
L'intelligenza artificiale che previene il mal di schiena

Francesco Pistolesi

When sitting at your office desk, have you ever realized how your posture is gradually deteriorating due to those long hours in front of the computer? Statistics don't lie: an increasing number of people are grappling with musculoskeletal issues from a sedentary lifestyle and poor posture. According to a recent study, over 70% of office workers report posture-related problems, which are a leading cause of work absenteeism. Can artificial intelligence (AI) come to our rescue? Absolutely. Is AI spying on us to achieve this? Absolutely not. Today's technological advancements can safeguard our well-being and fend off musculoskeletal disorders without violating our privacy. No cameras, no prying eyes. Just an invisible laser beam, a touch of computational wizardry, and voilà – the solution is at hand.

Keywords: *Artificial intelligence, Industry 5.0, Posture detection, Privacy*

Se lavori per tanto tempo alla scrivania, la tua postura non sarà certo impeccabile. Non ci credi? Scivolare sulla sedia allungando le gambe, ingobirti sui fogli, reclinare lo schienale per leggere lo schermo in posizione semi-sdraiata... Ti è sicuramente capitato. Giorno dopo giorno, queste cattive abitudini aumentano il rischio di sviluppare patologie muscolo-scheletriche: una fra tutte, il *mal di schiena*. Il mal di schiena è causato prevalentemente da una cattiva postura. La nostra società, sempre più tecnologica, ci vede ogni giorno seduti a una scrivania, davanti al computer. Col tempo, ciò causa infiammazioni e contratture ai muscoli di collo e schiena.

In Europa, un lavoratore su quattro soffre di mal di schiena o disturbi muscolo-scheletrici le cui principali cause sono la movimentazione di carichi pesanti e la cattiva postura. Nel mondo, sono 540 milioni di lavoratori. Però se ne parla poco, non è una cosa che fa notizia, che racimola clic, che va in tendenza. Non ci facciamo proprio caso a come stiamo seduti. Eppure, arriva un giorno in cui iniziamo ad avvertire quegli inspiegabili fastidi alla schiena, alla spalla, al collo. Vanno e vengono. Diamo la colpa al climatizzatore, al finestrino dell'auto spalancato nel meriggio d'agosto, quando disperatamente cerchiamo di diminuire la temperatura dell'abita-



colo, trasformato in una fornace. Oppure sì, abbiamo fatto uno sforzo per spostare il mobiletto del bagno, mentre ritinteggiavamo le pareti. Poi però quei doloretto diventavano sordi, insistenti. Si insidiano nei pertugi più reconditi. Con qualche antidolorifico preso qua e là, se ne vanno. Finché ci ritroviamo a convivere con quel dolore, che piano piano ci porta a saltare giorni di lavoro, a non sopportare più qualsiasi posizione. Si arriva a star male davvero.

Il movimento e la corretta postura sono cruciali per la salute di ossa, muscoli e articolazioni. Non siamo progettati per trascorrere 7-8 ore al giorno dormendo, e ulteriori 8 ore seduti, magari in posizioni scorrette. Facendo due semplici conti, se consideriamo 40 anni di lavoro, stiamo quasi 27 anni della nostra vita lavorativa praticamente immobili: quasi il 70% del tempo. Detta così fa notizia, però.

L'ultima "rivoluzione industriale", la cosiddetta *Industry 5.0*, mette al centro la persona e il suo benessere. È un approccio "human-centric", focalizzato cioè sul fattore umano. Ecco che, dopo l'enorme progresso dei processi produttivi raggiunto da *Industry 4.0*, lo spotlight ruota finalmente sulle persone, sulla loro sicurezza e sul loro benessere.

Quando si sta seduti, le nostre gambe hanno un ruolo fondamentale nella postura. È naturale che non stiamo lì a guardarci le gambe durante la giornata. Se lo facessimo, noteremmo per esempio che stiamo a lungo in posizione semi-sdraiata, oppure con le gambe accavallate. La posizione seduta semi-sdraiata, con le gambe distese in avanti, e magari con i piedi incrociati, è indubbiamente comoda. Ma la schiena? La posizione della schiena è strettamente correlata a quella delle gambe. Semplificando, possiamo dire che la posizione delle gambe aiuta a ricavare infor-

