

# Notiziario

## dell'Istituto Superiore di Sanità

Direttore dell'Istituto Superiore di Sanità e Responsabile scientifico: Giuseppe Vicari

Direttore responsabile: Vilma Alberani; Redazione: Gabriella Bucossi, Paola De Castro Pietrangeli, Franco Timitilli  
Composizione, Stampa e Distribuzione: Patrizia Mochi, Massimo Corbo

Redazione, Amministrazione e Stampa: Istituto Superiore di Sanità, Servizio per le attività editoriali, Viale Regina Elena, 299 - 00161 Roma  
Tel. (06) 49901 - Telex 610071 ISTSAN I - Telegr. ISTISAN - 00161 Roma - Telefax (06) 4469938

Iscritto al n. 475/88 del 16 settembre 1988. Registro Stampa Tribunale di Roma  
© Istituto Superiore di Sanità 1996

### Campi magnetici utilizzati in risonanza magnetica nucleare: aspetti protezionistici

Alessandro Polichetti

**L**a risonanza magnetica nucleare (RMN) si è ormai affermata, per un grande numero di problemi clinici, come una valida alternativa rispetto ad altre tecniche diagnostiche che sfruttano l'interazione di radiazioni elettromagnetiche ionizzanti con i tessuti costituenti il corpo umano, come per esempio la tomografia computerizzata a raggi X (TAC). Nella scelta della tecnica diagnostica più appropriata per un dato caso clinico non va trascurato l'eventuale rischio sanitario associato alla tecnica stessa; da questo punto di vista, l'RMN presenta sicuramente dei vantaggi in quanto i campi elettromagnetici a cui è esposto il paziente sono caratterizzati da frequenze sufficientemente basse affinché non avvenga, all'interno dei tessuti che compongono il corpo umano, il fenomeno della ionizzazione che è alla base degli effetti nocivi dei raggi X usati nella TAC. Non sarebbe tuttavia corretto affermare, sulla base di queste considerazioni, la totale assenza di rischio per il paziente durante un esame RMN: è preferibile invece parlare di una diversa natura del rischio sanitario, che va valutata sulla base delle informazioni che una vasta letteratura scientifica ci fornisce circa gli effetti biologici e sanitari dei campi elettromagnetici non ionizzanti.

Per completezza va detto che esistono anche rischi di altro tipo connessi all'impiego di agenti di contrasto, all'uso di liquidi criogenici per il raffreddamento del magnete a superconduttore e ad

## Sommario

### Campi magnetici utilizzati in risonanza magnetica nucleare: aspetti protezionistici

Alessandro Polichetti

1

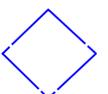
### Le tecniche di gestione nella ricerca pubblica

Vincenzo Rafti

6

eventuali disturbi psicologici del paziente quali la claustrofobia, l'angoscia e gli attacchi di panico; in questa sede ci limiteremo però ai soli rischi connessi all'esposizione del paziente ai campi elettromagnetici non ionizzanti che, durante un esame RMN, sono di tre tipi: 1) un campo magnetico statico uniforme; 2) gradienti del campo magnetico statico variabili nel tempo in quanto rapidamente spenti e accesi; 3) un campo magnetico a radiofrequenza emesso sotto forma di sequenze di impulsi. Questi tre tipi di campo magnetico saranno trattati separatamente in quanto interagiscono con il corpo umano con differenti modalità.

5



### **Campi magnetici statici**

Durante un esame RMN, il paziente è esposto ad un campo magnetico statico la cui induzione magnetica può arrivare fino a qualche tesla (T), molti ordini di grandezza al di sopra dei valori assunti dal campo magnetico terrestre (30-70  $\mu$ T, a seconda della posizione geografica) che costituisce il fondo naturale nel quale l'uomo vive normalmente. Campi così elevati possono causare una serie di effetti biologici, una parte dei quali è riconducibile all'orientamento di macromolecole o grandi sistemi molecolari ordinati, come è stato osservato *in vitro* nei bastoncelli della retina e nei globuli rossi di soggetti affetti da anemia falciforme. Altri effetti sono dovuti all'esercitarsi della forza di Lorentz su cariche elettriche in moto, come nel caso degli ioni trasportati dal flusso sanguigno, portatori di carica elettrica di entrambi i segni, che sono sospinti trasversalmente alla direzione di moto del sangue verso le opposte pareti dei vasi sanguigni, generando così una differenza di potenziale rilevabile come alterazione dell'onda T nel tracciato elettrocardiografico. È stato previsto teoricamente che il moto ionico associato alla conduzione degli stimoli nervosi possa esse-

