

Alberto Battaglia¹⁻³, Elisa Lanza², Andrea Battaglia³, Francesca Collino³, Edda Maria Capodaglio⁴, Marcello Imbriani⁵

Criteri applicativi del metodo OCRA nella valutazione dell'assemblaggio strutturale degli aeromobili: dati preliminari

¹ Alenia Aermacchi SpA, Servizio Sanitario

² Data Consult Srl, Varese, Servizio di Igiene industriale

³ Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro, Università degli Studi di Pavia, IRCCS Fondazione Salvatore Maugeri, Pavia

⁴ Fisiatria Occupazionale ed Ergonomia, IRCCS Fondazione Salvatore Maugeri, Pavia

⁵ Dipartimento di Sanità Pubblica, Medicina Sperimentale e Forense, Università degli Studi di Pavia, IRCCS Fondazione Salvatore Maugeri, UO OML, Pavia

RIASSUNTO. Nel settore produttivo di aeromobili, lo studio del rischio da movimento ripetuto mediante l'approccio tradizionale con il metodo OCRA incontra due ostacoli di difficile superamento:

- la frequente successione di compiti lavorativi diversi nell'arco della giornata (più di 20)
- la definizione di un numero attendibile di azioni elementari nel tempo.

L'applicazione del metodo Ocra tradizionale fornisce in questo ambito produttivo un indice che è funzione della scelta del campionamento dei diversi compiti, piuttosto che dell'effettivo rischio.

Lo studio propone un metodo applicato e sperimentato ormai su diversi cicli produttivi, finalizzato a definire il carico ergonomico complessivo del gruppo omogeneo di esposti, basato sull'equazione Ocra e sull'analisi di specifici compiti e che si avvale dei dati di produzione ben determinato per ogni modello di velivolo.

Parole chiave: attività lavorative ripetitive, Ocra, WMSD, produzione aeromobili.

ABSTRACT. In the aircraft productive sector, the risk assessment of repetitive occupational activities through the OCRA method presents some major obstacles:

- high number of different tasks (more than 20) carried out during the work shift
- definite identification of the number of technical actions per cycle.

Risk assessment through the traditional OCRA method provides in this sector a index which varies according to the sampling of the occupational tasks, rather than reflecting the effective risk level.

The study raises an OCRA-based method which is applicable in the aircraft production sector and defines the overall ergonomic load for homogeneous groups of exposed workers, based on production data specified for each aircraft model.

Key words: occupational repetitive actions, Ocra, WMSD, aircraft production.

Introduzione

L'attività lavorativa ripetitiva svolta con gli arti superiori costituisce un fattore di rischio per lo sviluppo dei disordini muscolo scheletrici (work-related musculo-skeletal disorders, WMSD), che rappresentano attualmente una delle principali patologie occupazionali (1, 2, 3).

I WMSD includono sia i disordini indotti direttamente dal lavoro o dalle modalità di esecuzione dello stesso, sia i disordini preesistenti e aggravati dal lavoro; essi sono collegati a movimenti e posture incongrue di tutto il corpo (chinarsi, raddrizzarsi, inginocchiarsi) o degli arti superiori (tenere, piegare, arrotolare, avvitare, schiacciare, afferrare, stringere) che possono costituire un rischio per la salute del lavoratore se vengono eseguiti con una certa ripetitività.

I WMSD sono motivo di forte preoccupazione nei paesi europei, non solamente per gli effetti arrecati alla salute dei lavoratori ma anche per l'enorme impatto sociale ed economico, con costi diretti (diagnosi, terapia) ed indiretti (assenze per malattia, sostituzione dei lavoratori assenti, riduzione della produttività) ingenti.

Secondo un'indagine condotta dall'European Agency for Safety and Health at work si stima che il costo delle patologie muscolo-scheletriche a carico degli arti superiori correlate al lavoro (work-related upper limb musculo-skeletal disorders, UL-WMSD) sia compreso tra lo 0.5% e il 2% del prodotto nazionale lordo (4).