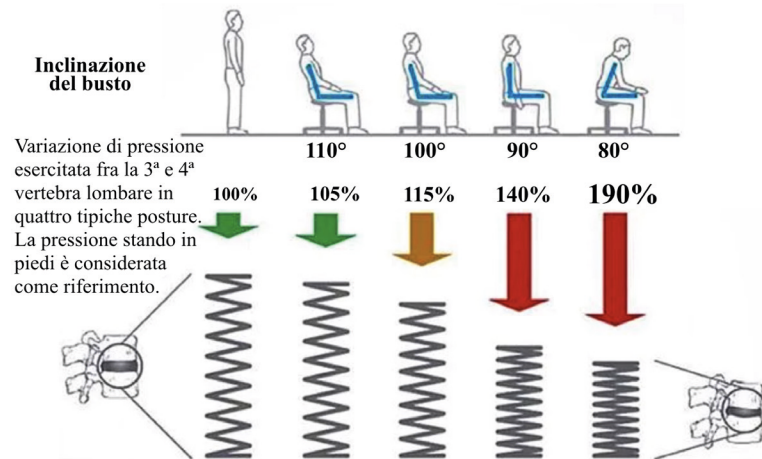


Figura 1. Posture del busto e loro effetto sui dischi intervertebrali. La posizione del busto è influenzata dalla quella delle gambe.

mazioni sulla torsione del busto, la sua inclinazione e la sua asimmetria. Per esempio, quando stiamo in posizione semi-sdraiata o protesa in avanti, la schiena si incurva in modo incongruo. In mancanza di un sostegno lombare, le vertebre si posizionano in modo innaturale, in una forma ad arco che compromette la normale e uniforme distribuzione del peso, aumentandone l'entità, come mostrato in fig. 1.

Moltissime persone amano poi stare sedute a lungo con le gambe accavallate, magari alternando la posizione delle gambe. Ma anche accavallare le gambe sbilancia la colonna vertebrale. Di conseguenza, il peso si distribuisce in maniera disordinata sui dischi intervertebrali, i muscoli lombari stanno in tensione, il bacino storto, le spalle storte: un vero disastro. Tutte queste cattive abitudini contribuiscono a innalzare spiccatamente il rischio di malattie muscolo-scheletriche nel lungo periodo.

Ma come fa l'intelligenza artificiale a controllare se stiamo seduti correttamente? Ci sono molte soluzioni più o meno accurate. Il loro principale difetto è richiedere al lavoratore di essere costantemente filmato. Insomma, essere all'interno di una sorta di Grande Fratello, per tutta la giornata lavorativa. Per di più, le parti del corpo da filmare sono spesso parti sensibili.

Le nuove tecnologie offrono strumenti capaci di calcolare la distanza fra un dispositivo e i punti attorno a sé. Una di queste è la tecnologia *LiDAR*,

acronimo dall'inglese *Laser imaging Detection and Ranging*. Il funzionamento è simile a quello del sonar o del radar, ma al posto delle onde sonore o radio, il LiDAR utilizza *impulsi laser*. Un dispositivo LiDAR 2D¹ è dotato di un emettitore e un sensore posizionati su un disco rotante. L'emettitore genera brevi impulsi di luce laser in rapida successione, mentre ruota. Gli impulsi colpiscono oggetti, superfici o qualsiasi cosa nell'ambiente circostante. Quando ciò si verifica, una parte della luce viene riflessa e ritorna al sensore, che la cattura. Il dispositivo misura il tempo che la luce impiega a percorrere il tragitto di andata e ritorno. Poiché la velocità della luce è costante, questo tempo può essere convertito in una distanza molto precisa. Misurando i tempi di ritorno di tutti questi impulsi e combinando queste informazioni, il LiDAR 2D crea una mappa bidimensionale dettagliata del contorno degli oggetti circostanti. Immaginiamo di essere in una stanza buia e di usare una torcia per inviare rapidi lampeggi di luce in varie direzioni. Osservando i punti in cui i lampeggi colpiscono le pareti o gli oggetti, puoi capire la forma e la distanza delle cose intorno a te. Il LiDAR 2D fa la stessa cosa, ma con impulsi laser veloci e precisi.

