

DAGLI DEI AL DNA L'AFFASCINANTE CAMMINO DELLA MEDICINA NEI SECOLI

Seconda parte

Parlando di telechirurgia non bisogna però pensare che si tratti esclusivamente di interventi di grossa portata da effettuare su tessuti e organi interni.

Nella città di Memphis si prevede nell'immediato futuro anche l'impiego della chirurgia sull'occhio e su delicate strutture nervose, e sono stati anche effettuati interventi sui canali circolari. A proposito dei disturbi dell'equilibrio vale ricordare un altro tipo di utilizzazione della realtà virtuale, quella nella diagnosi e nel trattamento, in virtù della possibilità che essa consente di immergere il paziente in un mondo diverso da quello in cui effettivamente si trova.

Ciò vale in modo particolare nei casi dovuti a mancanza o carenza di afferenze della sensibilità propriocettiva in partenza dall'apparato locomotore, o a problemi cerebrali. Uno degli "errori" più comuni nei pazienti atassici è il mancato o lo scarso utilizzo della sensibilità propriocettiva residua, con prevalente utilizzazione degli stimoli visivi. Ed è proprio su questi presupposti che si fonda l'approccio diagnostico e terapeutico con l'impiego della realtà virtuale.

A tale scopo si impiega un casco collegato a un personal computer, che proietta immagini visive tridimensionali. Questo sistema è integrato da speciali sensori che seguono i movimenti del baricentro del paziente e registrano l'attività elettrica della muscolatura degli arti inferiori.

Durante il test viene chiesto al paziente di mantenere o di raggiungere l'equilibrio mentre egli riceve un'immagine virtuale distorta rispetto alla situazione reale: in tal modo diviene possibile stabilire in quale percentuale egli riesce a raggiungere o a mantenere l'equilibrio servendosi degli stimoli visivi.

Per quanto riguarda il trattamento di questi disturbi, o per insegnare al soggetto a utilizzare la sensibilità propriocettiva residua, con l'aiuto della realtà virtuale è possibile indurre un "conflitto" sensoriale tra stimoli visivi e sistema propriocettivo, per effetto del quale il soggetto impara a dare importanza agli stimoli visivi e a "sentire" la propriocezione residua. Anche nel campo della cardiochirurgia si stanno aprendo con l'aiuto della realtà virtuale ampie prospettive, specie per quanto riguarda le operazioni a cuore aperto. Essendo notoriamente impossibile operare sul cuore in movimento, è necessario prima fermarlo: i ricercatori stanno studiando per trovare una tecnologia così fine, da permettere di operare seguendo al millesimo, in sincronia, i movimenti del cuore, evitando quindi di fermarlo. La soluzione sembra essere stata trovata al prestigioso Massachusetts Institute of Technology, con la realizzazione di minirobot che consentono di effettuare con sicurezza e senza alcun inconveniente interventi anche rischiosi di cardiochirurgia.

Ovviamente, una tecnologia così avanzata comporta la soluzione di numerosi problemi non solo di ordine pratico, ma anche etico-professionale.

Non sono pochi a sostenere che essa debba essere adottata soltanto per operazioni molto specializzate, ad esempio in laparoscopia, e solo dopo che l'intera metodica si è perfezionata al punto di consentire con tutta sicurezza la non presenza del chirurgo sul posto.

Che succederebbe, si chiede qualcuno, se il sangue schizza su di una lente del robot o se si brucia il circuito nel braccio di questi o nel computer?

I fautori della telechirurgia rispondono che un chirurgo può sempre avere un colpo apoplettico duran-

te l'intervento.

Oggi si sta andando ancora oltre. A parte le attrezzature per effettuare a distanza anche interventi fini e di grande responsabilità, si stanno mettendo a punto dispositivi miniaturizzati tali che, introdotti nel corpo, possano in questo "navigare" liberamente per inviare informazioni utili alla diagnosi, per somministrare medicinali e, in ultimo, per effettuare autonomamente essi stessi piccoli interventi chirurgici.

