

KOMPENDIUM

I

**Antropometri, Lyftrekommendationer,
Biomekanik och Arbetsobservation**

Reviderad september 2013

KTH/STH

FÖRORD

Detta kompendium har skrivits med syftet att utgöra bakgrundskunskap för användare av dataprogrammet ALBA, som är framtaget vid Avdelningen för Industriell Ergonomi, Linköpings universitet. Det har sedan reviderats av Jörgen Eklund vid KTH/STH. ALBA står för antropometri, lyftrekommendationer, biomekanik och arbetsanalys via observationer. Användningsområdet är utformning av produktion, arbetsplatser, arbeten och produkter. Målgrupper är de personer som kommer i kontakt med sådana frågeställningar, t ex produktutvecklare, konstruktörer, produktionstekniker, konsulter, sjukgymnaster, arbetsterapeuter, forskare samt företagshälsovårdspersonal. I kompendiet ges en orientering om viktiga metoder inom området samt en fördjupad kunskap om de metoder som ingår i programvaran ALBA. Referenser till fördjupningslitteratur ges för de som önskar tränga djupare in i området.

Jörgen Eklund

Margareta Liew

Per Odenrick

ANTROPOMETRI

Inledning

Varje dag i vårt liv använder vi föremål och hjälpmedel, som är eller bör vara utformade efter människans fysiska egenskaper och dimensioner. Exempel på sådana föremål är stolar och bord, men även verktyg och hela arbetsplatser. Det finns många bevis för hur viktigt det är att omgivningens fysiska dimensioner är anpassade till människan. Dålig anpassning påverkar vår hälsa, vårt välbefinnande och säkerheten negativt. Även arbetets effektivitet och kvalitet påverkas negativt av en dåligt utformad arbetsplats. En arbetsplatsutformning måste inledas av en grundlig analys av arbetsuppgiften och de verktyg som skall användas. Det är viktigt att den som skall utföra arbetet medverkar vid arbetsplatsens utformning, om detta är möjligt. Vid dimensionering av arbetsplatsen är det nödvändigt att ha tillgång till data om människans mått, s k antropometriska data.

Antropometri är en vetenskap som studerar människokroppen, speciellt storlek, vikt och form hos kroppen och dess delar samt rörelseomfång och förmåga till kraftutveckling. Tillämpad antropometri använder framtagna data för att utforma produkter och den fysiska omgivningen på platser där människor vistas. Albert Dürer (1471-1528) anses vara den förste som empiriskt och med vetenskapliga metoder försökte kartlägga människans mått och fysiska egenskaper. Människans mått och proportioner har emellertid intresserat människan långt tidigare. Redan år 15 f Kr pekade den romerske arkitekten Vitruvius på att människokroppens proportioner är estetiskt tilltalande och bör ligga till grund för utformningen av våra hus. Stor möda lades ner på att undersöka vilka lagar som styrde dessa proportioner, bl a diskuterades det sk gyllene snittet. En välkänd bild från dessa diskussioner är Leonardo da Vincis (1452-1519) teckning av en man med utsträckta armar och ben omgiven av en cirkel och en kvadrat. Denna bild har ofta använts som symbol för ergonomi.

Grundläggande för den tillämpade antropometrin är följande frågor:

- Hur skall vi välja den "bästa" lösningen för utformning av föremål och omgivning, för att passa olika användare?
- När är det nödvändigt att välja lösningar med justerbara dimensioner?

För att kunna besvara dessa frågor på ett tillfredsställande sätt måste vi ta fram följande information:

- De antropometriska egenskaperna hos användarna.
- De restriktioner som dessa egenskaper lägger på utformningen.
- De kriterier som skall gälla för att en effektiv anpassning är uppnådd mellan människan och dess omgivning.

De flesta av människokroppens dimensioner är statistiskt normalfördelade över en population, vilket gör att ett mått hos en population kan beskrivas med endast två siffervärden; medelvärde och standardavvikelse.

Kroppsvikt och muskelstyrka är exempel på mått som inte helt följer en normalfördelning, de har ofta en positiv skevhet. Om två populationer blandas fås ibland en fördelning som inte är helt normalfördelad, vilket endast har betydelse om de två populationernas medelvärde skiljer sig mycket åt.

Populationsskillnader beroende av kön, ålder och etnisk tillhörighet

Män och kvinnor är helt uppenbart olika vad gäller kropps mått. Ibland skiljer man mellan begreppen kön och genus, på engelska *sex* och *gender*. Kön betecknar de rent ärftliga faktorerna och genus står mer för de förvärvade egenskaperna som bildas utifrån vårt kulturella sammanhang. Antropometriska skillnader mellan könen hänförs mest till medfödda egenskaper, men i viss utsträckning också till livsstilsfaktorer.

Män överskrider statistiskt kvinnors mått vad gäller alla dimensionsmått utom höftbredd och avståndet mellan baksidan av länden och knäets framsida i sittande ställning. Män och kvinnor skiljer sig också vad gäller kroppskonstitution. Kvinnan består relativt sett av mer fett än mannen; 24,2% respektive 13,5%.

Kvinnan är i medeltal ca 30% muskulärt svagare än mannen. Skillnaden är störst för den övre delen av kroppen och speciellt gäller detta överarms- och skuldermuskulatur. Det är anmärkningsvärt att det är små skillnader mellan könen vad gäller förmågan att skjuta, bära och dra. Man måste dock komma ihåg att många faktorer påverkar utfallet av de test som ligger till grund för dessa resultat. Bland annat spelar motivation och koordination av muskelgrupper en stor roll.

