

R. Moccaldi<sup>1</sup>, C. Grandi<sup>2</sup>

## L' idoneità dei lavoratori con particolare sensibilità alle radiazioni non ionizzanti

<sup>1</sup> CNR - Ufficio Prevenzione e Protezione

<sup>2</sup> INAIL - Dipartimento di Medicina del Lavoro (ex ISPESL)

**RIASSUNTO.** I capi IV e V del titolo VIII del D.lgs 81/2008, che recepiscono rispettivamente le direttive 2004/40/CE (tutela dei lavoratori esposti a campi elettromagnetici) e 2006/25/CE (tutela lavoratori esposti a radiazioni ottiche artificiali), fanno frequente riferimento ai lavoratori definiti "particolarmente sensibili al rischio", ossia a quei lavoratori che, per loro caratteristiche biologiche o patologiche, stili di vita, coesposizione ad altri fattori di rischio, potrebbero risultare maggiormente suscettibili agli effetti nel primo caso dei campi elettromagnetici nel secondo delle radiazioni ottiche. L'identificazione dei lavoratori ipersuscettibili è di fondamentale importanza ai fini della sorveglianza sanitaria, soprattutto in relazione alla formulazione del giudizio di idoneità. Le indicazioni operative sul Titolo VIII del D.lgs81/2008 stilate dal Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province Autonome (Documento n. 1-2009), in collaborazione con l'ISPESL e con l'Istituto Superiore di Sanità, includono anche una prima individuazione delle categorie di soggetti considerati più sensibili al rischio da esposizione rispettivamente a campi elettromagnetici e a radiazioni ottiche. Sulla base di queste indicazioni si è provveduto a identificare in modo più mirato e articolato le categorie di soggetti da considerare "particolarmente sensibili al rischio", è ciò non solo in relazione all'intervallo spettrale, ma, sulla base di una valutazione completa del rischio nella singola situazione espositiva, anche in riferimento ai livelli di esposizione, a eventuali coesposizioni, alla possibilità di un'adeguata protezione individuale.

**Parole chiave:** campi elettromagnetici, radiazioni ottiche, lavoratori particolarmente sensibili al rischio, giudizio di idoneità.

**ABSTRACT.** THE DETERMINATION OF FITNESS OF WORKERS WITH PARTICULAR SENSITIVITY TO NON IONIZING RADIATION. Chapters IV and V of Title VIII of D.Lgs 81/2008, implementing the Directives 2004/40/EC respectively (protection of workers exposed to electromagnetic fields) and 2006/25/EC (protection of workers exposed to artificial optical radiation), make frequent reference to the workers as "at particular risk", namely those workers who, by their biological or pathological characteristics, lifestyles, multiple exposure to other risk factors, may be more susceptible to the effects of electromagnetic fields or optical radiation. The identification of workers with particular sensitivity is essential for health surveillance, in particular regarding the determination of fitness. The operational guidance on Title VIII of D.Lgs 81/2008 drafted by the Italian Technical Coordination for Safety in the workplace of Regions and Autonomous Provinces (Document No. 1-2009), in collaboration with ISPESL and ISS, includes a preliminary identification of the categories of workers considered most susceptible to the risk from exposure to electromagnetic fields and optical radiation. On the basis of this information the authors identified more focused and structured classes of workers to be considered as "particularly sensitive to risk", it is not only related to a specific wavelength, but based on a comprehensive risk assessment in individual exposure situation, with regard to the exposure levels, any multiple exposures, the possibility of adequate personal protection.

**Key words:** electromagnetic fields, optical radiation, workers with particular sensitivity, determination of fitness.

### Introduzione

I capi IV e V del titolo VIII del D.lgs 81/2008 recepiscono rispettivamente le direttive 2004/40/CE sui requisiti minimi di tutela dei lavoratori esposti a campi elettromagnetici (CEM) durante il lavoro e 2006/25/CE relativa ai requisiti minimi di tutela dei lavoratori esposti a radiazioni ottiche artificiali (ROA) durante il lavoro, fornendo quindi un *corpus* articolato di disposizioni per la protezione dei lavoratori nei confronti dell'intero spettro delle radiazioni non ionizzanti (NIR). Gli adempimenti di valutazione del rischio, di messa in atto delle misure di prevenzione e protezione e di sorveglianza sanitaria previsti dalla normativa fanno frequente riferimento, nella loro articolazione, ai lavoratori definiti "particolarmente sensibili al rischio", ossia a quei lavoratori che, per loro caratteristiche biologiche o per condizioni connesse all'esistenza di situazioni patologiche, a stili di vita particolari o alla contemporanea esposizione ad altri fattori di rischio, potrebbero risultare maggiormente suscettibili agli effetti nel primo caso dei campi elettromagnetici nel secondo delle radiazioni ottiche. Tuttavia, il tema dei lavoratori ipersuscettibili è già fortemente presente nelle disposizioni generali del titolo VIII relative ai rischi di tipo fisico; infatti l'art. 183 (Lavoratori particolarmente sensibili) recita: "Il datore di lavoro adatta le misure di cui all'articolo 182 alle esigenze dei lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio, incluse le donne in stato di gravidanza ed i minori".

Per quanto riguarda i campi elettromagnetici, ai fini della valutazione dei rischi e della messa in atto degli adempimenti che da questa conseguono, gli effetti sanitari che rientrano nel campo di applicazione della normativa sono rappresentati esclusivamente dagli **effetti acuti**, gli unici accertati. Si tratta infatti di effetti per i quali è ben definito il meccanismo d'azione e in relazione ai quali è possibile individuare soglie di induzione. Tra gli effetti acuti è necessario considerare quelli di tipo **diretto** (cioè derivanti dall'interazione diretta del campo con i tessuti biologici) e quelli di tipo **indiretto**, che sono rappresentati dalle possibili conseguenze negative per la salute e per la sicurezza derivate dall'interazione del campo con dispositivi medici impiantati (di tipo attivo e passivo) o con elementi dell'ambiente di lavoro (oggetti ferromagnetici, substrati in-

fiammabili e/o esplosivi etc.). Per i campi elettromagnetici il campo di applicazione non comprende quindi eventuali effetti a lungo termine, per i quali “mancano dati scientifici conclusivi che comprovino un nesso di causalità” (Dir. 2004/40 UE). Nel caso delle radiazioni ottiche invece, accanto agli effetti acuti (di tipo diretto e indiretto) è doveroso considerare, in fase di valutazione, il rischio di **effetti a lungo termine**, ad esempio la cancerogenesi della cute per esposizione prolungata a radiazione UV.

L'ambito maggiormente interessato al tema dei lavoratori particolarmente sensibili al rischio è quello della **sorveglianza sanitaria**, prevista tanto per i campi elettromagnetici quanto per le radiazioni ottiche. L'art. 211 (relativo alla sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a campi elettromagnetici) e l'art. 218 (inerente la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a radiazioni ottiche artificiali) affermano infatti al comma 1: “*La sorveglianza sanitaria viene effettuata periodicamente, di norma una volta l'anno o con periodicità inferiore decisa dal medico competente con particolare riguardo ai lavoratori particolarmente sensibili al rischio di cui all'articolo 183, tenuto conto dei risultati della valutazione dei rischi trasmessi dal datore di lavoro. ....*”.

Da tale articolato si evince che il controllo di questi lavoratori è, anche normativamente, obiettivo primario della sorveglianza sanitaria, e tale assunto diventa ancora più rilevante da un punto di vista operativo se si pensa che, in condizioni di rischio controllato, questo ambito rappresenta il principale campo di intervento del medico incaricato. L'esistenza di lavoratori ipersuscettibili ha infatti ricadute importanti soprattutto in riferimento alla formulazione del **giudizio di idoneità**. Tuttavia, anche aspetti quali la **periodicità** delle visite e la scelta del tipo di **accertamenti complementari** cui eventualmente sottoporre il singolo lavoratore possono essere influenzati dall'esistenza di condizioni di ipersuscettibilità accertate o ipotizzate.

Il primo passo nella gestione della tutela dei lavoratori particolarmente sensibili al rischio è naturalmente la loro **identificazione**. Quest'ultima deve essere fatta in relazione all'agente di rischio, ma, nel caso delle radiazioni non ionizzanti, è importante definire l'**intervallo spettrale** verso il quale può esistere una maggiore sensibilità (ad esempio: campi statici, campi in bassa frequenza e campi a radiofrequenze per le NIR a frequenza non ottica; radiazione UV, visibile e infrarossa per le NIR a frequenza ottica).

Le recenti indicazioni operative sul titolo VIII del D.lgs 81/2008 stilate dal Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Provincie Autonome (Documento n. 1-2009), in collaborazione con l'ISPESL e con l'Istituto Superiore di Sanità, includono anche una **prima indicazione** dei soggetti che, per loro condizioni fisiologiche, patologiche o legate all'utilizzo di presidi terapeutici, potrebbero essere maggiormente sensibili all'azione lesiva dei campi elettromagnetici o delle radiazioni ottiche.

Nel caso dei campi elettromagnetici, il documento riporta al punto 4.24 le categorie di soggetti che, sulla base della letteratura scientifica, siano da considerare con possibili controindicazioni e/o particolarmente sensibili (tabella I).

**Tabella I. Categorie di soggetti da ritenersi particolarmente sensibili al rischio da esposizione a campi elettromagnetici (punto 4.24 delle indicazioni operative del Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Provincie Autonome (Documento 1-2009))**

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>a) Soggetti portatori di:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Schegge o frammenti metallici</li><li>• Clip vascolari e <i>stent</i></li><li>• Valvole cardiache</li><li>• <i>Pacemaker</i> cardiaci, defibrillatori impiantati</li><li>• Pompe di infusione di insulina o altri farmaci</li><li>• Corpi metallici nelle orecchie o impianti per udito</li><li>• Neurostimolatori, elettrodi impiantati nel cervello o subdurali</li><li>• Distrattori della colonna vertebrale</li><li>• Altri tipi di stimolatori o apparecchiature elettriche o elettroniche di qualunque tipo</li><li>• Corpi intrauterini (ad esempio spirale o diaframma)</li><li>• Derivazioni spinali o ventricolari, cateteri cardiaci</li><li>• Protesi metalliche di qualunque tipo (per pregresse fratture, interventi correttivi articolari etc.), viti, chiodi, filo etc.</li><li>• Espansori mammari, protesi peniene e altre protesi</li></ul> <p>b) Stato di gravidanza;</p> <p>c) Soggetti con patologie del SNC, in particolare soggetti epilettici;</p> <p>d) Soggetti con infarto del miocardio recente e con patologie del sistema cardiovascolare</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Similmente, al punto 5.24 sono riportate le categorie di soggetti particolarmente sensibili in riferimento alle radiazioni ottiche (tabella II).