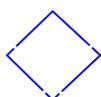
re influenzato dalla forza di Lorentz in modo da rallentare la propagazione lungo il nervo. Su volontari è stato osservato un altro effetto, i magnetofosfeni, consistente in sensazioni visive transitorie, descritte come lampi di luce, suscitate quando gli occhi o la testa si muovono in un campo statico non omogeneo.

Gli effetti descritti sono tanto più rilevanti quanto più elevato è il valore dell'induzione magnetica, per cui è possibile definire un valore limite, generalmente ritenuto pari ai 2 T, al di sotto del quale l'esposizione ai campi magnetici statici non comporta un rischio sanitario. Al di sopra dei 2 T è opportuna una valutazione comparata dei rischi e dei benefici per il paziente, come raccomanda la Commissione internazionale sulle radiazioni non ionizzanti (INIRC) dell'Associazione internazionale di radioprotezione (IRPA) (IRPA/INIRC. 1991. *Health Phys.*, **61**: 923-928).

L'esposizione al campo statico può presentare anche rischi di altro tipo dovuti all'interazione con vari tipi di oggetti che possono essere presenti all'interno del corpo del paziente o nella stanza in cui avviene l'esame RMN. Nel corpo del paziente possono essere presenti oggetti metallici ferromagnetici come protesi metalliche, perni dentali,

graffe per aneurismi cerebrali, di cui il paziente è generalmente a conoscenza, ma anche altri oggetti, per esempio schegge metalliche, della cui presenza il paziente può non essere consapevole. Questi oggetti sono sottoposti a forze di rotazione se immersi in un campo statico, e di traslazione se il campo non è omogeneo, costituendo un rischio estremamente serio. È, quindi, necessario accertarsi della presenza di tali oggetti all'interno del corpo del paziente, mediante la compilazione di opportuni questionari, o anche per mezzo di radiografie quando la presenza di tali oggetti è solo sospettata. Forze di attrazione possono esercitarsi anche su oggetti metallici presenti nella stanza che possono acquistare velocità tali da costituire un pericolo non solo per il paziente ma anche per gli operatori sanitari.

Un altro effetto indiretto di natura meccanica è la produzione di rumore: il campo statico esercita forze sulle correnti rapidamente variabili che circolano nelle bobine che servono a generare i gradienti di campo, per cui le bobine vibrano e urtano contro le loro strutture di supporto generando rumore anche molto intenso che può costituire una causa di rischio per la salute. Si



ritiene comunque che basti l'uso di tappi protettivi per le orecchie per limitare sufficientemente questo effetto.

I campi magnetici possono infine interferire con il funzionamento di eventuali dispositivi elettronici impiantati nel corpo del paziente, quali per esempio i pacemaker cardiaci, per cui è prudente escludere i pazienti portatori di tali dispositivi dalle indagini RMN.

Nella normativa nazionale relativa all'autorizzazione e all'uso di apparecchiature a risonanza magnetica nucleare (Ministero della Sanità, Decreti del 20 agosto 1991 e del 3 agosto 1993) sono state inserite norme relative alla protezione dai campi elettromagnetici dei pazienti e dei volontari sani, nonché del personale addetto. L'uso di campi statici superiori a 2 T è soggetto ad autorizzazione ministeriale, mentre per campi superiori a 4 T tale autorizzazione è concessa esclusivamente per motivate esigenze di ricerca sperimentale, e limitatamente agli arti. La normativa inoltre prevede esplicitamente l'esclusione dagli esami RMN di persone, individuate per mezzo della compilazione di appositi questionari e mediante gli accertamenti clinici ritenuti necessari dal medico responsabile dell'esame, portatrici di pacemaker cardiaco o altre

protesi dotate di circuiti elettronici, o nel cui corpo sono presenti preparati metallici intracraniali o comunque posizionati in prossimità di strutture anatomiche vitali, "clips" vascolari o schegge in materiale ferromagnetico.

