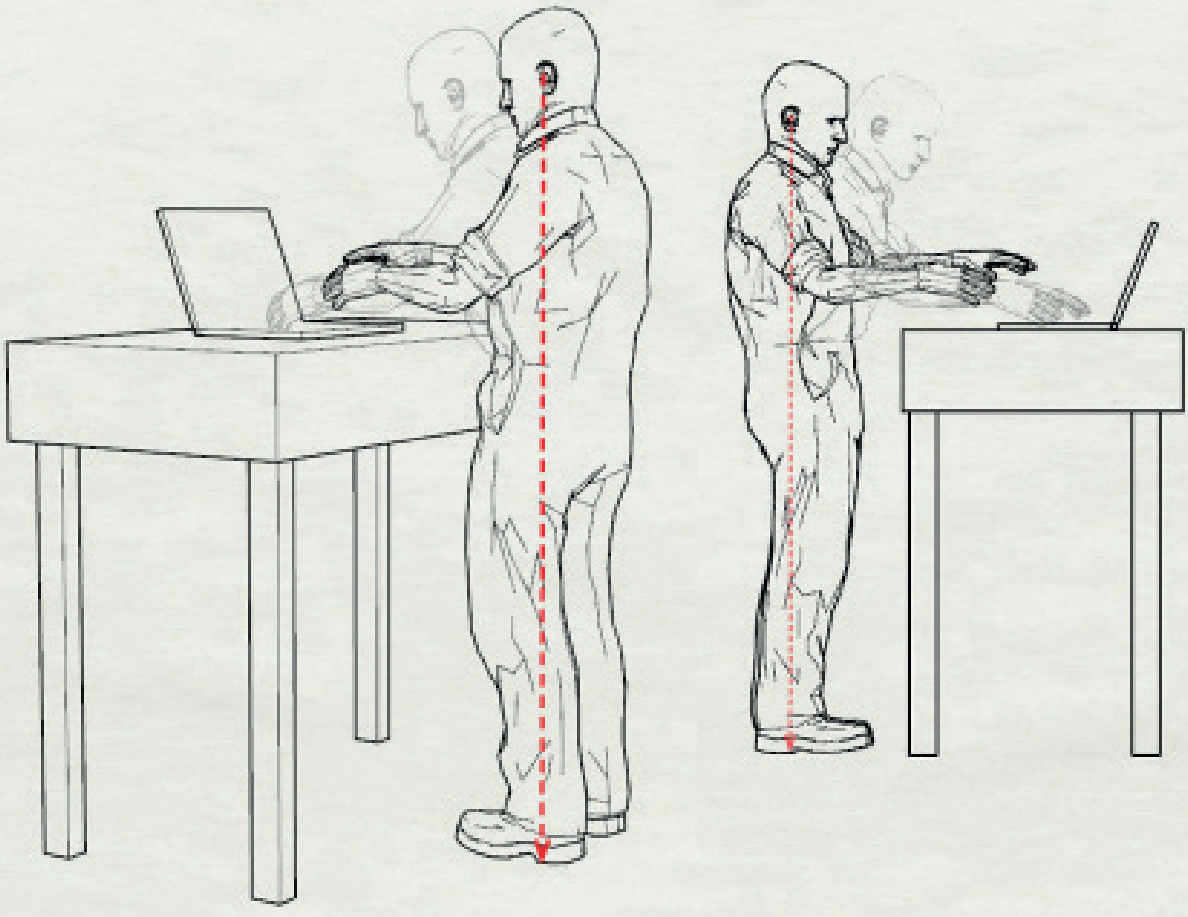
Fraunhofer IPA

FRAUNHOFER ISTITUTO PER PRODUZIONE, INGEGNERIA ED AUTOMAZIONE IPA

PRINCIPI PER IL SOLLIEVO MUSCOLO-SCHELETRICO DERIVANTE DA ESERCIZI, SPORT E SCIENZE DEI FATTORI UMANI

PROGETTAZIONE POSTAZIONI DI LAVORO ERGONOMICHE



PROGETTAZIONE POSTAZIONI DI LAVORO ERGONOMICHE

I principi del sollievo muscolo scheletrico derivanti da esercizi, sport e scienze del fattore umano

Urban Daub
Sarah Gawlick
Florian Blab

L'Istituto Fraunhofer per Produzione,
Ingegneria ed Automazione IPA Stuttgart
Partner del Progetto: Ergoswiss AG
Febbraio 2018
DOI: 10.24406/IPA-N-481686

Illustrazioni:

Michael Brück
Jérémy Lefint

INDICE

1 Introduzione 5

2 Effetto della Regolazione dell'Altezza dei Tavoli sull'Apparato Muscolo-scheletico 6
2.1 Tensioni e Sforzi 6
2.2 Adattamento del Corpo ai Ricorrenti Stimoli da Tensione 6
2.2.1 Stimoli da Tensioni Dinamiche 7
2.2.2 Stimoli da Tensioni Statiche 7
2.2.3 Stimoli da Tensioni Insufficiente 7
2.3 Categorizzazione in Modelli di Tensione nelle Attività Produttive 7
2.3.1 Effetti delle Frequenti Rpetizioni sull'Appararo Muscolo -scheletrico 8
2.3.2 Effetti della Tensione Statica sull'Apparato Muscoloscheletrico 8
2.3.2.1 Posture Condizionate 10
2.3.2.2 Cause delle Tensioni Statiche Impercettibili 10
2.3.3 Effetti di Carichi Elevati sull'Apparato Muscolo-scheletrico 11
2.4 Principi della Sistemazione Ergonomica dei Piani di Lavoro 12
2.4.1 Evitare una postura inclinata in avanti del busto sui luoghi di lavoro 13
2.4.2 Il Collo 14
2.4.3 Posizione e Movimento dei Polsi 14

3 Progettazione Postazioni di Lavoro per Chi Lavora In Piedi 16
3.1 Deduzione dell'Altezza delle Scrivanie dalle Peculiarità della Postura 16
3.2 Deduzione dell'Altezza delle Scrivanie dalle Specifiche Standard 16

4 Sedersi Correttamente 18
4.1 Altezze di Tavoli e Sedie nelle Postazioni di Lavoro da Seduti e Come Adattarle 18
4.1.1 Posti di Lavoro Seduti nei Quali l'Altezza di Tavolo e Sedia Si Possono Adattare 18
4.1.2 Postazioni di Lavoro da Seduti dove Solo la Sedia e non la Scrivania Si Può Adattare ... 18
4.2 Postura da Seduti 18
4.2.1 Contraddizioni e Consigli su UNA Postura Ideale da Seduti 18
4.2.2 Deduzioni della Postura da Seduti dalle Peculiarità Postural 19
4.3 La Postura da Seduti 19

5 Zone Destinate al Trattamento e Categorizzazione degli Attrezzi da Lavoro 20
6 Le Luci Artificiali 22
7 Riferimenti 24
Note Legali 28

1 INTRODUZIONE

Per molti anni, le malattie muscolo-scheletriche sono state quelle responsabili dei maggiori numeri di giorni di lavoro persi in Germania [1, 2]. I mal di schiena e delle spalle, del collo e delle braccia giocano qui un ruolo davvero importante [3, 4]. Lo svilupparsi di tali malattie spesso non può essere addebitato ad una sola causa, però la loro prevenzione riesce ad essere efficace solo se l'aspetto della causa relativo al lavoro viene ridimensionato [4, 5].

Nei problemi di salute correlati al lavoro, il numero di giorni di lavoro persi a cause di malattie si stima essere da 1.6 a 2.2 volte maggiore di quello causati da incidenti [6]. Una spiegazione preliminare per questo è che essi si sviluppano in modo insidioso col tempo e dunque la loro manifestazione è più evidente.

Le disabilità a lungo termine dovute a problemi di salute e le malattie croniche aumentano con l'età [7]. Dati i conseguenti cambiamenti demografici, l'importanza di un argomento come la sicurezza e la salute sui posti di lavoro per ciò che riguarda le politiche relative al mercato del lavoro aumenterà considerevolmente in futuro [8, 9].

L'ambito dell' ergonomia comprende la progettazione di dettagli sui prodotti, sulle postazioni di lavoro e sui sistemi di lavoro complessi sulla base di criteri che sono determinati da fattori umani e dalle predisposizioni relative alle prestazioni [10].
Le misure ergonomiche hanno una possibilità davvero alta di essere messe in atto e davvero accettate appena tutti i soggetti interessati saranno stati informati su ciò che c'è dietro e potranno identificarsi con loro. Le informazioni e la comprensione dei principi ergonomici di conseguenza stanno sempre di più diventando il fulcro degli interventi ergonomici.

Questa guida è stata commissionata dalla Ergoswiss AG proponendosi l'obiettivo di integrare le attuali raccomandazioni sulla progettazione delle postazioni di lavoro ergonomiche seguendo informazioni che provengono dal campo della fisiologia e delle scienze legate all'esercizio per consentire ai lettori di desumere misure individuali valide per loro stessi.
Essa ha anche l'intenzione di fornire un'interpretazione delle malattie del sistema muscolo-scheletrico che avvengono frequentemente, legate al lavoro per la promozione di un'organizzazione corretta della postazione di lavoro.

In linea con le direttive DIN EN 614-1 e/o DIN EN ISO 6385, l'obiettivo dell'ergonomia è "[…] di ottimizzare il benessere umano e le prestazioni complessive del'apparato".

2 EFFETTO DELLA REGOLAZIONE DELL'ALTEZZA DI TAVOLI SULL'APPARATO MUSCOLO-SCHELETRICO

In genere non esistono dubbi sul fatto che una regolazione corretta dell'altezza della postazione di lavoro sia sensata dal punto di vista ergonomico. Tuttavia, la misura in cui l'altezza della postazione di lavoro influenza l'apparato muscolo-scheletrico non si può ritenere rappresenti qualcosa conosciuto generalmente. Questo è il motivo per cui le reazioni fisiologiche individuali del corpo agli stimoli esterni che vengono associate ai modelli di tensione derivanti dal lavoro quotidiano verranno descritti per primi. Ciò può aiutare a desumere una sistemazione ergonomica del tavolo di lavoro.