Niente più nasi sbagliati

Uno dei primi campi di impiego della simulazione chirurgica è stato quello della chirurgia plastica e ricostruttiva. Attualmente è in pieno svolgimento il progetto denominato "Surgical Simulation Models" attuato in collaborazione con il Dartmouth College Medical Center e il Massachusetts Institute of Technology. L'intento è di costruire un modello virtuale di alcune parti molli del corpo umano in grado di riprodurre il comportamento dei tessuti reali durante la fase operatoria e immediatamente postoperatoria, con la possibilità quindi di simulare preventivamente l'esecuzione e il risultato dell'intervento.

Inoltre, poiché tale modello deve suggerire quale è il modo migliore per procedere alla ricostruzione esterna dei tessuti, vengono utilizzati allo scopo materiali simili alla pelle, realizzati con la "computer animation". L'intento finale viene raggiunto con l'aiuto della tomografia assiale computerizzata e della "computer grafica tridimensionale", in virtù della quale è possibile ottenere modelli delle formazioni da simulare, comprese la loro struttura profonda e le loro complesse modalità di comportamenti. Sinora questo progetto ha portato alla realizzazione del "Computer Plastic Surgery System", specificamente destinato alla chirurgia plastica e ricostruttiva. Il previsto campo di applicazione di questo sistema comprende la riparazione di lesioni secondarie a malattie, la sostituzione di parti danneggiate da ustioni, la riparazione di perdite di sostanza o di difetti congeniti, e i vari tipi di intervento di chirurgia estetica. Non solo il chirurgo, ma anche il paziente possono in tal modo rendersi direttamente conto e in anticipo di quelli che saranno i risultati dell'intervento, e, ad esempio nel caso della rinoplastica, scegliere il "modello" ideale per evitare sorprese spiacevoli.

Quando la chirurgia è sterotassica

Un impiego di grande rilevanza tecnica della realtà

virtuale è attuato in particolare in neurochirurgia, con lo sviluppo della cosiddetta "lineurochirurgia sterotassica" endocerebrale, che consente di raggiungere nuovi traguardi nella pianificazione e nel monitoraggio degli interventi di asportazione di lesioni profonde.

Gli ostacoli che si incontrano attualmente nella neurochirurgia endocerebrale tradizionale di queste lesioni sono essenzialmente legati alla difficoltà per il chirurgo di "orientarsi" con perfetta padronanza nel campo operatorio, mentre oggi avrebbe grande bisogno di disporre di punti di riferimento ben certi e inequivocabili per poter dirigere con la massima precisione gli strumenti verso la lesione da aggredire. E in assenza di "tecniche di navigazione" veramente a prova d'errore tali interventi di microchirurgia risultano potenzialmente incerti e pericolosi. La realtà virtuale consente invece di disporre di punti di orientamento ben sicuri. Per poter utilizzare i dati anatomici provenienti da immagini TAC neurologiche - riferisce G. Di Stasio -, ci si deve riferire ad un sistema coordinato univoco. Questo riferimento viene fornito per via artificiale fissando saldamente al cranio una struttura esterna chiamata "casco sterotassico"; tale struttura svolge una duplice funzione: permette l'acquisizione di immagini anatomiche in uno spazio operatorio di riferimento, e funge da guida per gli strumenti chirurgici e microchirurgici.

In altre parole, tale tecnica neurochirurgica (chiamata sterotassia) consente di raggiungere formazioni situate nella profondità del cervello, risparmiando le strutture soprastanti e riducendo al minimo la lesione cranica. Applicando il casco al capo dell'operando si permette al chirurgo di dirigere lo strumento di lavoro (un'ago-cannula o un elettrodo) direttamente sulla zona di intervento con movimenti studiati, orientati e graduati preventivamente, sulla base di uno studio radiologico preliminare. La distruzione del tessuto nervoso patologico, che può costituire uno degli obiettivi dell'intervento, è realizzata con mezzi meccanici; è possibile inoltre introdurre sostanze chimiche come quelle radioattive per il trattamento di alcuni tumori, o introdurre elettrodi per l'elettrocoagulazione.

