

STIMA DEL CONSUMO METABOLICO IN EDILIZIA ORIENTATA ALLA CARATTERIZZAZIONE DI DIETA E STILE DI VITA NEI LAVORATORI DIABETICI

G. G. TROIA, F. DI GANGI, P. MURA, F. PARRONI, V. PRESICCI, G. SPADACCINO
INAIL – Direzione Regionale Sardegna - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

RIASSUNTO

Alcuni studi scientifici hanno messo in luce particolari evidenze statistiche di una maggiore incidenza degli eventi infortunistici nella popolazione diabetica. La particolare rilevanza epidemiologica di tale popolazione impone anche in ambito lavorativo l'analisi dei rischi connessi alla malattia (dalla perdita di attenzione iniziale fino alla perdita di coscienza in caso di ipoglicemia) e l'adozione di opportune contromisure.

Utilizzando alcuni metodi indiretti e i dati di letteratura è possibile un primo approccio alla complessa problematica. Operando in tal senso, si è proceduto ad una stima del dispendio di energia metabolica per alcune delle più significative mansioni afferenti al comparto dell'edilizia, particolarmente interessato dal fenomeno infortunistico, quantificando dei valori medi di fabbisogno energetico in funzione dell'attività svolta ed elaborando quindi dati utili al sanitario che svolge la sorveglianza sui soggetti diabetici per la formulazione di opportune prescrizioni e consigli, anche in relazione alle abitudini alimentari.

SUMMARY

Several scientific studies pointed out some statistical evidences about a greater frequency of injuries in diabetic population. The particular epidemiological significance of the population suffering diabetes disease requires the related risk assessment (from initial loss of attention to loss of consciousness due to hypoglycaemia) in work environment as well and the resulting countermeasures to be taken.

Using some indirect methods and literature data a first approach to this complex problem is possible. Thus, the metabolic consumption for some of the most important occupations in construction (field particularly concerned by occupational injuries) has been estimated. Then, the average values of energy requirements have been quantified according to the task carried out and the obtained data have been processed to be useful to diabetes surveillance, allowing the physician to provide instructions and tips even on proper eating habits.

1. PREMESSA

Con il termine “diabete” si individuano un gruppo di disturbi metabolici determinati da una non corretta utilizzazione del cibo ingerito da parte dell'organismo umano, ed accomunati dal fatto di presentare una persistente instabilità del livello glicemico del sangue.

In estrema sintesi, in un normale ciclo digestivo gli alimenti assunti vengono trasformati in glucosio, entrano nel sistema circolatorio e sono quindi portati a tutte le cellule del corpo, dove si ha la trasformazione in energia. L'insulina, un ormone naturale secreto dal pancreas, è necessaria per aiutare l'assorbimento del glucosio da parte delle cellule. Se il corpo produce insulina in quantità inferiore al dovuto, non ne produce affatto, oppure non riesce ad usarla nel modo giusto, si parla di diabete.

La particolare rilevanza epidemiologica della popolazione affetta da diabete (diagnosi accertata per oltre il 4% della popolazione italiana, con stime del 6÷10% e trend in continua crescita) impone anche in ambito lavorativo l'analisi dei rischi connessi alla malattia (dalla perdita di attenzione iniziale fino alla perdita di coscienza in caso di ipoglicemia) e l'adozione di opportune

contromisure, sia relative alla sorveglianza sanitaria sia attinenti all'organizzazione del lavoro e all'assegnazione dei compiti operativi.

Il medico che svolge la sorveglianza sanitaria sui soggetti diabetici (sia medico competente che medico di famiglia) potrà essere utilmente ed efficacemente indirizzato dai dati del consumo metabolico del lavoratore in determinate attività. In particolare, la conoscenza dei valori medi del fabbisogno energetico per le diverse figure professionali caratteristiche del comparto esaminato nella presente nota, può costituire un utile strumento di riferimento preliminare per la formulazione di opportune prescrizioni e consigli, anche in relazione alle abitudini alimentari.