Figura 1 La stessa tensione (il peso della scatola) procura sollecitazioni diverse a seconda della persona

2.1 TENSIONI E SOLLECITAZIONI

I termini tensioni e sollecitazioni furono descritti da Lehmann nel lontano 1953 [11]. La tensione si definisce come l'effetto di una forza sul corpo che – a seconda dello stato di salute e della forma fisica – causa una sollecitazione particolare [12].

Secondo Olivier [13], la tensione dipende da presupposti intra-individuali come proprietà fsiche, capacità ed abilità. Così, una postazione di lavoro dove dei pezzi che pesano 10 kg devono essere spostati regolarmente presenta sempre le stesse sollecitazioni. Tuttavia, la tensione è molto individuale, dipendendo dalla forza e dallo resistenza del lavoratore interessato nella propria postazione di lavoro.

La direttiva DIN EN ISO 6385 descrive termini così:

- Tensione da lavoro (carico di lavoro esterno): "le condizioni esterne e le richieste in un sistema lavorativo che hanno influenza sul carico mentale interiore fisico e/o mentale di una persona."
- Tensione da lavoro: "la risposta interiore di un lavoratore dopo essere stato esposto ad un carico lavorativo esterno a seconda delle proprie caratteristiche individuali (es. dimensioni corporee, età, capacità, abilità, competenze, etc.)"

2.2 ADATTAMENTO DEL CORPO AI RICORRENTI STIMOLI DA TENSIONE

La risposta naturale del corpo ai ricorrenti stimoli che richiedono sforzi fisici consiste nella costruzione di muscoli. Ciò si sa almeno riguardo alla teoria dell'esercizio fisico. Comunque, il corpo si adatta anche agli stimoli da tensione ricorrenti in tutti gli altri tessuti del'apparato muscolo-scheletrico del corpo per ridurre i relativi sovraccarichi di tensione [14]. Ad esempio, avvengono degli adattamenti nelle cartilagini, nelle ossa, nel tessuto connettivo e nei tendini dovuti alle attività fisiche [15].

2.2.1 Stimoli da Tensioni Dinamiche

E' essenziale disporre di tempi di recupero adeguati per i processi di adattamento e questi possono essere pianificati individualmente al momento della preparazione [14, 16]. Il corpo riesce anche a compensare temporaneamente grandi tensioni e sovraccarichi in brevi periodi in modo da rigenerarsi anch'esso alla svelta. Comunque, se la tensione è prolungata o ripetuta in modo elevato, o se riguarda un carico molto elevato, possono presentarsi dei sintomi di sovraccarico. Dei periodi di recupero insufficienti influiscono pregiudicando i processi rigenerativi e di conseguenza la resistenza alle tensioni [14], cosa che ha come conseguenza le malattie dell'apparato muscolo-scheletrico. Esse possono manifestarsi anche in condizioni croniche.
In contrasto con l'allenamento sportivo, nella vita lavorativa quotidiana non si tratta di un piano di allenamento individuale ma dei tempi di lavoro e delle attività che regolano l'alternanza tra tensione e rigenerazione.

→ Stimoli da tensioni dinamiche vengono in genere compensati bene dall'apparato muscolo-scheletrico.
→ Carichi elevati od una ripetizione costante si dovrebbero evitare o consentire un tempo di recupero sufficiente.
→ I processi di recupero possono essere supportati da stimoli di tensioni dinamiche moderate. Una rotazione dei compiti può così avere un effetto di sollievo della tensione.

2.2.2 Stimoli da Tensioni Statiche

Delle posizioni posturali costantemente statiche hanno in genere un effetto negativo su muscoli e giunture. Tutte le strutture dell'apparato muscolo-scheletrico dipendono dall'alternanza tra tensione e sollievo per essere forniti da sostanze nutritive sufficienti ed essere in grado di scomporre i prodotti metabolici ed il CO2 [10, 17, 18]. Se questo scambio è ostacolato da una persistente tensione statica, in particolare dovuta a delle posizioni scomode come lavorare in posizioni sopraelevate, la resistenza alle tensioni diminuisce e può causare problemi a muscoli e giunture [19–21].

→ Gli stimoli da tensioni statiche dovrebbero essere evitati ove possibile.

2.2.3 Stimoli da Tensioni Insufficienti

L'assenza prolungata di stimoli da tensione sull'apparato muscolo-scheletrico causa una degenerazione delle strutture muscolo-scheletriche ed una diminuzione generale della resistenza alle tensioni [22].
Ad esempio, problemi alla schiena e l'ernia al disco che non siano correlati ad una tensione eccessiva sulla zona lombare della colonna vertebrale avvengono di frequente nelle postazioni lavorative in ufficio (vedi Capitolo 4 Sedersi Correttamente). La loro comparsa è dovuta molto di più ad una ridotta attivazione e ad una condizione di allenamento insufficiente per la stabilizzazione dei muscoli della colonna vertebrale.

→ Lo scopo essenziale dell'ergonomia è la prevenzione sia delle forti tensioni che della mancanza di tensioni [23].

2.3 CATEGORIZZAZIONE NEI MODELLI DI TENSIONE NELLE ATTIVITA' PRODUTTIVE

Le tensioni correlate al lavoro dell'apparato muscolo-scheletrico si possono suddividere in quelle correlate alle ripetizioni, quelle correlate alla postura e tensioni correlate ai carichi [20, 24]. A seconda del tipo di tensione, sono più probabili vari disturbi fisici.

Le tensioni correlate alla ripetività ed alla postura nella produzione avvengono in prevalenza nei processi lavorativi che sono altamente standardizzati, come le catene di montaggio e sono caratterizzati dalle seguenti proprietà:

- Frequenti ripetizioni di un processo lavorativo in genere in tempi di lavoro brevi
- In genere le tensioni fisiche unilaterali derivano dalla sistemazione di una postazione lavorativa ottimizzata riguardo ai tempi ed ai processi
- Attività parziali con alte componenti di tensioni statiche sulle articolazioni dell'individuo. Così, delle postazioni lavorative sistemate in modo scomodo, ad esempio per le spalle, le costringono a restare alzate permanentemente per eseguire delle attività ripetute
- Un alto tasso di ripetizioni od una postura statica con carichi minimi

Le tensioni derivanti da carichi, d'altro canto, sono più comuni nelle postazioni di lavoro che non possono essere standardizzate prontamente.

→ Le misure ergonomiche dovrebbero essere avviate secondo i MAGGIORI principi prioritari (misure tecniche, misure organizzative, misure personali). Esse sono state definite in Germania nella sezione 4 del Testo Unico Tedesco sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro (ArbSchG).

2.3.1 Effetti delle Ripetizioni Frequenti sull'Apparato Muscolo-scheletrico

Il termine usato a livello internazionale "lesioni dovute a sollecitazioni ripetute" (RSI) descrive una condizione che si presenta come risultato di stimoli molto frequenti, ma di bassa intensità. Mentre uno stimolo singolo del genere non procura nessuna tensione a causa della sua debole intensità, le RSI si sviluppano dall'elevata ripetizione di sequenze monotone di movimenti e dalle opportunità insufficienti per una rigenerazione. Si sa dalla fisiologia sportiva che una rigenerazione insufficiente è considerata una causa delle lesioni dei muscoli e dei tendini [16].
Le lesioni possono guarire meglio o meno bene a seconda di quanto bene un tessuto venga fornito di sangue e di quanto sia esposto alla tensione nella vita di ogni giorno.
Contrariamente ai muscoli, il tessuto dei tendini è fornito di pochi vasi sanguigni [15] ma deve tuttavia sopportare alte tensioni nella vita di tutti i giorni. Ciò comporta dei tempi di rigenerazione relativamente lunghi. Le micro lesioni delle giunture tendinee possono causare disturbi cronici derivanti da piccoli danneggiamenti e da una costante ripetuta tensione. Per questo motivo, delle attività che si ripetono in modo continuo si sospetta siano la causa del gomito del tennista o tendovaginite [20, 25].

A causa della scarsa evidenza dell'efficacia delle cure nell' area del gomito del tennista e nella sindrome del tunnel carpale, la diminuzione della tensione o l'ottimizzazione ergonomica della postazione di lavoro assume un'importanza particolare [26, 27].
In via generale: la prevenzione è meglio della cura [28].

→ I sintomi precoci dovrebbero essere presi sul serio. A seconda delle attività e dello stato dei tessuti, si possono consigliare degli allungamenti o misure che aiutino la circolazione.
→ La posizione delle articolazioni nelle attività ripetute ha effetto sulla resistenza alla tensione e dovrebbe essere presa in grande considerazione (vedi 2.4.3 Posizione e Movimenti del Polso).

2.3.2 Effetti della Tensione Statica sull'Apparato Muscolo-scheletrico

Per una modalità di azione fisiologica, una fornitura adeguata di ossigeno e sostanze nutrienti e la rimozione di prodotti finali metabolici e del CO2, che vengono prodotti in misura crescente nelle cellule del muscolo in attività, debbono sempre

restare in equilibrio [29].
Tuttavia, persino con tensioni statiche basse, lo scambio di sostanze nutrienti nelle cellule del muscolo viene ridotto a causa della tensione presente nel muscolo attivo [30].
Un teoria descritta frequentemente sullo svilupparsi delle malattie dell'apparato muscolo-scheletrico parla di una fornitura insufficiente ai tessuti dei muscoli o dei tendini come risultato di una persistente tensione statica. A lungo termine, ciàò comporta un'alta sensibilità alle lesioni a causa della riduzione della resistenza alla tensione [31, 32]. Il ritorno venoso è anche ostacolato dalla tensione statica. Le vene appartengono al sistema della bassa pressione e la loro funzione di ritorno dipende dall'alternanza tra la tensione ed il rilassamento dei muscoli, altrimenti detta "pompa muscolare" [33].
Paragonato alla tensione statica, un lavoro dinamico può essere effettuato a lungo senza sentire la fatica [10]. Inoltre, il recupero avviene più rapidamente dopo un lavoro dinamico dei muscoli invece che dopo quello statico [14]. La lunghezza di tempo in cui un carico statico può essere sopportato dipende dalla forza dell'individuo (Figura 2).