Den viktigaste orsaken till skillnaden mellan mannen och kvinnan i

muskelstyrka är att mannen har muskler med en större tvärsnittsarea än kvinnor. Vi vet att styrkan är direkt proportionell till tvärsnittsarean, åtminstone när det gäller styrkemätningar med kort varaktighet. Det finns också skillnader i typ av hormon som utsöndras i kroppen och en man ökar sin muskelstyrka snabbare vid träning än vad en kvinna gör.

Den mest märkbara antropometriska effekten när vi åldras är att mellankotsskivorna i ryggraden trycks ihop. Detta innebär att kroppslängden minskar med åren, dvs vi krymper. Krympningen ökar märkbart i 40-årsåldern och är större hos kvinnan än mannen. Krympningen gör även att äldre människor får en mer hopkrupen kroppsställning. Kroppsvikten exklusive eventuella fettdepåer minskar också i höga åldrar. Detta beror främst på att muskelmassan minskar vilket leder till en minskad muskelkraft. Även den mekaniska hållfastheten försämras i ben, muskler, muskelfästen, senor och ligament. Ledrörligheten begränsas påtagligt med ökande ålder.

Den etniska variationen har tidigt intresserat antropometriforskare. Den främsta orsaken var att man genom antropometriska data kunde klassificera olika etniska grupper. En etnisk grupp kan definieras som en population med en specifik geografisk utbredning och gemensamma fysiska egenskaper. I stora drag kan människorna delas in i tre etniska grupper, som benämns negroid, caucasoid och mongoloid. Till den negroida gruppen räknas huvudsakligen afrikaner. Den caucasoida gruppen består främst av människor från Europa, Nordafrika, Mindre Asien, Mellersta Östern, Indien och Polynesien. Slutligen den mongoloida gruppen innehåller ett stort antal grupper i centrala, östra och sydöstra Asien, samt den infödda befolkningen i Nord- och Sydamerika.

Det mest kännetecknande skillnaderna mellan de olika etniska grupperna är kroppens proportioner, eftersom det inom varje grupp finns stora variationer vad gäller kroppslängd och kroppsvikt. Mörka afrikaner har proportionellt längre ben än europeer, medan folk från fjärran östern har kortare ben. Armarna visar ett liknande förhållande mellan grupperna som benen. Längdskillnaderna återfinns främst vad gäller underarmar och underben. Av den totala variationen i kroppsmått hos jordens befolkning kan ca 40-50% förklaras av olika etniskt ursprung.

Den viktigaste praktiska konsekvensen av etniska skillnader är att hänsyn måste tas till fysisk säkerhet och risken för belastningsskador om man har en blandning av olika grupper inom en arbetsenhet.

Tillämpad antropometri

Följande aspekter är grundläggande inom den tillämpade antropometrin:

Rörelseutrymme: Vid utformning av arbetsplatser är det nödvändigt att det finns tillräckligt med utrymme för t ex armar och ben. Detta är ett villkor med gräns åt endast ett håll och lämpligast väljer man här måtten hos den 95:e percentilen.

Räckvidd: Räckviddsmått bestämmer maximala avstånd och storlekar t ex för placering av reglage. Detta är ett ”engränsvillkor”, där man lämpligast väljer den 5:e percentilen av en population.

Kroppsställning: Detta är ett mer obestämbar villkor än rörelseutrymme och räckvidd. Villkoret kräver två gränser, 5:e och 95:e percentilen. Ett exempel är lämplig höjd på t ex arbetsbordet vid stående arbete.

Muskelstyrka: Detta villkor behövs för att bestämma erforderlig kraftanvändning vid hantering av reglage och andra typer av manuell hantering som t ex lyft. Detta är oftast ett ”engränsvillkor”, men kan ibland kräva två gränser på grund av tyngdkraftens verkan på kroppsdelarna.

Man brukar dela in antropometriska mått i två klasser:

Strukturella eller statiska data som beskriver dimensioner och avstånd mellan anatomiska kännemärken i standardiserade kroppsställningar. Exempel på sådana mått är kroppslängd i stående, längden av kroppssegment och avståndet från underlaget till undersidan av låret i sittande ställning. Även måttet kropps vikt brukar hänföras till denna klass.

Funktionella eller dynamiska data som beskriver rörelseutrymme och räckvidd i speciella situationer. Villkoren anger vilken frihet det finns att välja olika kroppsställningar vid utförande av en arbetsuppgift.

Strukturell antropometrisk data anges oftast i två standardiserade kroppsställningar: stående med fötterna ihop och armarna längs sidorna och sittande med över- och underarm samt lårben och underben i rät vinkel. I båda fallen är huvudet riktat rakt fram. För att kunna göra tillförlitliga jämförelser mellan olika grupper är de flesta mått angivna i naket tillstånd, dvs utan skor, kläder eller annan utrustning. I det praktiskt tillämpade fallet är det emellertid viktigt att ta hänsyn till vad personen ifråga bär på sig i form av kläder och utrustning. Speciella korrektionsfaktorer finns för detta.