Sebbene la maggior parte delle complicazioni possano essere affrontate con successo dall'esperienza e in virtù delle capacità manuali del chirurgo, avere a disposizione uno strumento flessibile di pianificazione preoperatoria (planning) risulta di fonamen-

tale importanza, in quanto permette una visione più completa della patologia e quindi l'eliminazione di ogni possibile incognita, il preventivo calcolo al centesimo di millimetro delle traiettorie di intervento ed una visione anticipata di quello che sarà il risultato finale.

Una volta acquisite le sezioni bidimensionali (tomografie) attraverso uno scanner o direttamente dalla macchina TAC, se connessa alla workstation grafica via rete locale, si passa alla ricostruzione del modello tridimensionale. Ciò avviene impilando i vari tomogrammi in sequenza, tenendo presente che l'asse Z dei voxel corrisponde allo spessore delle sezioni aumentato della distanza tra una sezione e la successiva, e che i punti delle sezioni (parallele al piano X, Y) sono calcolati come nel caso bidimensionale (il voxel è l'analogo del pixel in tredimensioni). In seguito, il software di visualizzazione si preoccuperà dell'interpolazione, rendendo disponibile all'operatore un'immagine perfettamente nitida.

Le immagini neuroradiologiche per guidare successivamente l'intervento provengono dalla TAC o dall'angiografia cerebrale digitale.

Con informazioni così abbondanti e precise fornite da questa tecnologia, poi adeguatamente elaborate, è possibile, nella fase di planning preoperatorio, identificare in visione tridimensionale i piani di giacitura delle immagini rispetto al casco stereotassico, dei quali i programmi di rappresentazione sono in grado di riconoscere la posizione in ogni "sezione"

biplanare; è altresì possibile evidenziare strutture di interesse chirurgico, rappresentare modelli grafici degli strumenti operatori con tecniche CAD e infine scegliere traiettorie di approccio alla lesione che risparmino il più possibile l'anatomia e l'integrità funzionale dei tessuti sani attraversati.

In tal modo il neurochirurgo viene messo in grado di studiare preventivamente a tavolino ogni singolo particolare dell'intervento, di scegliere la via d'accesso e la più adatta tecnica di esecuzione, nonché di esercitarsi, ancor prima di ripeterli nella realtà, nei movimenti che dovrà effettuare allo scopo. Gli strumenti chirurgici - precisa Di Stasio - possono essere montati su strutture dotate di sensori per il tracking posizionale, e posti in locazioni note rispetto al casco stereotassico; le informazioni provenienti dal loro tracciamento possono essere poi dirette all'elaboratore grafico per l'aggiornamento automatico dei dati anatomici e della posizione mutua degli strumenti e delle zone da indagare, essendo nota la

loro cinematica diretta.

RV e handicap

È anche entrato in azione su larga scala un robot-chirurgo per gli interventi sull'anca, il "Robodoc", per la prima volta utilizzato con successo negli Stati Uniti nella chirurgia ricostruttiva dell'anca su di un uomo di 64 anni affetto da osteoartrite.

Il nuovo robot è tra l'altro composto da un sistema informatico di analisi e da un lungo braccio meccanico munito all'estremità di un trapano ad alta velocità.

Questo sistema meccanico ad alta precisione consente di creare una cavità molto fine nel femore per accogliere la barra di titanio utilizzata per la protesi dell'anca.

Computer, robot e dispositivi ad alta microtecnologia possono inoltre essere utilizzati per fornire ai disabili mezzi per svolgere lavori o attività altrimenti impossibili, e come ulteriori supporti alla riabilitazione. Un esempio è offerto dal "Movement Analysis System" (MAS), che utilizza dataglove e i sistemi hardware e software. Il MAS raccoglie e analizza dati provenienti dai movimenti della mano e del polso tramite i guanti, consentendo oltretutto una più accurata valutazione dei risultati del trattamento e della terapia riabilitativa.

Questo sistema risulta altresì molto prezioso anche per la riabilitazione attiva dei portatori di handicap e per la pianificazione delle protesi.