**Tabella II. Categorie di soggetti da ritenersi particolarmente sensibili al rischio da esposizione a radiazioni ottiche (punto 5.24 delle indicazioni operative del Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Provincie Autonome (Documento 1-2009))**

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Donne in gravidanza: riservare particolare attenzione alla possibile azione sinergica di condizioni microclimatiche e radiazioni infrarosse (es. lavoratrici gestanti operanti in prossimità di forni)</li><li>• Minorenni</li><li>• Albini e individui di fototipo 1 (per esposizione alla radiazione UV)</li><li>• Portatori di malattie del collagene (per esposizione alla radiazione UV)</li><li>• Soggetti in trattamento cronico o ciclico con farmaci fotosensibilizzanti (tabelle III e IV).</li><li>• Soggetti affetti da alterazioni dell'iride (colobomi, aniridie) e della pupilla (midriasi, pupilla tonica)</li><li>• Soggetti portatori di drusen (per esposizione alla luce blu)</li><li>• Soggetti con lesioni cutanee maligne o premaligne (per esposizione alla radiazione UV)</li><li>• Lavoratori affetti da patologie cutanee fotoindotte o fotoaggravate (per esposizione alla radiazione ultravioletta e infrarossa)</li><li>• Soggetti affetti da xeroderma pigmentoso (per esposizione alla radiazione UV)</li><li>• Soggetti epilettici per esposizione a luce visibile di tipo intermittente (tra i 15 e i 25 flash al secondo)</li><li>• Soggetti con impianto IOL (cristallino artificiale), per esposizione a radiazione ottica tra 300 e 550 nm (UV e visibile fino alle lunghezze d'onda del verde)</li></ul> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Appare evidente una certa "aggregazione" di condizioni (dispositivi impiantati attivi e passivi, condizioni patologiche predisponenti insieme all'utilizzo di farmaci etc) che non ne facilita la comprensione in relazione, ad esempio, ai singoli meccanismi causali. Le categorie indicate nelle tabelle I e II rappresentano comunque una prima concreta ed utile individuazione dei soggetti a potenziale maggior rischio, così come indicato o suggerito dallo stato delle conoscenze. Appare peraltro evidente che una loro più mirata individuazione non può prescindere da una **valutazione completa del rischio nella singola situazione espositiva**, che consideri, oltre ai meccanismi di azione in gioco in funzione della regione dello spettro, anche i **livelli di esposizione**, eventuali **coesposizioni**, la possibilità di un'adeguata **protezione individuale** etc.

Questi aspetti saranno criticamente discussi nel seguito, separatamente per i campi elettromagnetici e le radiazioni ottiche, sottolineando in particolare se e in quali circostanze la singola condizione di ipersuscettibilità esaminata possa costituire **controindicazione** alla mansione, fornendo ove possibile **esempi** di mansioni a rischio o addirittura controindicate per i lavoratori portatori di quella condizione.

### Campi elettromagnetici

Assumendo come base la tabella I, al fine di definire in modo più articolato le categorie di soggetti ritenuti particolarmente sensibili al rischio, sono stati presi in considerazione i due parametri fondamentali, cioè la tipologia di effetto considerato (effetti indiretti ed effetti diretti), e la banda spettrale interessata: campi magnetici statici, campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (con particolare riferimento alla frequenza di 50 Hz, che interessa la corrente di rete e gli utilizzatori ad essa collegati), campi elettromagnetici a radiofrequenza.

Sulla base di tali elementi sono state quindi definite le condizioni di particolare sensibilità, di natura fisiologica o patologica, nelle specifiche bande spettrali e le conseguenti situazioni lavorative che potrebbero prefigurare un rischio per il lavoratore esposto a livelli di campo anche inferiori ai limiti previsti dalla normativa per i lavoratori.

### Effetti indiretti

Sono trattati in primo luogo gli effetti indiretti, dato che hanno rilevanza più immediata e impatto potenzialmente più grave per quanto riguarda la salute e la sicurezza dei lavoratori, proprio perché nei loro confronti i **limiti di esposizione** previsti per i lavoratori e, talvolta, anche quelli stabiliti per la popolazione generale (ICNIRP, 1998) **non sono necessariamente protettivi**.

Le considerazioni svolte riguardano i seguenti tipi di effetti indiretti:

- **Interferenza del campo elettromagnetico esterno con il funzionamento di dispositivi impiantati di tipo attivo** (es. elettromedicali quali pacemaker, defibrillatori impiantati, pompe da infusione etc.);

- **dislocazione da parte del campo magnetico statico esterno di dispositivi impiantati ferromagnetici di tipo non attivo o di corpi inclusi nei tessuti aventi proprietà ferromagnetiche** (es. protesi metalliche, *clip* vascolari, *stent*, schegge metalliche etc.); la forza esercitata dal campo magnetico statico su queste strutture può inoltre tradursi, ove non si realizzi la dislocazione (che può comportare lesioni e lacerazioni tissutali), in un'**azione compressiva** esercitata sui tessuti circostanti.

Sono inoltre valutati i potenziali effetti legati a:

- **induzione**, da parte di **campi elettrici e magnetici a bassa frequenza** (in particolare 50 Hz) **a livello di impianti o inclusi metallici, di correnti elettriche di entità tale da configurare un rischio per i tessuti elettricamente eccitabili**, anche nel rispetto dei limiti di esposizione per i lavoratori;
- **induzione di riscaldamenti localizzati potenzialmente pericolosi a livello di impianti o inclusi metallici da parte di campi a radiofrequenze**, anche nel rispetto dei limiti di esposizione previsti per i lavoratori.

Gli effetti indiretti per loro natura si configurano come **istantanei**: si pensi ad esempio alla riprogrammazione di uno stimolatore cardiaco da parte di un campo esterno. Tuttavia, in alcuni casi è possibile un danno di tipo **cumulativo**, ad esempio un danno termico ai tessuti circostanti per riscaldamento protratto nel tempo di un impianto metallico da parte del campo a radiofrequenze.

È necessario sottolineare preliminarmente che non tutti i dispositivi impiantati riportati in tabella I hanno la stessa rilevanza ai fini del rischio di effetti indiretti, data la **limitatissima diffusione** di alcuni di essi (es. protesi peniene) e la **realizzazione di altri in materiale polimerico** (es. espansori mammari e parte dei dispositivi intrauterini) non reattivo o poco reattivo alle diverse configurazioni di campo elettromagnetico.

### Rischi ed indicazioni di idoneità

Alla luce degli effetti elencati, al fine di poter individuare le situazioni a rischio, il primo obiettivo sarà quello di verificare la esistenza di soglie di campo critiche ai fini dei **fenomeni di interferenza o della possibilità di dislocazione meccanica**. La rilevazione di livelli di campo superiori a tali valori determina infatti la necessità di allontanare i portatori di impianti attivi o passivi dall'esposizione.

**Per la maggior parte dei dispositivi** di maggior rilevanza, però, **non si conoscono le soglie di campo** critiche ai fini del rischio di effetti indiretti. Queste ultime sono infatti state definite (vedi tabella III) unicamente per:

- campo magnetico **statico** in relazione da un lato agli stimolatori cardiaci e dall'altro a impianti o inclusi ferromagnetici;
- campo magnetico e campo elettrico a **50 Hz** per quanto riguarda gli stimolatori cardiaci.

**Tabella III. Soglie di interferenza con il funzionamento di dispositivi impiantati di tipo attivo e di dislocazione per impianti o inclusi ferromagnetici identificate per le diverse frequenze del campo elettromagnetico**

DISPOSITIVI/FREQUENZE DI CAMPO	CAMPI MAGNETICI STATICI	CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSA FREQUENZA (ELF A 50 Hz)
STIMOLATORI CARDIACI (maggior parte dei modelli)	0,5-1 mT (ACGIH 2010)	100 µT - magnetico (ACGIH 2010) 1 KV/m - elettrico (ACGIH 2010)
IMPIANTI o INCLUSI FERROMAGNETICI	3 mT (Direttiva 2004/40/CE - D.Lgs 81/08)	

Da quanto riportato in tabella è interessante notare che le soglie di interferenza del campo statico nei confronti degli stimolatori cardiaci (**0,5 - 1 mT**) non solo sono molto inferiori al limite per i lavoratori (**2 T** secondo le linee guida ICNIRP 2009 e **200 mT** secondo quanto ancora in vigore a seguito del recepimento della direttiva 2004/40/CE), ma sono anche inferiori al limite per la popolazione generale (sia agli attuali **400 mT** delle linee guida ICNIRP 2009, ma anche ai precedenti **40 mT** previsti dalle linee guida ICNIRP del 1994).

Per tutti gli altri dispositivi attivi (tra i quali quelli elencati nella tabella I) le soglie possono essere molto variabili in relazione al tipo di dispositivo, al modello e alla configurazione di campo. Ad esempio, per gli **impianti cocleari** esistono studi che hanno per oggetto l'interazione con le frequenze del telefono cellulare; si tratta tuttavia di lavori finalizzati più a valutare l'entità della distorsione nella distribuzione del SAR nella testa e nella coclea a seguito della presenza dell'impianto (vedere ad esempio Sibella et al., 2009) che non ad approfondire gli aspetti di interferenza con il dispositivo impiantato.

Sarà quindi necessario, in presenza di lavoratori portatori di tali dispositivi ed al fine di poter gestire il rischio in

modo corretto, caratterizzare accuratamente sia l'esposizione sia il dispositivo e riferirsi, ove esistenti, a standard di prodotto, a eventuali istruzioni fornite dal fabbricante e a indicazioni di letteratura.

In generale, comunque, sulla base delle attuali conoscenze tecniche e sanitarie nel settore (prime fra tutte le soglie per l'interferenza e per la dislocazione prima citate), è possibile individuare una serie di situazioni lavorative che, in relazione ai dati di esposizione mediamente rilevati, possono far ipotizzare la comparsa degli effetti citati, determinando quindi, fatte salve eventuali informazioni derivate "sul campo" e prima elencate (valori di esposizione, specifici standard di prodotto ecc), la controindicazione all'esposizione.

