

BENEFICI DELL'ERGONOMIA





BENEFICI DELL'ERGONOMIA

CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLE MISURE ERGONOMICHE NELL'ANALISI COSTO-VANTAGGI

Urban Daub
Alexander Ackermann
Verena Kopp

Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and
Automation IPA – Stuttgart
Partner di progetto: Ergoswiss AG
Ottobre 2019
<https://doi.org/10.24406/ipa-n-559153>

INDICE

1 Introduzione	5
2 Effetti economici delle misure ergonomiche di progettazione del luogo di lavoro	6
2.1 Vantaggi delle misure ergonomiche	6
2.2 Rischi associati alla mancanza di misure ergonomiche	8
3 Potenziale ergonomico dei banchi da lavoro regolabili in altezza	10
3.1 Potenziali economici diretti	10
3.2 Potenziali economici indiretti	10
4 Riepilogo	16
5 Limitazioni	18
7 Riferimenti	20
Dettagli della pubblicazione	24

1 INTRODUZIONE

I disturbi muscoloscheletrici sono la causa più comune di giorni di incapacità lavorativa a causa di malattia in Germania, Austria e Svizzera [1,2,3 quot. 4].

Sono colpite soprattutto le persone anziane [5]. Come risultato del cambiamento demografico e della relativa forza lavoro che invecchia, una progettazione sostenibile del luogo di lavoro dovrebbe prendere sempre più in considerazione misure preventive ed ergonomiche.

Anche se gli effetti positivi generali derivanti dalle misure di progettazione ergonomica sul luogo di lavoro sono raramente messi in dubbio, l'approccio migliore per convincere i decisori delle aziende del vantaggio di una misura di progettazione ergonomica è dimostrare il vantaggio economico che la società può derivarne.

Come risulta da numerosi studi pubblicati, tuttavia, questo vantaggio può manifestarsi in forme molto diverse.

In questo contesto, le varie intenzioni di aziende e dipendenti saranno sempre orientate verso i seguenti obiettivi:

- Mantenimento della buona salute
- Prestigio
- Interessi economici

Questi sono obiettivi raramente opposti. Numerosi studi hanno dimostrato che anche dipendenti sani e soddisfatti sono più efficaci.

Questa recensione è stata commissionata da **Ergoswiss AG** come estensione della guida „Progettazione ergonomica del luogo di lavoro: principi di sollievo muscoloscheletrico derivanti dall'esercizio, dallo sport e dalle scienze del fattore umano“. L'obiettivo di questa recensione è fornire un riepilogo dei risultati degli studi pubblicati che hanno studiato i vantaggi e i benefici delle misure ergonomiche di progettazione.

Oltre all'analisi generale delle misure ergonomiche di progettazione volte ad alleviare il sistema muscolo-scheletrico, questa recensione si concentra su banchi da lavoro regolabili in altezza.

2 EFFETTI ECONOMICI DELLE MISURE ERGONOMICHE DI PROGETTAZIONE DEL LUOGO DI LAVORO

I due modelli di calcolo utilizzati più frequentemente per valutare il beneficio economico delle misure ergonomiche sono il rapporto costi-benefici e il periodo di ammortamento (cfr. [6]). Quando si applicano questi calcoli, la sfida consiste nel come determinare i singoli valori di un'azienda.

In questo capitolo sono elencati i benefici diretti delle misure ergonomiche e i costi indiretti derivanti dalla mancanza di misure di promozione della salute. Sulla base di ciò, è possibile determinare il valore o rispettivamente il beneficio fornito da una misura di promozione della salute.

Rapporto costi-benefici

Questo metodo viene utilizzato per mettere i costi sostenuti per l'implementazione della soluzione ergonomica in relazione al beneficio ottenuto da questa misura.

$$\frac{\text{Costo di realizzazione}}{\text{Valore del benefit}} = \text{rapporto costi-benefici}$$

Periodo di ammortamento

Questo metodo viene applicato per determinare il tempo richiesto per l'ammortamento dell'investimento effettuato. Per questo, devono essere calcolati i costi e i benefici delle misure ergonomiche.

$$\frac{\text{Costo dell'investimento}}{\text{benefit per anno}} = \text{periodo di ammortamento (in anni)}$$

Questi metodi possono essere utilizzati sia in modo retrospettivo (guardando indietro) sia in modo prospettico (guardando al futuro).

Ciò che rende più difficile un calcolo prospettico, tuttavia, è il fatto che l'effetto positivo che ci si aspetta (cioè il beneficio) deve essere stimato.

2.1 VANTAGGI DELLE MISURE ERGONOMICHE

Effetti finanziari / economici

Il rapporto costi-benefici positivo per le misure di promozione della salute delle imprese è indiscusso nella letteratura scientifica [7].

I risultati di numerosi studi hanno dimostrato gli effetti economici positivi associati ai miglioramenti della salute.

Questi effetti economici derivano da un aumento della produttività e dalla riduzione dei costi accessori che si verificano in caso di malattia del personale. Nei loro calcoli, studi indipendenti americano-americano hanno assunto un rapporto costi-benefici compreso tra 1: 2,3 e 1: 5,9. Ciò significa che per ogni dollaro speso è possibile risparmiare 2,3-5,9 dollari a causa della riduzione dei costi relativi alla malattia [7].

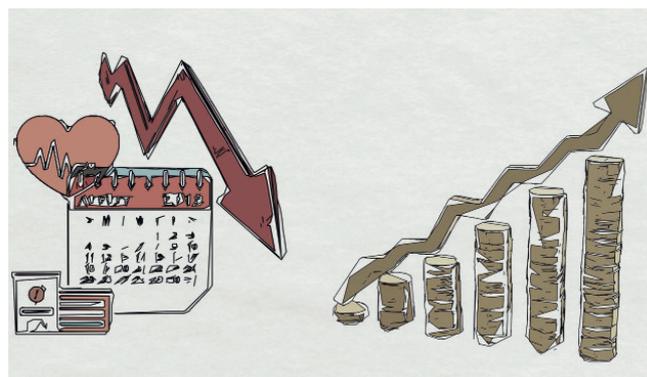


Figura 1 Gli investimenti per ridurre i giorni di malattia pagano.

Quando si osservano questi calcoli del rapporto costi-benefici, tuttavia, si deve considerare che la maggior parte dei valori sono stati derivati da studi americano-americani. Le disposizioni legali applicabili e le condizioni di lavoro negli Stati Uniti differiscono da quelle degli altri paesi in una certa misura. Per questo motivo, il valore di questi risultati non può essere trasferito direttamente ai paesi europei.

Una revisione completa ha riassunto i risultati derivati da 250 studi di casi che hanno esaminato i vantaggi degli investimenti effettuati in misure ergonomiche [8]. Sono stati estratti e rappresentati parametri comparabili. Anche se gli autori sottolineano che i risultati dovrebbero essere interpretati con cautela mostrano un andamento consistente (cfr. Tabella 1).