Questa tecnologia è oggi usata in vari ambiti, come per esempio la mappatura topografica, la robotica industriale, la guida autonoma dei veicoli e la conservazione dell'ambiente. Quindi, perché non usarla anche in ufficio? Sarebbe estremamente d'aiuto, specie in ottica di *ergonomia*, una disciplina dedicata alla progettazione e organizzazione di ambienti di lavoro adatti alle esigenze, alle capacità e al comfort delle persone. Lo scopo dell'ergonomia è migliorare l'efficienza, la sicurezza e il benessere degli individui durante le attività quotidiane. Uno dei suoi obiettivi principali è proprio occuparsi di come il corpo umano si muove e interagisce con gli oggetti, cercando di minimizzare *posture incongrue* o movimenti

innaturali che causano affaticamento, lesioni e disturbi muscolo-scheletrici a medio-lungo termine. Per una buona postura, la normativa e standard internazionale ISO 11226² stabiliscono che le gambe debbano essere parallele, e i piedi paralleli e ben saldi a terra. Il LiDAR 2D può effettuare scansioni delle gambe e, diversamente dalle tecnologie basate su telecamere, può farlo rispettando la privacy del lavoratore. Questo perché il LiDAR 2D è in grado di generare solo una linea che porta con sé la sola informazione posturale. Nell'ottica human-centric di Industry 5.0, il rispetto della privacy, del benessere e dei diritti dei lavoratori è fondamentale. E gli approcci basati su telecamere non possono garantire una sicurezza al 100%. Si pensi, per esempio, al caso di un'intrusione nei sistemi informatici di un'azienda. I video dei lavoratori potrebbero essere trafugati, divulgati e rivenduti per scopi malevoli. Si va dall'uso improprio non autorizzato, fino alla generazione di deep fake, specie se i video inquadrano parti sensibili del corpo, come nel caso della valutazione della postura.

La tecnologia LiDAR 2D è invece rispettosa della privacy; usando l'anglicismo in voga, diremmo che è *privacy-preserving*. Tuttavia, il solo dispositivo non è capace di capire come sono posizionate le nostre gambe. Per farlo, entra in gioco l'intelligenza artificiale. È lei che deve fare lo sforzo di abbinare una semplice linea generata dal LiDAR 2D – quella formata dai puntini neri nella scansione a destra, in fig. 2 – alla corrispondente postura delle gambe. Come lo fa? Tramite un processo di *apprendimento supervisionato*, un termine un po' ispido che in realtà fa riferimento a un processo semplice, a cui abbiamo partecipato tutti noi, fin da bambini. Non siamo infatti stati programmati dai nostri genitori tramite una porta USB. Ci è stata ripetuta mille volte la parola *mamma* e alla fine – forse anche un po' per disperazione – tutti l'abbiamo detta. Poi, abbia-

1. Con 2D, si indica un dispositivo che lavora in due dimensioni. Esistono anche dispositivi LiDAR 3D che generano mappe tridimensionali dell'ambiente circostante.