Da quanto sopra scritto si evince l'importanza della prevenzione dei WMSD. In particolare interventi di riorganizzazione e riprogettazione del layout lavorativo possono contribuire ad una riduzione degli indici di rischio con incremento della produttività (5). La valutazione del rischio diventa perciò uno strumento fondamentale nell'approccio alla gestione dei WMSD, per l'individuazione di situazioni rischiose e per la progettazione di interventi specificamente mirati all'abbattimento o alla riduzione del rischio.

Il nostro lavoro ha come obiettivo l'applicazione del metodo OCRA (Occupational Repetitive Actions) (6, 7) nei cicli produttivi dell'assemblaggio di aerei, finalizzato alla quantificazione del rischio dovuto ad attività ripetitive degli arti superiori.

La produzione di aerei

La produzione di aerei, sia per il settore militare che per quello civile, comporta una elevata tecnologia sia nella fase di progettazione che in quella di produzione (Figura 1).

La fase produttiva è caratterizzata da alcuni aspetti non abituali nelle altre attività di produzione industriale. In primo luogo, la sicurezza del volo impone standard produttivi di elevatissima qualità, per cui il soddisfacimento dei requisiti del prodotto finale è prioritario rispetto al criterio quantitativo di produzione. Ciò fa sì che i criteri organizzativi del lavoro siano subordinati al raggiungimento dello standard qualitativo, e non a rigide tempistiche di produzione.

Inoltre esiste una notevole lunghezza del ciclo produttivo, cioè del tempo impiegato per il completamento di un aereo, insieme ad un notevole numero di lavoratori addetti.

Lo studio ergonomico di questo tipo di produzione industriale risente degli aspetti appena illustrati ed incontra, inevitabilmente, alcuni ostacoli tra i quali i più rilevanti sono due:

- l'assenza di un tempo di ciclo come abitualmente è considerato negli studi sul movimento ripetuto;
- l'estrema variabilità della cadenza di ripetizione di compiti lavorativi simili nel tempo.



Figura 1. *Modello di aereo prodotto dall'azienda*

L'assemblaggio strutturale

Nell'ambito della produzione di aerei, l'attività più caratterizzata da lavoro ripetitivo è l'assemblaggio strutturale, che rappresenta una fase cruciale rispetto all'applicazione di un elevato livello di tecnologia associato ad una notevole abilità manuale.

Essa si caratterizza come attività ripetitiva, in quanto impegna prevalentemente gli arti superiori secondo cicli brevi o simili per oltre il 50% del tempo lavorativo, e presenta i classici fattori di rischio (ripetitività, uso di forza, posture incongrue, fattori complementari) (8).

Durante l'assemblaggio le parti componenti (lastre, pannelli, fusoliere, ali ...), in metallo o in fibra di carbonio, vengono preparate in vista del montaggio finale (per la

composizione dell'intero aereo), secondo il modello specifico e nel rispetto di precisi criteri tecnici che ne assicurano portata, stabilità, aerodinamica, sicurezza, resistenza. Nell'assemblaggio di un singolo aereo sono coinvolti complessivamente circa 200 operai su due turni, per un periodo di almeno 10000 ore.

L'area del reparto assemblaggio, relativamente alla sede produttiva esaminata, è strutturata secondo un'impostazione ergonomica, secondo la quale il compito viene adattato all'operatore al fine di evitare sovraccarichi di tipo fisico e biomeccanico. Le posture incongrue e la movimentazione di gravi risultano in questo modo ridotte al minimo, in quanto le componenti oggetto di lavorazione vengono ad essere posizionate in modo ottimale rispetto all'intervento dell'operaio. Il lavoro è organizzato a "isole", in ciascuna delle quali i componenti vengono posizionati in maniera variata (attraverso supporti per rotazione, innalzamento, abbassamento, ravvicinamento ...), in modo da consentire l'intervento della squadra di operai in modo ottimale.