*Note per la lettura della tabella usando "Produttività" come esempio: 61 dei 250 studi hanno studiato la **produttività**. In **media**, l'incremento è stato del **25%**. Il valore dello studio il cui risultato corrispondeva al valore medio era del **20%** (= **mediana**). Nel 95% degli studi, è stato raggiunto un miglioramento della produttività del **20-30%** (**intervallo di confidenza** calcolato). Nel complesso, **la gamma di risultati** degli studi varia da variazioni negative molto minori dello **0,2%** a variazioni molto significative dell'**80%**.*

Parametri per determinare l'efficacia	Numero di studi	Media	Mediano	95% intervallo di confidenza	Gamma di risultati
Produttività	61	25% ↑	20% ↑	20 - 30%	-0,2 - 80% ↑
Incidenza * (numero di nuovi casi di malattia all'anno)	53	65% ↓	67% ↓	57 - 73%	9 - 100% ↓
Numero di giorni di lavoro persi *	78	75% ↓	80% ↓	70 - 80%	3 - 100% ↓
Numero di giorni di lavoro limitato	30	53% ↓	58% ↓	42 - 64%	5 - 100% ↓
Numero di disturbi legati al lavoro del sistema muscolo-scheletrico	90	59% ↓	56% ↓	54 - 64%	8 - 100% ↓
I costi del personale	6	43% ↓	32% ↓	17 - 69%	10 - 85% ↓
Rifiuti / errori	8	67% ↓	75% ↓	59 - 85%	8 - 100% ↓
Giorni di assenza a causa di malattia	11	58% ↓	60% ↓	43 - 63%	14 - 98% ↓
Periodo di ammortamento dell'investimento **	36	0,7 Jahre	0,4 Jahre	0,4 - 1 Jarh	0,03 - 4,4 Jahre
Rapporto costi-benefici	5	1:18,7	1:6	1:7,6 - 1:45	1:2,5 - 1
* A causa di disturbi muscoloscheletrici legati al lavoro					
** I calcoli includono richieste di risarcimento danni ai dipendenti secondo la legge americana.					

Tabella 1 Tabella dei risultati riassuntivi di 250 casi studio (adattato da [2])

2 EFFETTI ECONOMICI DELLE MISURE ERGONOMICHE DI PROGETTAZIONE DEL LUOGO DI LAVORO

I benefici tipici menzionati nella revisione includono la riduzione dei disturbi muscoloscheletrici legati al lavoro o il tasso di incidenza di questi. Un altro vantaggio menzionato si riferiva alla riduzione dei giorni di assenza a

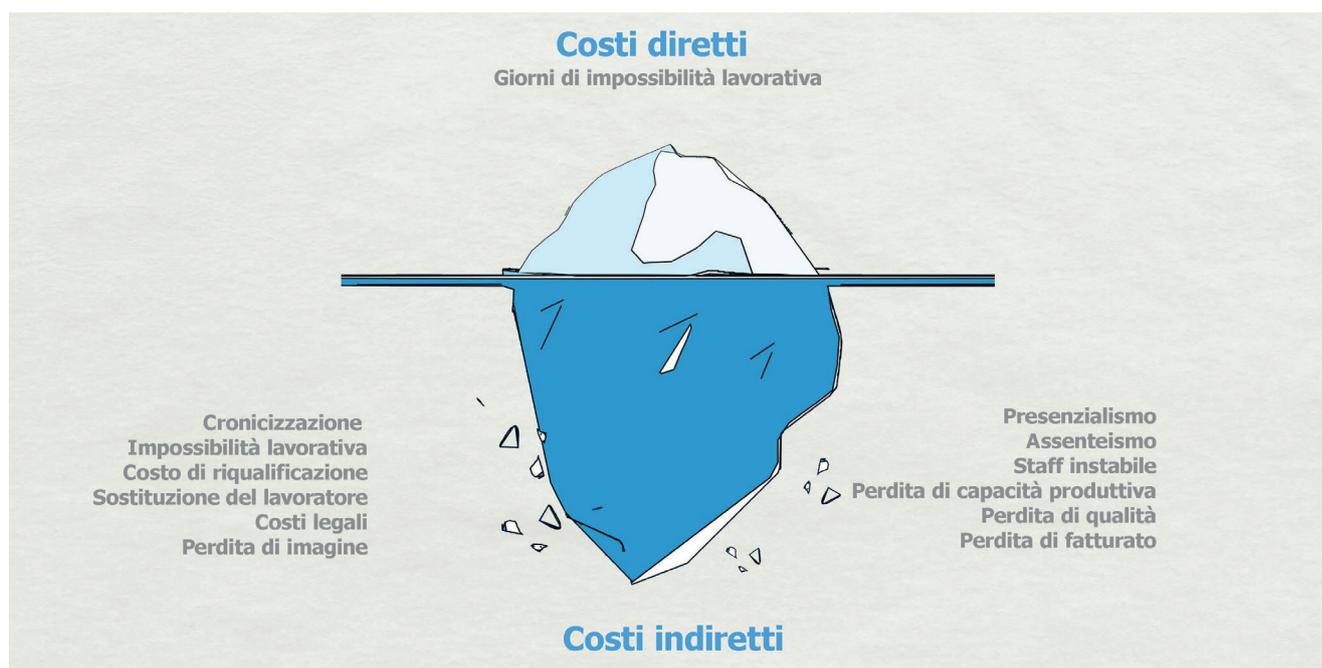


Figura 2 Molte analisi costi-benefici trascurano la maggiore quota dei costi indiretti.

causa di malattia o di giorni di lavoro limitato, vale a dire i giorni lavorativi durante i quali i dipendenti non erano perfettamente idonei al lavoro. Questi giorni lavorativi limitati possono anche avere un impatto negativo sul numero di prodotti difettosi in produzione, tra gli altri (aumento della percentuale di scarti).

→ Anche se non sono disponibili modelli di calcolo accurati, ampie prove dell'effetto costi-benefici positivo ottenuto dall'investimento in misure di promozione della salute può essere trovato in letteratura.

2.2 RISCHI ASSOCIATI A MANCANZA DI MISURE ERGONOMICHE

Le analisi dei rischi che valutano i giorni di assenza a causa di malattia in genere includono tutti i costi direttamente associati all'assenza di un dipendente. A seconda di quanti dettagli sono inclusi in questi modelli di calcolo, tuttavia, esistono numerosi fattori di rischio finanziario aggiuntivi. La quota di questi costi indiretti può essere significativamente più elevata. A causa della loro natura speculativa, tuttavia, potrebbero non essere considerati nelle analisi costi-benefici. Ciononostante, costi e benefici non vengono compensati correttamente se non si considerano questi criteri nel calcolo.