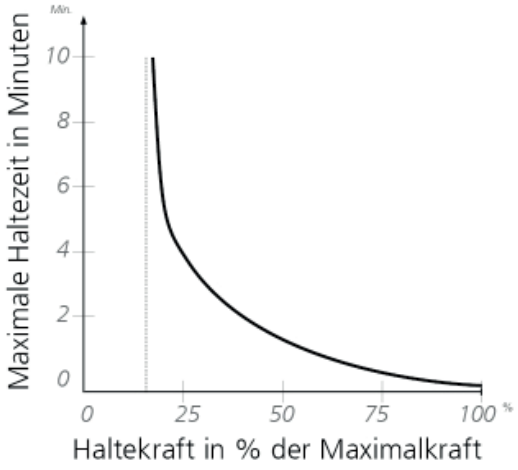


Figura 2 Il tempo di attesa massimo per frazioni di forza massima statica, determinato su vari gruppi di muscoli e soggetti messi alla prova (vedi [35]).

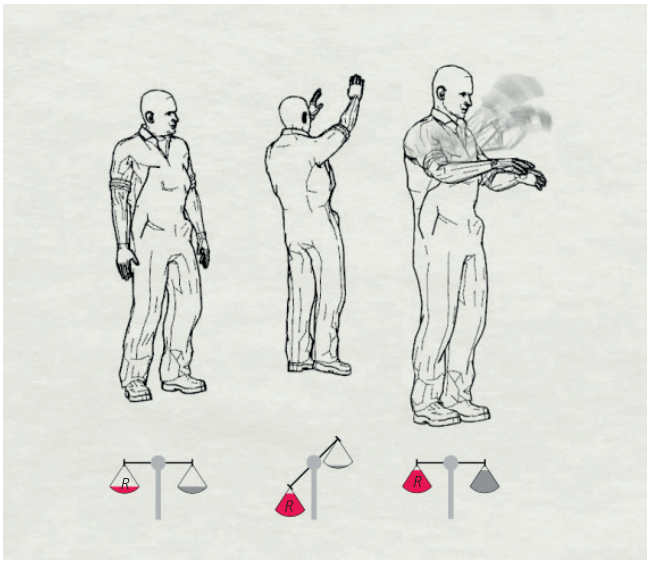


Figura 3 Il fabbisogno di sangue (bilancia rossa) e l'attuale offerta di sostanze nutrienti (bilancia grigia) non devono essere squilibrati. Nei lavori statici (figura in mezzo) il muscolo non può essere fornito adeguatamente di sostanze nutrienti. Ciò conduce al dolore. Come nelle posture rilassate (figura a sinistra), anche nelle attività dinamiche si può conservare l' equilibrio fino ad un certo periodo di tempo e di affaticamento.

Se la rigenerazione è insufficiente, si può avere uno sbilancio tra il fabbisogno di sostanze nutrienti e la rimozione di prodotti metabolici finali che come conseguenza produce una tensione od un' indurimento dei muscoli, od alcune ulteriori malattie dell'apparato muscolo-scheletrico di conseguenza [32]. Persino nella gamma di oltre il 15% della forza massima, le forze statiche possono causare un'affaticamento muscolare [10, 35]. Questo valore di conseguenza viene considerato come il limite per una prestazione a lungo-termine del lavoro statico [34] e dipende dall'individuo. Contrariamente agli atleti, il tempo di rigenerazione nella vita lavorativa si basa non sulla fisiologia dell'individuo ma sulle richieste temporali della produzione.

2.3.2.1 Posture Condizionate

Le posture condizionate sono definite "posizioni fisiche negative che danno come risultato un'eccessiva tensione statica dei muscoli" (DIN 33400). In genere sono comprese tensioni od attività come inginocchiarsi, accovacciarsi, stare coricati, piegarsi ed attività sopraelevate (Figura 4). Frequenti alternanze sono ancora più importanti per queste attività. Secondo le stime dell'Istituto Svizzero per le Assicurazioni contro gli Infortuni SUVA, i nervi, i tessuti oltre che i muscoli e gli organi possono essere sovraccaricati [36].

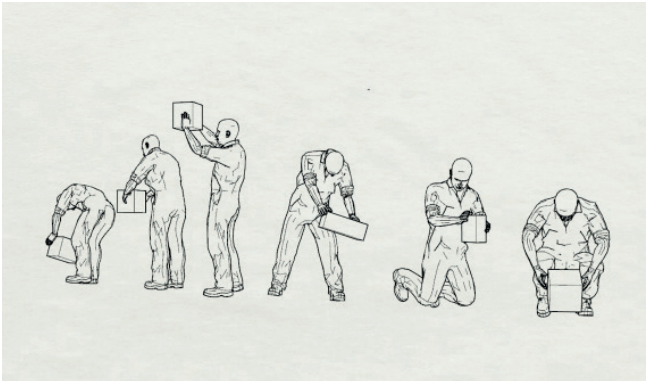


Figura 4 Le attività in posture condizionate sono particolarmente logoranti per l'apparato muscolo-scheletrico

Le posture condizionate rappresentano un problema comune. In un sondaggio rappresentativo effettuato su 20,000 lavoratori in Germania nel 2006, più del 14% dei lavoratori ha detto di aver frequentemente lavorato con posture condizionate [37].

→ Le posture condizionate andrebbero evitate più possibile a seconda dell'attività e del suo ambiente spaziale, tutti gli elementi dei MAGGIORI principi andrebbero presi in considerazione per evitare posture condizionate o diminuire i loro effetti.

2.3.2.2 Cause delle Tensioni Statiche Impercettibili

Mentre una postura statica delle spalle è ovvia quando si fanno attività sopraelevate, si sono scoperte molte forme meno apparenti di lavori ove esiste una partecipazione dei muscoli in parecchie aree della vita di ogni giorno. Così, la tensione nella zona del collo è desumibile da questa spiegazione temporanea se le spalle vengono tenute impercettibilmente ma permanentemente sollevate per tutto il giorno. Dato che le postazioni lavorative in piedi sono sistemate in modo comodo, anche una leggera pendenza in avanti del tronco causa delle sottili tensioni ai muscoli lombari della colonna vertebrale, che a lungo termine possono creare dei disturbi (vedi Figura 5 e Capitolo 2.4.1 Evitare una Postura Inclinata della Parte Superiore del Corpo nelle Postazioni Lavorative in Piedi).

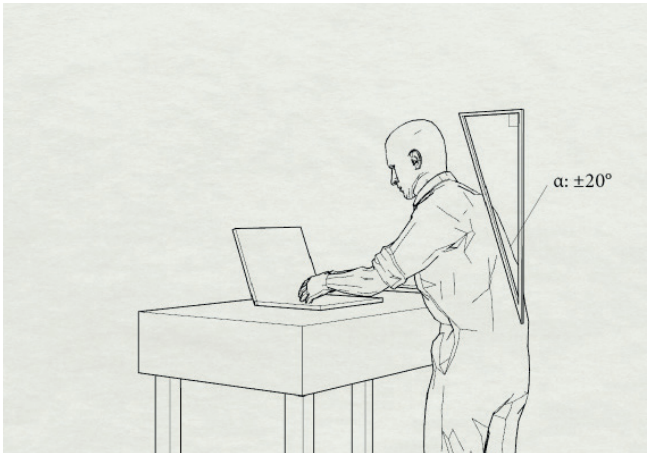


Figura 5 Tensione statica della parte inferiore della schiena causata da una lieve inclinazione in avanti del tronco.

La resistenza alla tensione delle cartilagini dipende anche da un'alternanza costante tra tensione e sollievo. In questo caso, però, esiste un meccanismo sottostante abbastanza diverso. Le cartilagini delle giunture sono rifornite di un fluido che è disponibile dentro alle articolazioni (sinovia). Come una spugna in una vasca da bagno, l'alternanza tra tensione e sollievo è necessaria, anche, alla cartilagine per ricevere a sufficienza la sua sinovia ricca di sostanze nutrienti [22]. In lavori

che comportano dei piccoli movimenti e molto stare in piedi in un punto, questo scambio di sostanze nutrienti avviene di conseguenza meno, nonostante sia necessario sempre di più. Le cartilagini potrebbero essere maggiormente sotto tensione, anche se devono "solo" sopportare il peso corporeo.

- → Per dare sollievo ai muscoli, le attività statiche dovrebbero essere interrotte quanto spesso possibile con dei movimenti dinamici. Si può fare ciò con delle misure organizzate sul lavoro o con dei movimenti attivi consci tramite degli esercizi.
- → Spesso le posizioni statiche non sono notate. Per ridurre la tensione, bisognerebbe rendere edotti gli impiegati della cosa e le postazioni lavorative adattate adeguatamente.
- → Per controbilanciare gli effetti di logoramento sulle giunture corporee, le postazioni lavorative dovrebbero essere progettate in modo che stare seduti e camminare si alternino regolarmente con lo stare in piedi.

2.3.3 Effetti dei Carichi Pesanti sull'Apparato Muscolo-scheletrico

Nella produzione ci sono dei carichi pesanti principalmente dove esistono processi meno standardizzati e lontano dalle catene di montaggio. A causa della grande variabilità e dei brevi cicli di riposo esistenti facendo gli stessi movimenti lavorativi, non è possibile tecnicamente l'ottimizzazione o il risparmio economico per dei movimenti individuali. Invece, esistono degli ausili adattabili che si possono usare per soddisfare i requisiti corrispondenti.