L'attività di assemblaggio comprende la preparazione, applicazione e serraggio di piccoli elementi di giunzione tra i vari componenti dell'aeromobile, numericamente presenti nell'ordine delle decine di migliaia per un singolo aereo. Gli organi di collegamento sono tra loro differenti (giunti mobili, giunti solidi, ...) (Figura 2) e prevedono tecniche di avvitamento diverse, assimilabili a quella definita come "dado e bullone" (avvitamento uno sull'altro), o "rivetto a strappo" (l'elemento di giunzione viene modificato mediante trazione meccanica fino ad un carico di rottura prestabilito) o "chiodo" (l'elemento di giunzione, una volta introdotto nel foro, viene ribadito meccanicamente con un martello pneumatico). Le diverse tecniche di giunzione si contraddistinguono per numero di azioni richieste e impegno di forza e postura, in base al tipo di organo di collegamento e al posizionamento dello stesso sul componente (Figura 3).

I diversi compiti, pur comprendendo cicli simili tra loro, si differenziano per le azioni tecniche richieste e quindi per le specifiche richieste relative a postura, forza, ripetitività e altri fattori complementari.

Ciascun operaio all'interno di una squadra di lavoro compie nel turno molti compiti diversi, cioè utilizza successivamente diversi attrezzi per fissare diversi tipi di organi di collegamento su diverse parti. In questo modo ogni lavoratore risulta esposto durante il turno ad una varietà di compiti che difficilmente si ripetono in sequenza o in tipologia nel corso della settimana o del mese lavorativo. La distribuzione nel tempo dei compiti ripetitivi svolti da uno stesso operaio risulta quindi altamente variabile.

Ciò rende l'indice OCRA tradizionale di difficile applicazione.

In riferimento alla mansione di "assemblatore strutturale" è infatti impossibile scegliere adeguatamente una porzione rappresentativa del ciclo produttivo, a causa dell'ampia variabilità tra le fasi successive.

L'analisi organizzativa preliminare all'applicazione del metodo di valutazione del rischio, tesa a definire l'alternanza tra compiti e la periodicità attribuita ad un lavoratore o a gruppi omogenei di lavoratori su diversi archi temporali (giornate, settimane, mesi anni lavorativi)



Figura 2. Esempio di organo di collegamento



Figura 3. Esempio di fase preparatoria del foro: svasatura

fornisce, nel contesto produttivo considerato, quadri di situazioni molto variabili e troppo imprevedibili; tentativi di applicazione del metodo Ocra hanno fornito risultati costantemente variabili in funzione della scelta della porzione di ciclo analizzata, a causa della estrema variabilità della successione dei compiti svolti da un operatore durante il turno.

L'impossibilità di applicare il metodo OCRA tradizionalmente inteso a questo tipo di attività ha suscitato la ricerca verso un metodo alternativo, strutturalmente aderente all'OCRA, che tenesse in considerazione l'ampia variabilità caratterizzante questo settore produttivo.

Materiali e Metodi

Avendo come riferimento fondamentale il metodo Ocra per l'analisi del rischio da attività ripetitive, riconosciuto come standard internazionale (9), si è proceduto ad una considerazione dei gruppi omogenei di attività, in base allo schema progettuale specifico per ciascun velivolo ed alla esposizione dei lavoratori.

Il modello di calcolo dell'indice OCRA

Il calcolo dell'indice OCRA si attua fondamentalmente dal rapporto tra le azioni tecniche attualmente svolte in un turno di lavoro (ATA), e le azioni tecniche raccomandate (RTA):

$$\text{Indice OCRA} = \frac{ATA}{RTA} \quad (1)$$

L'indice ha valore predittivo per il rischio di sviluppare UL-WMSD, che viene indicato in base a diversi livelli: accettabile (valore dell'indice fino a 2,2), lieve (valore compreso fra 2,3 e 3,5) o medio-alto (valore superiore a 3,6) (7).