Tali condizioni lavorative sono riassunte nelle tabelle IV e V. Nella prima (tabella IV) sono indicate quelle nelle quali i soggetti con dispositivi impiantati di tipo attivo (in particolare stimolatori cardiaci e defibrillatori impiantati) possono subire interferenza da parte del campo esterno. Come evidente, l'interferenza elettromagnetica con dispositivi di tipo attivo coinvolge tutti gli intervalli spettrali non ottici, anche se per un medesimo dispositivo le soglie di interferenza possono variare ampiamente in funzione della frequenza.

**Tabella IV. Situazioni espositive, tipologie di sorgenti, cut-off di potenza e distanza dalla fonte che possono configurare, per le diverse frequenze del campo elettromagnetico, controindicazione alla mansione per portatori di dispositivi impiantati di tipo attivo (in relazione a effetti indiretti)**

DISPOSITIVI/FREQUENZE DI CAMPO	CAMPI MAGNETICI STATICI	CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSA FREQUENZA (in particolare ELF)	RADIOFREQUENZE
<b>Impianti attivi</b> Pace-maker cardiaci, defibrillatori impiantati, pompe da infusione (insulina etc.), impianti cocleari, neurostimolatori	RM: Attività all'interno della isolinea pari a <b>0,5 mT</b>  <b>Saldatura</b>  <b>Elettrolisi</b>  Distanza <b>inferiore a 5 metri</b> da <b>grossi motori a corrente continua</b> e da <b>magneti industriali</b>  Distanza <b>inferiore a 5 metri</b> da <b>acceleratori di particelle</b> (ricerca, produzione di radioisotopi, radioterapia con LINAC)	<b>Saldatura</b>  Attività di manutenzione presso le <b>stazioni di produzione e trasformazione dell'elettricità</b> e le <b>linee di trasmissione</b>  Distanza <b>inferiore a 5 metri</b> da <b>grossi motori a corrente alternata</b>  Utilizzo di <b>utensili ed altre attrezzature elettriche portatili</b> in stretta prossimità del dispositivo (martello pneumatico, sega elettrica, grossi decespugliatori etc.)  Attività in prossimità di <b>apparecchiature per terapia fisica</b> e di apparecchiature per <b>stimolazione magnetica transcranica (TMS)</b>	Distanza <b>inferiore a 15 cm</b> da sorgenti con <b>potenza di picco fino a 2 W</b> (es: telefoni cellulari, cordless, cercapersone)  Distanza orientativa <b>inferiore a 1-2 m</b> per sorgenti di <b>potenza di picco &gt; 2 W</b> (es: antenne radio-base). Per potenze molto maggiori la distanza deve essere valutata caso per caso  <b>Trattamenti termici industriali di materiali vari</b> (es: incollaggio, modellatura etc.)  Attività in prossimità di <b>pparecchiature per terapia fisica</b>  Utilizzo di <b>elettrobisturi</b>

**Tabella V. Situazioni espositive, tipologie di sorgenti, cut-off di potenza e distanza dalla fonte che possono configurare, per le diverse frequenze del campo elettromagnetico, controindicazione alla mansione per portatori di dispositivi impiantati di tipo passivo (in relazione a effetti indiretti)**

DISPOSITIVI/FREQUENZE DI CAMPO	CAMPI MAGNETICI STATICI	CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSA FREQUENZA (in particolare ELF)
<b>Impianti non attivi</b> Clips vascolari, valvole cardiache, stent, distrattori della colonna, corpi intrauterini, derivazioni spinali e ventricolari e cateteri cardiaci, schegge e frammenti metallici, protesi metalliche di ogni tipo	<b>RM:</b> Attività all'interno della isolinea pari a <b>3 mT</b>  <b>Saldatura</b>  <b>Elettrolisi</b>  Distanza <b>inferiore a 5 metri da grossi motori a corrente continua</b> e da <b>magneti industriali</b>  Distanza <b>inferiore a 5 metri da acceleratori di particelle</b> (ricerca, produzione di radioisotopi, radioterapia con LINAC)	Attività di manutenzione presso le <b>stazioni di produzione e trasformazione dell'elettricità</b> e le <b>linee di trasmissione</b>  Distanza <b>inferiore a 5 metri da grossi motori a corrente alternata</b>

Per alcune di queste situazioni la **natura della sorgente e le condizioni di lavoro** implicano direttamente una elevata probabilità di interferenza. Per altre, invece, l'eventuale controindicazione all'esposizione viene correlata alla distanza fisica dalla sorgente, ossia all'individuazione di **distanze di sicurezza**, rispettate le quali il rischio di interferenza è minimo o nullo; per altre ancora, infine, è legata alla **potenza di emissione** della sorgente stessa.

È importante sottolineare che i valori di distanza indicati in tabella in relazione alle singole fonti sono puramente indicativi, essendo comunque necessaria per tali finalità una caratterizzazione accurata della sorgente in termini di potenza, configurazione geometrica, livelli di emissione.

Per quanto riguarda invece la situazione di esposizione ai campi elettromagnetici di lavoratori con dispositivi impiantati di **tipo passivo** o con **inclusi** (in particolare protesi o schegge metalliche), i possibili effetti lesivi sono dovuti, nel caso del campo magnetico statico, all'**azione meccanica** sull'impianto ferromagnetico, con possibili spostamenti o compressioni/lacerazioni dei tessuti limitrofi (**soglia** di effetto pari a **3 mT**), e per quanto riguarda i campi elettrici e magnetici in bassa frequenza, all'**induzione di correnti** di entità rilevante nella struttura metallica impiantata o inclusa, con possibili rischi di stimolazione dei limitrofi tessuti muscolare e nervoso.

Anche per tali situazioni sono indicate in tabella V le attività e le sorgenti che, **in assoluto o in funzione della distanza**, possono comportare **una controindicazione** alla mansione.

Per quanto riguarda l'induzione di **riscaldamenti pericolosi** della componente metallica impiantata o inclusa da parte del campo a radiofrequenze il fenomeno, sebbene possibile e anche paventato, sembra **ridimensionato sulla base dei risultati di alcuni studi** (es. Virtanen et al., 2006; Mattei et al., 2008). A parità di campo esterno l'entità e la distribuzione dell'incremento termico sono criticamente dipendenti dalla localizzazione, dalle dimensioni, dalla forma e dall'orientamento dell'impianto, ma nella grande maggioranza dei casi l'aumento di temperatura del tessuto immediatamente circostante **non supera 1 °C**. **Per questa ragione non si è ritenuto di individuare a priori situazioni o sorgenti a rischio per tale spettro di frequenze.**

A completamento di quanto riportato, è necessario segnalare che i contenuti delle tabelle IV e V sono stati definiti sulla

base dell'insieme delle conoscenze disponibili sulle caratteristiche e sui livelli di emissione delle sorgenti, sui dispositivi impiantati, sulle soglie accertate per effetti di tipo indiretto e, più in generale, su considerazioni di ragionevolezza e buon senso, traendo spunti anche dal **progetto di norma armonizzata FprEN 50527-1** ("Procedure for the assessment of the exposure to electromagnetic fields of workers bearing active implantable medical devices - Part 1: General"), in fase avanzata di stesura da parte del CENELEC.

#### Effetti diretti

Gli altri tipi di effetti considerati sono quelli di tipo diretto. Gli effetti associati all'interazione diretta campo-tessuto riconoscono tre principali meccanismi d'azione, in funzione della frequenza del campo:

- **Il campo magnetico statico perturba i flussi di carica in movimento** e può pertanto **interferire**, in funzione dell'intensità, **con la generazione e la trasmissione dell'impulso nervoso e neuromuscolare**. A valori molto elevati può essere disturbata anche l'emodinamica, contenendo il sangue elettroliti in movimento.
- **I campi elettrici e magnetici a bassa frequenza sono in grado di indurre correnti elettriche nei tessuti** (a percorso aperto per il campo elettrico e chiuso, ossia circolari, per il campo magnetico), potendo ugualmente **interferire**, in funzione della forza del campo (e quindi della densità di corrente indotta), **con la generazione e la trasmissione dell'impulso nervoso e neuromuscolare**.
- **I campi in radiofrequenza dissipano la loro energia nei tessuti sotto forma di calore**, essendo quindi in grado di determinare **rialzi termici** che, in funzione dei livelli di campo, del tipo di tessuto e della capacità di dissipazione del calore da parte dei meccanismi termoregolatori, possono risultare **lesivi per tessuti e organi**. I più vulnerabili sono rappresentati dalle strutture poco vascolarizzate (quali il cristallino) o dagli organi che devono trovarsi fisiologicamente a temperature inferiori (testicolo), ma rialzi termici significativi potrebbero perturbare anche altre funzioni fisiologiche, ad esempio la secrezione endocrina.

Non esiste però una vera e propria linea di demarcazione netta tra le frequenze per quanto riguarda il meccanismo d'azione. Infatti, da alcuni MHz fino a 100

MHz possono assumere importanza, in funzione delle condizioni di esposizione, tanto l'induzione di corrente quanto il riscaldamento. In ogni caso è possibile, per semplicità espositiva, attribuire gli effetti di interferenza elettrica (neuromuscolare) ai campi statici ed a bassa frequenza, e quelli da riscaldamento alle radiofrequenze.

### Rischi ed indicazioni di idoneità

Sulla base di meccanismi sopraelencati, è possibile quindi identificare le condizioni individuali di natura fisiologica o patologica, congenite o acquisite, che potrebbero facilitare l'insorgenza di effetti avversi legati, in funzione della frequenza, all'induzione di corrente oppure al riscaldamento, e quindi prefigurare un rischio per il lavoratore esposto a livelli di campo anche inferiori ai limiti previsti dalla normativa per i lavoratori.

La presenza di tali condizioni, in specifiche circostanze espositive, potrebbe determinare quindi una controindicazione alla attività lavorativa. Le condizioni prese in considerazione sono:

- **Stato di gravidanza**
- **Patologie di organi e tessuti elettricamente stimolabili**
- **Ipertiroidismo**

Vengono di seguito analizzate le singole situazioni.