2. STUDI RELATIVI ALL'INCIDENZA DI INFORTUNI SUL LAVORO CORRELATI CON LA PATOLOGIA DIABETICA

Le possibili correlazioni tra infortuni sul lavoro e diabete sono state ricercate negli anni attraverso una serie di studi epidemiologici mirati a determinate classi di lavoratori.

Un'equipe scozzese ha redatto uno studio che ha considerato 11.244 casi di pazienti con età superiore ai 15 anni, costretti a cure ospedaliere non inferiori a tre giorni, per il periodo compreso tra luglio 1996 e giugno 1998 (R. L. Kennedy *et al.*, 2002). Tra questi sono stati trovati 151 pazienti affetti da diabete trattato con insulina. Sono stati considerati il meccanismo e la gravità dell'infortunio, i risultati dei controlli e la durata della degenza ospedaliera. Il dato principale ha mostrato come il numero di incidenti per i diabetici, riportato ad una popolazione di 100.000 persone, risulti pari a 291,2 per anno, contro i 148,4 per la popolazione di controllo, ossia, in termini percentuali, pari a circa il doppio (0,29% contro 0,15%). Tra i dati osservati, si rileva che la maggior parte degli incidenti è stata causata da cadute da altezze inferiori a 2 metri (62,3%). In conclusione, lo studio conferma che i pazienti che prendono insulina sono a più elevato rischio di incidenti; tuttavia soltanto quelli causati da cadute da piccole altezze sono aumentati in modo significativo rispetto alla media della popolazione, probabilmente a causa del verificarsi di fenomeni ipoglicemici. Inoltre, i pazienti con diabete appaiono a maggior rischio di frattura dopo una caduta. Invece, per quel che riguarda i casi di incidente automobilistico che coinvolgono autisti diabetici, il numero riscontrato è basso (soltanto 23 casi), e l'incidenza non appare significativamente più alta di quella nella popolazione di riferimento.

Un altro lavoro di analoga natura (T. Carter, 2001), privo però di dati epidemiologici, parte dal presupposto che le prestazioni dei lavoratori nel settore dei trasporti possono risultare alterate da deficit permanenti come difficoltà nella mobilità o difetti nell'apparato visivo, oppure risultare carenti a causa di improvvisi affaticamenti, assunzione di medicinali, droga o alcool. Inoltre possono verificarsi incidenti di portata catastrofica per l'improvvisa incapacità causata da eventi come infarto o simili. Per quel che riguarda il diabete, che è uno dei fattori considerati, l'autore pone l'accento sul problema del trattamento insulinico più che sulla malattia stessa, osservando che il rischio principale di perdita di controllo improvviso dipende da eventi ipoglicemici, dovuti dall'uso di insulina. Questo rischio appare principalmente sotto il controllo diretto del malato e si fa notare come i nuovi regimi terapeutici, pur riducendo i danni a lungo termine della patologia, sembra abbiano aumentato proprio il rischio di incapacità improvvisa.

L'eventuale correlazione tra incidenti stradali e diabete nei lavoratori è stata oggetto specifico di una ricerca canadese (C. Laberge-Nadeau *et al.*, 2000). In questo articolo si presentano le analisi dettagliate dei rischi di incidente per utilizzatori e non utilizzatori di insulina fra i camionisti diabetici. I lavoratori malati sono stati raggruppati per età e messi a confronto con un campione di camionisti sani; i rapporti di rischio (RR) per gli incidenti variano a seconda del tipo di diabete. I camionisti della cosiddetta classe ST (licenza di guida per camion ad un unico modulo) che sono diabetici senza complicazioni e non usano insulina hanno un RR pari a 1,68 se paragonati ai colleghi sani in possesso della medesima licenza (RR uguale a 1). Limitandosi ai soli autisti professionisti, ed inserendo una serie di variabili sull'esposizione a rischio, quelli con la licenza ST hanno un RR pari a 1,76. Si nota invece dalla ricerca come l'uso di insulina non paia associato ad