De funktionella data som redovisas i litteraturen gäller oftast speciella arbetssituationer och är endast användbara i den redovisade situationen. Exempelvis är räckviddsdata från cockpitdata i ett flygplan inte användbart vid utformning av förarplatsen i en bil. Det är emellertid möjligt att med matematiska modeller extrapolera utifrån de data som finns om kroppens länkar, typ armar, ben och bål.

Referenser

Pheasant ST, Haslegrave, CM: Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work, CRC Press, 2006.

NASA Reference Publication 1024. Anthropometric Source Book Volume 1: Anthropometry for Designers, 1978.

Le Veau B: Biomechanics of human motion, Saunders, Philadelphia, 1977.

Clauser CE., McConville JT, Young JW: Weight, volume and center of mass of segments of the human body. AMRL-TR-69-70, Aerospace Medical Research Laboratories, OHIO, 1969.

Panero J, Zelnik M: Human dimension & Interior Space. A source book of design reference standards. The Architectural Press Ltd, London, 1979.

Dempster WT: Space requirements of the seated operator: geometrical, kinematic and mechanical aspects of the body with special reference to the limbs. Wright Patterson Air Force Base, 1955.

Åstrand PO, Rodahl K, Dahl, HA, Stromme, SB: Textbook of work physiology -4th:. Physiological bases of exercise, Human Kinetics Publishers, 2003.

BIOMEKANIK

Inledning

Inom biomekaniken studeras hur krafter verkar på människans kropp. Inom belastningsergonomin används biomekanisk analys ofta för att utvärdera belastningar vid manuell hantering. Exempel på sådan hantering är att lyfta, bära, skjuta, dra eller enbart en kroppsställning som innebär en belastning från kroppens egenvikt utan någon yttre last. Biomekanisk analys används bäst om en jämförelse görs mellan olika arbetssituationer. Det finns en viss osäkerhet hos resultaten som kommer ut från beräkningarna eftersom förenklingar och antaganden måste göras när ekvationerna för de matematiska modellerna skall ställas upp. Metoden är speciellt användbar för att visa på förbättringar när en arbetsplats omformas eller för att identifiera den mest belastande delen av ett arbete.

Redan på utformningsstadiet av en arbetsplats är det möjligt att beräkna vilka krafter som kommer att verka på kroppens leder. Det ligger då nära till hands att man vill jämföra med eventuella rekommenderade nivåer och gränsvärden. Det är emellertid väsentligt att använda flera parallella metoder för att också fånga upp personens upplevelse av belastningen och eventuella besvär. Biomekaniska beräkningar är effektiva för att påvisa förbättringar vid förändringar av en arbetsplats.

Hur detaljerad måste analysen vara? Beräkningar i sagittalplanet (då man betraktar människan från sidan) under statiska förhållanden och utan vridningar eller sidoböjningar är enklast att genomföra. Inga andra krafter eller accelerationer verkar än tyngdkraften och kroppspositionen behöver endast anges i ett plan. För att ange positioner i tre dimensioner behövs speciella metoder och beräkningarna blir omfattande. Vid dynamisk analys måste kroppsrörelsen registreras kontinuerligt och alla accelerationer måste mätas eller skattas. Detta är ofta endast möjligt i laboratorium. Är rörelsen långsam och utan ryck kan en dynamisk beräkning approximeras med några statiska beräkningar.

Vid analys av befintliga arbeten måste kroppsställning och alla krafter som verkar på händerna eller annat ställe på kroppen, typ ryggstöd på en stol, mätas. Krafterna kan registreras med olika typer av dynamometrar eller specialutformade kraftgivare. Kroppställningen kan enklast mätas från fotografi eller video. Är det frågan om dynamiska beräkningar krävs ett rörelseanalyssystem. Kroppställningar kan också observeras direkt och noteras på papper eller via tangentbord till en bärbar dator (Via en

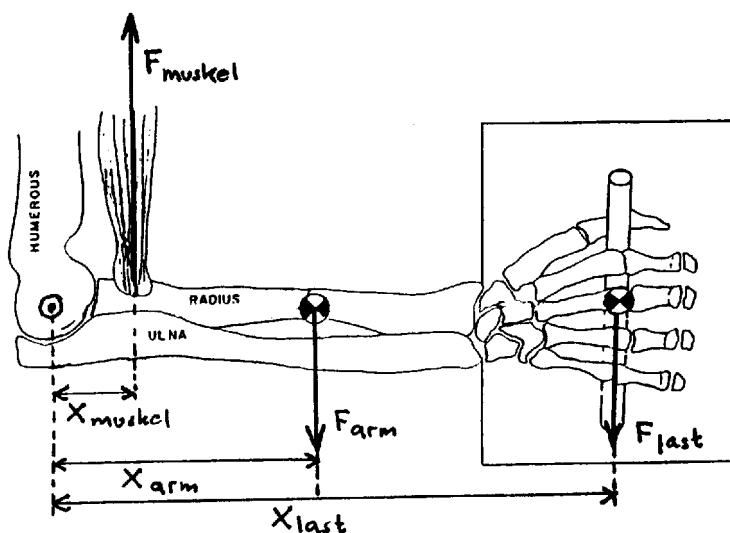
observationsmetod).

Vid jämförelser mellan beräknade värden och vad en människa kan klara av i kraftutveckling är det mycket viktigt att hänsyn tas till att muskelstyrkan varierar mycket mellan olika individer och grupper av individer. Män är ofta starkare än kvinnor, men för delar av en population är kvinnor starkare än män för vissa muskelgrupper. Kroppslängd och vikt varierar också mycket vilket gör det svårt att ange säkra gränser.