### **Gradienti di campo magnetico variabili nel tempo**

Il principale meccanismo di interazione con il corpo umano dei campi magnetici variabili nel tempo, siano essi i gradienti del campo statico o il campo a radiofrequenza, è l'induzione, all'interno dei tessuti, di campi elettrici e quindi di correnti elettriche che possono causare per effetto Joule il riscaldamento dei tessuti e, almeno fino a quando le frequenze con cui oscillano i campi non sono troppo elevate, la stimolazione dei tessuti muscolari e nervosi elettricamente eccitabili. Per quanto riguarda i gradienti, le cui frequenze tipiche vanno dagli Hz fino a qualche kHz, l'effetto di tipo termico è trascurabile rispetto a quello di stimolazione che può avvenire quando nel corpo sono indotte densità di corrente superiori ai 100 mA/m<sup>2</sup>, causando possibili rischi sanitari connessi alla stimolazione dei tessuti muscolari e dei nervi periferici. Questi rischi sono

ancora maggiori per densità di corrente superiori a 1 A/m<sup>2</sup> nella regione cardiaca che possono causare l'insorgere della fibrillazione ventricolare. Non essendo possibile misurare direttamente la densità di corrente all'interno del corpo del paziente, è necessario scegliere un'opportuna grandezza fisica, più facilmente misurabile, conoscendo la quale sia possibile procedere a determinazioni teoriche della densità di corrente. Ricordando che il fenomeno dell'induzione delle correnti è regolato dalla legge di Faraday-Neumann, dalla quale consegue che il campo elettrico indotto è proporzionale alla derivata temporale dell'induzione magnetica dB/dt, sarà quest'ultima grandezza quella più opportuna per imporre limitazioni al fine di ridurre il rischio sanitario. Secondo la normativa italiana la derivata dB/dt non deve superare i 6 T/s, che non pongono rischi per la salute. L'esposizione del paziente può essere estesa fino a 20 T/s solo dopo una valutazione dei benefici relativamente ai rischi da parte del medico responsabile e un controllo preventivo della funzionalità cardiaca del paziente. Essendo stato osservato che la soglia per la fibrillazione ventricolare aumenta al diminuire



della durata dello stimolo, per impulsi di gradiente di durata inferiore a 120 ms il limite per la derivata dB/dt aumenta, secondo una legge di proporzionalità inversa rispetto alla durata dell'impulso, fino a raggiungere un valore massimo di 200 T/s per impulsi di durata inferiore a 12 ms.

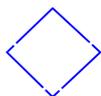
### **Campi magnetici a radiofrequenza**

Le correnti elettriche indotte dai campi magnetici a radiofrequenza (da meno di 1 MHz fino a quasi 200 MHz) non possono stimolare i tessuti elettricamente eccitabili, mentre sono in grado di riscaldare i tessuti divenendo perciò causa potenziale di diversi effetti fisiologici che consistono in alterazioni delle funzioni cardiovascolari, riproduttive, visive, uditive, endocrine e nervose. La grandezza fisica più appropriata per quantificare l'energia elettromagnetica convertita in calore nei tessuti, da utilizzare nella valutazione dell'aumento della temperatura corporea, è il tasso di assorbimento specifico (Specific absorption rate, SAR), cioè la potenza assorbita nell'unità di massa di tessuto. La normativa italiana prevede limiti per il SAR mediato sull'intera mas-

sa corporea. Al fine di evitare innalzamenti della temperatura corporea superiori a 0,5 °C, che si considerano ben tollerati anche in bambini, donne in gravidanza e in soggetti con difetti del sistema circolatorio, il SAR non deve superare 1 W/kg per esposizioni superiori a 30 minuti, mentre sono permessi valori più alti, fino ad un massimo di 2 W/kg, per esposizioni più brevi (questi valori possono essere raddoppiati sotto la responsabilità del medico). In realtà l'informazione fornita dal SAR mediato sull'intero corpo può non essere sufficiente per valutare un potenziale rischio sanitario di tipo termico, in quanto la distribuzione del SAR nelle varie parti del corpo può essere molto disomogenea e dare luogo ad assorbimenti elevati in qualche organo particolare, con possibili eccessivi aumenti della temperatura locale. È pertanto generalmente necessario calcolare il SAR locale su singole parti del corpo. Anche sul SAR locale la normativa nazionale prevede una serie di limitazioni che non sembra opportuno riportare in questa sede.