### Stato di gravidanza

Il prodotto del concepimento è ritenuto particolarmente vulnerabile a numerosi fattori di rischio di natura fisica, chimica e biologica. Questo si è tradotto in termini normativi (D.lgs 151/01) in disposizioni atte a vietare automaticamente alcune lavorazioni ed alcune esposizioni, mentre per altri fattori di rischio è prevista una valutazione particolarmente approfondita, che tenga conto dello stato di maggior sensibilità della gestante. Tra questi sono comprese le radiazioni non ionizzanti (allegato C del D.lgs 151/01). Questa impostazione trova riscontro anche nel D.Lgs 81/08 (art.183), in quanto la lavoratrice gestante adibita a mansioni che espongono ad agenti fisici è considerata soggetto particolarmente sensibile al rischio, e quindi rappresenta soggetto per il quale applicare particolari disposizioni per l'eliminazione o la riduzione del rischio.

Poiché però non esistono dati di letteratura che supportino in modo consistente l'esistenza di un rischio particolare per l'embrione o il feto a seguito di esposi-

zioni nello spettro tra 0 e 300 GHz, è possibile considerare la gravidanza come situazione particolare, come suggerito dalla citata normativa e ribadito nelle indicazioni operative del Coordinamento Tecnico delle Regioni riportate in tabella I, **unicamente** sulla base di considerazioni di natura **normativa**, riferite cioè in generale alla maggior tutela nei confronti dei fattori di rischio lavorativi che la legge riserva alla donna in stato di gravidanza, **ed etica**. Tale impostazione comporta, sulla base dell'assunto che il prodotto del concepimento deve essere considerato, ai fini dell'esposizione a questi fattori di rischio ambientali, quale **membro a tutti gli effetti della popolazione nel suo insieme**, che i requisiti di protezione del concepito (e quindi della donna in gravidanza) dovranno essere almeno pari a quelli previsti per la popolazione generale.

Per quanto riguarda i campi elettromagnetici ciò si tradurrà nel rispetto dei limiti di esposizione previsti per il pubblico dalla vigente normativa. Pertanto, si ritiene che **l'esposizione della lavoratrice gestante** adibita a mansioni che espongono a campi elettromagnetici **non possa eccedere i limiti di esposizione per la popolazione**, che nel caso dell'Italia, ad esclusione dei campi statici, sono quelli previsti dai due D.P.C.M 8 luglio 2003, emanati nell'ottica della promulgazione dei decreti attuativi delle disposizioni della Legge 36/01 (*"Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"*). Peraltro, i valori di attenzione previsti dai D.P.C.M. si applicano solo alle sorgenti fisse (elettrodotti e sistemi fissi delle telecomunicazioni): per tutte le altre sorgenti gli stessi D.P.C.M. rimandano alla raccomandazione europea 1999/519/CE, che si limita a proporre i limiti di esposizione previsti dall'ICNIRP per la popolazione generale. Per quanto riguarda il campo magnetico statico, in assenza di norme, si può fare riferimento sia al limite previsto dal documento ICNIRP 1994, commisurabile (1/5 del valore) a quanto previsto dal D.Lgs 81/08 per i lavoratori, sia al più recente ICNIRP 2009, i cui contenuti saranno oggetto di futura Direttiva. L'impossibilità di garantire il rispetto di questi limiti in una situazione oggettiva di esposizione lavorativa dovrebbe *"ipso facto"* comportare una controindicazione della lavoratrice gestante alla mansione.

Quanto detto viene sintetizzato nella tabella VI, unitamente ai singoli valori limite indicati dalla normativa.

**Tabella VI. Valori limite per la lavoratrice in gravidanza (considerando il prodotto del concepimento come membro della popolazione), per le diverse frequenze del campo elettromagnetico**

CAMPI MAGNETICI STATICI	CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSA FREQUENZA (in particolare ELF)	RADIOFREQUENZE
<b>40 mT</b> (ICNIRP 94; pari a 1/5 limite lavoratori D.Lgs 81/08) <b>400 mT</b> (ICNIRP 2009)	Campo elettrico a 50 Hz: <b>5 kV/m</b> (valore limite stabilito dal DPCM 8 luglio 2003)  Campo magnetico a 50 Hz, esposizione discontinua: <b>100 µT</b> (valore limite stabilito dal DPCM 8 luglio 2003)  Campo magnetico a 50 Hz, esposizione prolungata: <b>10 µT</b> (valore di attenzione stabilito dal DPCM 8 luglio 2003)	<b>6 V/m</b> (valore di attenzione stabilito per l'intero spettro delle radiofrequenze dal DPCM 8 luglio 2003)

*Patologie di organi e tessuti elettricamente stimolabili*

Per quanto riguarda le **basse frequenze** ed i **campi magnetici statici** sono identificabili a livello rispettivamente del sistema nervoso centrale e del tessuto cardiaco due condizioni (o gruppi di condizioni) patologiche che configurano una potenziale maggiore sensibilità all'azione del campo.

La prima, riferita anche nelle indicazioni della tabella I, è data dagli **stati di male epilettico**, che si caratterizzano per una diminuita soglia funzionale di stimolazione di gruppi neuronali specifici a livello corticale. Le correnti indotte dall'esposizione al campo o le perturbazioni dei flussi di carica da esso causate potrebbero pertanto eccitare con maggiore facilità i neuroni con soglia già alterata e ciò potrebbe tradursi nello scatenamento o nell'esacerbazione delle crisi epilettiche.

I soggetti affetti da epilessia sono quasi sempre consapevoli della loro condizione, spesso con diagnosi di lunga data e quasi sempre in trattamento farmacologico. **Se il paziente non risulta refrattario al trattamento, l'aderenza a quest'ultimo comporta il ripristino di una normale eccitabilità dei neuroni** interessati dalla patologia epilettica, configurando quindi, allo stato delle conoscenze, una condizione che non si discosta da quella del soggetto non affetto da epilessia. In caso contrario, cioè **in caso di efficacia solo parziale dei trattamenti disponibili** (a seguito di scarsa efficacia, scarsa aderenza o in assenza di trattamento), il soggetto in questione deve essere considerato particolarmente sensibile all'azione del campo elettromagnetico. Di conseguenza, fatta salva un' idoneità più generale al lavoro, il lavoratore affetto e non controllato non si ritiene idoneo a mansioni che espongano a livelli di campo statico o di campi elettrici e magnetici in bassa frequenza superiori a limiti per la popolazione generale.

La seconda condizione riguarda invece la presenza di:

- **aritmie cardiache**
- **stati patologici del cuore**, dell'emodinamica o di altri organi ed apparati **che possano favorire l'insorgenza di aritmie** (legate o meno a ipertrofia secondaria del miocardio ventricolare), tra i quali:
  - ✓ **pregresso infarto** del miocardio,
  - ✓ **cardiopatia ischemica** in genere,
  - ✓ **alcuni vizi valvolari cronici** (non corretti),
  - ✓ **ipertensione severa** non controllata,
  - ✓ **patologie polmonari** con alterazioni dell'emodinamica del piccolo circolo,
  - ✓ **patologie o trattamenti farmacologici** comportanti significativi **squilibri elettrolitici e/o effetti proaritmogeni**,
  - ✓ **ipertiroidismo** non controllato.

Rispetto alle indicazioni della tabella I (*"Soggetti con infarto recente del miocardio e con patologie del sistema cardiovascolare"*) per quanto concerne il sistema cardiovascolare si è ritenuto di identificare in modo più ampio ed articolato le categorie o le sottocategorie di soggetti a potenziale maggior sensibilità all'azione dei campi magnetici statici e dei campi elettrici e magnetici a bassa frequenza. Le aritmie infatti, a prescindere dal tipo clinico e dal meccanismo d'azione fisiopatologico (alterato ritmo

del pacemaker naturale, presenza di pacemaker ectopici, fenomeno del rientro, vie di conduzione multiple etc.), comportano tutte in varia misura alterazioni funzionali del quadro complessivo dell'eccitabilità elettrica del miocardio, che a sua volta potrebbero rendere il cuore più vulnerabile alla stimolazione da parte di correnti o perturbazioni di cariche in movimento indotte dall'azione di un campo esterno.

L'importanza dei fenomeni aritmici ai fini del rischio da esposizione a campi elettromagnetici merita un'attenzione particolare anche in considerazione del fatto che per alcuni tipi di aritmia spesso non viene posta una diagnosi, o viene posta casualmente nel corso di accertamenti eseguiti per altre finalità, e il soggetto affetto non è quindi consapevole del proprio stato.

Nell'ambito delle patologie della conduzione intracardiaca esistono inoltre alcune condizioni che, pur non rappresentando di per se disturbi del ritmo, predispongono all'insorgenza di questi ultimi. Ad esempio la **sindrome del QT lungo** può nel tempo facilitare l'insorgenza di aritmie ventricolari quali le torsioni di punta, che a loro volta comportano un aumentato rischio di **fibrillazione ventricolare**. Si tratta di una condizione spesso misconosciuta, più diffusa di quanto si potrebbe ritenere, che riconosce causa congenite (es. polimorfismi dei canali ionici della fibrocellula miocardica) o acquisite. Tra queste ultime assumono particolare rilievo i trattamenti con una serie di farmaci, tra i quali alcuni antibiotici e antifungini, alcuni antipsicotici e perfino farmaci antiaritmici. Dato che l'allungamento del tratto QT del tracciato può essere messo in evidenza tramite ECG, è possibile identificare facilmente i portatori di tale anomalia ai fini delle necessarie valutazioni concernenti l'idoneità.

Un'altra condizione che aumenta la probabilità di aritmie ventricolari pericolose è la **sindrome di Wolf Parkinson White**, presente su base congenita, che comporta precitazioni ventricolari e che riconosce come momento patogenetico l'esistenza di vie plurime di conduzione dell'impulso tra atrio e ventricolo. Anche per tale situazione possono essere espresse le medesime considerazioni prima riportate per la sindrome del Q-T lungo ai fini dell'identificazioni di tali soggetti per l'espressione del giudizio di idoneità.