Il "Gesture Control System" è invece programmato per aiutare i pazienti con limitazioni motorie e della coordinazione. La gestualità del soggetto viene analizzata dal computer in base ai dati provenienti dagli speciali guanti, ed egli può così attivare istruzioni preprogrammate per una determinata risposta (ad esempio, manovrare una consolle telefonica).

Più complesso è il "Sign Language Recognition System" (SLARTI), il quale trasforma il linguaggio gestuale in un formato adeguato che può essere impiegato da un sintetizzatore vocale. Altro apparecchio è il Bio-muse, che può essere utilizzato come un sistema di inseguimento dei movimenti oculari: cioè, l'utente può muovere il cursore sullo schermo tramite movimenti degli occhi.

Al soggetto portatore di handicap motori o dei linguaggio, viene offerta una nuova forma di comunicazione grazie ad un sistema intelligente di elaborazione vocale.

L'applicazione di realtà virtuale può infine riuscire di aiuto ai non vedenti tramite l'apporto di informa-

zioni tattili e sonore che non compensano la perdita della vista, e gestiscono gli orientamenti spaziali del soggetto.

I suindicati progetti di impiego della realtà virtuale nei portatori di handicap non tendono chiaramente ad un'applicazione completa della tecnologia di realtà-virtuale, essendo il loro scopo fondamentale quello di fornire al disabile un "interfaccia centrata sull'uomo" al fine di raggiungere gli intenti voluti utilizzando computer e robot. Dal punto di vista tecnico, tuttavia, ulteriori sviluppi e perfezionamenti potranno portare alla realizzazione di sistemi completi di realtà virtuale. Naturalmente, per l'attuazione su larga scala è necessario sensibilizzare la società perchè provveda a fornire le risorse finanziarie e tecnologiche per la ricerca e lo sviluppo di apparecchiature in grado di aiutare davvero questi disabili.

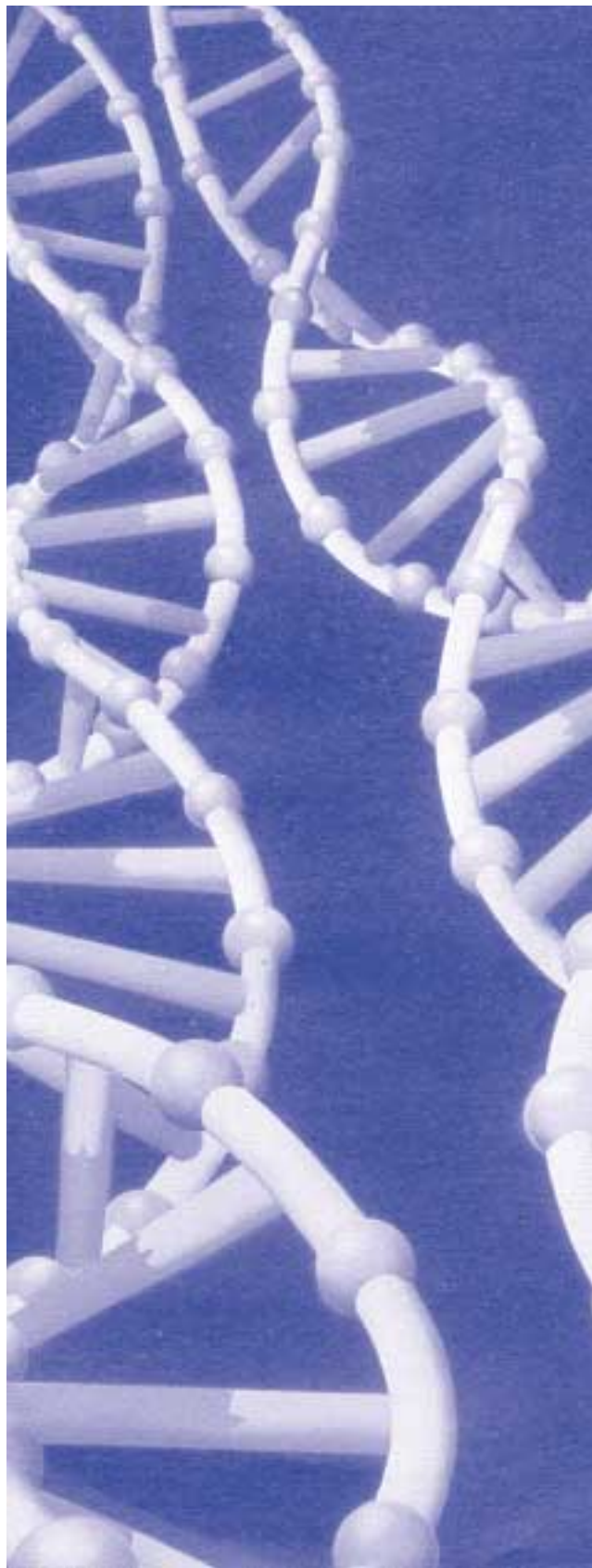
Altri dispositivi possono venir utilizzati per la riabilitazione dei neurolesi. Anche al Loma Linda Medical Center, vicino a Los Angeles, è in funzione il sistema Biomuse, consistente in un processore in grado di elaborare impulsi elettrici di bassissima intensità e di inviarli ad un computer. Si tratta in questo caso degli impulsi bioelettrici prodotti dalla muscolatura del paziente, che vengono a loro volta captati da elettrodi cutanei; ma tale sistema è anche in grado di captare input provenienti dall'elettroencefalogramma e dall'elettro-oculogramma.