Principer för biomekaniska beräkningar

Resultaten från biomekaniska beräkningar kan främst användas till att jämföra ändringar i belastningen efter förändringar av arbetsplatsen. Det är också möjligt att jämföra resultaten mot uppmätta maximala muskelstyrkor hos en population.

Beräkningen av krafter och moment bygger på att statisk jämvikt råder, dvs att alla krafter skall balansera ut sig mot varandra. Vridmomentet omkring en punkt är ett mått på hur stor den vridande kraften och momentarmen är. Momentet beräknas som produkten mellan kraften och det vinkelräta avståndet mellan vridningspunkten och kraftens aktionslinje (Se figur)



Figur 1. Arm med en last i handen samt krafter och momentarmar.

Som ses i figuren måste armens och handens egenvikt bestämmas, eftersom de utgör ett vridande moment. Även var armens och handens tyngdpunkter

ligger måste bestämmas, och detta kan fås ur tabeller. Om man vill göra beräkningar i tre dimensioner måste vektorer införas och beräkningarna blir betydligt mer komplicerade. Förekommer en rörelse av kroppssegmenten utsätts delarna för hastighetsändringar, dvs accelerationer. Detta innebär att jämviktsekvationerna måste kompletteras med termer som beskriver tröghetskrafterna.

Om beräkningarna används för att förutsäga belastningar, måste kroppsställningarna skattas. Det är då viktigt att naturliga ställningar används. För detta ändamål kan det vara nödvändigt att dokumentera kroppsställningar i verkliga arbetsmiljöer.

Biomekaniska beräkningar ger endast ögonblicksvärden på belastningen, men ger ingen vägledning om hur tröttande ett arbete är.

Biomekaniska modeller ger en approximativ beskrivning av verkligheten. En förenkling är ofta nödvändig för att inte göra modellen alltför matematiskt komplicerad. Exempel på förenklingar är:

- Kroppssegmenten betraktas som stela kroppar, dvs. ingen deformation sker som ändrar kraftfördelningen i kroppen.
- Lederna är friktionslösa. Friktionskoefficienten i en normal led är 0,005.
- Kroppssegmentens massa, tyngdpunktens läge och musklernas momentarmslängder hämtas från statistiska antropometritabeller.
- Det yttre vridmomentet tas upp av en muskel eller muskelgrupp och den aktuella muskelgruppen har endast en kraftriktning.
- Ingen antagonistiskt verkande muskelkraft förekommer.
- Betydelsen av stödkrafter förenklas.

Sambanden mellan belastningar och besvär kan bl. a. utredas med biomekaniska och epidemiologiska undersökningar. Man har t ex påvisat en viss ökad risk för ryggbesvär i arbeten där den biomekaniskt beräknade kompressionskraften på ländryggen uppgår till 2500 - 4500 N och en väsentligt ökad risk när kompressionskraften överstiger 4500 N.

Biomekaniska modeller används således i den belastningsergonomiska forskningen och används även på arbetsplatser inom arbetslivet för att förebygga besvär från rörelseorganen. Även relativt enkla tvådimensionella statiska helkroppsmodeller leder ofta till omfattande ekvationssystem som kräver många räkneoperationer för att lösa. Datoranvändning har väsentligt förenklats användningen av biomekaniska modeller. Datoriserade modeller möjliggör simulering av belastningsprofiler i olika arbetsställningar. Indata till modellerna i form av geometriska avstånd eller vinklar fås från

mätningar på bilder skapade med kamera- eller videoteknik. Biomekanikens värde som metod ligger till stor del i att jämföra samma individ före och efter en förändring av t ex arbetsställningen.

Sammanfattning

Biomekanik är en användbar metod för att utvärdera manuellt arbete, speciellt hanteringsarbete. De underliggande mekaniska modellerna kan vara mer eller mindre komplicerade och kräver ofta att en dator används som hjälpmedel vid beräkningarna. Alla resultat bör utvärderas med kunskap om vilka förenklingar och osäkerheter som finns i modellen. Det är viktigt att använda andra metoder för bestämning av inre belastningar i kroppen parallellt med de biomekaniska beräkningarna. Exempel på sådana metoder är frågeformulär, skattningar av besvär, EMG och arbetsskadestatistik.

Förslag till vidare läsning

Chaffin DB, Andersson GB, Martin, BJ: Occupational Biomechanics, 4th Edition, John Wiley, New York, NY, 2006.

von Heijne Wiktorin C, Nordin, M: Tillämpad biomekanik, Studentlitteratur, Lund, 2011.

Le Veau B: Biomechanics of Human Motion, Saunders, Philadelphia, 1977.

Odenrick P, Örtengren R, Eklund J: Biomekanik, vetenskap med gamla anor, Medicinsk Teknik, nr 4, 1986.