un maggiore rischio di incidente, ma questo dato risulta poco significativo a causa del limitato numero di utilizzatori di insulina studiato. In un altro lavoro citato nello studio canadese, infatti, su 250 guidatori con diabete trattato con insulina, ben il 34,4% ha avuto gravi casi di ipoglicemia alla guida; il 13,6% ha avuto un incidente e per il 5% l'ipoglicemia è stato un fattore importante nel verificarsi dell'incidente stesso. Negli individui affetti da diabete con complicazioni o trattato con insulina può intervenire anche un effetto di autoselezione che li porta a non guidare o a limitare il lavoro a causa della malattia, anche se le norme non li vincolano ufficialmente in quanto comunque in possesso di patenti di tipo ST o AT (obbligatoria per la guida di autoarticolati).

L'obiettivo dello studio olandese di Weijman *et al.* (2003) era quello di esaminare i rapporti fra caratteristiche del lavoro, difficoltà legate al diabete (sintomi, serietà della malattia, attività di controllo del paziente nella cura e durata della malattia) ed affaticamento in 292 impiegati con il diabete mellito. È stato osservato che sia il lavoro sia i fattori riferiti al diabete sono collegati con l'affaticamento. Esso è da considerarsi come tipico per le persone affette da diabete, che infatti lo avvertono due volte più spesso dei non diabetici. Poiché gli impiegati con il diabete devono controllare lo sforzo relativo al lavoro, così come le difficoltà legate direttamente alla malattia, il rischio di affaticamento sarà più alto e le loro prestazioni possono decadere. L'affaticamento può derivare sia da condizioni di ipoglicemia che da condizioni di iperglicemia, oltre che dalle complicazioni dovute al diabete stesso, come retinopatie, nefropatie, neuropatie, problemi cardiovascolari, e anche dalla fatica derivante dal trattamento della malattia, ossia dall'utilizzazione dell'insulina sul posto di lavoro o dalla difficoltà nel dosaggio della stessa. In conclusione la ricerca ha rilevato che circa la metà dei sintomi di affaticamento è in relazione con la situazione lavorativa (20% circa) e con la malattia (30% circa). L'affaticamento pare più probabile nei casi in cui i colleghi ed i superiori diretti non diano un adeguato supporto al malato, quando le richieste di lavoro sono alte, lo spazio per prendere decisioni individuali è scarso e non vi è sufficiente flessibilità per un'utilizzazione ottimale del tempo (per il dosaggio del glucosio, per l'iniezione di insulina e per un'alimentazione corretta). In definitiva, sia la malattia sia le condizioni e l'ambiente di lavoro dovrebbero essere presi in considerazione dai supervisori e dai medici del lavoro nella gestione del lavoratore diabetico.

3. GENERALITA'

Per fabbisogno energetico umano (o fabbisogno calorico) si intende la quantità di calorie (apporto di energia di origine alimentare) che un essere umano dovrebbe assumere per svolgere le sue tipiche funzioni, siano esse fisse (attività cardiache, respiratorie, mantenimento del calore interno, ecc.) o variabili (attività muscolari, accrescimento, ecc.), compatibili con un buono stato di salute a lungo termine.

La produzione di energia metabolica, ovvero la potenza metabolica, è una misura dell'attività dell'organismo umano. L'energia metabolica deriva dalla conversione di energia chimica potenziale in energia meccanica e termica; poiché la maggior parte di quella prodotta viene convertita in energia termica (la frazione di energia meccanica è normalmente trascurabile, UNI EN ISO 8996-2005), in prima approssimazione l'energia termica metabolica può essere assunta uguale all'energia metabolica.

In generale, il dispendio energetico giornaliero totale è la risultante di tre componenti:

- 1) l'energia metabolica basale, ossia utilizzata da un individuo in condizione distesa e di riposo mentale e fisico;
- 2) la termogenesi indotta dall'attività fisica, ossia la spesa energetica per compiere qualsiasi attività fisica, sia nel lavoro sia nel tempo libero;
- 3) la termogenesi indotta dalla dieta, che rappresenta l'incremento del dispendio energetico in risposta all'assunzione di alimenti, e che può essere mediamente valutato nel 7÷15% del dispendio energetico totale.