2. ISO 11226:2000 *Ergonomics - Evaluation of static working postures*, International Organization for Standardization.

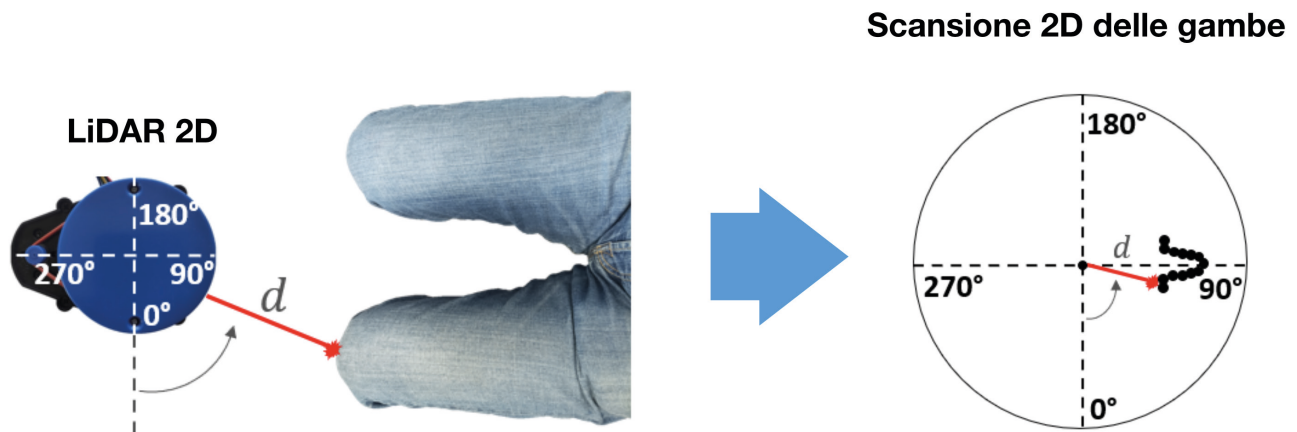


Figura 2. Un dispositivo LiDAR 2D (a sinistra) di fronte alle gambe di un lavoratore. La figura mostra un impulso laser (in rosso) che colpisce il ginocchio del lavoratore dopo aver percorso una distanza d . Il tempo che l'impulso impiega a percorrere la distanza d consente al dispositivo di calcolare e memorizzare la distanza fra il sensore e il ginocchio. A destra, la scansione delle gambe ottenuta dal dispositivo. Il profilo delle gambe è formato dai piccoli cerchi neri.

mo capito cos'era una pallina, un orsacchiotto, una penna. Tutto questo perché ci sono state mostrate tante palline diverse e ogni volta ci veniva detto che erano palline. E così anche per gli orsacchiotti e le penne. Se, di fronte a una pallina colorata, alla domanda “*Che cos'è?*” avessimo risposto “*orsacchiotto*”, avremmo ricevuto un sonante “*No!*”. L'apprendimento supervisionato avviene quindi sotto l'occhio vigile di “qualcuno” che ti dice se sbagli o fai bene. Nel caso del riconoscimento della postura, al posto di palline e orsacchiotti abbiamo i diversi profili delle gambe generati dal LiDAR 2D. L'intelligenza artificiale ha solo bisogno di qualcuno che le “mostrì” una scansione LiDAR 2D e le chieda qual è la posizione delle gambe. Se la risposta è sbagliata, lei lo capisce e modifica le sue connessioni interne affinché, la prossima volta, di fronte alla stessa scansione delle gambe, non sbagli più ad associarla alla relativa postura. L'intelligenza artificiale imita l'apprendimento del cervello umano, imparando gradualmente a quale posizione delle gambe corrisponde ciascuna scansione LiDAR 2D. E poi non sbaglia più, o comunque sbaglia raramente.

Un recente studio³ effettuato presso il Dipartimen-

to di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Pisa, pubblicato sulla rivista IEEE Embedded Systems Letters, ha coinvolto 30 lavoratori (15 uomini e 15 donne), monitorandone la posizione delle gambe durante la giornata lavorativa alla scrivania. Il sensore LiDAR 2D ha effettuato costantemente scansioni dei profili delle gambe. Grazie a un video registrato da una microcamera, le scansioni LiDAR sono poi state associate a un'etichetta riportante la postura delle gambe⁴. La fig. 3 mostra le posizioni delle gambe considerate dallo studio, in quanto più ricorrenti. Queste scansioni e le corrispondenti etichette sono state usate per insegnare a un sistema intelligente a riconoscere la postura, raggiungendo una precisione del 99.2%: solo 8 scansioni su 1000 non sono associate alla giusta postura. Facendo un semplice calcolo, per rilevare la posizione delle gambe di un lavoratore ogni minuto, occorrono poco meno di 500 scansioni al giorno, quindi solo quelle relative a 4 minuti delle 8 ore lavorative potrebbero essere associate dal sistema alla postura sbagliata: una precisione ragguardevole. Insomma, possiamo dire che, ogni minuto, il sistema sa come sono posizionate le nostre gambe, non si sgarra!

3. Pistolesi F, Baldassini M, Lazzerini B, *Are You Sitting with Good Posture? Tracking the Position of the Legs via* 2D LiDAR, IEEE Embedded Systems Letters, 2022.

4. Questo processo è detto *eti-*

chettatura (nel linguaggio tecnico, *labeling*) e serve per preparare i dati usati nel processo di apprendimento dell'intelligenza

artificiale, dove questa, se sbaglia ad associare la scansione alla postura, viene corretta, “mostrandole” l'etichetta.