LYFTREKOMMENDATIONER

Inledning

Lyftarbete och manuell materialhantering hör till de viktigaste orsakerna till ryggbesvär eller ryggskador, och utgör samtidigt en av de starkaste riskfaktorerna. Flera studier har kommit till resultatet att lyftarbete bedöms som huvudsaklig orsak till ca två tredjedelar av de arbetsskadeanmälningar som avser ryggen, och den sista tredjedelen berör andra kroppsdelar, främst nacke, axlar och armar. Emellertid har den relativa andelen arbetsskador från ryggen minskat, men är fortfarande hög. Vad gäller sjukskrivningsdagar så är ryggen en dominerande orsak. Ryggskador är allvarliga eftersom de är besvärliga för individen, orsakar aktivitetsinskränkningar och ofta leder till långvariga sjukskrivningar samt förtidspensioneringar. Arbetsskador i ryggen är dyrbara både för individen, arbetsgivaren och samhället i stort. Man kan dra slutsatsen att lyft och manuell materialhantering även i fortsättningen kommer att orsaka eller förvärra symptomen för ett betydande antal belastningsskador.

Man har påvisat ett stort antal riskfaktorer för ryggbesvär, som t ex tungt fysiskt arbete, statiska arbetsställningar, böjda och vridna arbetsställningar, arbeten där man bär, drar eller skjuter bördor, vibrationer, samt repetitivt arbete. Vad avser individuella riskfaktorer så löper bl a män, längre och äldre personer, rökare samt fysiskt inaktiva personer större risker att erhålla ryggbesvär. Forskningen har också visat att psykosociala faktorer som stress, dåligt handlingsutrymme, brist på socialt stöd och låg arbetstillfredsställelse också kan ha stor betydelse för uppkomsten av ryggbesvär. Det är således multifaktoriella samband som ligger bakom ryggbesvär.

I över 50 år har man arbetat med att ta fram modeller för lyftrekommendationer. De tidigaste rekommendationerna angav högsta rekommenderade lyftvikt eller summan av de vikter som lyftes under en arbetsdag. Ett exempel är ILO rekommendationen från 1962, som bygger på ett konsensusbeslut av medicinska experter.

Tabell 1. Av ILO föreslagna maximala lyftvikter för yrkesarbeten (i Newton).

Ålder (år)	Män	Kvinnor
14-16	143	96
16-18	181	115
18-20	222	134
20-35	240	143
35-50	202	125
över 50	153	96

Andra vanliga rekommendationer baserades på syreförbrukning eller energianvändning. Denna typ av rekommendationer var inte speciellt effektiva eller allmängiltiga och gav inte heller relevanta uppslag till hur lyftsituationerna skulle åtgärdas. Ytterligare en lyftrekommendation baserades på mätningar av buktrycket. Detta användes som en indikator på ryggbelastning. För arbeten med högre buktryck påvisades en ökad risk för ryggbesvär. Metoden låg till grund för en lyftrekommendation som i diagram- och tabellform visade rekommenderad lyftvikt, huvudsakligen utifrån kroppsställning (Davis och Stubbs 1980). Snook presenterade 1978 en psykofysisk lyftrekommendation, som baserades på ett större antal industriarbetares skattningar om vilka lyftvikter som var acceptabla under olika lyftförhållanden. Eftersom tidigare lyftrekommendationer inte tycktes ha givit effekt att minska ryggskadornas omfattning, tillsatte NIOSH (amerikanska arbetsmiljöinstitutet) en expertgrupp för att ta fram en effektivare lyftrekommendation, se nedan.

NIOSH lyftrekommendation

Den av NIOSH tillsatta expertgruppen arbetade i fyra år, och gick igenom ca 400 vetenskapliga studier kring lyftarbete. Resultatet, dvs lyftrekommendationen, presenterades år 1981. Rekommendationen var baserad på psykofysiska, energetiska, biomekaniska och epidemiologiska kriterier. Modellen är både tänkt att användas vid planering av nya arbeten, och för att undersöka riskerna i befintliga arbeten. Den ger också ett underlag till vilka förbättringar som är effektivast.

Den amerikanska jämlikhetslagstiftningen medger inte att separata riktlinjer införs för kvinnor och män, eftersom kvinnor då inte skulle kunna erhålla vissa arbeten, och därmed bli diskriminerade på arbetsmarknaden. Den framtagna rekommendationen gäller således för både män och

kvinnor, vilket fått konsekvensen att lyftrekommendationen kan sägas vara anpassad för 99% av männen men bara 75% av kvinnorna. Lyftarbetena blir med andra ord mer ansträngande för kvinnor än för män.

Det visade sig under genomgången av de publicerade studierna att underlag saknades för flera olika lyftsituationer, däribland asymmetriska lyft. Därför är 1981 års lyftrekommendationsmodell och dess tillämplighet begränsad i följande avseenden:

- Symmetriska tvåhandslyft i sagittalplanet
- Lyften skall vara ryckfria
- Bördorna skall vara högst 75 cm breda
- Tillräckligt utrymme så att lyftställningarna inte påverkas
- Gott handgrepp och bra friktion mellan skor och golv
- Goda temperatur- och luftfuktighetsförhållanden

Lyftrekommendationen utformades som en relativt enkel funktion, som gav en så kallad åtgärdsnivå (action limit = AL) och en maximalt rekommenderad nivå (maximum permissible limit = MPL).

Utgångspunkten har varit en maximal lyftvikt på 40 kg, som reduceras av fyra multiplikationsfaktorer. Dessa faktorer kan variera mellan 0 - 1 beroende på lyftsituationen.

$$AL = 40 \times (15/H) \times (1-(0,004 |V-75|)) \times (0,7+7,5/D) \times (1-F/F_{\max})$$

$$MPL = 3 \times AL$$

där AL och MPL ges i enheten kg

H är det horisontella avståndet mellan bördans masscentrum vid början av lyftet och mittpunkten mellan anklarna. H anges i cm och måste vara mellan 15 och 80 cm.