Esistono in letteratura vari studi che propongono metodi, basati per lo più su formule empiriche, che cercano di approssimare il fabbisogno energetico. Tuttavia questi studi sono spesso contestati, in

quanto i dati concreti riguardanti il fabbisogno individuale non sono esattamente rilevabili, sia per quanto attiene al consumo energetico di base, che dipende da troppi fattori (connessi al metabolismo individuale) per essere misurato in modo sufficientemente affidabile, sia per il fabbisogno durante uno sforzo, dato che in una giornata si susseguono fasi di sforzi diversificate fra di loro e che ognuno utilizza il proprio organismo con una economia variabile.

L'unità di misura dell'energia utilizzata in campo biologico è la caloria (1 cal = 4,186 J), mentre il dispendio energetico, o metabolismo energetico, viene espresso come quantità di energia per unità di tempo (kcal/h, kJ/h, ecc.), ovvero, riferendosi all'unità di superficie corporea, in watt al metro quadrato (W/m²); oppure ancora, in accordo con gli approcci più recenti, in MET, cioè come multiplo del consumo energetico in condizioni di riposo (definito in base al consumo di ossigeno).

Tali unità di misura sono legate dalle relazioni: 1 kcal/h = 1,163 W e 1 MET = 58,2 W/m².

4. IL METABOLISMO BASALE

Il metabolismo basale, che rappresenta la somma dell'energia utilizzata per compiere i lavori interni necessari all'organismo, è funzione di vari fattori, fra cui la superficie corporea, l'età, la massa muscolare, il sesso, il clima, lo stato di nutrizione, ecc. In un individuo adulto sano e sedentario esso incide per circa il 65÷75% del dispendio energetico totale¹, e può essere stimato, in base al peso corporeo, mediante equazioni specifiche per sesso e fasce di età (Tabella 1, Commission of the European Communities (1993), modificata).

Tabella 1 – Metabolismo basale (MB) in funzione di sesso, età e peso corporeo P (kg).

Classe di età (anni)	MB (kcal/die)	MB (kcal/die)
	Maschi	Femmine
10÷17	17,7 P + 650	13,4 P + 693
18÷29	15,3 P + 679	14,7 P + 496
30÷59	11,6 P + 879	8,7 P + 829
60÷74	11,9 P + 700	9,2 P + 688
≥ 75	8,4 P + 819	9,8 P + 624

Così ad esempio, per un uomo di trenta anni, del peso di 70 kg e alto 1,75 m, si otterrà un consumo energetico giornaliero dovuto al metabolismo basale di 1.691 kcal.

5. LA DETERMINAZIONE DEL METABOLISMO ENERGETICO

Il dispendio metabolico durante una determinata attività fisica (comprendente la specifica attività, la postura ed il movimento del corpo in relazione alla velocità di lavoro), che rappresenta mediamente il 15÷30% circa del dispendio totale giornaliero, può essere determinato in varie maniere, in via indiretta o diretta; a questo proposito, la norma UNI EN ISO 8996-2005 (che aggiorna e sostituisce la precedente norma UNI EN 28996-1996) indica una serie di metodi, raggruppati in quattro livelli, ciascuno caratterizzato da una facilità di applicazione inversamente proporzionale al grado di precisione ottenibile.

5.1 Livello 1: *screening*

Si può iniziare con una stima rapida, benché grossolana, del metabolismo energetico medio relativo ad una data lavorazione, classificandola secondo il tipo di *occupazione* oppure secondo il tipo di *attività*.