Le attività in tali posti lavorativi – la manifattura può essere presa ad esempio – sono caratterizzate da queste proprietà:

- Elevata alternanza tra fasi di trattamento e lavorazione
- Di conseguenza frequente alternanza di sollecitazioni fisiche
- Maneggiare a volte carichi pesanti o con una postura condizionata è necessario, come sollevare o tenere dei dispositivi che non sono ottimizzati per le lavorazioni individuali.

A parte le maggiori zone della produzione automobilistica ed altri settori che stabiliscono degli standard ergonomici alti già precocemente, si possono ancora trovare molti posti di lavoro dove carichi pesanti devono essere maneggiati in un gran numero di ripetizioni. Ciò può dare come conseguenza disturbi alla schiena od alle braccia o gambe.

La tensione sull' individuo derivata da carichi pesanti dipende dallo stato di allenamento e dalla frequenza con cui avviene tale tensione. Se il trasporto di un carico pesante avviene ad intervalli irregolari e lunghi, solo un effetto limitato dell'allenamento può farsi sentire sull'apparato muscolo-scheletrico ed ogni volta il carico viene percepito sempre come pesante.

Se la tensione avviene spesso e con brevi intervalli di tempo, il rischio di un sovraccarico aumenta perché ci sono tempi di rigenerazione insufficienti. L'adattamento del livello delle prestazioni può essere dipinto in forma semplificata dal modello teorico della supercompensazione di Jankolew [38] (Figura 6). Iniziando da un certo livello di prestazione, uno stimolo di allenamento viene seguito da una fase di recupero, che poi aumenta il livello della prestazione oltre i valori di base (detta "supercompensazione"). A seconda del momento del prossimo stimolo di allenamento, il livello della prestazione aumenta o viene ulteriormente ridotto rispetto al valore di base. Se non c'è alcun nuovo stimolo di allenamento dentro al ciclo della supercompensazione, il livello della prestazione oscilla tornando al valore di base. La durata della curva dipende dall'intensità della tensione e dall' individuo. Riguardo alla situazione del nostro esempio, si può ipotizzare un intervallo di circa 1-3 giorni tra T0 e T3.

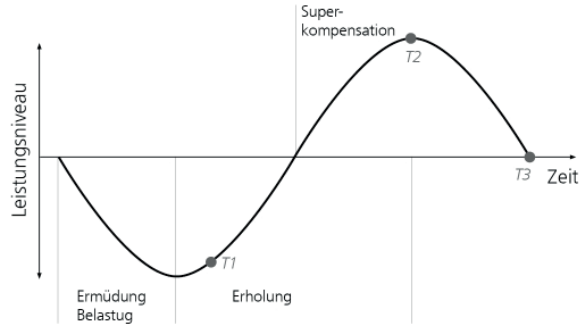


Figura 6 Principio della supercompensazione

T0 Uno stimolo per sollecitazione è avvenuto dando come risultato un affaticamento percettibile.

T1 Se avvengono molte sollecitazioni rinnovate durante la fase del recupero, il livello originale della prestazione non può essere raggiunto di nuovo. Il carico viene di conseguenza percepito come più pesante.

T2 Il momento ideale per un nuovo stimolo da sollecitazione. Il livello della prestazione è più alto del valore di base di T0 → il carico viene percepito come più leggero.

T3 Se avviene una sollecitazione dopo una supercompensazione, non c'è differenza tra il livello di base T0 → L'effetto dell' allenamento si è di nuovo calmato ed il carico viene percepito pesante come la prima volta.

→ Riduzione delle sollecitazioni con l'uso di parti più leggere od aiuti meccanici per trasportare il carico.
→ Le misure di allenamento mirate se carichi pesanti si ripetono ad intervalli irregolari o abbastanza lunghi
→ Misure per la rigenerazione attiva se dei carichi pesanti devono essere maneggiati regolarmente e frequentemente nel corso dell' attività.
→ Informazioni sull'aumentata consapevolezza del comportamento ergonomico (prevenzione del comportamento).

Direttiva DIN 33411-1, Edizione 1982-09
"La resistenza fisica dell'uomo; concetti, interrelazioni, parametri che la definiscono. "
Direttiva DIN 33411-4, Edizione 1987-05
"La resistenza fisica umana; forze massime azione statica (isodynes)"
Direttiva DIN 33411-5, Edizione 1999-11
"Resistenza fisica umana - Parte 5: forze massime azione statica; valori"
Direttiva ISO 11226, Edizione 2000 (E)
"Ergonomica – Valutazione delle posture lavorative statiche"
DIN EN 1005-3, Edizione 2009-01
"Sicurezza dei macchinari – Prestazioni fisiche umane - Parte 3: Limiti di forza consigliati per l'utilizzo di macchinari; versione Tedesca EN 1005:2002+A1:2008"
Direttiva DIN EN ISO 6385, Edizione 2004 [aggiornata al 10/2014]
"I principi ergonomici nella progettazione dei sistemi lavorativi"
Direttiva DIN EN ISO 26800, Edizione 2011-11
"Ergonomia – Approccio generale, principi e concetti"

2.4 PRINCIPI DELLA SISTEMAZIONE ERGONOMICA DEL PIANO DILAVORO

Si può valutare la postura durante l'attività per stabilire se una postazione lavorativa sia ergonomica, come descritto nei Capitoli 2.3, le seguenti caratteristiche posturali sono ritenute ergonomiche:
- Nessuna postura condizionata (inginocchiarsi, piegarsi, accovacciarsi, etc.)

- Regolare alternanza tra sollecitazione e sollievo
- Regolare alternanza tra modelli posturali

2.4.1 Evitare Una Postura Inclinata in Avanti della Parte Superiore del Corpo nelle Postazioni Lavorative In Piedi

Nel confronto tra il corpo e la gravità, una postura diritta viene definita come una posizione in cui i segmenti del corpo sono allineati idealmente contro la gravità ed uno sull'altro. Osservato da un lato, il canale auditivo, la guaina della spalla e la linea mediana della gamba fino alla caviglia si possono sovrapporre una all'altra in un'immaginaria linea a piombo (vedi Figura 7). La postura diritta si caratterizza per un un consumo energetico economico, minimo e per l'efficienza [39].

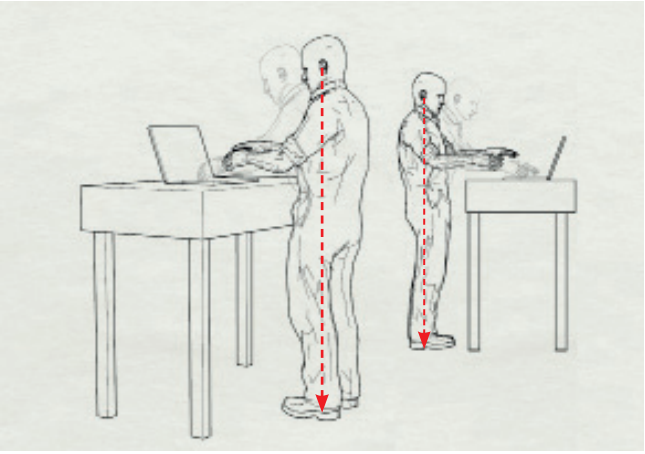


Figura 7 La postura eretta può essere pensata come immaginaria rileva il filo a piombo ta il condotto uditivo dell'orecchio e il melleolo esterno.

Una postura della parte superiore del corpo inclinata in avanti, es. a causa di un piano di lavoro che sia troppo basso per una postazione lavorativa in piedi, causi delle tensioni statiche del muscolo estensore della schiena. Come risultato della tensione dei muscoli, i vasi sanguigni che forniscono sangue (arterie) sono compressi. A lungo termine, dunque, un piano di lavoro troppo basso può predisporre alla tensione, ad un' indurimento dei muscoli o a conseguenti disturbi muscolari più gravi. Il mal di schiena è uno dei disturbi più comuni nella popolazione (D, CH) [3, 4].

→ Una inclinazione in avanti del massimo di 20° è consigliata. Il fattore temporale viene sfortunatamente spesso ignorato, perché perfino con una tensione leggermente statica la microcircolazione nei muscoli si riduce [40, 41].
→ Si consigliano dei movimenti di equilibratura sotto forma di estensioni eccessive intenzionali della schiena tenute per brevi periodi (Figura 8) per conservare passivo il tessuto di sostegno come i dischi intervertebrali in

Figura 8 Esercizi per l'estensione nella posizione in piedi. Le mani sono sull'osso sacro.

2.4.2 Il Collo

Una estensione eccessiva del collo in genere andrebbe evitata per periodi prolungati dato che ciò produce un'aumentata tensione da compressione delle articolazioni dei dischi intervertebrali e delle radici nervose che emergono da essi [43]. Inoltre, parecchi autori hanno riportato che gli occhi si seccano molto più rapidamente se uno schermo viene posizionato troppo in alto. Il motivo per ciò è che il fluido lacrimale evapora più rapidamente se le palpebre sono aperte di più quando si guarda verso l'alto [44].

Se il collo viene piegato troppo, ciò a sua volta può causare tensioni e mal di testa [45]. Secondo la direttiva ISO 11226 (Ergonomia – Valutazione delle posture lavorative statiche), si consiglia una gamma di angolazioni da 0 a 25° delle posture prolungate inclinate in avanti [41].

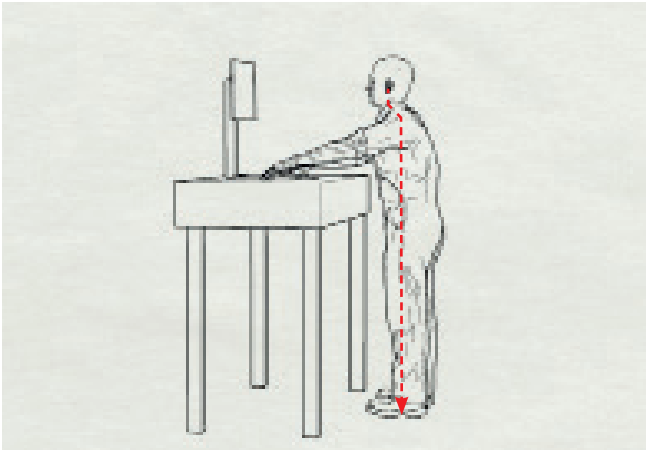


Figura 9 Il posizionamento dello schermo ha un effetto sulle sollecitazioni del collo. In questa postazione lavorativa lo schermo è messo troppo in alto. Le articolazioni dei dischi intervertebrali e dei nervi possono conseguentemente risultare sollecitate. Inoltre, le spalle devono essere alzate eccessivamente

→ La postazione lavorativa dovrebbe essere sistemata in modo tale che nessuna estensione eccessiva del collo prolungata o ripetuta frequentemente od un piegamento di più del 25° è necessaria per eseguire l'attività.