V är den vertikala höjden mellan bördans masscentrum och golvet, mätt i cm. V får högst vara 175 cm.

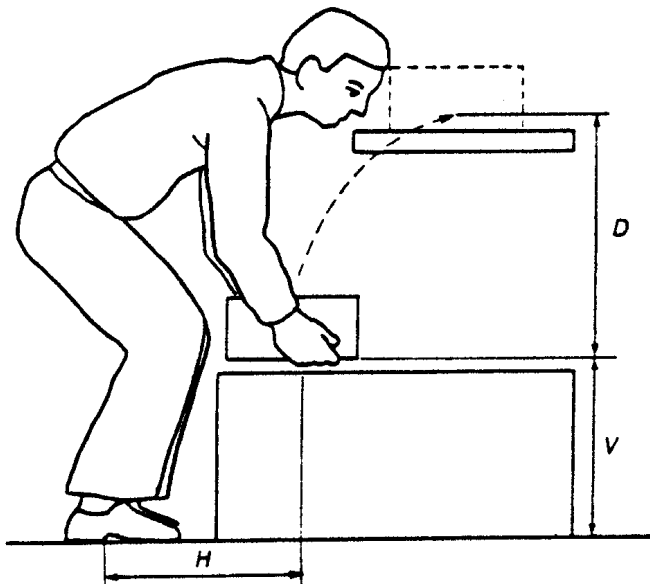
D är den vertikala lyftsträckan, mätt i cm. D måste vara mindre än (200-V) cm. Om lyftsträckan är mindre än 25 cm, så sätts $D = 25$ cm.

F är det genomsnittliga antalet lyft per minut. F får inte vara högre än F_{\max} i tabell 2. Om lyftfrekvensen är lägre än 0,2 lyft per minut, så sätts $F = 0,2$.

Tabell 2 Maximal lyftfrekvens (F_{\max}) i olika lyftsituationer

Lyftperiodens varaktighet	$V > 75$ cm (stående)	$V < 75$ cm (framåtböjd)
1 timme	18	15
8 timmar	15	12

Lyftperiod på 1 timme innebär antingen få enstaka lyft under arbetsdagen eller frekventa lyft under ett arbetspass på maximalt 1 timme under arbetsdagen. 8 timmar innebär kontinuerligt lyftarbete under hela arbetsdagen eller delar av denna.



Figur 2. Schematisk figur över definitionen av lyftvariablerna

Denna lyftrekommendation har reviderats 1993. Vissa av konstanterna i ekvationen har modifierats, men framför allt har två nya faktorer för asymmetri och bördans greppvänlighet lagts till. Vidare anges enbart maximal lyftvikt.

$$L = 23 \times H_m \times V_m \times D_m \times A_m \times F_m \times C_m$$

Utgångspunkten har varit en maximal lyftvikt på 23 kg, som reduceras av sex multiplikationsfaktorer. Dessa faktorer kan på samma sätt som tidigare variera mellan 0 - 1 beroende på lyftsituationen.

$$H_m = 25 / H$$

H är det horisontella avståndet mellan bördans masscentrum vid början av lyftet och mittpunkten mellan anklarna. H anges i cm och måste vara mellan 25 och 75 cm.

$$V_m = 1 - 0,003 |V-75|$$

V är den vertikala höjden mellan bördans masscentrum och golvet, mätt i cm. V får högst vara 175 cm.

$$D_m = 0,82 + 4,5 / D$$

D är den vertikala lyftsträckan, mätt i cm. D måste vara mindre än (200-V) cm. Om lyftsträckan är mindre än 25 cm, så sätt $D = 25$ cm.

$$A_m = 1 - 0,0032 A$$

Denna faktor beskriver assymmetrin hos lyftet. Med andra ord beskrivs om lyftet utförs i en roterad ställning, där bördan ligger utanför det så kallade sagittalplanet. Detta plan skär lodrätt genom mitten av kroppen sedd fram- eller bakifrån. Man drar en linje mellan de båda händerna och projicerar linjen på golvet. En annan linje dras mellan fötterna. A är vinkeln mellan dessa linjer, mätt i grader.

F_m erhålls ur tabell 3

Tabell 3. Multiplikationsfaktor (F_m) för lyftfrekvens

Frekvens Lyft per minut	Arbetsperiodens längd					
	< 8 timmar		< 2 timmar		< 1 timme	
	V<75	V>=75	V<75	V>=75	V<75	V>=75
0,2	,85	,85	,95	,95	1,00	1,00
0,5	,81	,81	,92	,92	,97	,97
1	,75	,75	,88	,88	,94	,94
2	,65	,65	,84	,84	,91	,91
3	,55	,55	,79	,79	,88	,88
4	,45	,45	,72	,72	,84	,84
5	,35	,35	,60	,60	,80	,80
6	,27	,27	,50	,50	,75	,75
7	,22	,22	,42	,42	,70	,70
8	,18	,18	,35	,35	,60	,60
9	,00	,15	,30	,30	,52	,52
10	,00	,13	,26	,26	,45	,45
11	,00	,00	,00	,23	,41	,41
12	,00	,00	,00	,21	,37	,37
13	,00	,00	,00	,00	,00	,34
14	,00	,00	,00	,00	,00	,31
15	,00	,00	,00	,00	,00	,28
>15	,00	,00	,00	,00	,00	,00

C_m för greppvänlighet fås ur tabell 4.