Anche il SAR, come la densità di corrente, non è direttamente misurabile all'interno del corpo del paziente, per cui è necessario valutarlo teorica-

mente per le varie modalità in cui un esame RMN può essere eseguito. Il calcolo del SAR è molto complesso, dipendendo il suo valore da una molteplicità di variabili quali la frequenza, l'intensità, la forma d'onda, la polarizzazione e il fattore di utilizzazione (cioè il rapporto tra la durata degli impulsi e il tempo di ripetizione delle sequenze) del campo a radiofrequenza, le caratteristiche elettriche dei tessuti e la configurazione della regione anatomica esposta. Stime di massima del SAR sono ottenibili per mezzo di tecniche analitiche applicabili solamente su modelli molto semplificati, cilindrici o sferici, rappresentanti il corpo umano o sue parti. Per ottenere risultati più dettagliati il gruppo che, nel Laboratorio di fisica dell'Istituto Superiore di Sanità, si occupa della protezione dalle radiazioni non ionizzanti ha utilizzato una tecnica numerica, il metodo delle impedenze, in cui il corpo umano è rappresentato da un reticolo tridimensionale di celle a ognuna delle quali, caratterizzata dalle proprietà elettriche dei tessuti che la compongono, si associano tre impedenze elettriche nelle tre direzioni mutuamente ortogonali. Il calcolo delle correnti indotte dal



campo magnetico a radiofrequenza permette di calcolare la potenza dissipata sotto forma di calore in ogni cella e quindi di calcolare la distribuzione del SAR nei vari tessuti ed organi. I risultati di questa ricerca (Grandolfo, M., Polichetti, A., Vecchia, P., Gandhi, O.P. 1992. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **649**: 176-187) mostrano che per la maggior parte degli esami RMN il SAR si mantiene al di sotto dei valori limite raccomandati. Solo in qualche caso particolare è opportuno limitare la durata dell'esame per evitare un eccessivo sovraccarico al sistema termoregolatore.

La normativa italiana raccomanda, tranne nei casi di effettiva e improrogabile necessità valutati dal medico, di escludere prudenzialmente le donne al primo trimestre di gravidanza da questo tipo di esami, nonostante l'assenza di evidenze circa una particolare sensibilità dell'embrione ai campi magnetici del tipo di quelli usati in RMN. A questo proposito, il gruppo di ricerca sulle radiazioni non ionizzanti dell'Istituto Superiore di Sanità sta attualmente svolgendo un'altra applicazione del metodo delle impedenze, che si prefigge di determinare il SAR nella donna in varie fasi della gravidanza, utilizzando modelli numerici appositamente

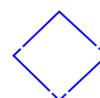
realizzati sulla base di informazioni ecografiche. I risultati preliminari, relativi al primo trimestre, indicano che nel feto e nel liquido amniotico l'assorbimento di energia durante vari tipi di esame RMN non è tale da causare un aumento di temperatura eccessivo (Aragno, D., Canino, S., Indovina, P.L., La Torre, R., Polichetti, A., Vecchia, P. In: *Atti del XXIX Congresso dell'Associazione italiana di protezione contro le radiazioni (AIRP)*. Trieste, 27-30 settembre 1995; in stampa).

### Conclusioni

Le procedure diagnostiche RMN comunemente utilizzate sono sicuramente a basso rischio per il paziente, soprattutto se confrontate con altre tecniche impieganti radiazioni ionizzanti, in quanto i rischi che presenta l'esposizione a campi elettromagnetici non ionizzanti possono essere minimizzati mediante alcune misure precauzionali, come nel caso dei rischi associati alle forze di attrazione e di rotazione su oggetti metallici presenti nel corpo del paziente, e alle interferenze su dispositivi medici impiantati, evitabili, come prevede la normativa, per mezzo di opportuni accertamenti prelimina-

ri.