→ Gli schermi di conseguenza non dovrebbero essere posizionati troppo in alto, indipendentemente dal fatto se la postazione di lavoro sia da seduti od in piedi. La parte superiore dello schermo dovrebbe essere posizionata a circa 5 cm sotto il livello degli occhi.

2.4.3 La Posizione ed i Movimenti del Polso

Disturbi come tendovaginiti ed entesiti, es. Il gomito del tennista o del giocatore di golf, possono dare come risultato una sollecitazione meccanica unilaterale, a lungo termine ed un insolito lavoro di tutti i tipi con adattamento inadeguato o mancante [46]. Questi stati sono comuni e prolungati. Ad esempio, la durata media delle assenze da lavoro correlate a malanni come il gomito del tennista è di 29 giorni ed avviene fino al 30% di tutti i lavoratori addetti al montaggio [27].

I muscoli rispondono al meglio alle sollecitazioni se si trovano in una posizione media di estensione. Gli stimoli esterni o degli impulsi minori, che possono essere causati, ad esempio, dall'inserire delle spine, diventano stressanti se il polso si trova in una posizione neutra.
In particolare quando sottoposto a degli stimoli o forze che avvengono frequentemente, la posizione dei polsi gioca un ruolo cruciale nello sviluppo delle RSI [25, 47] (vedi anche 2.3.1 Effetti delle Ripetizioni Frequenti sull'Apparato Muscolo-scheletrico). Di conseguenza bisognerebbe porre attenzione per assicurarsi che la posizione di base del polso sia quanto più neutra possibile, in particolare nelle attività che riguardano un grande sforzo fisico e/o un gran numero di ripetizioni.

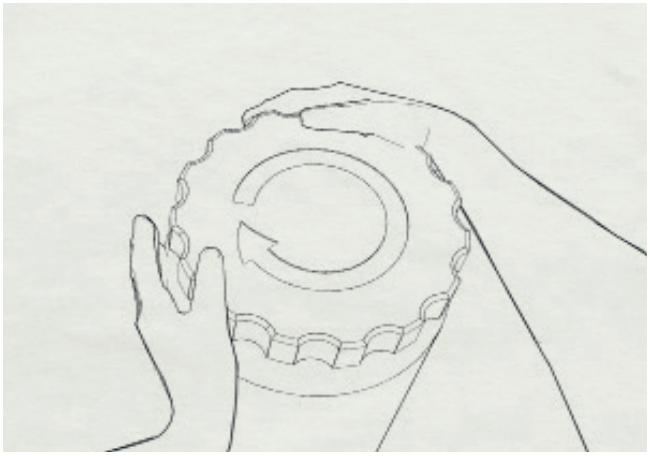


Figura 10 Posizioni massime del polso andrebbero evitate. La mano sinistra in particolare deve essere stirata troppo all'indietro (estensione dorsale).

Le EAWS (Schede di Lavoro per la Valutazione Ergonomica) detta i limiti per le posizioni delle articolazioni oltre i quali si hanno effetti negativi nella valutazione delle postazioni lavorative. Esse sono 45° per il piegarsi e l'allungarsi del polso e 15° per le angolazioni laterali nella direzione del radio o 20° nella direzione dell'ulna [48]..

- → Durante la sollecitazione ed oltre il periodo dell'attività, le posizioni del polso dovrebbero essere allineate alla posizione neutra. Ciò corrisponde approssimativamente alla posizione che la mano che ha quando si trova sul mouse di un computer.
- → L'altezza della scrivania gioca un ruolo decisivo qui e dovrebbe essere regolata di conseguenza. Se il tavolo è troppo basso, il polso dovrà allungarsi all'indietro in molte attività (estensione dorsale).
- → Se possibile, ruotare sempre il pezzo e non impugnare il pezzo circolarmente per evitare posizioni estreme delle articolazioni.

3 PROGETTAZIONE DEL PIANO DI LAVORO IN POSTAZIONI LAVORATIOVE PIEDI

Mobili d'ufficio che siano regolabili in modo ergonomico ed il loro uso corretto richiedono, tra le altre cose, la conoscenza necessaria da parte dell'utente [49]. Vari standard forniscono i particolari sulla progettazione delle postazioni lavorative. Comunque le informazioni devono essere prima riunite per essere poi applicate correttamente.

La raccolta dei dati sulle dimensioni dei corpi (come nella direttiva DIN 33402) serve da base per la progettazione delle postazioni lavorative. Tre misure in genere vengono prese dagli uomini e dalle donne per la progettazione delle postazioni di lavoro, limitate al percentile del 5° (solo il 5% è composto da persone più piccole), del 50° e del 95° (solo il 5% è composto da persone più grandi). Di conseguenza la gamma dei valori va da 154 cm (5° percentile delle donne) a 186 cm (95° percentile degli uomini). I dati delle misure individuali così non vengono pubblicati. Dato che tutte le misure dell'altezza sono correlate in modo davvero elevato una con l'altra [50], un'estensione matematica di questi valori appare legittima. Pertanto, sono qui descritti due metodi per desumere una tabella ergonomica dell' altezza.

3.1 DEDUZIONE DELL'ALTEZZA DELLA SCRIVANIA DALLE CARATTERISTICHE POSTURALI

Prendendo in considerazione i fattori determinanti sull'apparato muscolo- scheletrico descritti al Capitolo 2,bisognerebbe ottenere le seguenti caratteristiche posturali:

- Posizione del corpo verticale (meno di 20° in avanti per l'inclinazione del tronco).
- Le braccia dovrebbero stare più in verticale possibile.
- I muscoli del collo non dovrebbero essere tesi per quanto possibile (almeno per periodi prolungati).
- Leggera attività dei muscoli addominali (non incurvare).
- I polsi dovrebbero prevalentemente essere in grado di lavorare in una posizione media – in particolare quando ci sono maggiori esigenze riguardo la resistenza.
- Le ginocchia non sono estese del tutto (leggera tensione apprezzabile sui muscoli frontali delle cosce).

3.2 DEDUZIONE DELL'ALTEZZA DELLA SCRIVANIA DALLE SPECIFICHE STANDARD

La Tabella 1 qui sotto consente una valutazione rapida dell'altezza di lavoro consigliata in funzione dell'altezza del corpo e la classificazione delle attività come sottile, leggera o pesante. Sono definite attività sottili quelle attività che comportano una breve distanza visiva ed uno sforzo fisico minimo. Le attività pesanti sono descritte come dei lavori dove è richiesto un alto grado di sforzi fisici.

Infine, comunque, bisogna dire che non è l'altezza del piano di lavoro ma l'altezza dove si lavora ad essere il fattore determinante. Ciò dipende a sua volta dal tipo di pezzo che deve essere lavorato. Se si tratta di qualcosa di particolarmente alto, l'altezza del tavolo dovrebbe essere corretta verso il basso.

Di conseguenza la Tabella 1 può solo offrire una direttiva sui valori e le caratteristiche dalla deduzione delle Altezze del Tavolo dalle Caratteristiche Posturali 3.1 che debbono essere ricontrollate di continuo durante l'attività.
I valori sono seguenti: Secondo le direttive DIN 33406 e ÖNORM A8061 la regolazione ergonomica dell'altezza del tavolo si basa sull'altezza del gomito e sul tipo di attività (sottile: altezza del gomito da +50 a +100 mm; leggera: da -100 a -150 mm; pesante: da -150 a -400 mm). I valori dell'altezza del gomito sono stati estrapolati dagli autori dai dati antropometrici presenti nella direttiva DIN 33402 per essere in grado di fornire dati individuali per tutte le altezze tra 1.45 m e 2.10 m. I valori espressi corrispondono in ogni caso al punto di mezzo delle impostazioni consigliate + 2 cm come fattore di correzione per l'altezza come risultato del consumo delle scarpe sul lavoro.