Posto dinanzi ad uno schermo sul quale compaiono delle figure, il soggetto è sollecitato a interagire (può addirittura simulare un volo in elicottero): in tal modo, vedendo che i propri movimenti (o i tentativi di movimento) sortiscono effetti gratificanti, egli è sollecitato a ripeterli.

Ciò risulta particolarmente vantaggioso per i bambini, dei quali diviene in tal modo più facile ottenere la collaborazione per l'esecuzione di esercizi e di movimenti di riabilitazione funzionale.

Sistemi multimediali in psichiatria

Un esempio di impiego pratico della realtà virtuale in psichiatria viene dalle esperienze di P. Ward, che si è occupato a fondo del trattamento dell'aracnofobia, la paura per i ragni. Egli ha tuttavia impiegato più un sistema multimediale che non la realtà virtuale vera e propria; il paziente viene fornito di un setting terapeutico che gli consente di controllare a suo piacimento sequenze filmate che rappresentano ragni. I risultati sono stati positivi, con rimozione della fobia.



Similmente, all'Università di Stato di San Francisco un gruppo di studiosi ha attivato un progetto multimediale che offre ai genitori di bambini disabili l'opportunità di partecipare ad un "gruppo virtuale di discussione", mettendoli in grado di discutere argomenti particolarmente delicati che non avrebbero altrimenti saputo o voluto affrontare.

Non meno interessanti sono le prospettive di utilizzazione della realtà virtuale in tests psicodiagnostici di soggetti con turbe multiple della personalità, con il vantaggio che i risultati di tali prove possono essere vantaggiosamente sfruttati ai fini della terapia. Per di più, lo stesso paziente può riprodurre o simulare eventi realmente accaduti che stanno alla base del proprio disturbo, in base ai quali il terapeuta può stabilire il modo migliore di utilizzarli per il trattamento, sempre sotto forma di realtà virtuale.

Sempre per la sua applicazione in psicologia-psichiatria pediatrica è stato costruito al Center for Really Neat Research di Loma Unda in California un sistema di animazione in tempo reale per codificare le espressioni del volto di un ometto a faccia d'uovo, collegato ad una maschera sensorizzata costruita allo scopo, che viene fissata al volto dell'utente, del quale essa legge ogni singolo movimento mimico, lo codifica e lo trasmette alla workstation grafica, che sempre in tempo reale cambia in conseguenza l'espressione del volto simulato.

Lo scopo di queste ricerche parte dal presupposto che è essenziale che il bambino portatore di un disturbo mentale acquisisca fiducia nell'interlocutore.