Gli altri rischi associati ai campi variabili nel tempo vanno tenuti comunque sempre sotto controllo, in considerazione delle nuove tecniche che si tende ad utilizzare. Da un lato, si prevedono tecniche sempre più veloci in cui le derivate temporali del campo magnetico possono essere sempre più alte, con un conseguente aumento nell'induzione di correnti elettriche nel corpo del paziente, potenziali cause di stimolazione dei tessuti elettricamente eccitabili; dall'altro, tecniche caratterizzate da cicli di funzionamento delle sequenze di impulsi a radiofrequenza più elevati, ai quali può corrispondere un aumento della dissipazione di energia elettromagnetica in calore. Per minimizzare i potenziali rischi sanitari per il paziente sottoposto ad un esame RMN, lo sviluppo di nuove tecniche deve essere continuamente sorvegliato in modo che si verifichi sempre il rispetto delle raccomandazioni e normative emanate sia a livello nazionale che internazionale e fondate sui risultati che da vari decenni ormai la ricerca scientifica sta ottenendo nel campo della protezione dalle radiazioni non ionizzanti.



## Le tecniche di gestione nella ricerca pubblica

Vincenzo Rafti

**T**utta la pubblica amministrazione è stata attraversata da un vento di novità rappresentato da una serie di norme tendenti a darle un assetto e una funzionalità più rispondenti alle esigenze del paese, tra le quali il Decreto legislativo del 2 febbraio 1993, n. 29 rappresenta l'apice dello sforzo innovativo, peraltro non ancora ben compreso e assimilato.

Nella ricerca pubblica, in particolare, l'accoglimento di moderne tecniche di gestione di tipo manageriale consentirebbe di assicurare quella funzionalità e trasparenza tali da evitare l'abituale taglio dei finanziamenti ad ogni stormir di crisi economica.

La prima cosa da chiarire è che il controllo di gestione, che riassume e rappresenta tutte le più moderne tecniche gestionali, non è un criterio predeterminato, ma una tecnica flessibile che permette di conoscere l'aspetto che più interessa di un processo produttivo che si origina in un dato momento e si conclude in un tempo definito con un risultato.

Il presupposto è, pertanto, la piena conoscenza della "gestione" con tutte le risorse che afferiscono e la struttura organizzativa che è impiegata. Il passo successivo è l'individuazione degli obiettivi, la strategia, e l'evidenziazione dei limiti, interni ed esterni, del contesto operativo.

Lo schema esemplificativo delle modalità di gestione potrebbe essere quello mostrato in Figura 1.

C'è da aggiungere, tuttavia, che il settore della ricerca è un mondo per propria natura più avanzato e più incline a recepire le innovazioni per cui l'adozione di una contabilità generale articolata per centri di costo, unita alla già diffusa prassi di lavorare per progetti, dovrebbe essere rapidamente assimilata e utilizzata per adeguare l'attività scientifica alle superiori finalità pubbliche.

Il primo passo in tale direzione già si riscontra nel dare una valutazione finanziaria ad