Le azioni tecniche attualmente svolte nel turno (ATA) vengono calcolate con la sommatoria dei prodotti tra la frequenza media delle azioni al minuto (F) presenti in un compito ripetitivo e la durata netta in minuti del compito stesso (D). Per cui:

$$ATA = \sum (F \times D) \quad (2)$$

Le azioni tecniche raccomandate (RTA) vengono invece calcolate con la sommatoria sottostante, riferita a ciascun compito ripetitivo (j):

$$RTA = \sum [CF \times (FoMj \times PoMj \times ReMj \times AdMj) \times Dj] \times (Rc \times Du) \quad (3)$$

dove:

CF = costante di frequenza di azioni tecniche per minuto raccomandata in condizioni di riferimento (30 azioni/minuto);

FoM, PoM, ReM, AdM = fattori moltiplicativi (M) in relazione ai fattori di rischio forza (Fo), postura (Po), ripetitività o stereotipia (Re), fattori complementari (Ad);

D = durata dello specifico compito ripetitivo in minuti. La sommatoria dei compiti viene poi modulata attraverso i moltiplicatori seguenti, riferiti all'intero turno:

Rc = fattore moltiplicativo per il fattore "carenza tempi di recupero";

Du = fattore moltiplicativo che tiene conto della durata complessiva in minuti del lavoro ripetitivo.

L'analisi dei compiti

Per non trascurare la variabilità caratterizzante i diversi compiti, si è ritenuto opportuno analizzare le fasi di preparazione ed applicazione dei singoli organi di collegamento. È stata definita una suddivisione in classi omogenee dei giunti di collegamento e sono state determinate le varie fasi di lavorazione per il loro allestimento:

- foratura
- svasatura
- ricalibratura
- alesatura
- applicazione sigillante
- posizionamento rivetto
- serraggio o ribaditura.

Non tutti i compiti erano necessariamente richiesti per il montaggio di ogni tipo di organo di collegamento, ma la

loro successione nelle procedure di assemblaggio risultava essere a grandi linee costante, seppur con caratteristiche differenti in funzione del tipo di rivetto.

Ciascun tipo di organo di collegamento del velivolo è stato assegnato ad una delle nove classi omogenee identificate dei giunti di collegamento, considerate come classi di afferenza; per ogni classe e per ogni compito è stato definito il numero di azioni tecniche richieste.

Di ogni compito specifico sono state calcolate le azioni tecniche elementari necessarie per il compimento. Secondo il metodo tradizionale OCRA questo valore osservato (ATA) sarebbe stato successivamente rapportato ad un valore di riferimento (RTA) ottenuto moltiplicando una costante (30 azioni/min) per una serie di fattori derivanti dal carico ergonomico delle azioni osservate e derivanti da:

- applicazione di forza, coefficiente Fo,
- carico posturale, coefficiente Po,
- fattori complementari minori, coefficiente Ad,
- stereotipia, coefficiente Re.

Come è noto, tutti questi coefficienti con valori compresi tra 0 e 1 in funzione della rilevanza specifica, generano, secondo il metodo OCRA, un valore di RTA più basso in caso di rischio più elevato. Dato però che per il calcolo delle RTA sarebbe stato necessario conoscere il numero dei giunti installati nel tempo, dato di difficile determinazione nel nostro caso, si è ritenuto di posticipare la fase di calcolo comprendente questa variabile rispetto al computo dei fattori complementari. Per fare questa operazione si è deciso di partire dalla formula di calcolo dell'indice OCRA.

L'assegnazione dei coefficienti moltiplicativi per ciascun compito ha richiesto l'osservazione differita (riproduzione da telecamera digitale) delle azioni tecniche svolte su più cicli, aumentando il numero di cicli osservati nei casi con maggiore variabilità dei risultati, in modo da ottenere una situazione mediamente rappresentativa.

Questa analisi dettagliata ha portato alla costruzione di una sorta di "banca dati delle caratteristiche ergonomiche" riferite alla applicazione di ogni singolo organo di collegamento.