Bra greppvänlighet innebär att bördan är <40 cm i det horisontella planet, är <30 cm hög, samt har 1) bra handtag eller 2) bra utskärningar för händerna, eller att 3) handgreppet blir bra:

- 1) Bra handtag innebär handtagslängd minst 11,5 cm, handtagsdiameter mellan 1,9 och 3,8 cm, minst 5 cm handutrymme innanför handtaget, samt att handtaget är cylindriskt, har en jämn yta och ej är halt.
- 2) Bra utskärningar är minst 11,5 cm långa, minst 3,8 cm höga, med minst 5 cm handutrymme innanför, tjocklek minst 1,1 cm, halvoval form, samt att handtaget har en jämn yta och ej är halt.
- 3) Bra handgrepp för lösa detaljer eller oregelbundna objekt erhålls där handen lätt kan greppa runt objektet utan att handleden kommer nära ytterläge.

Hyfsad greppvänlighet innebär att bördan är <40 cm i det horisontella planet, är <30 cm hög, men inte uppfyller kraven på bra handtag eller kraven på utskärningar för händerna enligt ovan. Om handtag eller utskärningar för händerna inte finns, men handen kan greppa objektet med 90° vinkel bedöms detta också som hyfsad greppvänlighet.

Dålig greppvänlighet erhålls för större bördor än de ovan beskrivna, där handtag eller utskärningar saknas, där lösa detaljer eller oregelbundna objekt är svåra att hantera och greppa, för alla bördor med vassa kanter, hala ytor, asymmetriskt tyngdpunkt, instabilt och rörligt innehåll, eller om handskar måste användas.

Tabell 4. Multiplikationsfaktor (C_m) för bördans greppvänlighet

Greppvänlighet	V<75cm	V>=75 cm
Bra	1,00	1,00
Hyfsad	0,95	1,00
Dålig	0,90	0,90

Genom att NIOSH lyftrekommendationsmodell tar hänsyn till flera olika kriterier och samtidigt försöker integrera den existerande kunskapen, betraktas den fortfarande idag som kanske den mest användbara lyftmodellen utifrån den befintliga kunskapsnivån. Vidare kan man genom användning av modellen erhålla indikation om vilken eller vilka faktorer som är de mest kritiska i respektive lyftsituation.

Snooks psykofysiska lyftrekommendation

När Snook presenterade lyftrekommendationer utifrån psykofysiska kriterier (Snook 1978), bedömdes dessa som ett mycket viktigt bidrag till arbetet med att förebygga ryggbesvär i yrkesarbete. Som grund för dessa rekommendationer ligger antagandet att upplevelsen hos människan är direkt relaterad till belastningen eller ansträngningsgraden, och dessutom att människan har en förmåga att känna vilka situationer som överbelastar och därmed kan ge skador. Detta baserar sig på psykofysisk forskning där man i flera sammanhang visat att upplevelsen är relaterad till styrkan hos det stimuli som påverkar människan. I försök med olika lyftsituationer har man sett att individer har en förmåga att anpassa lyften till en reproducerbar intensitet.

Den publicerade lyftrekommendationen bygger på flera delstudier där olika aspekter som lyfthöjd, lyftsträcka, lyftfrekvens, könsskillnader, klimatförhållanden samt skillnader mellan industriarbetare och icke industriarbetare. Delstudier har också gjorts på bärarbete, sänkning av bördor, skjutarbete och dragarbete. Studierna visade att utöver könsskillnader och skillnader mellan industriarbetare och icke industriarbetare så fanns stora individuella skillnader som lyftrekommendationen måste hantera. Andra undersökningar har visat att en fördubblad andel ryggsador uppkommer för lyft som bedöms som oacceptabla för minst 25% av populationen. Snooks resultat från USA indikerar att om industriarbetena utformas efter lyftrekommendationerna vad gäller den manuella materialhanteringen kan en tredjedel av ryggsadorna förebyggas. Strategin att förändra arbetena befanns således vara effektiv, men individselektion vid anställningen eller utbildning i lyftteknik kunde inte påvisas ge någon statistiskt säkerställd reduktion av ryggsadorna.

De av Snook presenterade lyftrekommendationstabellerna utgör en integration av tidigare utförda studier och ger en maximalt acceptabel lyftvikt i kg, för 10:e, 25:e, 50:e, 75:e och 90:e percentilen av en industriarbetande amerikansk population. Ingångsdata är bördans avstånd till kroppen (36, 49, 75 cm), vertikala lyftavståndet (25, 51, 76 cm), lyfthöjden (golv-knoge, knoge-skuldra, över skulderhöjd) samt lyftfrekvens (ett lyft per: 5 sek, 9 sek, 14 sek, 1 min, 2 min, 5 min, 30 min, 8 tim). Tabeller finns både för män och för kvinnor. Vidare finns också tabeller för sänkning av bördor, bärarbete, skjutarbete och dragarbete.

En reviderad rekommendation har publicerats (Snook and Ciriello 1991), vilken är den som används i ALBA programmet. Revideringen innebär vissa korrigeringar av de gamla rekommendationerna genom att fler försökspersoner använts. Om bördorna saknar handtag bör lyftvikterna reduceras med ca 15%. I de publicerade tabellerna har markeringar gjorts för de situationer där syreförbrukningen överskrider det av NIOSH 1981 rekommenderade kriteriet för 8 timmar, dvs 1000 ml/min för män och 700 ml/min för kvinnor.