Come nel caso di un iceberg (vedi figura 2), la maggior parte dei costi si troverà sotto la superficie [9]. Di seguito, alcuni di questi fattori di rischio indiretto trovati in letteratura sono elencati e spiegati:

Assenteismo

I giorni di assenza dovuti a malattia comportano un aumento dei costi poiché devono essere pagati lo stipendio del dipendente malato, nonché sostituiti temporanei o straordinari per compensare il lavoro del dipendente malato [9].

I disturbi muscoloscheletrici sono considerati il tipo più comune di malattia che causa giorni di assenza (giorni AB) in Germania, Austria e Svizzera [1,2,3 quot. 4].

In particolare, il mal di schiena che può essere causato da posture corporee limitate sul posto di lavoro rappresentano uno dei disturbi fisici più frequenti nella popolazione [10, 11].

Presenteismo

I dipendenti che vengono a lavorare anche se malati sono meno efficaci in termini di produttività e qualità. Si stima che le perdite finanziarie dovute al presenteismo siano superiori alle perdite dovute a giorni di assenza [12, 13]. Inoltre, le prestazioni e la soddisfazione inferiori dei dipendenti malati possono influire sui loro colleghi e avere un effetto negativo sulla motivazione del lavoro di questi [9].

Perdite di produzione

A seconda dell'organizzazione di un'azienda, un aumento dei tassi di assenza dovuti a malattia può portare a perdite di produzione. Ciò può essere spiegato da un numero inferiore di personale o dalla mancanza di esperienza dei nuovi dipendenti che devono sostituire i colleghi assenti a causa di malattia. Di conseguenza, il tasso di produzione diminuisce mentre aumenta il tasso di errore [9].

Inoltre, i luoghi di lavoro non ergonomici possono causare affaticamento precoce e perdita di concentrazione, con possibili ripercussioni sulla qualità del prodotto. Possono essere sostenuti costi aggiuntivi a causa dei costi di restituzione o

3 POTENZIALE ERGONOMICO DEI BANCHI DA LAVORO REGOLABILI IN ALTEZZA

In letteratura sono disponibili vari indicatori per valutare l'efficacia delle misure ergonomiche. Secondo questi, i banchi da lavoro regolabili in altezza rappresentano circa il 40%, compreso tra gli ausili di sollevamento che assorbono completamente lo sforzo causato da carichi pesanti (circa il 70%) e la rotazione del lavoro (circa il 15%) [8, 18].

Nella sezione seguente, i principali potenziali associati ai banchi di lavoro regolabili in altezza sono elencati e supportati da indicatori e risultati presi dalla letteratura.

3.1 POTENZIALI ECONOMICI DIRETTI

Aumentare la produttività / qualità del prodotto

Numerosi studi suggeriscono che la produttività o la qualità del lavoro possono essere aumentate con l'introduzione di postazioni di lavoro da seduti [19-21]. A parte l'ambiente dell'ufficio, numerosi casi studio in produzione hanno dimostrato che l'introduzione di una scrivania regolabile in altezza ha prodotto lo stesso effetto positivo [8, 21]. Non sono stati riscontrati effetti negativi sulla produttività della forza lavoro a seguito dell'introduzione di postazioni di lavoro da seduti [22-24].



Figura 3 L'ergonomia può migliorare la produttività e la qualità del prodotto

Ridurre i giorni di incapacità lavorativa

Si ritiene che i fattori di rischio per i disturbi muscoloscheletrici includano ripetizioni eccessive, posture corporee scomode e limitate nonché il sollevamento di carichi pesanti [27]. Le postazioni di lavoro regolabili in altezza possono essere utilizzate per evitare posture corporee limitate.

Esempi dai luoghi di lavoro in produzione e in ufficio hanno dimostrato che i piani di lavoro regolabili in altezza potrebbero ridurre del 42-50% il numero di note malate dovute a disturbi muscoloscheletrici [25, 26].

I risultati dello studio suggeriscono persino che l'introduzione di postazioni di lavoro in piedi può ridurre significativamente il dolore nei dipendenti in ufficio che soffrono di mal di schiena cronico [27].

→ Numerosi studi hanno confermato la citazione di H.W. "La buona ergonomia è una buona economia" di Hendricks [28]

3.2 POTENZIALI ECONOMICI INDIRETTI

Numerosi effetti positivi sono associati a un'ottimizzazione ergonomica attraverso banchi di lavoro regolabili in altezza, alcuni dei quali sono correlati e hanno un effetto sia sul dipendente che sul datore di lavoro. Oltre all'adattamento all'altezza individuale del corpo di una persona, molti banchi regolabili in altezza consentono anche di alternare il lavoro in posizione seduta e in piedi (postazione di lavoro seduta-in piedi).

Ridurre i tempi di seduta

Molti studi recenti hanno dimostrato che il tempo in cui ci sediamo durante la giornata ha un effetto sulla nostra salute. Ciò include disturbi muscoloscheletrici, malattie cardiovascolari o un aumentato rischio di diabete di tipo 2 o cancro [29, 30]. Questi risultati hanno anche contribuito alla creazione dello slogan „La seduta è il nuovo fumo“, che nel frattempo è stato usato come titolo di un libro [31], nelle guide sanitarie o come slogan pubblicitario per programmi di benessere delle assicurazioni sanitarie.

L'introduzione di postazioni di lavoro in piedi può ridurre i tempi di seduta e favorire la variazione della postura del corpo [32, 33].

La Figura 4 mostra i quadri clinici che possono essere aggravati da periodi di seduta prolungati.