Körper-Größe	Feine Tätigkeit (sitzend)	Leichte Tätigkeit (sitzend)	Schwere Tätigkeit (sitzend)	Körper-Größe	Feine Tätigkeit (stehend)	Leichte Tätigkeit (stehend)	Schwere Tätigkeit (stehend)
2,10	1,44	1,24	1,09	1,77	1,21	1,01	0,86
2,09	1,43	1,23	1,08	1,76	1,20	1,00	0,85
2,08	1,42	1,22	1,07	1,75	1,20	1,00	0,85
2,07	1,42	1,22	1,07	1,74	1,19	0,99	0,84
2,06	1,41	1,21	1,06	1,73	1,18	0,98	0,83
2,05	1,40	1,20	1,05	1,72	1,17	0,97	0,82
2,04	1,39	1,19	1,04	1,71	1,17	0,97	0,82
2,03	1,39	1,19	1,04	1,70	1,16	0,96	0,81
2,02	1,38	1,18	1,03	1,69	1,15	0,95	0,80
2,01	1,37	1,17	1,02	1,68	1,15	0,95	0,80
2,00	1,37	1,17	1,02	1,67	1,14	0,94	0,79
1,99	1,36	1,16	1,01	1,66	1,13	0,93	0,78
1,98	1,35	1,15	1,00	1,65	1,13	0,93	0,78
1,97	1,35	1,15	1,00	1,64	1,12	0,92	0,77
1,96	1,34	1,14	0,99	1,63	1,11	0,91	0,76
1,95	1,33	1,13	0,98	1,62	1,11	0,91	0,76
1,94	1,33	1,13	0,98	1,61	1,10	0,90	0,75
1,93	1,32	1,12	0,97	1,60	1,09	0,89	0,74
1,92	1,31	1,11	0,96	1,59	1,08	0,88	0,73
1,91	1,31	1,11	0,96	1,58	1,08	0,88	0,73
1,90	1,30	1,10	0,95	1,57	1,07	0,87	0,72
1,89	1,29	1,09	0,94	1,56	1,06	0,86	0,71
1,88	1,28	1,08	0,93	1,55	1,06	0,86	0,71
1,87	1,28	1,08	0,93	1,54	1,05	0,85	0,70
1,86	1,27	1,07	0,92	1,53	1,04	0,84	0,69
1,85	1,26	1,06	0,91	1,52	1,04	0,84	0,69
1,84	1,26	1,06	0,91	1,51	1,03	0,83	0,68
1,83	1,25	1,05	0,90	1,50	1,02	0,82	0,67
1,82	1,24	1,04	0,89	1,49	1,02	0,82	0,67
1,81	1,24	1,04	0,89	1,48	1,01	0,81	0,66
1,80	1,23	1,03	0,88	1,47	1,00	0,80	0,65
1,79	1,22	1,02	0,87	1,46	0,99	0,79	0,64
1,78	1,22	1,02	0,87	1,45	0,99	0,79	0,64

Tabella 1 Impostazioni consigliate per l'altezza del tavolo a seconda delle dimensioni del corpo e del tipo di attività.

4 SEDERSI BENE

4.1 ALTEZZA TAVOLO E SEDIA NEI POSTI DI LAVORO SEDUTI

Essenzialmente, le variabili per sistemare i posti di lavoro seduti sono descritte in modo uniforme. Comunque, a seconda se deve essere regolata l'altezza del tavolo o solo quella della sedia, debbono essere prese in considerazione una sequenza di azioni diverse.

4.1.1 Posti di Lavoro Seduti nei Quali l'Altezza di Tavolo e Sedia Si Possono Adattare

1. Regolare l'altezza della sedia a livello delle ginocchia
La raccomandazione uniforme in letteratura per l'altezza della sedia è che l'angolo dell'articolazione del ginocchio dovrebbe essere ≥ 90°. Di conseguenza l'altezza della sedia può essere desunta dall'altezza del divario dell'articolazione del ginocchio. Ciò può essere regolato stando in piedi e regolando l'altezza del cuscino del sedile con l'altezza della rotula (Figura 11).

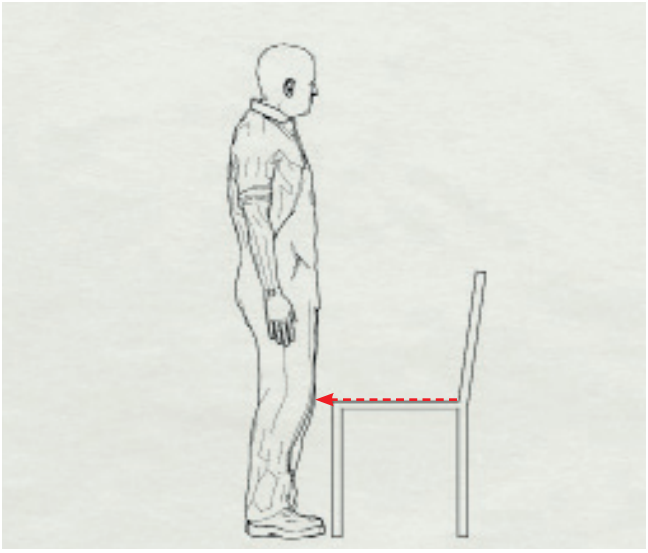


Figura 11 Regolare l'altezza della sedia. Il sedile della sedia dovrebbe essere regolato al livello della rotula stando in piedi.

2. 'Altezza del tavolo a livello del gomito
La "regola del gomito" in genere si consiglia quando si è seduti, es.: Consentire alle braccia di pendere liberamente ed inclinare le avambraccia a 90°. Il bordo inferiore del gomito ed il tavolo dovrebbero ora essere portati allo stesso livello.

4.1.2 Posto di Lavoro da Seduti in Cui Solo la Sedia ma non il Tavolo Si Può Adattare

1. Regolare l'altezza della sedia in modo che i gomiti siano al livello del piano di lavoro
L'altezza dei gomiti è il parametro consigliato per l'altezza del tavolo. Se l'altezza del tavolo non si può regolare, allora bisognerebbe regolare la sedia di conseguenza.
2. Controllare l'angolo delle gambe ed il contatto del pavimento coi piedi
Se i piedi non hanno un contatto sufficiente col pavimento, si consiglia un poggiapiedi [44, 51].

4.2 LA POSTURA DA SEDUTI

4.2.1 Le Contraddizioni nella Raccomandazione di UNA Postura Ideale da Seduti

Le raccomandazioni per la regolazione della schiena sono equivoche. Sedersi verticalmente viene definito nella maggior parte delle direttive e negli standard come il modello per sedersi correttamente e consigliato per regolare i mobili da lavoro. Indipendentemente dal fatto che non è possibile mantenere questo modello di postura quando si è seduti per tutto il periodo lavorativo, esiste un'ulteriore discussione tra i gruppi di esperti su cosa voglia dire una postura "ideale" da seduti [52, 53, 54].
Una postura severamente accasciata viene descritta frequentemente come la causa dei mal di schina [55]. Parimenti, esistono prove che una postura particolarmente verticale col tronco inclinato in avanti aumenti la tensione sui dischi intervertebrali [49, 56, 57], cosa che predispone anche all'evoluzione del mal di schiena [54].

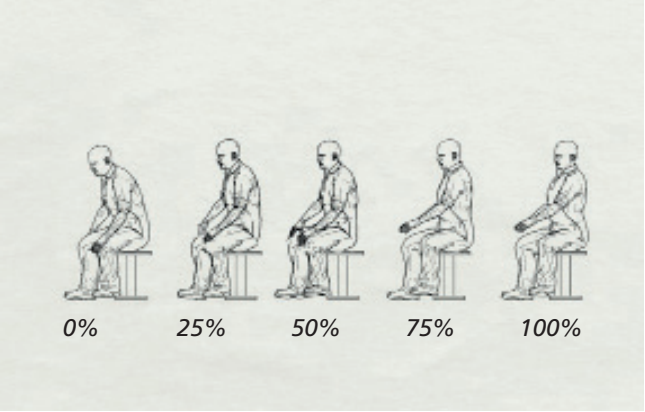


Figura 12 Stare in verticale per la colonna vertebrale da posizione seriamente accasciata a quelle massimamente verticali. Si consiglia una posizione verticale di circa il 75%[61].

Così come la regolazione corretta dell'altezza del sedile, viene sempre di più riconosciuto che è vitale avere una postura da seduti salutare [52].
Stare seduti prolungatamente si ritiene sia un fattore di rischio per il mal di schiena. La mancanza di movimento procura delle conseguenze negative ai tessuti nel lungo periodo [14, 22, 58, 59, 60]:

- Una mancanza di sostanze nutrienti alle cartilagini ed ai legamenti, può causare una diminuzione della resistenza alle tensioni
- La degenerazione dei dischi intervertebrali
- L'aumento della 'rigidità' delle articolazioni

4.2.2 Deduzione della Postura da seduti dalle Caratteristiche Posturali

In un sondaggio effettuato da fisioterapisti, è stato in genere ritenuto vantaggioso se la posizione da seduti [54, 61]:

- Corrisponde al 70 fino al 75 per cento della posizione verticale massima della colonna dorsale
- Corrisponde alla posizione naturale della colonna dorsale
- È comoda e rilassante
- Non addossa eccessivi sforzi ai muscoli

4.3 LA POSTURA DA SEDUTI

A prescindere da quale posizione si consideri ideale, non è consigliabile restare immobili in questa posizione per un periodo di tempo prolungato [58]. E' necessario del movimento per mantenere le cellule in forma e resistenti alla tensione. Ciò si applica alla schiena nello stesso modo esatto delle gambe. Frequentemente si fa rierimento ad una posizione da seduti "in modo verticale- dinamico", come si insegna nelle scuole industriali [49]. La postura della colonna vertebrale può influire sostanzialmente dalla posizione del bacino.

In genere si possono desumere i seguenti consigli:

→ Una postura positiva di base corrisponde al 70-75% della massima posizione verticale.
→ Ciònonostante, non restare in una posizione particolare – cioé, nemmeno nella "postura ideale".
→ Per quanto possibile, alternare tra stare seduti e stare in piedi sul posto di lavoro.

5 ZONE DI TRATTAMENTO E CATEGORIZZAZIONE DEGLI ATTREZZI DA LAVORO

Le zone di trattamento sono definite come zone attorno cui le persone, possono toccare, afferrare e spostare degli oggetti a mano senza alcun cambio di posizione rilevante [62]. Le zone di trattamento definite possono servire per arredare e sistemare i posti di lavoro. Ad esempio, le attività manuali che richiedono un alto grado di sorveglianza visiva dovrebbero essere eseguite quanto più vicino possibile al corpo, dato che i movimenti precisi diventano più difficili quanto aumenta la distanza dal corpo. Risulta anche ovvio che carichi elevati non si dovrebbero maneggiare lontano dal corpo a causa dell'effetto leva.

Le zone di trattamento si dividono in letteratura in una delle seguenti tre zone (es. [10]) o quattro zone (es. [34]). La differenza è dovuta al fatto che in alcuni casi la prima zona non viene descritta separatamente [29]:

Zona 1: Centro di lavoro/sito di assemblaggio
Entrambe le mani lavorano una vicina all'altra e sono al centro del campo visivo

Zona 2: Centro di lavoro ampliato
Entrambe le mani raggiungono tutti i punti in questa zona

Zona 3: Zona da una sola mano
Zona per posizionare articoli che possono essere afferrati/azionati da una mano sola

Zona 4: Zona da una sola mano ampliata
Una zona ultraperiferica ma ancora utilizzabile, es. per sistemare piccoli pezzi in container da trasporto. In caso di un gran numero di ripetizioni o di carichi elevati, la tensione esercita un effetto deleterio sull'apparato muscolo-scheletrico dopo un breve periodo.

