulino,
- LeDoux, J., 1992. *Emotion and Amygdala*. In:Aggelton, J. (Ed), *Emotion and Amygdala*. Wiley Liss, New York, pp.
- Lindsay, D., Johnson, M., 2000. False Memories and the Source Monitoring Framework: Reply to Reyna and Lloyd (1997). *Learning and Individual Differences* 12, 145-161
- Loftus, E., 1975. Leading questions and the eyewitness report. *Cognitive Psychology* 7, 560-572
- Loftus, E., Palmer, J., 1974. Reconstruction of auto-mobile destruction: An example of the interaction between language and memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour* 13, 585 -589
- Loftus, E.F., 1997. Creating false memories. *Sci Am* 277, 70-75
- Loftus, E.F., 2005a. Planting misinformation in the human mind: a 30-year investigation of the malleability of memory. *Learn Mem* 12, 361-366
- Loftus, E.F., 2005b. Searching for the neurobiology of the misinformation effect. *Learn Mem* 12, 1-2
- Loftus, E.F., Polage, D.C., 1999. Repressed memories. When are they real? How are they false? *Psychiatr Clin North Am* 22, 61-70
- Owen-Kostelnik, J., Reppucci, N.D., Meyer, J.R., 2006. Testimony and interrogation of minors: assumptions about maturity and morality. *Am Psychol* 61, 286-304
- Parwatarikar, S.D., Holcomb, W.R., Menninger, K.A., 2nd, 1985. The detection of malingered amnesia in accused murderers. *Bull Am Acad Psychiatry Law* 13, 97-103
- Pezdek, K., 1977. Cross-modality semantic integration of sentence and picture memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory* 3, 515-524
- Porter, S., Birt, A.R., Yuille, J.C., Herve, H.F., 2001. Memory for murder. A psychological perspective on dissociative amnesia in legal contexts. *Int J Law Psychiatry* 24, 23-42
- Porter, S., Birt, A.R., Yuille, J.C., Lehman, D.R., 2000. Negotiating false memories: interviewer and rememberer characteristics relate to memory distortion. *Psychol Sci* 11, 507-510
- Rose, S., 1994. *La fabbrica della memoria. Dalle molecole alla mente*. Garzanti Ed. s.p.a, Milano

- Schacter, D., Kihlstrom, J., 1989. Functional amnesia. *Handbook of Neuropsychology* Elsevier Science, Amsterdam
- Shipherd, J., Salters-Pedneault, K., 2008. Attention, Memory, Intrusive Thoughts, and Acceptance in PTSD: An Update on the Empirical Literature for Clinicians. *Cognitive and Behavioral Practice* 15, 349-363
- Taylor, P.J., Kopelman, M.D., 1984. Amnesia for criminal offences. *Psychological Medicine* 14, 581-588
- Thomas, A.K., Loftus, E.F., 2002. Creating bizarre false memories through imagination. *Mem Cognit* 30, 423-431
- Zaragoza, M., Lane, S., 1994. Source misattributions and the suggestibility of eyewitness memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 20, 934-945
- Zaragoza, M., Mitchell, K., 1996. Repeated exposure to suggestion and the creation of false memories. *Psychological Science* 7, 294-300
- Zaragoza, M., Payment, K., Ackil, J., Drivdahl, S., Beck, M., 2001. Interviewing witnesses: Forced confabulation and confirmatory feedback increase false memories. *Psychological Science* 12, 473-477