Nel primo caso, si assimilano le occupazioni in esame a quelle descritte in una tabella allegata in appendice alla norma (prospetto A.1), ciascuna contraddistinta da un *range* di metabolismo energetico; nel secondo caso, le attività sono schematizzate in cinque classi, a ciascuna delle quali viene assegnato un intervallo di valori del metabolismo energetico (prospetto A.2): 1) *riposo*

¹ Costituito anche dalle termogenesi indotte dall'attività fisica e dalla dieta (capitolo 3).

(55÷70 W/m²); 2) *attività leggera* (70÷130 W/m²); 3) *attività moderata* (130÷200 W/m²); 4) *attività elevata* (200÷260 W/m²); 5) *attività molto elevata* (>260 W/m²).

Se si prende, ad esempio, la mansione di muratore, seguendo il criterio dell'*occupazione* ad essa viene assegnato un metabolismo energetico nel *range* 110÷175 W/m², mentre con il criterio delle *attività* la stessa mansione sarà valutata come *attività moderata* e, conseguentemente, ricadrà nell'intervallo 130÷200 W/m² (valore medio = 165 W/m²).

5.2 Livello 2: osservazione

Il secondo livello prevede la caratterizzazione media del dispendio energetico in una determinata situazione lavorativa per due vie:

A – considerando l'apporto delle varie componenti (metabolismo basale, segmento corporeo coinvolto, carico di lavoro, posture, velocità di lavoro) con l'utilizzo di appositi prospetti;

B – facendo ricorso a tabelle riportanti i valori misurati associati a determinate attività (i valori tabellati includono, come al precedente livello, il metabolismo basale).

Anche in questo caso il livello di imprecisione, benché ridotto, è ancora significativo, in quanto risente di varie approssimazioni e della soggettività dell'osservatore.

Dopo aver esaminato e valutato le specifiche attività, è possibile passare alla stima del metabolismo energetico dell'intero ciclo di lavoro, operazione che tuttavia presuppone un'accurata analisi dei tempi e delle lavorazioni. Qui si entra in un campo irto di difficoltà ed approssimazioni perché, mentre i valori relativi alle specifiche attività risultano abbastanza ben definiti e valutabili, lo stesso non può dirsi per la determinazione complessiva di un ciclo di lavoro, peraltro in un settore che non risulta caratterizzato da lavorazioni standardizzabili ma che, al contrario, sconta l'estrema variabilità dei compiti, delle mansioni e delle adibizioni del singolo lavoratore impegnato in funzione delle varie fasi della realizzazione.

Inoltre, vari altri fattori intervengono nella variabilità del metabolismo, quali, a titolo esemplificativo, tecnica e velocità del lavoro, attrezzi utilizzati, suscettività individuale, allenamento alla specifica attività, condizioni climatiche, frequenza e durata di pause, ecc.

Per la valutazione del metabolismo energetico medio del ciclo di lavoro la formula proposta è:

$$M = 1/T \sum M_i \cdot t_i \quad [1]$$

in cui M è il metabolismo energetico del ciclo (W/m²), T indica il tempo del ciclo di lavoro, M_i rappresenta il metabolismo energetico specifico per l'attività i (W/m²) e t_i è il tempo dedicato all'attività i .

5.3 Livello 3: analisi

In base al terzo livello è possibile una misurazione analitica, benché indiretta, del metabolismo energetico registrando la frequenza cardiaca per un periodo di tempo significativo.

5.4 Livello 4: per esperti

Al livello 4 vengono proposti metodi che, attraverso misurazioni dirette molto specifiche (consumo orario di ossigeno, doppia marcatura dell'acqua, calorimetria diretta), consentono una puntuale determinazione del metabolismo energetico.

6. IL DISPENDIO ENERGETICO IN EDILIZIA

È difficile stimare con precisione il fabbisogno energetico del singolo individuo senza ricorrere a misure dirette del costo calorico delle varie attività fisiche, oltre che alla determinazione dell'esatto tempo di adibizione e dello specifico metabolismo basale. Esiste infatti una inevitabile variabilità inter-individuale, soprattutto in relazione ai differenti carichi muscolari richiesti dalle molteplici situazioni lavorative. Peraltro, trattando in questa sede il settore dell'edilizia, notoriamente

caratterizzato da estrema variabilità, anche nell'ambito delle singole mansioni, gli elementi di indeterminazione risultano oltremodo amplificati.