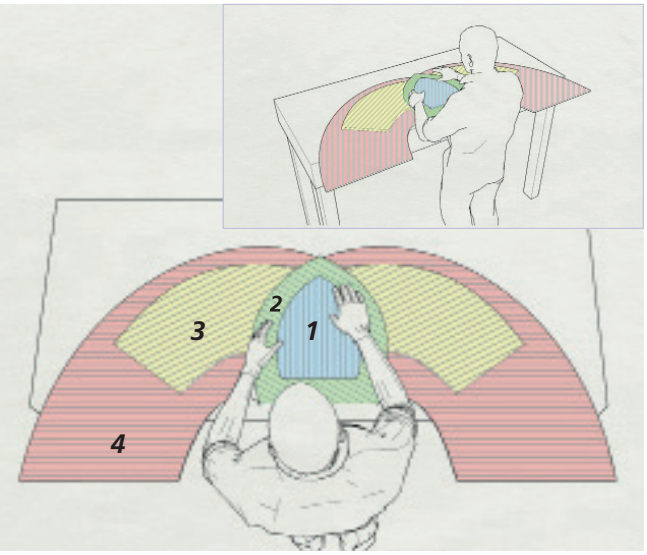


Figura 13 Illustrazione delle zone di trattamento sul posto di lavoro

→ Le attività manuali nelle zone esterne dovrebbero essere evitate dato che richiedono un lavoro posturale statico della schiena e dei muscoli delle braccia ed i rapporti di leva non sono favorevoli. Queste zone sono adatte alla preparazione di materiali leggeri.
→ Se il posto di lavoro viene usato da parecchi impiegati, dovrebbe essere sistemato per la persona più piccola, dato che la zona di trattamento di una persona più alta include la zona di trattamento più piccola.
→ Ciò si può ridurre, ad esempio, limitando i movimenti e dunque debbono essere controllati individualmente.

Ulteriori raccomandazioni per la progettazione dei posti di lavoro sono specificate nella direttiva **DIN 33402-2 Supplement 1: 2006-08.** Un orientamento sull'utilizzo dei dati antropometrici è specificato nella direttiva **DIN SPEC 33402-6.**

6 ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE

Oltre alla luminosità necessaria per lavorare, la luce gioca anche un ruolo nel benessere, perché la luce regola l' "orologio interno. Nell'intero corso dell' evoluzione, si è sviluppato un ritmo notte-giorno. La luce che viene percepita e di conseguenza anche la luce sul posto di lavoro può avere effetto su vari processi fisiologici. Così come il battito del cuore e la regolazione della temperatura, i cambiamenti nell'attività del cervello che sono associati alla concentrazione ed alla vigilanza si possono misurare anche loro [63, 64]. La frazione blu della luce, che viene elaborata in modo diverso dal sistema nervoso dalle altre lunghezze d'onda, è responsabile per questa cosa.

I fattori che influenzano l'illuminazione sono [66, 67]:

- L'illuminamento, l'altezza dell'illuminazione ed il colore dell'illuminazione
- Il flusso luminoso, l'intensità luminosa, la luminanza, il grado di riflettenza, il contrasto, il rendimento luminoso di riverbero/riflettanza, il tremolio/ pulsazione della fonte di illuminazione, le ombre

Sono specificati dei valori minimi nelle direttive per l' illuminamento qui sotto ai quali livelli non devono scendere, ma che possono essere regolati verso l'alto per questa situazione particolare.

Art des Raumes bzw. der Tätigkeit (Beispiele)	**Mindestbeleuchtungsstärke in Lux (lx)**	
Nach Angaben von:	***DIN EN 12464-1:2003-03***	***ASR A3.4***
Verkehrsflächen und Flure **Pausenräume** **Lagerräume**	100	50-150 200 50-300 k.A.
Mittelfeine Montagearbeiten **Grobe/ Mittlere Maschinenarbeiten (Toleranz > 0,1 mm)** **Produktionsanlagen mit ständigen manuellen Eingriffen**	300	300
Werkzeug-, Lehren- und Vorrichtungsbau **Präzisions- und Mikromechanik**	1000	500 – 1500 (z.B. Uhrenmacher)
Büros und büroähnliche Arbeitsbereiche **Schreiben, Lesen, Datenverarbeitung** **Technisches Zeichnen (Handzeichnen)**	500 750	500 750

Sono specificati dei valori minimi nelle direttive per l' illuminamento qui sotto ai quali livelli non devono scendere, ma che possono essere regolati verso l'alto per questa situazione particolare.

Bisognerebbe anche tenere in mente che l'acutezza visiva in genere diminuisce con l'età mentre aumenta la sensibilità al riverbero [66].

- → „Illuminazione biologicamente efficace – Direttive sulla progettazione"
- → Così come il tipo di attività, l'età gioca anch'essa un ruolo importante nella scelta e sistemazione dell'illuminazione.
- → Per dei compiti visivi speciali o per coloro che dipendono dall'acutezza visiva dell'impiegato, si consiglia un'illuminazione aggiuntiva per zone specifiche [67].
- → E' importante che la zona di lavoro sia illuminata in modo uniforme e che non sia prodotto alcun riverbero a causa degli alti livelli di luminosità in punti singoli. Si può evitare la cosa, ad esempio, posizionando le lampade ad un'altezza sufficiente sopra al posto di lavoro [66].
- → Se ci sono parecchie persone in un posto di lavoro, il livello di illuminazione deve essere orientato verso la persona che abbia la minor sensibilità alla luce degli occhi, cioé la persona che richieda l'illuminazione più forte per essere in grado di eseguire le proprie attività in modo adeguato [10].

Direttiva DIN SPEC 67600, Edizione 2013-04
"Illuminazione biologicamente efficace – Direttive sulla progettazione"
Direttiva DIN SPEC 5031-100, Edizione 2009-1
"Fisica delle radiazioni ottiche ed ingegneria dell' illuminazione - Parte 100: Effetti melanotici della luce oculare sugli esseri umani – Quantità, simboli e spettri d'azione"
Direttiva DIN 5035-8, Edizione 2007-07
"Illuminazione artificiale - Parte 8: Illuminazioni sul posto di lavoro - Esigenze, consigli ed effettuazione di prove"
Direttiva DIN EN 12464-1, Edizione 2001-08
"Luce ed illuminazione – L'illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro all'interno; versione Tedesca EN 12464-1:2011"
ASR A3.4 (no valida per la Svizzera), Edizione 2011-04
"Illuminazione"
Direttiva DIN EN 12665, Edizione 2001-09
„Luce ed Illuminazione – I termini ed i criteri di base per le esigenze specifiche dell'illuminazione"

7 RIFERIMENTI

[1] Strom, A. (Hrsg.). (2017). Anteile der zehn wichtigsten Krankheitsarten an den Arbeitsunfähigkeitstagen in Deutschland in den Jahren 2010 bis 2015: Analyse der Arbeitsunfähigkeitsdaten. [p. 19].

[2] European Agency for Safety and Health at Work. (2017). Estimating the cost of work-related accidents and ill-health: An analysis of European data sources. Luxembourg: Publications Office of the European Union. [p. 12].

[3] Bundesamt für Statistik BFS. (2013). Schweizerische Gesundheitsbefragung 2012: Übersicht. Neuchâtel: Schweizerisches Gesundheitsobservatorium. [p. 14].

[4] Liebers, F. & Caffier, G. (2009). Berufsspezifische Arbeitsunfähigkeit durch Muskel-Skelett-Erkrankungen in Deutschland: Forschung Projekt F 1996. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. [p. 108, 110].

[5] Petrini, L. & Camenzind, P. (2015). Gesundheit im Kanton Graubünden: Ergebnisse aus der Schweizerischen Gesundheitsbefragung 2012 und weiterer Datenbanken (Obsan Bericht 64). Neuchâtel: Schweizerisches Gesundheitsobservatorium. [p. 99].

[6] European Comission, Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion (2011). Socio-economic costs of accidents at work and work-related ill health. Luxemburg.

[7] European Agency for Safety and Health at Work. (2010). OSH in figures: Work-related musculoskeletal disorders in the EU - Facts and figures. Luxembourg: Publications Office of the European Union. [p. 3].

[8] Statistisches Bundesamt (Hrsg.). (2014). Arbeitsunfälle und arbeitsbedingte Gesundheitsprobleme: Ergebnisse einer Zusatzerhebung im Rahmen des Mikrozensus 2013. Auszug aus Wirtschaft und Statistik September 2014, 561–574. [p. 562].

[9] European Agency for Safety and Health at Work. (2012). Förderung des aktiven Alterns am Arbeitsplatz. [p. 1].

[10] Merkel, T. & Schmauder, M. (2012). Ergonomisch und normgerecht konstruieren. Berlin, Wien, Zürich: Beuth. [p. 44, 84, 142-143].

[11] Lehmann, G. (1953). Praktische Arbeitsphysiologie. Stuttgart: Thieme.

[12] Prohl, R. & Röthig, P. (2003). Sportwissenschaftliches Lexikon (7. Aufl.). Schorndorf: Hofmann. [p. 72].

[13] Olivier, N., Büsch, D. & Marschall, F. (2008). Grundlagen der Trainingswissenschaft und -lehre. Schorndorf: Hofmann. [p. 24].

[14] Weineck, J. (2004). Optimales Training: Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings (15. Aufl.). Balingen: Spitta. [p. 51, 962, 1041].

[15] van den Berg, F. & Arendt-Nielsen, L. (2010). Angewandte Physiologie (3. Aufl.). Stuttgart: Thieme. [p. 151].