In analogia con quanto illustrato per l'epilessia, quindi, **si possono ritenere non idonei a mansioni che espongano a livelli di campo statico o di campi elettrici e magnetici in bassa frequenza superiori ai limiti per la popolazione generale i lavoratori affetti da aritmie non trattate**, specie dei tipi che possono avere serie conseguenze emodinamiche. Tale assunto si basa sul fatto che i limiti per la popolazione sono stati considerati dalle competenti istituzioni (ICNIRP - Normativa nazionale) protettivi per qualunque effetto acuto, anche quindi in presenza di condizioni di suscettibilità individuale. Le **aritmie risolte** (con interventi invasivi) **o in trattamento farmacologico** (con buona aderenza da parte del paziente) **non configurano** invece, allo stato delle conoscenze, **condizioni di maggior sensibilità** all'azione delle correnti indotte o alle perturbazioni dei flussi di carica dovute al campo, dato che l'eccitabilità complessiva del miocardio viene normalizzata. Gli stati

patologici e le sindromi predisponenti dovranno essere valutate caso per caso, in funzione del quadro clinico e della situazione espositiva.

Si ricorda infine, per quanto riguarda gli effetti sui tessuti elettricamente eccitabili, che l'insieme delle frequenze comprese tra **poche centinaia di kHz e diverse decine di MHz**, all'interno delle radiofrequenze, può assumere rilievo, specie in situazioni di **campo vicino** (ossia a distanza dalla sorgente inferiore a qualche lunghezza d'onda oppure in presenza di sorgenti con geometria complessa), oltre che per gli effetti legati al riscaldamento, anche per gli **effetti dovuti all'induzione di corrente elettrica nei tessuti**. Di conseguenza, a questo intervallo spettrale si ritengono applicabili le stesse considerazioni fatte per i campi statici e in bassa frequenza relativamente al problema degli stati epilettici non controllati e delle aritmie non controllate.

#### *Ipertiroidismo*

Per quanto concerne l'effetto termico determinato dai **campi a radiofrequenze**, tutte le condizioni che comportano un' umentata produzione di calore metabolico o una sua diminuita dispersione potrebbero configurare una maggior sensibilità agli effetti termici dell'esposizione, specie nel caso di esposizioni (es. in campo vicino) che determinano sovente forti gradienti di deposizione dell'energia nei volumi di tessuto, con picchi di riscaldamento localizzato disomogenei e imprevedibili.

Nel caso di diminuzione della dispersione del calore, le **patologie che compromettono il sistema cardiovascolare** al punto da ridurre significativamente la funzione termoregolatoria riguardano però situazioni di gravi alterazioni dello stato di salute, certamente **incompatibili con lo svolgimento di una qualunque attività lavorativa**, non arrivando quindi ad interessare la questione dello specifico giudizio di idoneità alle mansioni che espongono a campi a radiofrequenze.

La condizione che, sulla base dell'umentata produzione di calore metabolico, configura invece una potenziale maggiore sensibilità all'esposizione a radiofrequenze è rappresentata dall'**ipertiroidismo grave**, che, se non trattato, può tradursi in un maggior rischio di effetti avversi una volta che ad una più elevata produzione basale di calore si somma il riscaldamento dovuto al campo. Per-

tanto è ipotizzabile ritenere che i lavoratori affetti da **ipertiroidismo non controllato clinicamente evidente** possano considerarsi non idonei a mansioni che espongano a livelli di campo a radiofrequenze superiori ai limiti previsti per la popolazione generale. Tale indicazione viene a mancare qualora, come già indicato per altre patologie, il lavoratore sia sottoposto a trattamento medico (farmacologico ed eventualmente chirurgico) che determini il ritorno ad una situazione di eutiroidismo ormonale.

È interessante notare che l'ipertiroidismo non controllato come descritto potrebbe costituire motivo di non idoneità anche a mansioni che espongono a livelli di campo magnetico statico o di campo elettrico o magnetico in bassa frequenza superiori ai limiti per la popolazione generale, sulla base però di un assunto differente, ossia che la sovrastimolazione dell'attività cardiaca legata all'eccesso di ormoni tiroidei può comportare nel tempo ipertrofia del miocardio e facilitare disturbi del ritmo.

Quanto illustrato è riassunto nella tabella VII.

Al termine della trattazione circa l'ipersensibilità al rischio da esposizione professionale a radiofrequenze, è necessario fornire alcune specificazioni riguardo i due classici organi bersaglio di tale regione spettrale finora non considerati: il cristallino e le gonadi maschili.

Il **cristallino**, struttura non vascolarizzata, è più vulnerabile al danno termico, in funzione dell'aumento di temperatura che può indurre opacità clinicamente rilevabili (cataratta). Tuttavia, le soglie per la cataratta da radiofrequenze sono molto elevate, essendo pari nell'animale da esperimento, in termini di SAR, a molte decine di W/kg, spesso anche a 100 W/kg ed oltre, ed è conseguentemente possibile escludere la comparsa di cataratta nei lavoratori esposti a livelli di campo inferiori ai limiti previsti.

Per tale motivo, nonostante in molte situazioni espositive siano possibili forti disomogeneità nella distribuzione del SAR, ed osservabili picchi locali di assorbimento di energia anche superiori, in volumi circoscritti, agli stessi limiti per il SAR locale, **non si ritiene che la presenza di preesistenti opacità del cristallino** (condizione favorente la patologia considerata) **configuri una condizione di maggior sensibilità agli effetti del riscaldamento da parte delle radiofrequenze**, stante l'ampio margine di sicurezza rispetto alle soglie minime di induzione (peraltro non costanti) dell'effetto.

**Tabella VII. Condizioni di preesistenti patologie organiche per le quali il lavoratore può essere considerato particolarmente sensibile al rischio di effetti diretti del campo elettromagnetico e in relazione alle quali potrebbe essere quindi controindicata l'esposizione a livelli superiori ai limiti previsti per la popolazione generale**

CAMPI MAGNETICI STATICI	CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSA FREQUENZA (in particolare ELF)	RADIOFREQUENZE
	Epilessia non controllata	Ipertiroidismo non controllato
	Aritmia cardiaca non controllata	Epilessia non controllata*
	Sindrome del QT lungo	Aritmia cardiaca non controllata*
	Sindrome di Wolf-Parkinson-White	
	Ipertiroidismo non controllato	

\* da considerare solo in condizioni di campo vicino



Per quanto riguarda la **gonade maschile** (testicolo), questa svolge la propria funzione endocrina e di produzione dei gameti a temperatura fisiologicamente inferiore (circa 35 °C) rispetto a quella generale. Il testicolo può rappresentare quindi un bersaglio per gli effetti lesivi delle radiofrequenze (aumento di temperatura), sebbene l'inibizione termica di funzioni quali la spermatogenesi sia considerata **reversibile** e per essere di entità significativa necessita di un aumento di temperatura di almeno 1-2 °C. I limiti di esposizione alle radiofrequenze previsti per i lavoratori sono quindi certamente protettivi da questo punto di vista.

Non è noto, allo stato delle conoscenze, se condizioni preesistenti di diminuita spermatogenesi o diminuita produzione ormonale (di natura organica o dovute a esposizione ad altri fattori di rischio) possano rappresentare un elemento di particolare sensibilità per effetti delle radiofrequenze a livello della gonade maschile. Allo stato attuale delle conoscenze, quindi, non è possibile considerare le situazioni di diminuita spermatogenesi e/o produzione ormonale come condizioni di maggiore sensibilità, rilevanti ai fini dell'idoneità.

#### ***Intolleranza ambientale idiopatica attribuita ai campi elettromagnetici***

Un'altra condizione che deve essere esaminata in termini di potenziale ipersuscettibilità è quella nota fino ad un recente passato con la definizione di "**Ipersensibilità ai campi elettromagnetici**". Si tratta di un fenomeno, descritto in letteratura fin dagli anni '80, per il quale alcuni individui percepiscono (e riferiscono) effetti avversi per la salute mentre utilizzano o sono vicini ad apparati che emettono campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. Il fenomeno può essere scatenato a seconda dell'individuo da fonti di campi elettromagnetici sia in bassa che in alta frequenza e presenta un'incidenza che varia fortemente in funzione dell'età e del Paese considerato; è inoltre caratterizzato da forte eterogeneità in termini di manifestazioni cliniche, essendo tipologia, frequenza e intensità dei sintomi molto variabile individualmente.

Sono tuttavia riconoscibili alcuni elementi comuni o maggiormente ricorrenti (Gobba, 2003):

- Prevalenza nel **sexso femminile**;
- Sintomi principali a carico del **sistema nervoso** (disturbi dell'umore, ansia, alterazioni del ritmo sonno-veglia, cefalea, vertigini, algie localizzate, bruciori, parestesie etc.), della **cute** (prurito, eritema, papule etc.) e del **sistema cardiovascolare** (tachicardia, palpitazioni);
- Assenza di patologie pregresse che possono spiegare i sintomi in una percentuale significativa di casi;
- Sindrome spesso associata ad altre forme di **scarsa tolleranza o intolleranza verso fattori ambientali** (es. microclima, sostanze chimiche etc.);
- Piuttosto frequente il **peggioramento nel tempo**.

L'ipersensibilità ai campi elettromagnetici è stata oggetto di numerosi studi negli ultimi 15-20 anni, una parte dei quali ha cercato di riprodurre il fenomeno in volontari esposti a singole sorgenti in condizioni speri-

mentali controllate. I risultati di queste ricerche hanno evidenziato nell'insieme che soggetti "ipersensibili" esposti a una sorgente che può essere accesa o spenta a loro insaputa mostrano sovente 1) **alta correlazione tra percezione dello stato della sorgente e presenza di sintomi** e 2) **nessuna correlazione tra percezione dei sintomi e stato effettivo della sorgente**. Ciò significa che la sintomatologia riferita non è oggettivamente correlata alle emissioni elettromagnetiche della sorgente, non essendo riproducibile in condizioni controllate (Rubin et al., 2010).

L'orientamento attuale è quindi quello di attribuire il fenomeno ad altri fattori. Un documento di revisione delle conoscenze sull'argomento (EMF-NET, 2007) ribadisce che non sono state individuate relazioni causali tra i sintomi riferiti e i campi elettromagnetici. Nel medesimo documento si propone di sostituire il termine "*Ipersensibilità Elettromagnetica*" con la denominazione: "**Intolleranza ambientale idiopatica attribuita ai campi elettromagnetici**" (*Idiopathic Environmental Intolerance attributed to Electromagnetic Fields*), sottolineando da un lato l'assenza di cause note (ossia la natura idiopatica delle manifestazioni), dall'altro che il riferimento ai campi elettromagnetici è puramente soggettivo.