Tuttavia, in relazione ai fini indicati, si ritiene sufficiente, in prima approssimazione, procedere con una caratterizzazione delle mansioni più rappresentative del comparto, seguendo quanto riportato al livello 2 (*osservazione*)² dalla citata norma ISO e ipotizzando delle condizioni medie di operatività (che tuttavia, si ribadisce, non potranno rispecchiare sempre la molteplicità delle differenti situazioni operative presenti nelle reali condizioni di lavoro).

In tal senso, seguendo i criteri di cui al livello 2A (osservazione per componenti del consumo metabolico), è possibile procedere ad una prima stima quantitativa del dispendio energetico medio per alcune mansioni significative, come riportato nella Tabella 2.

Tabella 2 – Metabolismo energetico in mansioni lavorative nel settore edile. Stima a partire dall'osservazione delle componenti (livello 2A).

Mansione	Metabolismo energetico (W/m ²)	Incremento da postura (W/m ²)	Totale (W/m ²)
PALISTA – ESCAVATORISTA	130	0	130
OPERATORE AUTOGRU ⁷	130	15	145
CARPENTIERE	215	15	230
MURATORE	225	15	240
PAVIMENTISTA – PIASTRELISTA	250	10	260
MANOVALE – AIUTANTE GENERICO	245	15	260
PONTEGGISTA	260	15	275

Naturalmente, nell'attribuzione dei valori relativi al tipo di attività si sconta un'ampia discrezionalità di scelta nell'ambito degli intervalli proposti in funzione del segmento corporeo utilizzato (corpo, un braccio, due braccia, ecc.) e del carico di lavoro eseguito (leggero, medio, pesante).

L'altro criterio di cui al livello 2B (osservazione per attività specifiche), pur mantenendosi in un ambito di approssimazione ancora significativa, consente comunque un più approfondito grado di valutazione. Operare secondo tale metodo richiede infatti la conoscenza delle singole attività, i valori di metabolismo energetico associabili e i tempi di adibizione, fattori che, come già accennato, non solo non sono sempre noti, ma risultano anche molto variabili.

Si riporta in Tabella 3 una esemplificazione eseguita per una mansione tipica dell'edilizia, quella di muratore, ricostruita utilizzando le tipologie di attività e i relativi dati disponibili nella norma ISO (prospetto B.3) e stimando i tempi di adibizione nell'arco della giornata lavorativa.

Tabella 3 – Metabolismo energetico nello svolgimento della mansione di muratore. Stima a partire dall'osservazione delle specifiche attività (livello 2B).

MURATORE				
Descrizione	Attività	Metabolismo energetico specifico per attività, M_i (W/m ²)	Durata attività, t_i (min)	Totale per attività, $M_i \cdot t_i$
Il muratore prende parte a quasi tutto il processo	Spingere una carriola carica	230	40	9.200

² I valori riportati nella norma per le attività tipo del livello 2 sono comprensivi del metabolismo basale.

costruttivo, con attività alquanto varie e distribuite nelle varie fasi lavorative. Attività maggiormente rappresentative della mansione sono la realizzazione di murature (posa in opera di mattoni assemblati con malta), l'allestimento e smontaggio dei ponteggi metallici utili alla costruzione della muratura, l'assistenza muraria agli impiantisti.	Camminare in piano con carico di 10 kg	185	80	14.800
	Salire scale con carico di 20 kg	360	50	18.000
	Lavoro di carpenteria (segare a mano)	220	60	13.200
	Posa in opera dei mattoni (5 mattoni/min)	170	140	23.800
	Lavoro con utensile a mano	230	80	18.400
	Attività leggera in piedi	115	30	3.450
TOTALE			480	100.850
Metabolismo energetico del ciclo lavorativo (applicazione della formula [1])			210 W/m²	

Le attività riportate sono in numero abbastanza limitato e costituiscono solo un esempio di giornata lavorativa; in altri casi converrà fare riferimento ad altre attività, i cui dati metabolici potranno essere reperiti in letteratura. Così per la mansione già esaminata, utilizzando lo stesso metodo, è possibile ottenere quanto riportato in Tabella 4.