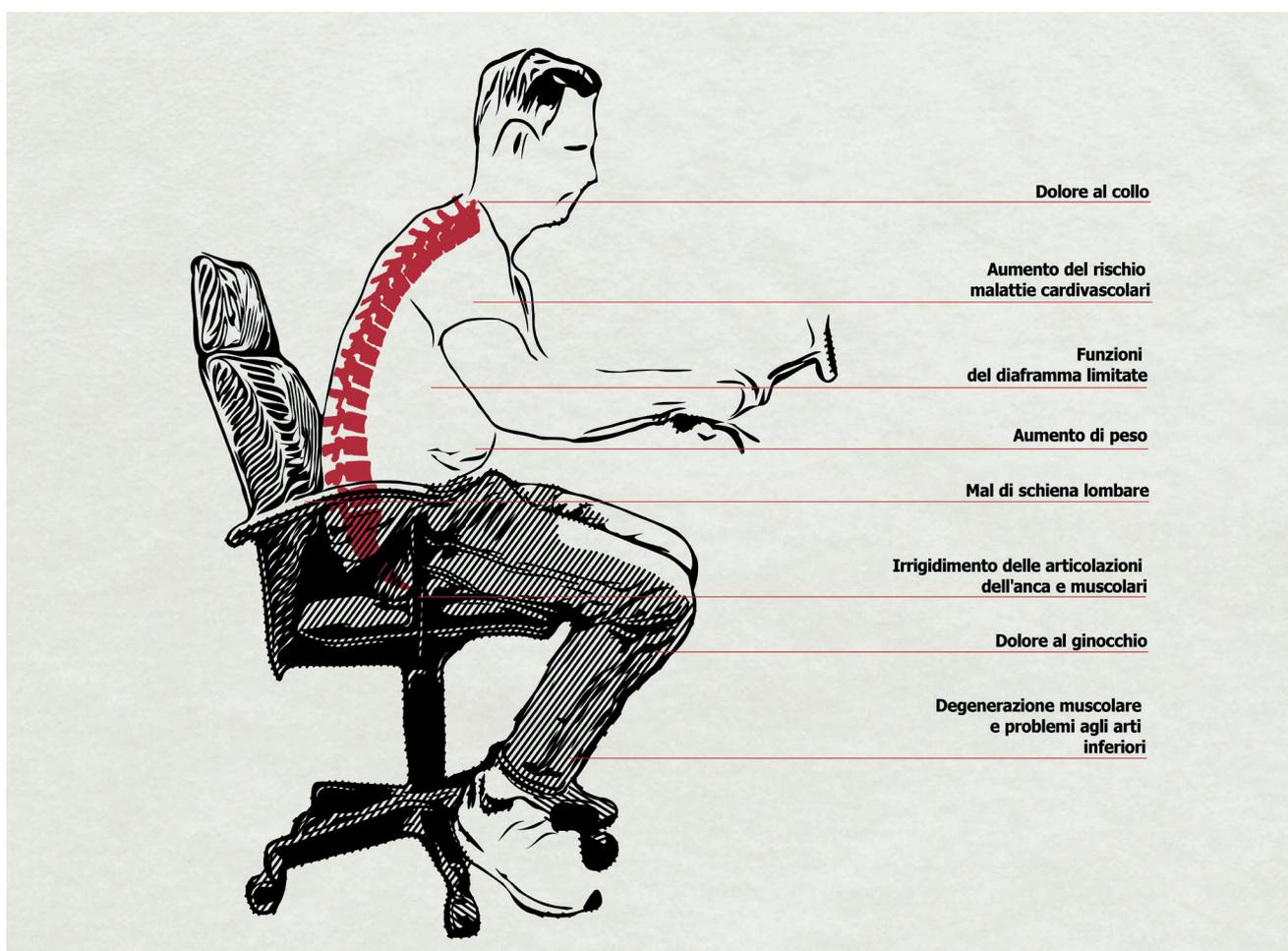


Figura 4 | I periodi di seduta prolungati possono essere un fattore in diversi quadri clinici (cfr. [31])

Prevenire i difetti posturali

I banchi di lavoro regolabili in altezza possono essere regolati in base all'altezza del singolo corpo dell'impiegato sia in posizione seduta che eretta, evitando così posture corporee limitate. La postura eretta così assunta è caratterizzata da economia, consumo energetico ed efficienza favorevoli [34].

Anche se, secondo i recenti risultati, non esiste una singola posizione di seduta ottimale [35], si ritiene che una postura del corpo inclinata sia connessa con una maggiore flessione della colonna lombare e un fattore di rischio per il mal di schiena [36].

Una postazione di lavoro in piedi può ridurre schemi posturali sia limitati che statici [23, 33].

Aumenta il consumo calorico

In considerazione dell'attuale interesse per il fitness e la salute, come si può dedurre dalle previsioni sulla popolarità dei fitness tracker o delle app [46, 47], può essere particolarmente interessante per i dipendenti che lavorano in uffici che una postazione di lavoro in piedi brucia più calorie di una postazione di lavoro seduta [48–50]. Diversi studi hanno dimostrato che il consumo calorico potrebbe essere aumentato del 5-8% rispetto a un posto di lavoro seduto [48, 49].

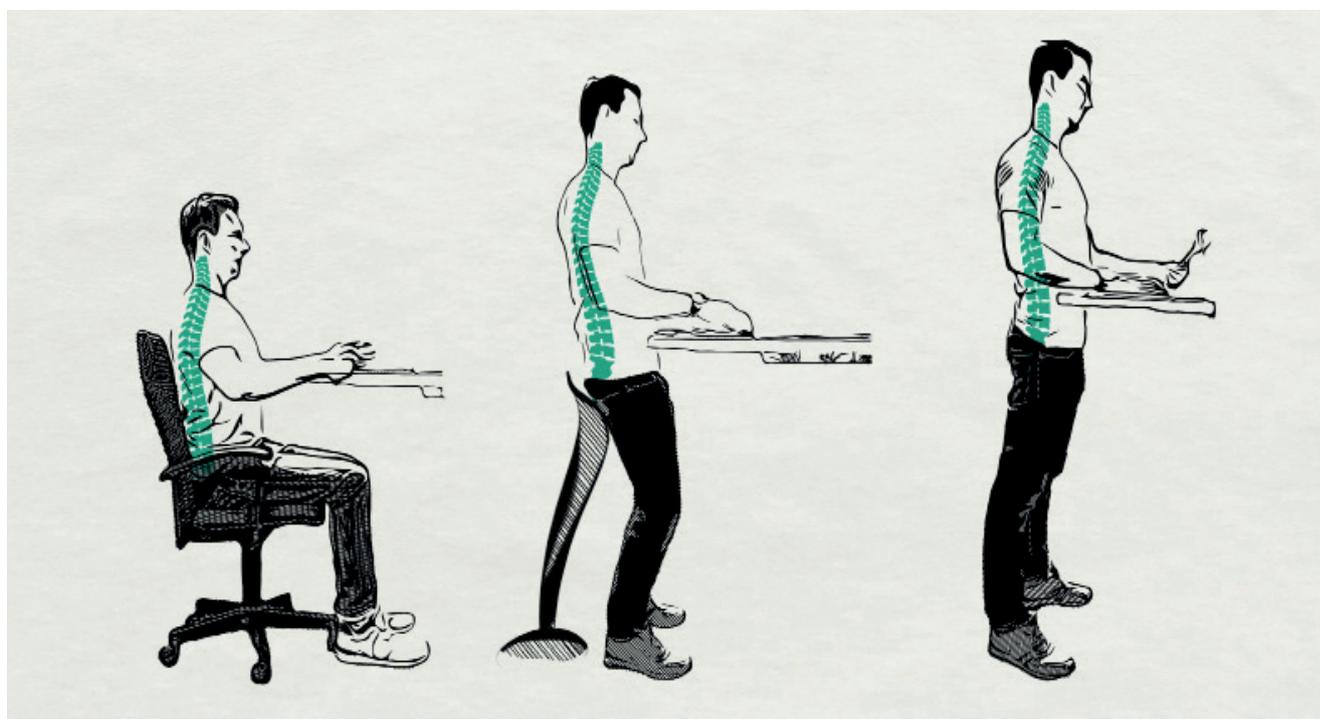


Figura 5 I banchi di lavoro regolabili in altezza consentono un lavoro flessibile, adattato all'altezza individuale del corpo

Evita il disagio

Un design ergonomico sul posto di lavoro che promuove posture del corpo alternate (ad es. Postazioni di lavoro da seduti) riduce il disagio muscolare. In diversi studi, questo potrebbe essere dimostrato sia per i luoghi di lavoro industriali che per gli uffici [24, 26, 37–39]. Di conseguenza, un possibile disagio muscolare può essere valutato come un fattore che influenza il benessere soggettivo del personale.