**Non si ritiene pertanto giustificata** in questi casi **la formulazione di un giudizio di non idoneità alla mansione**, mancando i necessari presupposti scientifici per ipotizzare un nesso causale tra esposizione a determinate configurazioni di campo elettromagnetico e scatenamento della sintomatologia a livello individuale.

Nonostante ciò, in fase di sorveglianza sanitaria **la gestione di questi lavoratori potrebbe risultare difficile**, anche perché la vicinanza alla sorgente o le procedure per la sua accensione potrebbero scatenare la sintomatologia. È auspicabile che il medico competente, in collaborazione con il RSPP e/o altri specialisti, verifichi l'eventuale attribuzione del fenomeno ad altre cause, valuti le tipologie di sorgenti che effettivamente lo scatenano, il livello di consapevolezza del lavoratore circa i rischi del proprio ambiente di lavoro, nonché altri aspetti di natura psicologica. Tutto ciò al fine di fornire al lavoratore interessato una corretta informazione, tesa soprattutto a mettere in evidenza i risultati della ricerca scientifica sul fenomeno e sul rischio da campi elettromagnetici in generale, per poter ridurre o eliminare la sintomatologia lamentata. Potrebbe essere altresì opportuna, in alcuni casi, un'opera di mediazione all'interno della realtà produttiva, soprattutto nei confronti dei rapporti con il datore di lavoro, allo scopo di verificare la fattibilità per quel lavoratore di eventuali modifiche dell'organizzazione del lavoro o della mansione.

---

#### **Radiazioni ottiche artificiali**

L'individuazione dei soggetti particolarmente sensibili al rischio riscalda, in generale, le categorie riportate in tabella II, rispetto alla quale si ritiene opportuno introdurre

alcune modifiche e integrazioni. In analogia con i CEM, sono stati valutati i due parametri fondamentali, cioè la tipologia di effetto considerato (effetti diretti ed effetti indiretti), e la banda spettrale interessata: radiazione ultravioletta, visibile ed infrarossa. Sulla base di tali elementi sono state quindi definite le condizioni di particolare sensibilità, di natura fisiologica o patologica, nelle specifiche bande spettrali e le conseguenti situazioni lavorative che potrebbero prefigurare un rischio per il lavoratore esposto a livelli di radiazione anche inferiori ai limiti previsti dalla normativa per i lavoratori.

Analogamente a quanto riportato in tabella II, sono state anche incluse nel novero delle condizioni di ipersuscettibilità la gravidanza e l'epilessia, la prima in relazione alla radiazione infrarossa, la seconda alla luce intermittente.

### Effetti diretti

Gli effetti associati all'interazione diretta campo-tesuto riconoscono due principali meccanismi d'azione:

- le lunghezze d'onda appartenenti alle bande UV (100 - 400 nm) e visibile (400 - 780 nm) determinano un **effetto** di tipo **fotochimico**, in quanto l'interazione con il substrato molecolare (anche detto cromoforo) catalizza reazioni, quali ossidazioni e isomerizzazioni, eventualmente favorite dalla presenza di ossigeno, con conseguente danno, reversibile o irreversibile; in quest'ultimo caso rientra la azione mutagenica per danno diretto al DNA.
- per lunghezze d'onda comprese tra 780 nm e 1 mm (IR) si osserva invece un **effetto** di natura **termica**, per deposizione diretta di calore nel tessuto da parte della radiazione o per trasporto del calore medesimo da un tessuto più superficiale direttamente irradiato ad uno più profondo. In funzione dell'intensità e della durata dell'esposizione si possono avere effetti di tipo coagulativo (precipitazione delle proteine e di altre macromolecole a causa del riscaldamento) o di vera e propria combustione. Per effetti di tipo termico a livello dell'occhio e della cute è necessario un aumento di temperatura di almeno 10 °C rispetto a quella corporea.

Gli **effetti diretti** derivanti dai meccanismi citati e considerati nella presente trattazione sono riportati nella seguente tabella (tabella VIII).

### Rischi ed indicazioni di idoneità

Come detto, i principali **organi bersaglio** delle radiazioni ottiche sono **l'occhio e la cute**. Sulla base degli effetti descritti in tabella VIII, verranno quindi analizzati separatamente i diversi quadri clinici che, se presenti, potrebbero determinare una condizione di particolare suscettibilità al danno da parte delle ROA, favorendo o accelerando l'insorgenza o l'aggravarsi delle patologie sopra citate.

Tali condizioni sono, per **l'occhio**:

- Mancanza o alterazione di strutture oculari
- Presenza congenita di "drusen"
- Presenza di opacità del cristallino in presenza di esposizione ad altri fattori catarattogeni

Per la **cute**:

- Assenza totale o parziale di melanina
- Neoplasie della cute e sindromi predisponenti
- Patologie cutanee fotoinducibili o aggravabili dalla fotoesposizione

A parte, come detto, verranno considerate le condizioni di presenza di patologia epilettica non controllata e di stato di gravidanza.

### Occhio

Una prima condizione riguarda la **mancanza** o l'**alterazione** di strutture quali il **cristallino, l'iride e la pupilla**. L'assenza del cristallino (**afachia**) comporta infatti una maggiore penetrazione della radiazione UV nell'intervallo 300 - 400 nm, con raggiungimento della retina e possibile danno di tipo fotochimico, ma anche della radiazione infrarossa nella banda 1.500 - 1.800 nm, con possibilità di effetti termici sul tessuto retinico. La presenza di un cristallino artificiale (**protesi del cristallino - Intra Ocular Lens o IOL**) permette invece il passaggio di una quota maggiore di radiazione visibile, nell'intervallo 400 - 550 nm, includente quindi anche le lunghezze d'onda del blu-violetto, e aumentando pertanto l'esposizione della retina alla componente maggiormente lesiva dello spettro visibile. Può essere maggiore, in funzione della lente, anche la quota di UV nell'intervallo 300 - 400 nm in grado di giungere alla retina, con rischi di natura fotochimica per questa struttura.

Per quanto riguarda l'iride, le condizioni che ne comportano l'assenza congenita (**aniridia**) o che determinano la mancanza di parti della superficie iridea (**colobomi**, che possono essere più o meno estesi, a settore circolare, irregolari o di altra forma) si traducono nella penetrazione di una maggior quantità di radiazione ottica in generale. Se le

**Tabella VIII. Quadro sinottico degli effetti diretti considerati ai fini dell'individuazione dei lavoratori particolarmente sensibili al rischio**

EFFETTI DIRETTI			
	OCCHIO	CUTE	ALTRI
EFFETTI A BREVE TERMINE	Fotocheratite	Fotoeritema	Scatenamento epilessia (Vis)
	Fotoretinite	Ustione	Danno per effetto termico (IR) al prodotto del concepimento
	Cataratta	Esacerbazione di quadri patologici preesistenti	
	Ustione corneale		
EFFETTI A LUNGO TERMINE	Danno retinico (da luce blu)	Cancerogenesi (da UV)	

altre strutture sono integre, questo implica un'esposizione complessiva più elevata della retina allo spettro visibile, quindi anche alla lesività a lungo termine della luce blu.

La pupilla può essere interessata da alterazioni di tipo funzionale (es. **midriasi fissa**), le quali, diminuendo o abolendo la reattività pupillare alle condizioni di illuminazione ambientale, comportano nel tempo una penetrazione maggiore di radiazione visibile, incluse ovviamente le lunghezze d'onda più energetiche (blu-violetto).

Infine, esiste una condizione, che riguarda la retina, di potenziale maggior suscettibilità all'effetto lesivo cronico della componente blu-violetta: si tratta della presenza congenita delle cosiddette *drusen*. Le *drusen* sono depositi di materiale lipofuscinico, che derivano dall'incompleta degradazione delle strutture proteiche e lipidiche dei fotorecettori e che tendono ad accumularsi nell'epitelio pigmentato della retina (fisiologicamente deputato al turnover dei segmenti esterni dei coni e dei bastoncelli), spesso localizzandosi tra quest'ultimo ed i vasi coroidei. La presenza di *drusen*, che sono visualizzabili all'esame del fondo oculare come macchioline giallastre, tende ad aumentare con l'età, riflettendo verosimilmente la progressiva minor efficienza dei meccanismi di riciclo fisiologico delle macromolecole biologiche e l'accumularsi del danno fotochimico legato all'esposizione *lifetime* della retina alla componente blu-violetta. La presenza eccessiva di *drusen* può comportare interferenza con il metabolismo dell'epitelio pigmentato e rendere più difficoltosi gli scambi trofici a livello dei vasi coroidei, fenomeni che si possono tradurre in una sofferenza metabolica dei fotorecettori, specie di quelli maculari. Tutto ciò sembra avere un ruolo significativo nella patogenesi della condizione nota come **degenerazione maculare legata all'età**, che comporta un calo più o meno accentuato della capacità di discriminazione visiva e del senso cromatico.

Vi sono individui che, per ragioni congenite, sono portatori anche in età precoce di una quantità significativamente più elevata di drusen rispetto al resto della popolazione. Questa condizione potrebbe tradursi nella diminuzione della riserva funzionale di strutture quali l'epitelio pigmentato e avere come risvolto l'insorgenza più precoce e più grave del fenomeno della degenerazione maculare, anche in presenza di livelli di esposizione alla componente maggiormente energetica dello spettro visibile che sono non lesivi o sono poco lesivi per altri individui.

È importante sottolineare che i fenomeni di degenerazione maculare possono essere facilitati o aggravati dall'abitudine al fumo. Il fumo potrebbe agire infatti come induttore di stress ossidativo a livello dei fotorecettori e dell'epitelio pigmentato, determinando in tal modo la sovrapposizione di un danno da sovrapproduzione di specie reattive dell'ossigeno al progressivo accumulo di danno legato sia al decadimento nel tempo dell'efficienza del normale turnover fisiologico sia all'effetto cumulativo dell'esposizione alla luce blu-violetta. Questo aspetto deve quindi essere considerato qualora un soggetto nelle condizioni sopradescritte sia anche un forte fumatore.