Tabella 4 – Metabolismo energetico nello svolgimento della mansione di muratore. Stima a partire dall'osservazione delle specifiche attività (valori tratti da T. S. Abdelhamid & J. G. Everett (2002), modificati).

MURATORE				
Descrizione	Attività	Metabolismo energetico specifico per attività, M_i (W/m ²)	Durata attività, t_i (min)	Totale per attività, $M_i \cdot t_i$
Il muratore prende parte a quasi tutto il processo costruttivo, con attività alquanto varie e distribuite nelle varie fasi lavorative. Attività maggiormente rappresentative della mansione sono la realizzazione di murature (posa in opera di mattoni assemblati con malta), l'allestimento e smontaggio dei ponteggi metallici utili alla costruzione della muratura, l'assistenza muraria agli impiantisti.	Posa in opera di blocchi (su ponteggio)	239	130	31.070
	Spianamento calcestruzzo per realizzazione massetto	418	80	33.440
	Montaggio architrave prefabbricato	223	75	16.725
	Ripulitura di un'area dalla sabbia	263	30	7.890
	Trasporto mattoni e blocchi con elevatore	169	75	12.675
	Attesa calcestruzzo, assistenza alla gettata con pala	253	90	22.770
TOTALE			480	124.570
Metabolismo energetico del ciclo lavorativo (applicazione della formula [1])			260 W/m²	

Come si può notare, i valori possono cambiare anche sensibilmente in funzione delle metodologie utilizzate e dei parametri scelti per il calcolo. Quindi, per la mansione di muratore presa in esame, si può stimare il metabolismo energetico lavorativo in 240 W/m² (livello 2A), ovvero in 210 o 260 W/m² (livello 2B). Si precisa che questi ultimi non sono gli estremi di un intervallo di variabilità, che comunque potrà essere più o meno ampio, ma valori variabili in funzione delle specifiche attività considerate.

Determinato il valore del metabolismo energetico professionale, è possibile procedere ad una successiva fase con la stima del fabbisogno energetico globale, ossia del metabolismo energetico giornaliero, considerando gli apporti specifici dei vari fattori. Sempre esemplificando il criterio con la mansione di muratore, e ricorrendo anche all'utilizzo di alcuni dati medi di letteratura (SINU, modificati), si avrà quanto riportato in Tabella 5.

Tabella 5 – Stima del dispendio energetico giornaliero per la mansione di muratore (uomo di 70 kg).

MURATORE				
Tipo di attività	Metabolismo energetico specifico per attività (W/m ²)	Durata attività (ore)	Totale energia*	
			(kJ)	(kcal)
ATTIVITÀ DISCREZIONALI				
- attività sociali, camminate, frequentazione luoghi pubblici	103,5	2	1.341	
- tv, radio, lettura, riposo	49,5	2	642	
- pasti, igiene personale	67,5	1	437	
- altro	67,5	3	1.312	
TOTALE ATTIVITÀ DISCREZIONALI		8	3.732	892
ATTIVITÀ PROFESSIONALI (Tabella 2)	240	8	12.442	2.972
RIPOSO NOTTURNO (solo metabolismo basale)	45,5	8	2.359	563
DISPENDIO ENERGETICO GIORNALIERO		24	18.533	4.427
* (superficie individuo maschio = 1,8 m ²)				

Reiterando tale procedimento con le altre mansioni di Tabella 2, è possibile calcolare dei valori di dispendio energetico giornaliero medio per le varie figure professionali, valori che saranno più o meno attendibili in relazione alla rispondenza delle attività utilizzate nel calcolo con quelle reali (Tabella 6).