Figura 6 Il design ergonomico del posto di lavoro riduce la muscolatura disagio e aumenta il benessere soggettivo

Riduce l'affaticamento e la tensione muscolare

Un'altezza del piano di lavoro sfavorevole può avere un effetto negativo sul sistema muscolo-scheletrico. Ad esempio, un posto di lavoro regolato troppo in basso provoca una leggera inclinazione in avanti del tronco e del collo, aumentando la tensione muscolare in queste regioni [40]. Se manteniamo queste posture per periodi prolungati, ciò può provocare tensione e irrigidimento dei muscoli nella regione della schiena, delle spalle e del collo.

A lungo termine, ciò può portare a gravi disturbi muscolari o a mal di testa da tensione [41].

Un design ergonomico sul posto di lavoro può ridurre la tensione muscolare nella zona del collo, delle spalle e della schiena. In diversi studi, questo potrebbe essere dimostrato per i luoghi di lavoro in ufficio [42, 43], a scuola [44] e in produzione [45].

Prevenire l'affaticamento

La fatica è associata a ridotta concentrazione e diligenza, rappresentando quindi un fattore di rischio per errori e incidenti [51, 52]. Come risultato di studi di laboratorio e sul campo, l'uso di scrivanie regolabili in altezza che consentono di lavorare sia in posizione eretta che seduta, aiuta a prevenire la sensazione di stanchezza nei luoghi di lavoro in ufficio [20, 53].



Figura 7 A differenza di un ambiente di lavoro puramente seduto, una postazione di lavoro in posizione seduta promuove l'attività e aiuta a prevenire la sensazione di stanchezza

Aumentare la soddisfazione del personale

La soddisfazione del personale è molto importante in quanto può influenzare la motivazione e le prestazioni [54]. Questo effetto è stato dimostrato in relazione all'introduzione di scrivanie ad altezza regolabile in un ufficio [55] e in produzione [56]. In un esempio illustrativo della produzione, un'ottimizzazione ergonomica del posto di lavoro è stata collegata con un aumento del 41% della soddisfazione [56].

Migliorare l'attrattiva dell'azienda

Man mano che le aziende competono sempre più con personale specializzato qualificato - nella cosiddetta „guerra per i talenti“, l'attrattiva di un'azienda è un fattore decisivo per il reclutamento e il mantenimento del personale [57].

Gli esperti [58, 59] e le aziende [57] ritengono che la promozione professionale della salute aziendale, incluso un design ergonomico del luogo di lavoro, contribuisca, tra le altre cose, a una maggiore attrattiva dell'azienda.

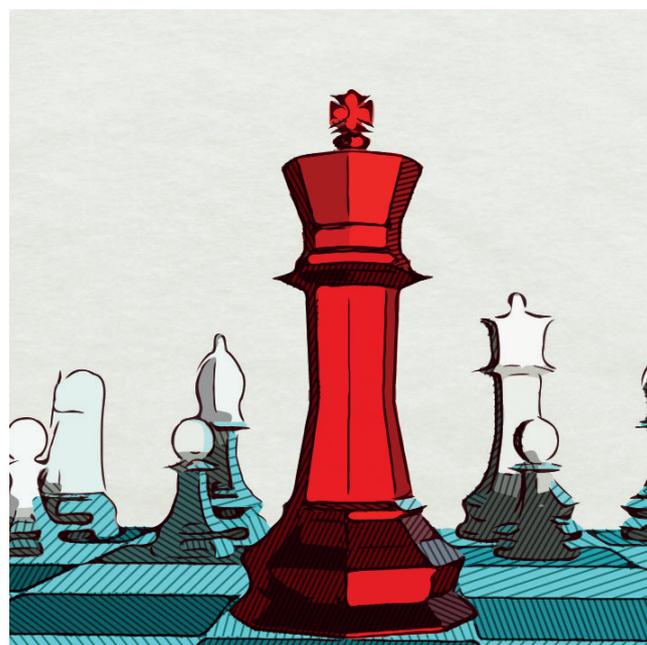


Figura 8 Quando si compete per personale specializzato qualificato, la promozione della salute aziendale può essere un fattore decisivo.



4 RIEPILOGO

Numerose prove possono essere trovate in letteratura che dimostrano i diversi benefici che possono essere raggiunti attraverso l'implementazione di misure ergonomiche. Tuttavia, è spesso difficile incorporare questi criteri nelle analisi costi-benefici.

Sebbene la ricerca non sia in grado di fornire modelli di calcolo pronti all'uso, non sorprende che numerosi studi abbiano dimostrato che i dipendenti sani sono più contenti ed efficaci.