Checklista för lyft

Ett antal studier har påvisat samband mellan flera psykiska, sociala och miljömässiga faktorer och ökad risk för ryggsbesvär. Dessa faktorer har i dagsläget inte kunnat inbegripas i de lyftrekommendationer som beskrivs ovan, och det finns inte något enkelt sätt att göra detta. De viktigaste

faktorerna har sammanfattats i en checklista. Tanken är att man härigenom lättare skall kunna få en överblick över dessa faktorer och på så sätt lättare kunna ta hänsyn till dem. Följande punkter tas upp i checklistan:

Värme innebär att arbeten med högre syreförbrukning eller under längre tidsperioder ger snabbare uttrötning och därmed en lägre arbetskapacitet.

Svettning kan ge lägre friktion för handgrepp.

Hög luftfuktighet försvårar avdunstning och därmed den avkylningseffekt som svettande annars skulle ge. Detta innebär liknande effekter som för värme.

Kyla kan ge ökad skaderisk vid främst enstaka och tyngre lyft. Rörligheten kan också försämrats. Luftrörelser ger en förstärkt kyleffekt. Skyddskläder och handskar reducerar grepp- och hanteringsmöjligheterna.

Enhandslyft ger en asymmetrisk belastning och därmed ökade risker.

Greppsvårigheter ger ökad muskelanspänning och ökad risk för att tappa bördan. Detta kompenseras i de reviderade lyftrekommendationerna med upp till 15% reduktion av de rekommenderade lyftvikterna.

Halt eller ojämnt underlag ökar risken för att plötsligt och oförutsett halka, snubbla eller trampa snett under lyftet, vilket är en vanlig orsak till ryggolycksfall. Vidare försvårar det ett mjukt och optimalt rörelsemönster.

Vridna lyft ökar belastningen på ryggen markant och därmed riskerna för ryggbesvär.

Hög precision vid inpassning i samband med lyft är en kombination som ger ökad belastning och därmed ökad risk för besvär.

Ömtåligt gods måste hanteras och sättas ner varsamt, vilket speciellt ökar belastningen i den senare situationen. Slutpositionen blir ungefär lika ansträngande som om den varit begynnelseposition, och dessutom tar lyftet längre tid.

Bärande av bördan ökar tidsperioderna för belastning och kan då snabbare leda till uttrötning. Om man bär längre sträckor än ca 10 meter så blir bärarbetet dominerande belastningskälla jämfört med lyftet och nedsättning.

Smutsig, vass eller obehaglig börda är svår att hålla nära kroppen, och medför då att belastningarna ökar i sådana lyft. Förutom de direkta skaderiskerna medför detta ofta försämrade greppmöjligheter, behov av skyddskläder, samt tenderar att ge sämre arbetsställningar.

Hög tidspress och ackord orsakar inte bara snabbare rörelser som ger ökad belastning utan kan också medföra att lyften görs i dåliga arbetsställningar eller att lyfthjälpmiddel inte används.

Lyft i trånga utrymmen tvingar personen in i besvärliga och mer belastande kroppsställningar under lyftet. Exempelvis medför dåligt huvudutrymme en framåtböjd arbetsställning, och hindrande föremål kan tvinga fram vridna eller böjda arbetsställningar.

Styrd arbetstakt kan tvinga fram onaturligt snabba och ryckiga rörelser eller kan förlänga den tid som man måste hålla bördan. Inga möjligheter att ta paus vid önskemål kan medföra ökad trötthetsutveckling och ökad risk för besvär.

Skiftarbete kan öka svårigheterna att utföra tungt arbete.

Oförutsägbara lyftvikter och tyngdpunkter kan medföra plötsliga och oväntade krafter och därmed ökade belastningar och ökad skaderisk.

Rörelser och vibrationer hos underlaget ökar behovet av stabiliserande muskelspänningar, men kan också ge upphov till plötsliga oväntade rörelser för att hålla balansen. Vibrationer är också en välkänd riskfaktor för ryggbesvär.

Krav på lyftteknik och vana samt utbildning i lyftteknik kan minska riskerna för besvär.

Skyddsutrustning kan både genom sin tyngd, klumpighet och försämring av precisionen öka riskerna för ryggsador.

Socialt stöd kan minska riskerna för besvär.

Handlingsutrymme kan medföra möjligheter att undvika eller förbättra besvärliga situationer. Dessutom finns studier som visar minskad risk för besvär då det finns handlingsutrymme.

Psyiskt pressande arbete kan vara en faktor som ökar risken för besvär.

Referenser

Chaffin DB, Andersson GB, Martin, BJ: Occupational Biomechanics, 4th Edition, John Wiley, New York, NY, 2006.

Davis PR, Stubbs DA: Force limits in manual work. IPC Science and Technology Press, Guilford, 1980.

NIOSH Work practices guide for manual lifting. National Institute for Occupational Safety and Health, TR 81-122, Cincinnati, OH, 1981.

Snook SH: The design of manual handling tasks. *Ergonomics*, 21, 963-985, 1978.

Snook SH, Ciriello VM: The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces. *Ergonomics*, 34, 1197-1213, 1991.

Waters TR, Putz-Anderson V, Garg A, Fine LJ: Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*, 36, 749-776, 1993.