Tabella 6 – Stima del dispendio energetico giornaliero per varie mansioni (uomo di 70 kg).

	Energia attività discrezion ali (kcal)	Energia attività profession ali (kcal)	Energia riposo notturno (kcal)	Dispendio energetico giornaliero (kcal)
PALISTA – ESCAVATORISTA	892	1.610	563	3.065
OPERATORE AUTOGRU'	892	1.795	563	3.250
CARPENTIERE	892	2.848	563	4.303
MURATORE	892	2.972	563	4.427
PAVIMENTISTA – PIASTRELISTA	892	3.219	563	4.674
MANOVALE – AIUTANTE GENERICO	892	3.219	563	4.674
PONTEGGISTA	892	3.405	563	4.860

7. CONCLUSIONI

Utilizzando metodi di calcolo indiretti si sono potute realizzare delle stime del dispendio energetico giornaliero totale per alcune delle principali mansioni del settore edile, finalizzando tali valutazioni all'implementazione di uno strumento di supporto utile al sanitario nel trattamento del diabete nei lavoratori. Conoscere il fabbisogno calorico personale consente, infatti, di valutare meglio gli effetti dell'attività fisica sul lavoratore che la svolge e di prevedere quindi le reazioni dell'organismo, modulando opportunamente la somministrazione di insulina e di alimenti.

Dette stime di massima, utili per un primo orientamento, possono certamente affinarsi con la puntuale osservazione di specifici casi reali, ma possono anche avere un grado di precisione molto più elevato con il passaggio a metodi di calcolo diretto.

Ciò che si pensa di poter realizzare in un prossimo futuro, a sviluppo del presente lavoro, è l'esecuzione di specifiche misure sul campo a mezzo di appositi monitor multi-sensore personali che, indossati dal lavoratore durante la giornata, effettuino rilevazioni in continuo di parametri fisiologici e dinamici indispensabili alla determinazione del dispendio metabolico di base e nelle varie attività, lavorative e non.

La misura strumentale del consumo metabolico in lavoratori diabetici potrà consentire al diabetologo ed al medico competente una migliore calibrazione ed un'adeguata verifica dell'efficacia dei protocolli sanitari adottati.

BIBLIOGRAFIA

T. S. Abdelhamid, J. G. Everett: Physical demands of construction work: A source of workflow unreliability. Proceedings of the 10th Annual Conference for Lean Construction, 6-8 August 2002, Gramado, Brazil.

T. Carter: Fitness standards for the transport industries. Journal of Royal Society of Medicine, 2001 October; 94(10): 534-535.

Commission of the European Communities: Nutrient and energy intakes for the European Community. Reports of the Scientific Committee for Food, Thirty-first series, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 1993.

R. L. Kennedy, J. Henry, A. J. Chapman, R. Nayar, P. Grant, A. Morris: Accidents in patients with insulin-treated diabetes: increased risk of low-impact falls but not motor vehicle crashes - A prospective register-based study. *The Journal of Trauma Injury, Infection and Critical Care*, 2002, 52(4): 660–666.

C. Laberge-Nadeau, G. Dionne, J. M. Ékoé, P. Hamet, D. Desjardins, S. Messier, U. Maag: Impact of diabetes on crash risks of truck-permit holders and commercial drivers. *Diabetes Care*, 2000 May, 23(5): 612–617.

SINU – Società Italiana di Nutrizione Umana: <http://www.sinu.it/larn/energia.asp>

UNI EN ISO 8996-2005: Ergonomia dell'ambiente termico – Determinazione del metabolismo energetico. UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano.

I. Weijman, W. J. G. Ros, G. E. H. M. Rutten, W. B. Schaufeli, M. J. Schabracq, J. A. M. Winnubst: Fatigue in employees with diabetes: its relation with work characteristics and diabetes related burden. *Occupational and Environmental Medicine*, 2003 June, 60 (Suppl I): i93-i98.