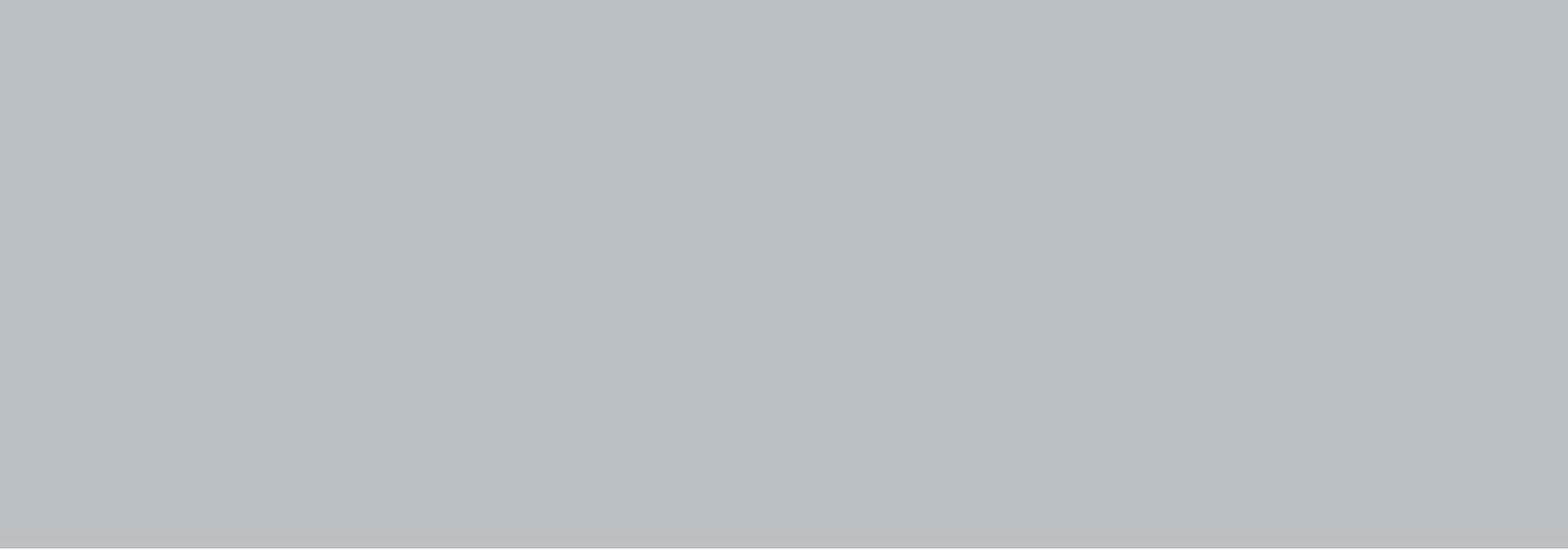
Per garantire la promozione della salute del personale e rendere più semplici le argomentazioni per gli investimenti nelle misure ergonomiche di progettazione del luogo di lavoro, l'obiettivo di questa revisione è di aiutare a identificare i criteri pertinenti per l'azienda che possono essere utilizzati per dimostrare i vantaggi degli investimenti ergonomici.

Più è olistico l'approccio che seguiamo quando si considerano i rischi di una mancanza di misure di promozione della salute, prima verranno pagati gli investimenti in questo settore.

I vantaggi della promozione della salute aziendale e di un luogo di lavoro ergonomico possono anche essere suddivisi in benefici per il dipendente e il datore di lavoro (fare riferimento alla Tabella 2).

Datore di lavoro	Dipendente
Garantire le prestazioni di tutto il personale	Meno visite dal medico
Maggiore motivazione rafforzando l'identificazione con la compagnia	Miglioramento delle condizioni sanitarie dell'azienda
Riduzione dei costi derivante dalla riduzione delle malattie e delle perdite di produzione	Riduzione dello stress
Aumento della produttività e della qualità	Migliore qualità della vita
Valorizzazione dell'immagine dell'azienda	Conservazione / aumento delle proprie prestazioni
Rafforzamento della competitività	Maggiore soddisfazione sul lavoro e migliore clima lavorativo
Rafforzamento della competitività Dipendenti più resilienti anche in periodi di ulteriore stress dovuto alle fluttuazioni del volume degli ordini	Co-design del luogo di lavoro e del processo lavorativo
Postazioni di lavoro flessibili per dipendenti di diverse altezze corporee	Consumo di calorie

Tabella 2 Vantaggi della promozione della salute aziendale per datori di lavoro e dipendenti

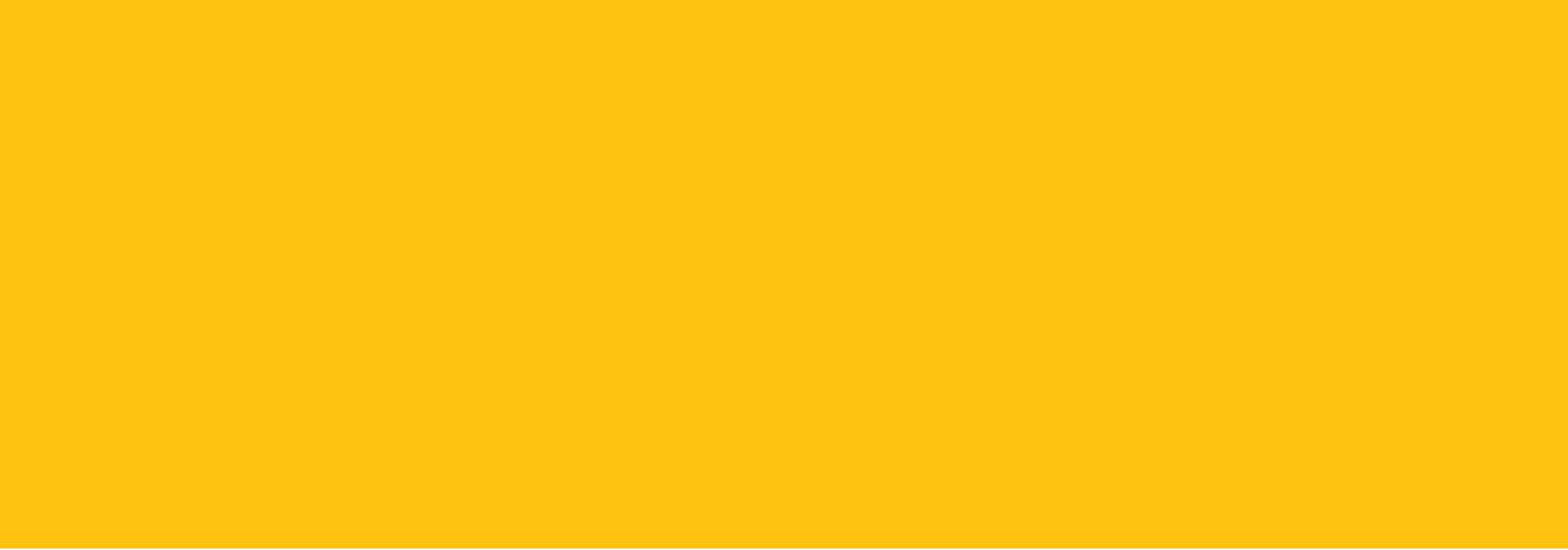


5 LIMITAZIONI

Anche se dalla letteratura si può ricavare un indiscutibile effetto positivo del rapporto costi-benefici, esistono dei limiti nel fornire una dichiarazione generalizzata a causa della mancanza di comparabilità dei diversi studi e del loro disegno. Inoltre, gli studi condotti negli Stati Uniti includono sempre anche i costi di compensazione del danno nel calcolo costi-benefici. A causa di sistemi giuridici diversi, questi non possono essere trasferiti direttamente nei paesi europei.

Gli studi non sempre distinguono tra programmi sanitari mirati esclusivamente agli aspetti ergonomici e quelli che considerano anche altri aspetti sanitari. Di conseguenza, non è sempre possibile distinguere tra gli effetti delle misure volte esclusivamente ad alleviare lo sforzo sul sistema muscolo-scheletrico e altre misure di promozione della salute, tra cui la prevenzione del diabete o del cancro, ad esempio.