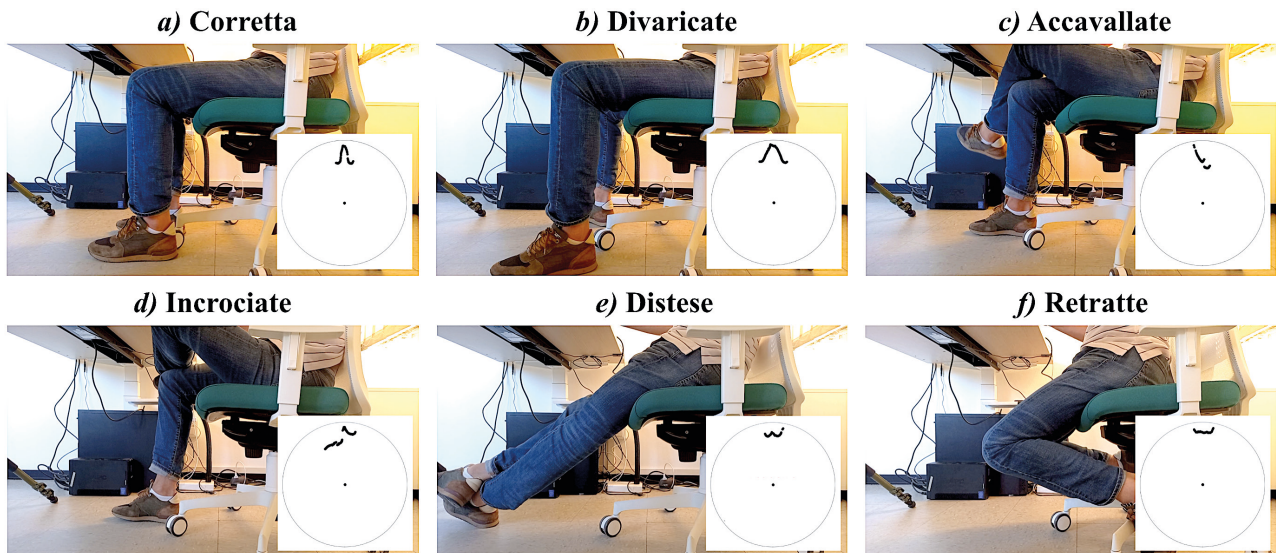


Figura 3. Sei tipiche posizioni delle gambe durante il lavoro alla scrivania. Com'è facile intuire, la schiena "segue" la posizione delle gambe. Se questa non è quella corretta (posizione 'a', in alto a sinistra), molto probabilmente non lo sarà nemmeno la posizione della schiena, con conseguente aumento del rischio di mal di schiena e disturbi muscolo-scheletrici nel tempo.

Lo studio ha poi mostrato com'è possibile sfruttare le rilevazioni del sistema per migliorare la postura dei lavoratori. In particolare, è stato realizzato un "cruscotto" che gli ingegneri della sicurezza possono visualizzare per capire quali lavoratori sono più a rischio di sviluppare mal di schiena, ma anche altre patologie muscolo-scheletriche. Un esempio di questo cruscotto è mostrato in fig. 4, relativamente a un lavoratore che ha partecipato al test del sistema⁵. Come si vede dalla figura, il cruscotto mostra due grafici intuitivi che aiutano gli ingegneri della sicurezza a valutare agevolmente il rischio posturale del lavoratore. Il grafico in alto mostra una linea arancione che indica la posizione delle gambe del lavoratore durante la giornata. Naturalmente, il rischio del lavoratore sarebbe nullo se mantenesse le sue gambe nella posizione *a* per la maggior parte del tempo: ma così non è. Si può infatti notare che, già durante la prima ora, il lavoratore alterna tre posizioni (*a*-corretta, *b*-gambe divaricate, ed *e*-gambe di-

stese). Anche nelle restanti ore della giornata, il lavoratore cambia spesso posizione. Questo è comunque positivo perché il rischio posturale cresce all'aumentare del tempo trascorso in una data postura scorretta, ma se si cambia frequentemente posizione (come mostra il grafico) siamo di fron-