Allo scopo si utilizzano un piccolo teatrino e dei pupazzi animati dalle mani dello psichiatra: parlando con questi pupazzi e "dirigendone" le mosse e le espressioni, pian piano il bambino si apre, il che consente al medico di indagare meglio nei suoi problemi e cercar di risolverli.

Oggi, con sistemi tipo quello denominato "Virtual Actor" - afferma G. Di Stasio - l'approccio è dramaticamente semplificato: basta una linea telefonica ed una TV a circuito chiuso. Sulla TV il bambino vede riprodotta l'immagine di un volto amichevole sotto forma di cartone animato interattivo, che lo intrattiene con storie, racconti, fiabe; il bambino a sua volta ha la possibilità di parlare con il suo nuovo amico via telefono, raccontando indirettamente di sé e dei suoi problemi. All'altro capo del telefono c'è il terapeuta-insegnante, con al volto la maschera sensorizzata; in tal modo le espressioni e le smorfie del faccione di sintesi sono la riproduzione fedele di





quelle lette sul volto dell'operatore. Inoltre, la voce dell'animazione è quella stessa dell'operatore, solo un po' alterata 'alla Paperino'.

Particolarmente utile risulta la possibilità che viene offerta ai pazienti psichiatrici di comunicare, tramite computer, con persone (anche familiari) con le quali difficilmente essi riescono a stabilire rapporti verbali.

Ciononostante, la valutazione degli effetti dell'applicazione della realtà virtuale in psichiatria e in psicologia risulta generalmente molto più complessa che in altri campi della medicina. Nè bisogna mai perdere di vista i possibili effetti negativi che sulla psiche può avere l'abuso di tali tecnologie: già si sa, del resto, che l'uso eccessivo di videogames nei ragazzi in via di sviluppo li isola eccessivamente dai contatti sociali in quanto crea per di più modelli irreali di comunicazione interpersonale che possono preludere a stati di alienazione più o meno completa della realtà. Per non parlare dei videogiochi nei quali predominano immagini e azioni di violenza.

Farmaci ... virtuali

Oltre alle sue numerose realizzazioni attuali e potenziali in Medicina, la realtà virtuale sta dimostrandosi uno strumento prezioso irrinunciabile nella ricerca di nuove molecole medicamentose in quanto consente la visualizzazione computerizzata della struttura spaziale delle molecole e quindi la possibilità di simulare l'azione e il comportamento di nuovi farmaci.

Attualmente si sta proprio accertando se la ricerca sui farmaci può essere facilitata e ottimizzata utilizzando la visualizzazione tridimensionale della struttura molecolare a mezzo della realtà virtuale.

Un sistema di rappresentazione visiva e tattile è stato ad esempio realizzato all'Università del Nord Carolina a Chapel Hill al fine di visualizzare campi di forza di molecole proteiche interagenti, che consente di 'attaccare' farmaci ad una molecola proteica più rapidamente di quanto non sia possibile con il solo display visivo nonchè di percepire e capire meglio le forze di coesione molecolare. Tutto ciò agevola notevolmente gli studiosi nel progettare nuovi medicinali, ottimizzando i tempi della ricerca. Tuttavia, stando alle previsioni degli esperti si dovrà attendere circa una decina d'anni prima che queste esperienze possano dare i loro frutti.

Il rovescio della medaglia

Non si pensi che, per quanto incredibile e meravigliosa, la realtà virtuale sia esente da ... effetti colla-

terali e non comporti rischi professionali. Anzi, da più parti arrivano continuamente dati e avvertimenti per coloro che della RV hanno fatto pane quotidiano e per coloro che si accingono a frequentarla. Attenzione, si avverte: le onde elettromagnetiche con le quali ha a che fare chiunque usi questa tecnologia senza preoccuparsi di prendere le dovute precauzioni possono risultare dannose, anche in modo grave, ai tessuti e agli organi, come del resto già suggerisce l'esperienza con altre tecnologie, compresi i tanto diffusi "telefonini".

Sono in agguato rischi sia diretti (sui tessuti) che indiretti (psicologici).