Come precedentemente descritto, l'ostacolo principale dello studio ergonomico di questa mansione era costituito dall'impossibilità di determinare a priori quanti e quali rivetti il lavoratore avrebbe potuto applicare nel tempo. Si è quindi ritenuto opportuno procedere come segue.

Le azioni tecniche modificate

Il punto di partenza è stata la formula principale dell'Indice OCRA (1).

Dato che il valore di riferimento RTA deriva dalla equazione (3), l'indice OCRA è stato espresso come:

$$\text{Indice OCRA} = \frac{ATA}{[30 \times (FoM \times PoM \times ReM \times AdM) \times D] \times (Rc \times Du)} \quad (4)$$

e quindi come:

$$\text{Indice OCRA} = \frac{ATA}{FoM \times PoM \times ReM \times AdM} \times \frac{1}{30 \times D} \times \frac{1}{Rc} \times \frac{1}{Du} \quad (5)$$

Al valore $\frac{ATA}{FoM \times PoM \times ReM \times AdM}$ costituito dal numero delle azioni tecniche osservate in ciascun compito,

moltiplicato per il reciproco dei vari coefficienti di rischio previsti per il calcolo dell'indice OCRA, è stato attribuito arbitrariamente l'acronimo ATM (Azioni Tecniche Modificate):

$$\frac{ATA}{FoM \times PoM \times ReM \times AdM} = ATM \quad (6)$$

Tale parametro rappresenta un numero artificiale di azioni tecniche che tiene conto del carico ergonomico derivante dalle singole azioni.

Dato che i coefficienti Fo, Po, Ad e Re sono tutti inferiori o uguali ad 1, il loro reciproco assume ovviamente un valore compreso tra 1 e $+\infty$; se ne deduce che il numero delle ATM è sempre \geq del numero delle ATA.

È possibile in estrema sintesi riassumere che il valore delle ATM costituisce un numero di azioni tecniche artificiale, maggiore di quelle osservate, descrittore provvisorio del carico ergonomico necessario per svolgere un compito lavorativo indipendentemente dalle ripetizioni nel tempo di tale compito.

Il tempo, come si vedrà in seguito, rientra nella formula in una successiva fase, per ottenere l'indice OCRA.

Così procedendo ed avendo a disposizione un metodo per il calcolo del "costo ergonomico" dell'apposizione di ogni singolo organo di collegamento, è stato possibile costruire una banca dati degli organi di collegamento mediante lo studio sul campo di un campione rappresentativo delle operazioni necessarie per l'utilizzo di ogni tipo di giunto.

All'interno della banca dati sopra descritta si è quindi proceduto a calcolare per ogni compito lavorativo riferito all'applicazione del rivetto (foratura, sbavatura, etc.) il numero delle ATM, già comprensivo dei vari fattori di rischio necessari per il calcolo dell'Indice OCRA.

La Tabella I descrive la sezione della banca dati relativa alle ATM che l'operatore svolge con la mano destra nel caso di applicazione di un organo di collegamento della classe TORX (una delle nove classi citate): i fattori moltiplicativi rispecchiano le condizioni ergonomiche di svolgimento di ciascun compito relativamente all'organo Torx.

La durata complessiva dei singoli compiti viene evidenziata solo al fine di dimensionare il peso relativo degli altri coefficienti.

Dato che per sua stessa natura la progettazione e la successiva realizzazione del prodotto in questione (l'aereo) ha basi estremamente precise e rigorose, è stato semplice calcolare quali e quanti organi di collegamento venivano preparati ed allestiti per la realizzazione di una porzione del velivolo; dal progetto di produzione del velivolo è stato cioè desunto il numero degli organi di collegamento (O.D.C.) previsti, facendoli afferire ad una delle 9 classi della banca dati.

Si è potuto quindi calcolare l'insieme delle ATM necessarie per la fase di assemblaggio strutturale di tutto il velivolo. La Tabella II rappresenta questo tipo di conteggio relativo alla produzione di una fusoliera, dove la sommatoria di ATM rappresenta il carico ergonomico specifico per l'assemblaggio strutturale di questa porzione del velivolo.