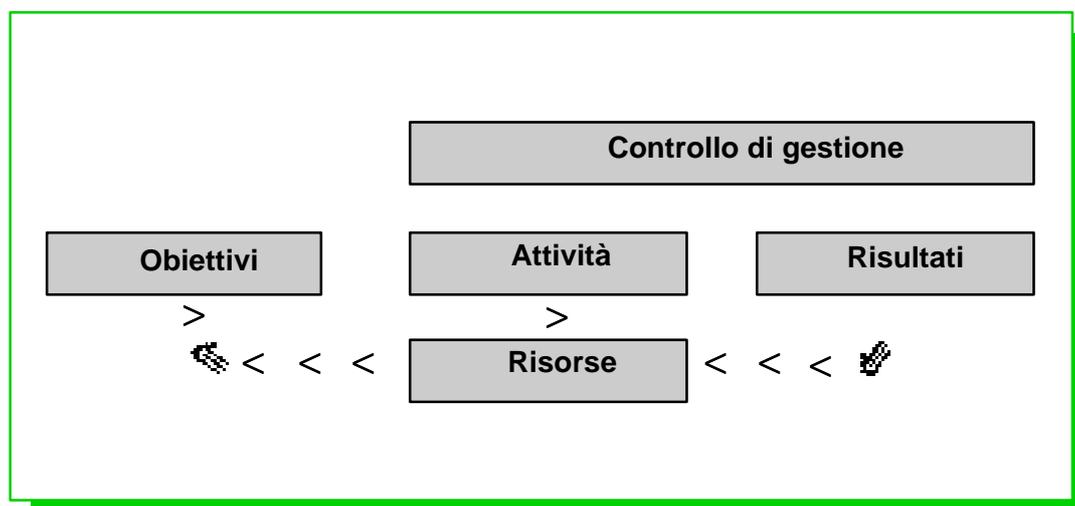
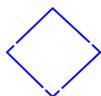


Figura 1. - Schema esemplificativo della tecnica di controllo della gestione



ogni progetto di ricerca, che concreta il primo stadio di quella tecnica gestionale nota come "controllo budgetario", ma deve essere spinta a più alto livello raffinandosi con un'attenta analisi dei costi sia in sede preventiva che in sede consuntiva.

Per quanto attiene al controllo di gestione, si suole considerarlo la somma di tre fattori, che definiremo "E<sub>1</sub>", "E<sub>2</sub>", "E<sub>3</sub>", con i quali si distinguono l'economicità, l'efficienza e l'efficacia, mutate e adattate dalle scienze aziendali.

Procedendo con ordine, il primo fattore "E<sub>1</sub>" indica l'economicità che rappresenta quel criterio per giudicare la convenienza economica ad intraprendere o a portare a termine una certa iniziativa. Tale valutazione può essere riferita sia a livello di ente che a livello di progetto; in quest'ultimo caso però è necessario disporre di dati dettagliati e articolati per progetto, che solo la presenza di una contabilità analitica può assicurare.

Con i predetti requisiti, accanto agli elementi finanziari da sempre utilizzati negli enti pubblici, devono andarsi a ricercare gli elementi di costo economico, conosciuti invece nelle gestioni aziendali, riferiti ad ogni centro di imputazione, per dare la giusta valorizzazione alla struttura o al progetto (ma sarebbe più preciso dire al prodotto) e poter poi effettuare le dovute anali-

si di economicità.

Risulta quindi più sofisticato, ma attendibile, disporre di dati di costo sull'utilizzo di tutte le risorse per vagliare la convenienza a perseguire un dato obiettivo. In parole povere, nell'intraprendere un progetto, anziché pensare alle sole spese aggiuntive effettuate nell'anno sui capitoli di bilancio, si tratta di analizzare i fattori produttivi impiegati, siano essi costi diretti (stipendi al personale, strumentazione, materie prime, servizi immateriali, ecc.) che costi indiretti (utenze, ammortamenti, riscaldamento, locazioni, ecc.) che infine costi generali (spese per il funzionamento di servizi interni o di organi necessari). L'analisi si potrebbe estendere poi ai costi fissi (i quali non mutano al variare dell'output) e ai costi variabili (i quali variano in funzione dell'output), incluso l'uso delle scorte di magazzino, fornendo così ulteriori elementi per attribuire l'effettivo valore al progetto e all'influsso che esercita nell'ente o nell'ambiente sociale.

Complementare al primo fattore del controllo gestionale si presenta il secondo: "E<sub>2</sub>", l'accertamento dell'efficienza. E' questo un concetto che deve farsi risalire agli studi degli economisti marginalisti che ritenevano l'efficienza il prodotto della concorrenza e del confronto imprenditoriale, tale da far verificare automaticamente l'incontro tra do-

manda e offerta, per cui i prezzi vengono ad uguagliare i costi marginali.

Anche se il metro di misura monetario consente di fornire un criterio unificatore e confrontabile sul piano della metodologia, è opportuno, soprattutto nel campo della ricerca, utilizzare altri indicatori che possano far risaltare il contenuto innovativo o di frontiera delle attività.