Uno degli organi più sensibili al campo elettromagnetico, specie se l'esposizione è prolungata, è l'occhio, particolarmente sensibile alle radiazioni X, e quindi potenzialmente esposto all'astenopia e alla cataratta (ma non sempre riesce facile stabilire per quest'ultima un rapporto diretto causa/effetto). Uno dei modi più semplici per evitare questo inconveniente è di rimanere il più distante possibile dalla sorgente.

Anche il sistema nervoso risulta molto sensibile agli effetti delle onde elettromagnetiche legate alla realtà virtuale: campi molto intensi possono provocare lesioni cellulari e di materiale genetico nel cervello e in altre strutture nervose.

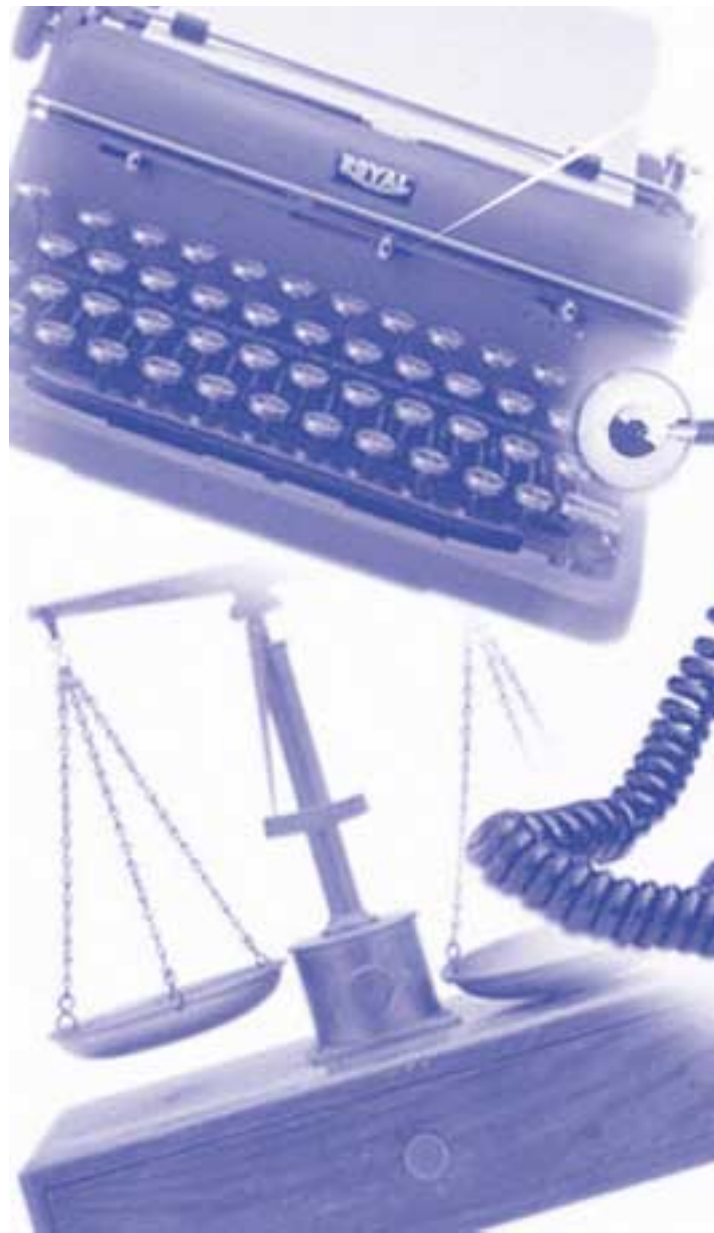
I campi deboli non sembrano avere alcuna influenza al riguardo; ma è sempre difficile poter stabilire un nesso diretto di causa-effetto nei soggetti che sviluppano tumori cerebrali.

Il sistema nervoso di alcuni individui mostra inoltre una spiccata suscettibilità allo "sfarfallamento" della luce del display tra 8 e 12 Hz (lo stesso che in altri soggetti scatena l'attacco epilettico), provocando una forte sensazione di vertigine.