Tabella I. Azioni Tecniche Modificate nei compiti elementari che l'operatore svolge con la mano destra nel caso di applicazione di organo di collegamento della classe TORX, in funzione dei coefficienti di rischio

	Moltiplicatore Forza (FoM)	Moltiplicatore Postura (PoM)	Moltiplicatore Stereotipia (ReM)	Moltiplicatore FattCompl (AdM)	N azioni compito (ATA)	Durata complessiva compito (sec)	Azioni tecniche modificate (ATM)
Foratura	0,80	0,80	0,70	1,00	2,00	5,00	4,46
Ricalibratura	0,80	0,80	0,70	1,00	4,00	8,00	8,93
Svasatura	0,80	0,80	0,70	0,95	4,00	14,00	9,40
Posizionamento Torx	1,00	1,00	0,70	1,00	2,00	3,00	2,86
Avvitamento Torx	1,00	0,65	0,70	1,00	20,00	20,00	43,96

Tabella II. Conteggio ATM per la produzione di una fusoliera relativamente alla mano destra

Figura O.D.C.	Nome O.D.C.	Numero O.D.C.	ATA per singolo organo	ATM per singolo organo	Subtotale ATA	Subtotale ATM
	Testa Tonda - Hilock	5900	53,5	94,0	315650,0	554472,4
	Testa Svasata - Eddie Bolt	2400	51,5	85,4	123600,0	204937,0
	Testa svasata - Viti	1300	24,6	43,3	31980,0	56334,1
	Testa svasata - Torx	0	32,0	69,6	0,0	0,0
	Testa tonda - Ribattino	0	18,5	31,0	0,0	0,0

Secondo il metodo tradizionale OCRA il valore di azioni tecniche osservato (ATA) sarebbe stato successivamente rapportato ad un valore di riferimento (RTA) ottenuto moltiplicando una costante (30 azioni/min) per la serie dei fattori moltiplicativi derivanti dal carico ergonomico delle azioni osservate.

Dato però che per il calcolo delle RTA sarebbe stato necessario conoscere il numero dei giunti installati nel tempo, di difficile dimensionamento, si è ritenuto di posticipare la fase di calcolo comprendente questa variabile rispetto al computo dei fattori complementari.

Nella nostra proposta il valore delle ATM rappresenta un numero di azioni tecniche artificiale, maggiore di quelle osservate, descrittore provvisorio del carico ergonomico necessario per svolgere un compito lavorativo indipendentemente dalle ripetizioni nel tempo di tale compito.

Dato che per sua stessa natura la progettazione e la successiva realizzazione del prodotto in questione (l'aereo) ha basi estremamente precise e rigorose, è stato semplice derivare dal progetto quali e quanti organi di collegamento venivano preparati ed allestiti per la realizzazione di una porzione del velivolo. L'insieme delle azioni tecniche (\sum ATM) compiute per svolgere l'intera

complessa attività ha quindi rappresentato il carico ergonomico gravante sulla popolazione dedicata all'assemblaggio strutturale del prodotto.

Tale popolazione risultava per altro costituita da un ben determinato gruppo omogeneo di lavoratori nell'arco di un tempo altrettanto definibile in modo preciso (ore lavorate).

La formula dell'indice OCRA è quindi stata ricostruita con dati provenienti dalla banca dati cui si è accennato, dal progetto dell'aereo e dalla sommatoria delle ore impiegate dal gruppo omogeneo per la realizzazione del prodotto.

$$\frac{\sum(ATM)}{\sum(t+30)} = \text{IndiceOCRA} \quad (7)$$

A questo punto si è proceduto nella formula di calcolo dell'Indice OCRA(7), effettuando dapprima il prodotto tra la costante di riferimento (CF=30) ed il tempo dedicato al lavoro ripetitivo (t), cioè la durata complessiva dedicata all'assemblaggio strutturale da parte del gruppo omogeneo (dato certo poiché desunto dall'insieme delle bolle di lavoro compilate per la lavorazione). Il rapporto tra le ATM e il prodotto sopraccitato ha generato un indice OCRA complessivo per la produzione del velivolo.