In particolare, commisurare l'efficienza al rapporto "output/input", ovvero "risultati/risorse", consente di individuare i nodi gestionali, siano essi organizzativi o amministrativi, che condizionano la ricerca pubblica e la legano con mille pastoie; far emergere tali punti di attrito diventa un forte stimolo operativo per migliorare l'uso dei fattori produttivi principali quali il tessuto tecnologico (pariteticamente suddiviso tra "know-how" e attrezzature strumentali) e le risorse umane (in special modo in un settore "labour intensive").

L'ultimo fattore delle tecniche gestionali, "E<sub>3</sub>", è rappresentato dall'efficacia che ha assunto una bivalenza di significati nelle elaborazioni proposte. Due, infatti, sono le interpretazioni che ha ricevuto l'efficacia e riguardano, la prima, l'idea che l'efficacia si evidenzia dal rapporto tra obiettivi e risultati (fornendo un'indicazione sull'erogazio-



ne dei servizi), mentre la seconda assimila l'efficacia al tema emergente nel nostro tempo: la qualità.

Come può, tuttavia, interessare un discorso di qualità nel settore della ricerca pubblica? Anche in questo caso la risposta è piuttosto semplice: il metodo per un raggiungimento o per un continuo miglioramento della qualità si basa sul coinvolgimento di tutti gli addetti ad un servizio; la qualità, infatti, è il risultato delle prestazioni di tutto il personale, non dell'imposizione di un singolo. Ne consegue che parametrare una serie di elementi quali la capacità di risposta e la tempestività, l'impatto e le ricadute del progetto, l'esito delle indagini e degli accertamenti rispetto agli obiettivi programmati, consente di approntare un'accurata griglia di elementi per la verifica delle attività rispetto ai risultati attesi.

Ecco allora che alcuni dei cardini del controllo di qualità devono essere ricompresi nella gestione dei progetti di ricerca per soddisfare in ter-

mini anche di efficacia l'ottenimento dei risultati della ricerca stessa, dando nel contempo quella "visibilità" dell'attività compiuta che, oltre ad essere un altro dei cardini di efficacia, assume particolare rilievo nel settore della ricerca ove spesso un alone di mistero e di diffidenza circonda sia i compiti che gli esiti dell'attività stessa.

In conclusione, dalla maggiore o minore accuratezza delle tecniche gestionali si ricavano gli elementi di valutazione per decretare il successo o meno del progetto di ricerca e la conferma del proficuo impiego delle risorse pubbliche; deve tuttavia avvertirsi che la mera applicazione dei fattori sopra esposti non è di per sé sufficiente a determinare un esito vincente delle attività se non è accompagnata da una revisione del contesto organizzativo e strutturale nel quale si svolge la ricerca stessa.

La ricerca scientifica, in particolare, trova il suo modello ottimale di organizzazione nella gestione per pro-

getti, tale che per ciascuna delle attività o obiettivi individuati, applicando lo schema della matrice, possa rappresentarsi ogni azione (analisi, esperimenti, studi) e ogni risultato (pubblicazioni, brevetti, conferenze), controllando l'evolversi del processo alle tappe prestabilite quasi fossero le "pietre miliari" di una strada. La struttura a griglia di un'organizzazione per matrice, d'altro canto, consente di combinare le risorse professionali "care e rare" con la massima flessibilità, utilizzando al meglio le strutture funzionali (es. servizio formazione, servizio finanziario, laboratorio clinico, laboratorio radiologico e centro elaborazione) al fine di un analitico controllo dei risultati.

Allo scopo di fornire, infine, un'indicazione concreta ai principi sopra esposti, si è predisposta la Tabella 1, rappresentativa di un controllo quali-quantitativo delle attività e dei risultati in un ambito di ricerca.



**Tabella 1.** - Schema a matrice per il controllo di progetto

Risultati Attività	Pubblicazioni	Brevetti	Congressi	Docenze	Prototipi
Documentazione	1	-	1	-	-
Esperimenti	1	1	-	-	-
Messa a punto	-	-	-	-	2
Revisione	3	-	-	1	-
Tempo dedicato (h)	120	70	10	40	30