[16] Güllich, A. & Krüger, M. (Hrsg.) (2013). Sport: Das Lehrbuch für das Sportstudium. Berlin, Heidelberg: Springer. [p. 446, 193].

[17] Dölken, M. & Hüter-Becker, A. (2015). Physiotherapie in der Orthopädie (3. Aufl.). Stuttgart, New

York: Thieme. [p. 64, 464].

[18] Hüter-Becker, A. & Betz, U. (2006). Das neue Denkmodell in der Physiotherapie – Band 1: Bewegungssystem (3. Aufl.). Stuttgart, New York: Thieme. [p. 421].

[19] Sakakibara, H., Miyao, M., Kondo, T. & Yamada, S. (1995). Overhead work and shoulder-neck pain in orchard farmers harvesting pears and apples. Ergonomics, 38(4), 700–706.

[20] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV). (2016). DGUV Information 208-033, 1–44. [p. 14-17, 24, 25].

[21] Sood, D., Nussbaum, M. A., Hager, K. & Nogueira, H. C. (2017). Predicted endurance times during overhead work: Influences of duty cycle and tool mass estimated using perceived discomfort. Ergonomics, 60(10), 1–10.

[22] van den Berg, F. (1999). Angewandte Physiologie. Stuttgart: Thieme. [p. 283, 126].

[23] Allgemeine Unfallversicherungsanstalt (AUVA). Merkblatt 021 Ergonomie. Wien. [p. 2].

[24] Daub, U. (2016). Der assistierte Mensch in der Produktion: Von der Orthese zum Exoskelett. Vortrag auf 5. Fachkonferenz: Ergonomie in der Produktion Mainz. München: Süddeutscher Verlag Veranstaltungen GmbH.

[25] Walker-Bone, K., Palmer, K. T., Reading, I. C., Coggon, D. & Cooper, C. (2012). Occupation and epicondylitis: A population-based study. Rheumatology, 51(2), 305–310. [p. 4].

[26] Kaufmännische Krankenkasse (Hrsg.). (2008). Beweglich?: Muskel-Skelett-Erkrankungen-Ursachen, Risikofaktoren und präventive Ansätze. Berlin, Heidelberg: Springer. [p. 126 f.].

[27] Barmer Gmünder Ersatzkasse (GEK). (2012). Heil- und Hilfsmittelreport 2012. Siegburg: Asgard Verlagsservice GmbH.

[28] Hennies, G. (1998). Basiswissen medizinische Begutachtung: Rechtliche und inhaltliche Grundlagen des ärztlichen Fachgutachtens. Stuttgart: Thieme. [p. 36].

[29] Becker, M., Hettinger, T. & Wobbe, G. (1993). Kompendium der Arbeitswissenschaft: Optimierungsmöglichkeiten zur Arbeitsgestaltung und Arbeitsorganisation. Ludwigshafen (Rhein): Kiehl. [p. 111, 161].

[30] Reneman, R. S., Slaaf, D. W., Lindbom, L., Tangelder, G. J. & Arfors, K.-E. (1980). Muscle blood flow disturbances produced by simultaneously elevated venous and total muscle tissue pressure. Microvascular Research, 20(3), 307–318. [p. 315].

[31] Hagberg, M. (1984). Occupational musculoskeletal stress and disorders of the neck and shoulder: A review of possible pathophysiology. International Archives of Occupational and Environmental Health, 53(3), 269–278. [p. 271].

[32] Visser, B. & van Dieën, J. H. (2006). Pathophysiology of upper extremity muscle disorders. Journal of Electromyography and Kinesiology, 16(1), 1–16.

[33] Schwegler, J. S. & Lucius, R. (2016). Der Mensch: Anatomie und Physiologie (6. Aufl.). Stuttgart, New York: Thieme. [p. 310].

[34] Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM). (2013). BGHM-Information 101: Mensch und Arbeitsplatz in der Holz- und Metallindustrie. [p. 23 f.].

[35] Rohmert, W. (1960). Ermittlung von Erholungspausen für statische Arbeit des Menschen. Inter-

nationale Zeitschrift für angewandte Physiologie einschließlich Arbeitsphysiologie, 18(2), 123–164. [p. 131].

[36] Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA). (2010). Präzisionsarbeit in der Uhrenindustrie. [p. 7].

[37] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). (2010). Grundauswertung der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2005/2006. [p. 25].

[38] Jankolew, N. (1976). Erweiterung der Regulationsbereiche des Stoffwechsels bei Anpassung an verstärkte Muskeltätigkeit. Medizin und Sport, 16, 66–70.

[39] Klein-Vogelbach, S. (2000). Funktionelle Bewegungslehre: Bewegung lehren und lernen (5. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer.

[40] Bertmaring, I., Babski-Reeves, K., & Nussbaum, M. A. (2008). Infrared imaging of the anterior deltoid during overhead static exertions. Ergonomics, 51(10), 1606–1619. [p. 1607].

[41] Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN). (2000). ISO 11226 - Ergonomics - Evaluation of static work postures. [p. 4, 7].

[42] McKenzie, R., Rose-Zeuner, J. & Höpner, I. (2006). Behandle deinen Rücken selbst. Raumati Beach New Zealand: Spinal Publications.

[43] Farmer, J. C. & Wisneski, R. J. (1994). Cervical spine nerve root compression. An analysis of neuroforaminal pressures with varying head and arm positions. Spine, 19(16), 1850–1855.

[44] Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA). (2017). Bildschirmarbeit. [p. 12 f., 15].

[45] Nagasawa, A., Sakakibara, T. & Takahashi, A. (1993). Roentgenographic findings of the cervical spine in tension-type headache. Headache, 33(2), 90–95.

[46] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). (2007). Merkblatt zur BK Nr. 2101. [p. 1].

[47] National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (ed.). (1997). Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors. [4-1].

[48] Institut für Arbeitswissenschaft TU Darmstadt (IAD) (Hrsg.). (2012). Ergonomic Assessment Worksheet V1.3.3.

[49] Landau, K. (2009). Medizinisches Lexikon der beruflichen Belastungen und Gefährdungen: Definitionen, Vorkommen, Arbeitsschutz (2. Aufl.) Stuttgart: Gentner. [p. 861, 947, 949].

[50] Greil, H. (2001). Körpermaße 2000: aktuelle Perzentilwerte der deutschen Bevölkerung im jungen Erwachsenenalter. Brandenburgische Umweltberichte, 10, 23–53. [p. 37].

[51] Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM). (2013). Arbeiten an Bildschirmgeräten: BGI 742. BG-Information. [p. 25].

[52] Pynt, J., Higgs, J. & Mackey, M. (2009). Seeking the optimal posture of the seated lumbar spine. Physiotherapy Theory and Practice, 17(1), 5–21. [p. 6].

[53] Claus, A. P., Hides, J. A., Moseley, G. L. & Hodges, P. W. (2009). Is ‚ideal' sitting posture real? Measurement of spinal curves in four sitting postures. Manual therapy, 14(4) 404–408. [p. 404].

[54] O'Sullivan, K. & Dankaerts, W. (2012). What do physiotherapists consider to be the best sitting spinal posture? Manual therapy, 17(5), 432–437. [p. 432, 435].

[55] Womersley, L. & May, S. (2006). Sitting posture of subjects with postural backache. Journal of manipulative and physiological therapeutics, 29(3), 213–218.

[56] Kapandji, I. A. (2009). Funktionelle Anatomie der Gelenke: Schematisierte und kommentierte Zeichnungen zur menschlichen Biomechanik ; einbändige Ausgabe - obere Extremität, untere Extremität, Rumpf und Wirbelsäule (5. Aufl.). Stuttgart, New York: Thieme. [p. 98].

[57] Wilke, H.–J., Neef, P., Caimi, M., Hoogland, T. & Claes, L. E. (1999). New In Vivo Measurements of Pressures in the Intervertebral Disc in Daily Life. Spine, 24(8), 755–762. [p. 758].

[58] Fischer, P. (2004). Zusammengesunken oder aufrecht sitzen?: - Was ist gesünder und wie lässt sich eine gesündere Haltung trainieren? Manuelle Therapie, 8(4), 147–152. [p. 147, 149].

[59] Twomey, L. T. & Taylor, J. R. (2000). Physical therapy of the low back (3. Aufl.). New York: Churchill Livingstone.

[60] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) (Hrsg.). (2006). Merkblatt zu der Berufskrankheit Nr. 2018 der Anlage der Berufskrankheiten-Verordnung (BKV). [p. 3].

[61] Fischer, P. (2012). Tests und Übungen für die Wirbelsäule. Stuttgart: Thieme. [p. 47].

[62] Schmidtke, J.-F. (2013). Ergonomie: Daten zur Systemgestaltung und Begriffsbestimmungen. München: Hanser. [p. 697].

[63] Pross, A., Stefani, O., Bossenmaier, S. & Bues, M. (2015) LightWork: Benutzerakzeptanz und Energieeffizienz von LED-Beleuchtung am Wissensarbeitsplatz. [p. 6].

[64] Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN). (2015). DIN SPEC 5031-100: 2015-08 Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik – Teil 100: Über das Auge vermittelte, melanopische Wirkung des Lichts auf den Menschen – Größen, Formelzeichen und Wirkungsspektren. [p. 13 f.].

[65] Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN). (2013). DIN SPEC 67600:2013-04: Biologisch wirksame Beleuchtung – Planungsempfehlungen. [p. 11].

[66] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV). (2016). DGUV Information 215-210, 14-17 & 27. [p. 10 ff., 19 f.].

[67] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). (2011). Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A3.4. [p. 7, 83].

NOTE LEGALI

Indirizzo per Contatti:

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

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

Autori: Urban Daub, Sarah Gawlick, Florian Blab

Febbraio 2018
DOI: 10.24406/IPA-N-481686

Autorizzato da CC-BY-NC 4.0
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.de

Illustrazioni: Michael Brück, Jérémy Lefint; © Fraunhofer IPA
Studio commissionato da Ergoswiss AG