Occorre pertanto evitare frequenze intorno ai 10 Hz; fortunatamente, i disegnatori lavorano in genere verso frequenze di 60 Hz e oltre, che non sono percepibili dall'occhio umano.

L'apparato vestibolare non è meno sensibile agli effetti nocivi della nuova tecnologia, essendo molte sensazioni cinetiche e spaziali intimamente collegate a quelle visive: possono pertanto derivarne sintomi tipici della cinetosi, specie per i voli simulati.

Sussistono però anche inconvenienti di altro tipo che si aggiungono ai potenziali danni provocati dal campo elettromagnetico sui rispettivi tessuti: ad esempio compressioni e dolori alla testa e al collo, causati da dispositivi impropriamente indossati.



V'è poi da tener presente la possibilità della trasmissione di germi patogeni e di parassiti nello scambio dei vari dispositivi (specie guanti e caschi) da una persona all'altra, nonché la facilità con la quale non di rado coloro che fanno frequente uso di questa tecnologia vanno incontro a traumatismi: quando si allontanano dal display il loro visus può essere notevolmente oscurato, per cui si imbattono facilmente in piccoli e grandi ostacoli nell'ambiente di lavoro. Oppure talvolta perdono l'equilibrio e cadono in terra mentre sono immersi in determinate situazioni di movimento virtuale. Inutile aggiungere che coloro che fanno uso di droghe subiscono in modo molto più violento tutti questi "effetti col-



laterali” della realtà virtuale e vanno quindi più facilmente incontro ad inconvenienti.

Gli effetti “indiretti” sulla psiche, sono particolarmente frequenti specie in seguito alle simulazioni di volo: i soggetti esposti vanno frequentemente incontro a stati di ansia (come anche quando si trovano immersi in uno spazio virtuale aperto), presentano talora, nella vita normale, sensazioni di capovolgimento e d’i avvitemento, e non sono più in grado di camminare diritti per più di un certo tratto. Poichè tali disturbi si verificano soprattutto dopo lunghe ore di simulazione, è opportuno ridurre il più possibile l’esposizione.

Gli esperti non si limitano comunque a sottolineare

i potenziali pericoli ed effetti secondari legati alla realtà virtuale: ma proprio come avviene per altre attrezzature, stanno attivamente lavorando per dotare gli apparecchi di speciali dispositivi di sicurezza al fine di renderli del tutto esenti da detti inconvenienti.

L’applicazione della realtà virtuale alla vita di tutti i giorni, ma soprattutto alla Medicina, implica infine problematiche bioetiche assai complesse e di difficile soluzione. Essendo in linea di principio possibile qualsiasi tipo di interfacciamento tra uomo e computer, il problema centrale diviene quello dei limiti entro i quali il suo uso non diventi deviante.

Così come è oggi possibile immergere anche il paziente in una realtà fittizia che stravolge le leggi della fisica ma che consente ad esempio a individui affetti da lesioni degli arti di ottimizzare al massimo le misure di riabilitazione, allo stesso modo è possibile stravolgere con lo stesso metodo la percezione della realtà del soggetto. Inoltre, essendo possibile inserire linanocomputersel nel cervello di una persona, e quindi interfacciare direttamente il cervello con il computer, viene a crearsi anche in questo caso una situazione nello stesso tempo stimolante e aberrante per la bioetica: stimolante perchè questa tecnologia può tornare di aiuto a soggetti psichicamente o fisicamente impediti, ma aberrante perchè portare a forme di plagio o di computerdipendenza dell’individuo.

Vi sono però anche impensabili risvolti positivi, come la possibilità di risolvere oquantomeno di contenere il problema della droga proprio con la realtà virtuale: le sensazioni simulate possono sostituire quelle abitualmente provate dal soggetto sotto l’influenza di particolari psicofarmaci (ad esempio senso di levitazione con l’LSD).

Questa metodica è del resto anche alla base del cosiddetto “cibersesso” cioè il sesso vissuto virtualmente, il quale - assicurano gli addetti ai lavori non solo dà le medesime sensazioni del sesso reale ma consente a molte persone di vincere certe inibizioni o di dare sfogo a pulsioni represses.