Calcoli analoghi sono stati eseguiti per grandi porzioni di velivolo quali l'assemblaggio delle ali piuttosto che della fusoliera o di altre strutture.

$$Indice\ Ocra = \frac{ATM}{t * 30} \times \frac{1}{RcM} \times \frac{1}{DuM} \quad (8)$$

↙ Multiplicatore durata
↘ Multiplicatore recupero

Ovviamente nella definizione del valore dell'indice OCRA (8) sono state tenute in adeguata considerazione le pause, il rapporto tra lavoro ripetitivo e lavoro organizzato e tutti i fattori comunque presenti nel metodo OCRA tradizionale.

Relativamente ai periodi di recupero, come è stato confermato dall'osservazione dei filmati, essi sono regolarmente presenti in quantità sufficiente (durata di almeno 10 secondi consecutivi) all'interno dei cicli ripetitivi sotto forma di pause dedicate dall'operatore al controllo visivo e caratterizzate da inattività manuale. Il rapporto tra tempo di recupero e lavoro ripetitivo è sempre di almeno 1:5.

Il valore di Du (unico coefficiente con valore >1) è stato invece facilmente desunto dalle bolle di lavorazione, computando i tempi dedicati ad assemblaggio e quelli dedicati ad altri compiti finalizzati privi di azioni ripetitive. Il valore è risultato essere compreso tra 1 e 1,2 (durata del lavoro ripetitivo compresa tra 301 e 480 minuti).

Risultati

La Tabella III mostra i risultati dello studio condotto con i criteri illustrati e compiuto sulle parti di alcuni velivoli.

Nelle colonne sono rappresentati per ciascun arto i numeri delle azioni tecniche elementari (ATA) ed il loro valore modificato (ATM) già comprensivo dei fattori di rischio presenti (si noti come le ATM abbiano un valore quasi doppio delle ATA). Le ore dedicate al lavoro ripetitivo (ORE L.R.) rappresentano buona parte delle ore lavorative totali.

Le ultime due colonne riportano l'indice OCRA calcolato per l'arto destro e sinistro; il valore evidenziato, piuttosto basso, concorda con il dato clinico che mostra un riscontro diagnostico di casi di patologie dell'arto superiore

(eventi sentinella) sovrapponibile a quanto rilevato nella popolazione generale.

Nella tabella il valore di Du è stato cautelativamente assunto come uguale a 1.

Discussione e conclusioni

L'indice OCRA applicato attraverso la modalità illustrata (Tabella IV) ha permesso di superare il problema della parzialità della fase lavorativa osservata in un contesto di ampia variabilità inter e intra-lavoratori.

In un gruppo di lavoratori esposti così numeroso (circa 200) il carico lavorativo può essere difforme tra lavoratori diversi o in tempi diversi nel singolo lavoratore, ma data la completa intercambiabilità tra un lavoratore e l'altro su ogni compito finalizzato, si ritiene che la situazione considerata in riferimento alle ATM sia un descrittore fedele della esposizione nel tempo.

Un dato non secondario di questo tipo di approccio allo studio ergonomico della mansione deriva dalla disponibilità dei valori contenuti nella banca dati, poiché tale parametro, comprensivo del carico ergonomico, potrebbe essere utile in fase progettuale per orientare le scelte dei

Tabella IV. Sintesi degli step procedurali nel calcolo dell'indice Ocra attraverso le ATM

- Definizione della porzione di velivolo esaminata;
- Identificazione degli ODC (Organi di collegamento) utilizzati;
- Suddivisione in classi degli ODC;
- Determinazione della successione dei compiti lavorativi per ogni classe di ODC;
- Riprese filmate dell'allestimento di ogni ODC;
- Calcolo delle ATA (Azioni Tecniche Attuali) per ogni ODC;
- Valutazione dei moltiplicatori Fo, Po, Re, Ad per ciascun "compito per classe";
- Calcolo ATM (Azioni Tecniche Modificate) per ciascun "compito per classe";
- Identificazione degli ODC corrispondenti, numero e classi di appartenenza;
- Definizione del GOE (gruppo omogeneo di esposti);
- Calcolo del fattore durata e fattore recupero;
- Calcolo ΣATM;
- Calcolo Indice Ocra.