Naturalmente tutte le condizioni ora delineate **non determinano automaticamente una controindicazione tassativa** a mansioni che espongono a radiazioni ottiche. È infatti molto difficile quantificare in queste situazioni il

rischio aggiuntivo legato a determinati valori di esposizione e individuare livelli sicuri. I limiti di esposizione riportati nel D.lgs 81/2008 non sono necessariamente protettivi in questi casi, ma **molto è legato**, dopo un'accurata valutazione dell'esposizione, di eventuali coesposizioni e delle variabili legate al lavoratore, **alla disponibilità e all'effettivo utilizzo di DPI efficaci**.

Allo stato delle conoscenze non si ritiene invece condizione prefigurante una particolare sensibilità al rischio la presenza di opacità congenite del cristallino in relazione alla cataratta indotta da radiazione UV o da radiazione IR. Infatti, le soglie per la radiazione UV ed IR riferite all'induzione di cataratta sono, così come nel caso delle radiazioni ionizzanti e delle radiofrequenze, molto distanziate dagli effettivi limiti di esposizione, non considerandosi tale distanza colmabile dalla semplice presenza di opacità preesistenti. Queste considerazioni potrebbero tuttavia non essere più valide in presenza di **esposizione combinata a più fattori catarattogeni**.

#### Cute

Le condizioni di particolare sensibilità al rischio da considerare in prima istanza sono, per la gravità della patologia indotta, quelle riferibili al danno **cancerogenico da UV**. Tra queste si ricordano l'**albinismo** (che comporta l'assenza congenita di melanina) e, tra i non albinici, il **fenotipo I**, che è il più chiaro conosciuto.

Stante l'approccio cautelativo, che prevede l'assenza di soglia di induzione di tale effetto, in questi casi il **giudizio di idoneità** dovrà tener conto, oltre che dei livelli espositivi, di eventuali coesposizioni (es. fumo di tabacco, IPA di origine lavorativa) **ma soprattutto della disponibilità ed efficacia dei DPI per le zone esposte**.

Sempre in riferimento alla cancerogenesi da UV devono essere segnalate altre condizioni di potenziale maggior sensibilità al rischio, che operano sulla base di un semplice meccanismo di tipo favorente/aggravante. Ad esempio la preesistenza di una **neoplasia della cute** (basalioma, spinalioma, melanoma trattati) e la sussistenza di **condizioni preneoplastiche** più o meno a rischio quali nevi displastici, cheratosi attiniche, lichen scleroatrofico, cheloidi, esiti di ustioni estese. Questi quadri (soprattutto i nevi displastici e le cheratosi attiniche) possono prefigurare una **controindicazione** all'esposizione ad UV, naturalmente se la lesione si trova **in aree di cute esposta e non proteggibile**.

Le **sindromi di alterato riparo del DNA** (mutazioni dei geni della riparazione del DNA, ad es. atassia teleangiectasia - AT e xeroderma pigmentoso - XP) devono comportare invece **l'inidoneità in tutti i casi**.

Esistono poi patologie della cute o ad interessamento cutaneo per le quali l'esposizione alla radiazione UV può comportare uno scatenamento o un'esacerbazione della sintomatologia. Una delle principali, anche per la frequenza di riscontro nella popolazione generale (2-3%), è data dalla **psoriasi**, che può manifestarsi in forme cliniche molto diverse ma che, in una quota significativa di casi, può essere aggravata dal punto di vista delle manifestazioni dall'esposizione della cute alla radiazione ultravioletta, anche di bassa intensità (in altri casi invece l'UV ha addirittura un riconosciuto ruolo terapeutico). **L'idoneità** dei lavoratori af-

fetti da psoriasi a mansioni che espongono a UV va quindi **valutata caso per caso**, sulla base della forma clinica, della localizzazione e delle caratteristiche individuali.

Malattie della cute, fortunatamente rare, quali **Pemfigo** e **Pemfigoide**, che presentano come meccanismo patogenetico una reazione autoimmune a livello delle strutture della giunzione dermoepidermica, possono essere esacerbate dall'esposizione a UV e si ritiene pertanto che i lavoratori affetti **non siano idonei** a mansioni che comportano tale esposizione.

Sono note infine patologie di natura autoimmune con frequente, anche se variabile, interessamento cutaneo. La principale è il **lupus eritematoso**, sia nella forma discoide (locale) che nelle forme sistemiche; altre sono rappresentate da **dermatomiosite**, **sclerodermia**, **eritema nodoso** etc. La radiazione UV, anche di basso livello, può scatenare o aggravare le manifestazioni cliniche di queste forme morbose; in presenza delle quali, ed in funzione del loro stadio clinico, dovrà essere presa in considerazione una non idoneità a mansioni che comportano tale esposizione. Le stesse considerazioni possono essere svolte nei casi di **artrite reumatoide** (la più diffusa tra le malattie autoimmuni, che colpisce oltre l'1% della popolazione generale) quando la malattia clinicamente manifesta interessi, anche marginalmente, la cute.

#### Effetti su altri organi/apparati

Oltre agli effetti riferiti su cute ed occhio, è necessario ricordare che anche per la radiazione ottica la **gravidanza** rappresenta una condizione di ipersuscettibilità al rischio.

Il prodotto del concepimento infatti potrebbe essere interessato da effetti di tipo termico qualora la gestante si trovasse **esposta a sorgenti di radiazione infrarossa intense in presenza di condizioni microclimatiche sfavorevoli**. In questo caso si potrebbe assistere ad una combinazione di effetti di riscaldamento, potenzialmente pericolosi per il concepito. È molto difficile quantificare un simile rischio nei termini di tipologia di sorgenti IR critiche in relazione ai parametri microclimatici ambientali. D'altra parte, in considerazione del livello di tutela giuridica della gravidanza e delle numerose tipologie di attività a rischio dalle quali la gestante è esclusa a termini di legge, è arduo ipotizzare la sussistenza di queste situazioni nelle realtà lavorative del nostro Paese.

Sempre in riferimento agli effetti diretti è doveroso citare quale condizione di particolare sensibilità al rischio da radiazioni ottiche, per completezza e perché comunque riconosciuta dalle indicazioni operative del Coordinamento Tecnico delle Regioni, l'**epilessia**. Alcune forme cliniche di epilessia possono infatti presentare lo scatenamento della sinto-

matologia in occasione dell'esposizione del paziente a **flash luminosi ripetuti, la cui frequenza sia compresa tra 15 e 25 al secondo**. Se il paziente è in trattamento farmacologico efficace e se l'aderenza al trattamento medesimo è buona questo effetto, al pari dell'intera sintomatologia della malattia, non si manifesta, non facendo quindi prevedere ricadute in termini di idoneità. Al contrario, i lavoratori affetti **non in trattamento** o per i quali sia ipotizzabile o dimostrabile una **mancata aderenza** al medesimo **non possono essere ritenuti idonei a mansioni che espongono a stimolazione luminosa intermittente**, specie se di alta frequenza.

#### Effetti indiretti

Gli effetti indiretti ipotizzabili in questo intervallo dello spettro elettromagnetico sono quelli riconducibili a meccanismi di natura **fotosensibile** e **fotoallergica**, a seguito di esposizione combinata a radiazione ottica nel range visibile-UV e ad agenti chimici. Tutte le forme di fotosensibilità insorgono più frequentemente sulle superfici cutanee esposte al visibile-UV per l'interazione con molecole fotoattive assunte per via sistemica e presenti nel microcircolo periferico o applicate localmente. Le reazioni fotosensibili, che sono eventi non-immunologici, sono di gran lunga più frequenti delle reazioni fotoallergiche.

Tali effetti sono importanti nel novero dei rischi da radiazioni ottiche per i seguenti motivi:

- **interessano potenzialmente un numero di lavoratori superiore** rispetto a quello ipotizzabile per i soli effetti diretti;
- sono notevolmente **sottostimati**;
- sono maggiormente influenzati da **fattori di confondimento** legati all'esposizione a sostanze contenute in preparazioni farmaceutiche, cosmetiche, alimentari etc.;
- sono, almeno per quanto riguarda le reazioni fotoallergiche, **potenzialmente gravi** e, dopo la rimozione dell'esposizione alla sostanza o alle sostanze coinvolte, spesso **residua una condizione persistente di fotosensibilità**;
- i **limiti di esposizione per la radiazione UV e per la radiazione visibile (ICNIRP 1997, 2004) non sono protettivi** nei confronti di reazioni fotosensibili e/o fotoallergiche;
- gli **eventuali limiti di esposizioni esistenti per sostanze chimiche** coinvolte in reazioni di fotosensibilizzazione **non sono necessariamente protettivi** nei confronti di questa tipologia di effetto.

Per poter effettuare una diagnosi più precisa si riportano di seguito le caratteristiche cliniche differenziali tra le due forme descritte (tabella IX).

Tabella IX. *Caratteristiche cliniche delle reazioni di fotosensibilità*

CARATTERISTICHE	REAZIONI FOTOTOSSICHE	REAZIONI FOTOALLERGICHE
Incidenza	Alta (teoricamente 100%)	Bassa
Manifestazioni cliniche	Simili all'ustione solare	Simil-eczematosa o a varia morfologia
Possibili reazioni alla prima esposizione	Si	No
Latenza alla prima esposizione	No	Si
Possibili manifestazioni non limitate all'area di contatto	No	Si
Reazioni crociate con sostanze chimicamente simili	No	Si
Concentrazione della sostanza	Media/Alta	Anche bassa

**Rischi ed indicazioni di idoneità**

Esempi di ambiti lavorativi con presenza di sostanze chimiche a potenziale rischio di effetti fotosensibilizzanti sono:

- Attività che espongono a IPA;
- Produzione di coloranti;
- Produzione di derivati del petrolio;
- Operazioni di verniciatura materiali;
- Industria cosmetica;
- Industria farmaceutica;
- Trattamenti estetici.

Le tabelle X e XI riportano le indicazioni sugli agenti sensibilizzanti individuati dall'ICNIRP.

Appare quindi inaccettabilmente riduttivo circoscrivere la valutazione e la gestione del rischio di effetti indiretti ai casi nei quali l'esposizione a radiazione ottica e a sostanze fotosensibilizzanti siano entrambi ascrivibili allo specifico luogo di lavoro nel quale opera il lavoratore. Infatti, l'esposizione ad agenti fotosensibilizzanti può essere anche **estranea all'ambito lavorativo** (come nel caso del lavoratore che assume farmaci a rischio), ma deve essere comunque **valutata e gestita in termini di misure di tutela e di eventuale giudizio di idoneità**.