Inoltre, si deve considerare che potrebbe esserci un effetto distorsivo nei dati esistenti a causa di una preferenza generale di pubblicare studi con risultati positivi o significativi („parzialità della pubblicazione“). Ciò significa che generalmente c'è una tendenza a pubblicare più studi che dimostrano l'effetto positivo di una misura invece di studi che non riescono a dimostrare alcun effetto.



7 RIFERIMENTI

- [1] Pharmig, "Verteilung der Arbeitsunfähigkeitstage in Österreich nach Krankheitsgruppen in den Jahren 2012 bis 2017," in Statista.
- [2] DAK-Gesundheit, "DAK-Gesundheitsreport 2018," Hamburg, 2018. [Online]
- [3] T. Läubli and C. Müller, "Arbeitsbedingungen und Erkrankungen des Bewegungsapparates: Geschätzte Fallzahlen und Kosten für die Schweiz," *Die Volkswirtschaft*, vol. 2009, no. 11, pp. 22–25,
- [4] M. Graf et al., 4. Europäische Erhebung über die Arbeitsbedingungen 2005: Ausgewählte Ergebnisse aus Schweizer Perspektive: SECO, 2007.
- [5] BKK Dachverband, "Gesundheit in Bewegung: Schwerpunkt Muskel- und Skeletterkrankungen," Berlin, 2013.
- [6] T. Bellingar, "The Economics of Ergonomics," Haworth, 2009. [Online]
- [7] I. Kramer and W. Bödeker, "Return on Investment im Kontext der betrieblichen Gesundheitsförderung und Prävention," (de),
- [8] R. W. Goggins, P. Spielholz, and G. L. Nothstein, "Estimating the effectiveness of ergonomics interventions through case studies: implications for predictive cost-benefit analysis," (eng), *Journal of safety research*, vol. 39, no. 3, pp. 339–344, 2008.
- [9] C. Berlin and C. Adams, *Production Ergonomics: Designing Work Systems to Support Optimal Human Performance*: Ubiquity Press, 2017.
- [10] A. Strom, Ed., *Anteile der zehn wichtigsten Krankheitsarten an den Arbeitsunfähigkeitstagen in Deutschland in den Jahren 2010 bis 2015: Analyse der Arbeitsunfähigkeitsdaten*, 2017.
- [11] Bundesamt für Statistik BFS, *Schweizerische Gesundheitsbefragung 2012: Übersicht. Gesundheit*. Neuchâtel, 2013.
- [12] D. Iverson, K. L. Lewis, P. Caputi, and S. Knospe, "The cumulative impact and associated costs of multiple health conditions on employee productivity," (eng), *Journal of occupational and environmental medicine*, vol. 52, no. 12, pp. 1206–1211, 2010.
- [13] G. Johns, "Presenteeism in the workplace: A review and research agenda," *J. Organiz. Behav.*, vol. 31, no. 4, pp. 519–542, 2010.
- [14] A.-C. Falck, R. Örtengren, and D. Högberg, "The impact of poor assembly ergonomics on product quality: A cost–benefit analysis in car manufacturing," *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, vol. 20, no. 1, pp. 24–41, 2010.
- [15] E. Grandjean and W. Hünating, "Ergonomics of posture—Review of various problems of standing and sitting posture," *Appl Ergon*, vol. 8, no. 3, pp. 135–140, 1977.
- [16] European Commission, Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion Unit B3, *Socio-economic costs of accidents at work and work-related ill health*. Luxemburg, 2011.
- [17] Goetzel, Ozminkowski, Baase, Billotti, "Estimating the Return-on-Investment From Changes in Employee Health Risks on The Dow Chemical Company's Health Care Costs,"
- [18] M. Oxenburgh, *Increasing productivity and profit through health and safety*. North Ryde:

- CCH Australia, 1994.
- [19] A. Hedge and E. J. Ray, "Effects of an Electronic Height-Adjustable Worksurface on Computer Worker Musculoskeletal Discomfort and Productivity," *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, vol. 48, no. 8, pp. 1091–1095, 2004.
- [20] T. Hasegawa, K. Inoue, O. Tsutsue, and M. Kumashiro, "Effects of a sit-stand schedule on a light repetitive task," *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 28, no. 3-4, pp. 219–224, 2001.
- [21] S. Spilling, J. Eitrheim, and A. Aarås, "Cost-benefit analysis of work environment; investment at STK's telephone plant at Kongsvinger," *The ergonomics of working postures*, pp. 380–397, 1986.
- [22] J. Y. Chau et al., "More standing and just as productive: Effects of a sit-stand desk intervention on call center workers' sitting, standing, and productivity at work in the Opt to Stand pilot study," *Preventive medicine reports*, vol. 3, pp. 68–74, 2016.
- [23] T. Karakolis, J. Barrett, and J. P. Callaghan, "A comparison of trunk biomechanics, musculoskeletal discomfort and productivity during simulated sit-stand office work," *Ergonomics*, vol. 59, no. 10, pp. 1275–1287, 2016.
- [24] T. Karakolis and J. P. Callaghan, "The impact of sit-stand office workstations on worker discomfort and productivity: a review," (eng), *Appl Ergon*, vol. 45, no. 3, pp. 799–806, 2014.
- [25] S. Spilling, J. Eitrheim, and A. Aarås, "Cost-benefit analysis of work environment; investment at STK's telephone plant at Kongsvinger," *The ergonomics of working postures*, pp. 380–397, 1986.
- [26] H. L. Nerhood and S. W. Thompson, "Adjustable Sit-Stand Workstations in the Office," *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, vol. 38, no. 10, pp. 668–672, 1994.
- [27] G. T. Ognibene, W. Torres, R. von Eyben, and K. C. Horst, "Impact of a sit-stand workstation on chronic low back pain: results of a randomized trial," *Journal of occupational and environmental medicine*, vol. 58, no. 3, pp. 287–293, 2016.
- [28] H. W. Hendricks, "Good Ergonomics Is Good Economics," Reprinted with adaptations from *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 40th Annual Meeting.*, 1996.
- [29] J. Y. Chau et al., "Sedentary behaviour and risk of mortality from all-causes and cardiometabolic diseases in adults: evidence from the HUNT3 population cohort," (eng), *Br J Sports Med*, vol. 49, no. 11, pp. 737–742, 2015.
- [30] A. Biswas et al., "Sedentary time and its association with risk for disease incidence, mortality, and hospitalization in adults: a systematic review and meta-analysis," *Ann. Intern. Med.*, vol. 162, no. 2, pp. 123–132, 2015.
- [31] K. Starrett, J. Starrett, and G. Cordoza, *Sitzen ist das neue Rauchen: Das Trainingsprogramm, um Haltungsschäden vorzubeugen und unsere natürliche Mobilität zurückzugewinnen*, 1st ed. München: riva, 2016.