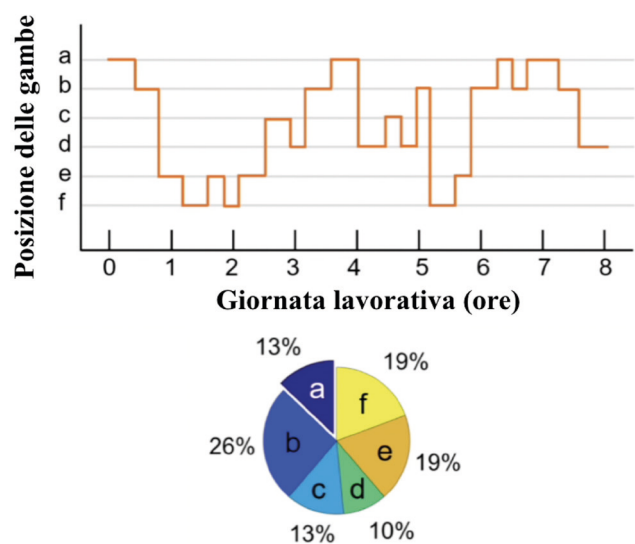


Figura 4. Evoluzione temporale della posizione delle gambe durante la giornata lavorativa (sopra) e percentuale di tempo trascorsa in ogni postura (sotto).

5. La fase di test è il banco di prova. Il processo di apprendimento è terminato, e l'intelligenza artificiale ha a che

fare con lavoratori di cui non ha mai visto alcuna scansione LiDAR delle gambe. Se ha imparato, non sbaglierà.

te a una situazione di lavoro altamente dinamica, e il rischio diminuisce. Ciò è anche evidente dal grafico a torta in fig. 4, dove l'ampiezza di ogni settore è tanto maggiore quanto più tempo il lavoratore trascorre nella corrispondente postura⁶. Come si vede, non c'è un settore predominante; non vi è quindi una particolare postura incongrua, mantenuta molto a lungo, che necessita di essere corretta. Comunque, durante la giornata, il lavoratore mantiene la posizione corretta solo per il 13% del tempo: poco più di un'ora su otto, nel complesso. Questa "fotografia" del comportamento posturale è generata per ogni lavoratore, consentendo di intervenire in modo mirato per correggere le cattive abitudini posturali.

Ogni giorno, l'intelligenza artificiale sa quali sono i lavoratori che devono stare di meno con le gambe accavallate, e quali invece devono imparare a non distendere di continuo le gambe, scivolando sotto la scrivania e costringendo la loro povera schiena a posture circensi. Non solo. L'intelligenza artificiale sa anche quali sono i lavoratori posturalmente più virtuosi: per loro, non è necessaria alcuna formazione aggiuntiva a quella obbligatoria per legge.

Una tecnologia di questo tipo è largamente accessibile, anche alle piccole e medie imprese e alle microimprese (quelle con meno di dieci dipendenti), che in Italia sono la maggioranza. Si pensi che l'hardware richiesto costa poco più di 50 euro.

Per avere un'idea dei costi e benefici, facciamo un semplice esempio. Un'azienda con venti dipendenti sosterebbe un investimento esiguo, una tantum, di soli 1000 euro, in grado di assicurarle un abbattimento dei ragguardevoli costi relativi alle indennità di malattia. Queste indennità ammontano infatti al 50% della retribuzione media globale giornaliera percepita dal lavoratore nel periodo mensilmente

precedente l'inizio della malattia, per i primi 20 giorni; al 66.66% della retribuzione media giornaliera di cui sopra, dal 21° giorno. Inoltre, l'azienda non sarebbe costretta a perdere commesse di lavoro dovute a carenza di personale, in quanto in malattia. Infine, anche i costi dovuti alla formazione sulla sicurezza potrebbero essere drasticamente ridotti. Sapendo infatti a priori quali sono le cattive abitudini da correggere, si interverrebbe solo laddove necessario, con misure personalizzate. I giorni di assenza dal lavoro si ridurrebbero incrementalmente, con beneficio sia per la produttività che per il benessere dei lavoratori.

Insomma, l'intelligenza artificiale ci potrà davvero aiutare a prevenire il mal di schiena nei moderni posti di lavoro dell'Industry 5.0. Sarà presto un'alleata immancabile e instancabile che ci consentirà di imparare il valore della buona postura, tramite il benessere che, giorno dopo giorno, ci aiuterà a raggiungere, rispettando incondizionatamente la nostra privacy. ●



6. Le posizioni delle gambe indicate con le lettere da *a* ad *f* sono quelle mostrate in fig. 3.