È opportuno sottolineare che le stesse sorgenti di radiazione ottica non devono essere necessariamente quelle alle quali il lavoratore è esposto in ragione della specifica lavorazione, ma possono essere anche quelle **presenti nell'ambiente di lavoro adibite ad altri scopi** (ad esempio speci-

fiche tipologie di sistemi di illuminazione dell'ambiente, considerate anch'esse fonte di esposizione lavorativa).

Gli effetti di fotosensibilizzazione rappresentano pertanto un aspetto che deve essere considerato nella valutazione del rischio per i **lavoratori esposti a radiazioni ottiche artificiali e a numerosi agenti chimici**. In termini di formulazione del giudizio di idoneità, è molto difficile nelle singole situazioni lavorative ipotizzare che una determinata coesposizione (sezione dello spettro ottico unitamente ad una o più sostanze fotosensibilizzanti presenti nel luogo di lavoro) costituisca condizione di controindicazione alla mansione. È molto più probabile che tale evenienza possa realizzarsi in caso di assunzione da parte del lavoratore di farmaci a rischio, ma non sono esclusi altri tipi di esposizione ad agenti chimici, anche a carattere professionale.

In ogni caso, l'eventuale **controindicazione alla mansione** deve essere valutata in funzione del **grado di incidenza della reazione avversa** (fototossica o fotoallergica) riportata in letteratura, della presenza di uno **stato atopico** e delle **condizioni di esposizione**. In relazione a quest'ultimo parametro è necessario sottolineare che la formulazione del giudizio di idoneità, in relazione ai meccanismi d'azione descritti in particolare per la reazione fotoallergica, potrebbe anche prescindere da una valutazione complessiva della situazione espositiva e da una verifica del livello di protezione che può offrire l'utilizzo, anche combinato, dei DPI.

Tutte le considerazioni espresse, sia per gli effetti **diretti** che per quelli **indiretti**, vengono sinteticamente riportate nella seguente e conclusiva tabella (tabella XII).

**Tabella X. Agenti responsabili di fotosensibilizzazione per azione locale (da ICNIRP, 2004)**

Agente	Tipo di reazione	$\lambda$ efficaci (nm)
Sulfonamidi e composti correlati	Fototossica e fotoallergica	290 - 320
Composti salicilanilidici (disinfettanti) in saponi e deodoranti	Fototossica e fotoallergica	290 - 400
Fenotiazine (creme, coloranti e insetticidi)	Fototossica e fotoallergica	320 - visibile
Coloranti	Iperpigmentazione fototossica	Visibile
Catrame e derivati (composti fenolici)	Fototossica	340 - 430
Oli essenziali (profumi e acque di colonia)	Iperpigmentazione fototossica	290 - 380
Composti furocumarinici (psoraleni)	Iperpigmentazione fototossica	290 - 380
Solfuro di cadmio (tatuaggi)	Fototossica	380 - 445

**Tabella XI. Agenti responsabili di fotosensibilizzazione dopo somministrazione orale o parenterale (da ICNIRP, 2004)**

Agente	Tipo di reazione	$\lambda$ efficaci (nm)	Incidenza delle reazioni
Amiodarone	Fototossica	300 - 400	Alta
Diuretici tiazidici	Fotoallergica	300 - 400	Media
Clorpromazina e fenotiazine correlate	Fototossica e fotoallergica	320 - 400	Media
Acido nalidixico	Fototossica	320 - 360	Alta
Antinfiammatori non steroidei	Fototossica e fotoallergica	310 - 340	Bassa
Protriptilina	Fototossica	290 - 320	Alta
Psoraleni	Fototossica	320 - 380	Alta
Sulfonamidi (batteriostatici e antidiabetici)	Fotoallergica	315 - 400	Bassa
Tetracicline	Fototossica	350 - 420	Media

**Tabella XII. Condizioni o stati patologici che possono comportare una particolare sensibilità del lavoratore alle radiazioni ottiche**

Il carattere **grassetto** individua quelle che potrebbero prefigurare una **controindicazione a mansioni che espongono all'intervallo spettrale corrispondente**. In tutti gli altri casi l'idoneità deve essere valutata in funzione della disponibilità e dell'efficacia dei DPI, nonché delle condizioni di esposizione. Si rimanda comunque al testo per i necessari approfondimenti

INTERVALLO SPETTRALE / PATOLOGIE E/O CONDIZIONI PREDISPONENTI	UV	VISIBILE	IR
<b>EFFETTI DIRETTI</b>			
<b>Occhio</b>			
Alterazioni delle strutture oculari	<i>Afachia, protesi del cristallino (IOL) - maggior probabilità di danno retinico fotochimico nell'intervallo 300 - 400 nm</i>	<i>Alterazioni dell'iride (colobomi, aniridie) e della pupilla (es. midriasi fissa) - maggior probabilità di danno retinico fotochimico nello spettro visibile;</i>  <i>Protesi del cristallino (IOL) - maggior probabilità di danno retinico fotochimico nell'intervallo 400 - 550 nm</i>  <i>Portatori di drusen (danno da luce blu potenzialmente accentuato)</i>	<i>Afachia (danno retinico termico nell'intervallo 1.500 - 1.800 nm)</i>
<b>Cute</b>			
Fototipi sensibili	Albinismo, Fototipo 1		
Sindromi neoplastiche o preneoplastiche (predisponenti)	<b>Basalioma, spinalioma, melanoma trattato, nevi displastici, cheratosi attiniche (in zone esposte), lichen scleroatrofico (in zone esposte), portatori di mutazioni dei geni della riparazione del DNA (AT, XP), cheloidi (in zone esposte), esiti di ustioni estese (in zone esposte)</b>		
Patologie cutanee fotoinducibili o aggravabili dalla fotoesposizione	<i>Psoriasi (caso per caso in funzione della diversa sensibilità cutanea agli UV),</i>  <b>Pemfigo e Pemfigoide</b>  <b>Connettiviti e sindromi autoimmuni con interessamento cutaneo</b> (es. LES, dermatomiosite, sclerodermia, eritema nodoso, etc.)		
<b>Altri Effetti</b>			
Epilessia non controllata		<b>Luce intermittente con flash tra 15 e 25/s</b>	
Gravidanza			<b>Effetti termici con impatto sul prodotto del concepimento</b> (in condizioni microclimatiche sfavorevoli)
<b>EFFETTI INDIRETTI</b>			
Esposizione combinata a fotosensibilizzanti	<b>Farmaci (tabella X-XI)</b> <b>Esposizione lavorativa a fotosensibilizzanti (tabella X-XI)</b>		

## Bibliografia

- 1) American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 2010 TLVs and BEIs. ACGIH 2010.
- 2) Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003. Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz. G.U. 28 agosto 2003 n. 199.
- 3) Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003. Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti. G.U. 29 agosto 2003 n. 200.
- 4) Decreto Legislativo 26 marzo 2001, n. 151. Testo unico delle disposizioni legislative in materia di tutela e sostegno della maternità e della paternità, a norma dell'articolo 15 della legge 8 marzo 2000, n. 53. G.U. 26 aprile 2001 n. 96 - Supplemento Ordinario n. 93.
- 5) Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81. Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. G.U. 30 aprile 2008 n. 101 - Supplemento Ordinario n. 108.
- 6) Direttiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio 29 aprile 2004. Prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (diciannovesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE). G. U. Unione Europea 24 maggio 2004 n. L 184/1.
- 7) Direttiva 2006/25/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio 5 aprile 2006. Prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (radiazioni ottiche artificiali) (diciannovesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE). G.U. Unione Europea 27 aprile 2006 n. L 114/38.
- 8) EMF-NET. WP2.2 Deliverable report D5ter: Report on studies on hypersensitivity, February 2007 (disponibile all'indirizzo web: [http://web.jrc.ec.europa.eu/emf-net/doc/reports/D5Ter\\_Report%20on%20studies%20on%20Hypersensitivity.pdf](http://web.jrc.ec.europa.eu/emf-net/doc/reports/D5Ter_Report%20on%20studies%20on%20Hypersensitivity.pdf))
- 9) Gobba F. Valutazioni scientifiche in tema di ipersensibilità a campi elettromagnetici. Atti del XVIII Congresso Nazionale AIRM. Riva del Garda, 4-7 giugno 2003: 131-147.
- 10) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields. ICNIRP Guidelines. Health Phys 1994; 66: 100-106.
- 11) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3µm). ICNIRP Guidelines. Health Phys 1997; 73: 539-554.
- 12) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). ICNIRP Guidelines. Health Phys 1998; 74: 494-522.
- 13) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation). ICNIRP Guidelines. Health Phys 2004; 87: 171-186.
- 14) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Health issues of ultraviolet tanning appliances used for cosmetic purposes. ICNIRP Statement. Health Phys 2004; 84: 119-127.
- 15) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields. ICNIRP Guidelines. Health Phys 2009; 96: 504-514.
- 16) LEGGE 22 febbraio 2001, n.36. Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. G.U. 7 marzo 2001 n. 55.
- 17) Mattei E, Calcagnini G, Censi F, Triventi M, Bartolini P. Radiofrequency dosimetry in subjects implanted with metallic straight wires: a numerical study. 30<sup>th</sup> Annual International IEEE EMBS Conference. Vancouver, British Columbia, Canada, August 20-24, 2008: 4387-4390.
- 18) Norma EN 50499 (CEI 160-23). Procedure for the assessment of the exposure of the workers to electromagnetic fields. CENELEC 2009.
- 19) Rubin GJ, Nieto-Hernandez R, Wessely S. Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (formerly 'electromagnetic hypersensitivity'): An updated systematic review of provocation studies. Bioelectromagnetics 2010; 31:1-11.
- 20) Sibella F, Parazzini M, Paglialonga A, Ravazzani P. Assessment of SAR in the tissue near a cochlea implant exposed to radiofrequency electromagnetic fields. Phys Med Biol 2009; 54: N35-N41.
- 21) Virtanen H, Keshvari J, Lappalainen R. Interaction of radio frequency electromagnetic fields and passive metallic implants - a brief review. Bioelectromagnetics 2006; 27: 431-439.

**Richiesta estratti:** Roberto Moccaldi, CNR - Ufficio Prevenzione e Protezione, Via dei Taurini 19, 00185, Roma, Italy - E-mail: [roberto.moccaldi@cnr.it](mailto:roberto.moccaldi@cnr.it)