- [32] L. Straker, R. A. Abbott, M. Heiden, S. E. Mathiassen, and A. Toomingas, "Sit-stand desks in call centres: associations of use and ergonomics awareness with sedentary behavior," (eng), *Appl Ergon*, vol. 44, no. 4, pp. 517–522, 2013.
- [33] D. F. Barbieri, D. Srinivasan, S. E. Mathiassen, and A. B. Oliveira, "Variation in upper extremity, neck and trunk postures when performing computer work at a sit-stand station," (eng), *Appl Ergon*, vol. 75, pp. 120–128, 2019.
- [34] S. Klein-Vogelbach, *Funktionelle Bewegungslehre: Bewegung lehren und lernen*, 5th ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2000.
- [35] K. O'Sullivan, P. O'Sullivan, L. O'Sullivan, and W. Dankaerts, "What do physiotherapists consider to be the best sitting spinal posture?," (eng), *Manual therapy*, vol. 17, no. 5, pp. 432–437
- [36] L. Womersley and S. May, "Sitting posture of subjects with postural backache," (eng), *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, vol. 29, no. 3, pp. 213–218, 2006.
- [37] B. Husemann, C. Y. von Mach, D. Borsotto, K. I. Zepf, and J. Scharnbacher, "Comparisons of musculoskeletal complaints and data entry between a sitting and a sit-stand workstation paradigm," (eng), *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, vol. 51, no. 3, pp. 310–320, 2009.
- [38] S. Agarwal, C. Steinmaus, and C. Harris-Adamson, "Sit-stand workstations and impact on low back discomfort: a systematic review and meta-analysis," (eng), *Ergonomics*, vol. 61, no. 4, pp. 538–552, 2018.
- [39] K. G. Davis and S. E. Kotowski, "Postural Variability," *Hum Factors*, vol. 56, no. 7, pp. 1249–1261, 2014.
- [40] D. Zennaro, T. Läubli, D. Krebs, H. Krueger, and A. Klipstein, "Trapezius muscle motor unit activity in symptomatic participants during finger tapping using properly and improperly adjusted desks," *Hum Factors*, vol. 46, no. 2, pp. 252–266, 2004.
- [41] A. Nagasawa, T. Sakakibara, and A. Takahashi, "Roentgenographic findings of the cervical spine in tension-type headache," (eng), *Headache*, vol. 33, no. 2, pp. 90–95, 1993.
- [42] M. Hassaine, A. Hamaoui, and P.-G. Zanone, "Effect of table top slope and height on body posture and muscular activity pattern," (eng), *Ann Phys Rehabil Med*, vol. 58, no. 2, pp. 86–91, 2015.
- [43] E. Dowler, B. Kappes, A. Fenaughty, and G. Pemberton, "Effects of neutral posture on muscle tension during computer use," *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, vol. 7, no. 1, pp. 61–78, 2001.
- [44] R. Koskelo, K. Vuorikari, and O. Hänninen, "Sitting and standing postures are corrected by adjustable furniture with lowered muscle tension in high-school students," (eng), *Ergonomics*, vol. 50, no. 10, pp. 1643–1656, 2007.
- [45] T. Huoviala, "Turning the tables: design change eases sewing strains in Work Health Safety," Institute of Occupational Health, Finland, pp. 17–18, 1984.
- [46] Morder Intelligence, *Smart Wearable Market - Growth, Trends, and Forecast (2019 - 2024)*.

- [47] Markets and Markets, *Wearable Fitness Technology Market: Wearable Fitness Technology Market by Product, Category, Component - Global Forecast to 2022*, 2016.
- [48] P. B. Júdice, M. T. Hamilton, L. B. Sardinha, T. W. Zderic, and A. M. Silva, "What is the metabolic and energy cost of sitting, standing and sit/stand transitions?," (eng), *Europ. J. Appl. Physiol.*, vol. 116, no. 2, pp. 263–273, 2016.
- [49] B. B. Gibbs, R. J. Kowalsky, S. J. Perdomo, M. Grier, and J. M. Jakicic, "Energy expenditure of deskwork when sitting, standing or alternating positions," (eng), *Occupational medicine (Oxford, England)*, vol. 67, no. 2, pp. 121–127, 2017.
- [50] A. A. Thorp et al., "Alternating Sitting and Standing Increases the Workplace Energy Expenditure of Overweight Adults," (eng), *Journal of physical activity & health*, vol. 13, no. 1, pp. 24–29, 2016.
- [51] J. Bell and N. Healey, *The Causes of Major Hazard Incidents and How to Improve Risk Control and Health and Safety Management: A Review of the Existing Literature*. Health & Safety Laboratory/2006/117.
- [52] Internationale Atomenergie-Organisation, *Developing safety culture in nuclear activities: Practical suggestions to assist progress*. Vienna, 1998.
- [53] N. Dutta, G. A. Koeppe, S. D. Stovitz, J. A. Levine, and M. A. Pereira, "Using sit-stand workstations to decrease sedentary time in office workers: a randomized crossover trial," (eng), *International journal of environmental research and public health*, vol. 11, no. 7, pp. 6653–6665, 2014.
- [54] S. P. Robbins and T. A. Judge, *Organizational behavior*, 17th ed. Boston: Pearson, 2017.
- [55] N. Nevala and D.-S. Choi, "Ergonomic comparison of a sit-stand workstation with a traditional workstation in visual display unit work," *The Ergonomics Open Journal*, vol. 6, no. 1, 2013.
- [56] A. A. Shikdar and M. A. Al-Hadhrami, "Operator performance and satisfaction in an ergonomically designed assembly workstation," *The Journal of Engineering Research [TJER]*, vol. 2, no. 1, pp. 69–76, 2005.
- [57] Booz & Company, *Vorteil Vorsorge: Die Rolle der betrieblichen Gesundheitsvorsorge für die Zukunftsfähigkeit des Wirtschaftsstandortes Deutschland*. Accessed on: Sep. 04 2015.
- [58] H. W. Hendrick, "Determining the cost–benefits of ergonomics projects and factors that lead to their success," *Appl Ergon*, vol. 34, no. 5, pp. 419–427, 2003.
- [59] H. W. Hendrick, "Applying ergonomics to systems: some documented "lessons learned"," *Appl Ergon*, vol. 39, no. 4, pp. 418–426, 2008.

DETTAGLI DELLA PUBBLICAZIONE

Indirizzi e contatti:

Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation IPA
Biomechatronic Systems Department
Nobelstr. 12
70569 Stuttgart
www.ipa.fraunhofer.de

Urban Daub
Telefono: +49 711 970 – 3645
urban.daub@ipa.fraunhofer.de

Autore: Urban Daub, Alexander Ackermann, Verena Kopp

Ottobre 2019
DOI: [10.24406/ipa-n-559153](https://doi.org/10.24406/ipa-n-559153)

Licenza sotto CC-BY-NC 4.0
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.de>

Studio commissionato da Ergoswiss AG