Tabella III. Risultati preliminari dello studio, ORE L.O. = ore lavoro totale, ORE L.R. = ore lavoro ripetitivo

Macrocompito	Ciclo lavorativo	ATA Dx	ATM Dx	ATA Sx	ATM Sx	Ore lavorative	Ore lavoro ripetitivo	Ocra Dx	Ocra Sx
Timone	Ass 1	348.200	618.909	215.200	375.057	594	446	0.77	0.47
Supporto ala	Ass 3	85.550	155.282	56.900	99.513	293	220	0.39	0.25
Flaps	Ass 2	419.950	756.011	249.200	425.580	1.188	891	0.47	0.27
Ala	Ass 1	1.228.230	2.177.269	763.980	1.335.399	2.970	2.228	0.54	0.33
StabOrizz	Ass 2	461.150	810.622	294.400	520.698	1.040	780	0.58	0.37
Timone coda	Ass 4	376.450	655.853	240.200	424.043	1.188	891	0.41	0.26

tecnici verso lavorazioni con rischio minore. Ad esempio sarebbe possibile, in presenza di lavoratori con idoneità parziali o con limitazioni, considerare il carico ergonomico derivante da un determinato ciclo produttivo regolando di conseguenza la prescrizione in modo da rientrare entro i limiti tollerabili.

Inoltre la disponibilità di una banca dati del carico ergonomico potrebbe in futuro costituire un elemento di riferimento per gli ingegneri aeronautici per migliorare la progettazione del velivolo relativamente all'ergonomia del lavoro.

Bibliografia

- 1) World Health Organization, Protecting Workers' Health Series No. 5, Preventing musculoskeletal disorders in the workplace, 2003.
- 2) European Agency for Safety and Health at Work. Expert forecast on emerging physical risks related to occupational safety and health. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2005.
- 3) Buckle P, Devereux J. Work-related upper limb musculoskeletal disorders. European Agency for Safety and Health at Work, EU-OSHA, Bilbao, 1999.
- 4) Op de Beek R, Hermanns V. Research on work-related low back disorders, European Agency for Safety and Health at Work, EU-OSHA, Bilbao, 1999.
- 5) Battevi N, Vitelli N. Ergonomia e produttività: un esempio applicato ad una industria manifatturiera. *Med Lav* 2013; 104(1): 203-212.
- 6) Colombini D, Grieco A, Occhipinti E. Le affezioni muscolo-scheletriche occupazionali da sovraccarico biomeccanico degli arti superiori: metodi di analisi, studi ed esperienze, orientamenti di prevenzione. *La Medicina del Lavoro* 1996, Vol. 87 n. 6, pag. 455-777.
- 7) Occhipinti E, Colombini D. Metodo OCRA: aggiornamento dei valori di riferimento e dei modelli di previsione della frequenza di patologie muscolo scheletriche correlate al lavoro degli arti superiori (UL-WMSDs) in popolazioni lavorative esposte a movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori. *Med Lav* 2004; 95(4): 305-319.
- 8) SIMLII, FSM. Linee guida per la prevenzione dei disturbi e delle patologie muscolo-scheletriche dell'arto superiore correlati con il lavoro (Upper Extremity Work-related Musculoskeletal Disorders UE WMSDs). Ed Pime, Pavia 2003.
- 9) ISO/DIS 11228-3. Ergonomics-Manual handling. Part 3: Handling of low loads at high frequency. 2005.

Corrispondenza: Dott.ssa Edda Capodaglio, IRCCS Fondazione Salvatore Maugeri, Via Maugeri, 27100 Pavia, Italy - E-mail edda.capodaglio@fsm.it