

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

1

آنترپومتری

ایستگاههای کار باید از نظر فیزیکی با کارگران تناسب داشته باشند.

برای برقراری تناسب فیزیکی باید در طراحی اجزاء فیزیکی محیط کار از اندازه های بدنی افراد مشغول به کار در آن محیط استفاده شود.

برای این منظور از آنترپومتری استفاده می شود.

در صورتیکه طراحی بر اساس اندازه های بدنی کارگران انجام شود افراد زیادی با ابعاد بدنی مختلف با راحتی و آسایش از ایستگاههای کارشان استفاده خواهند کرد.

2

Anthropometry

- Anthropos : انسان
- metron : اندازه گیری
- measurement of humans
- آنتروپومتری شاخه ای از "فیزیکیال آنتروپولوژی" می باشد.
- در آنتروپومتری اندازه های مختلف بدن و دیگر ویژگی ها (مانند قدرت بدنی، جرم اندامها، زوایای حرکت اندامها و ...) اندازه گیری می شوند.
- تبدیل داده های بدست آمده به داده های آماری

3

آیا می توان از داده های یک جامعه برای جامعه دیگر استفاده کرد؟

- Equipment design for 90% of US males would fit:
 - 90% of Germans
 - 80% of Frenchmen
 - 65% of Italians
 - 45% of Japanese
 - 25% of Thais
 - 10% of Vietnamese

As a rule of thumb, if we take the smallest female and the tallest male in a population,

- ❖ the male will be 30–40% taller, 100% heavier and 500% stronger

4

انواع آنترپومتری

آنترپومتری استاتیکی (ساختاری)
آنترپومتری دینامیکی (عملکردی)

5

آنترپومتری استاتیکی

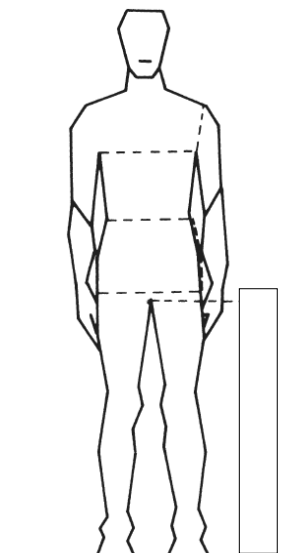
اطلاعات آنترپومتریکی استاتیکی به ابعاد و اندازه های بدن در وضعیت ساختاری ثابت مربوط می شوند که معمولاً بوسیله نقاط مشخص آناتومیکی در یک وضعیت مشخص اندازه گیری می شوند.

موارد استفاده داده ای آنترپومتریکی استاتیکی:

- طراحی ایستگاههای کار
- تجهیزات حفاظت فردی
- لباس ها
- محل های عبور و مرور
- تعیین محل قرارگیری کنترل ها
- تجهیزات و ابزارهای کار و ...

6

وضعیت های بدن در آنتروپومتری استاتیکی



وضعیت ایستاده استاندارد

فرد به طور مستقیم و کشیده ایستاده است. خود را تا حداکثر ارتفاع بدن بالا می کشد و مستقیم به جلو نگاه می کند. در این حالت شانه ها آزاد و دستها در کنار بدن آویزانند.

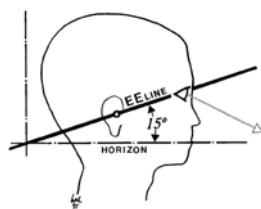
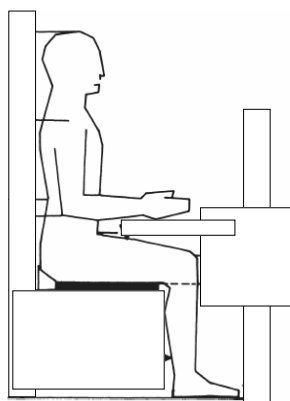


FIGURE 9.3 The EE line serves as a reference to describe the head posture and the angle of the line-of-sight. The EE line is easier to use than the older "Frankfurt Plane," which is about 15° more declined. (From Kroemer, K.H.E., *Ergonomics in Design*, pp. 7-8, 1993; p. 40, 1994. With permission.)

7

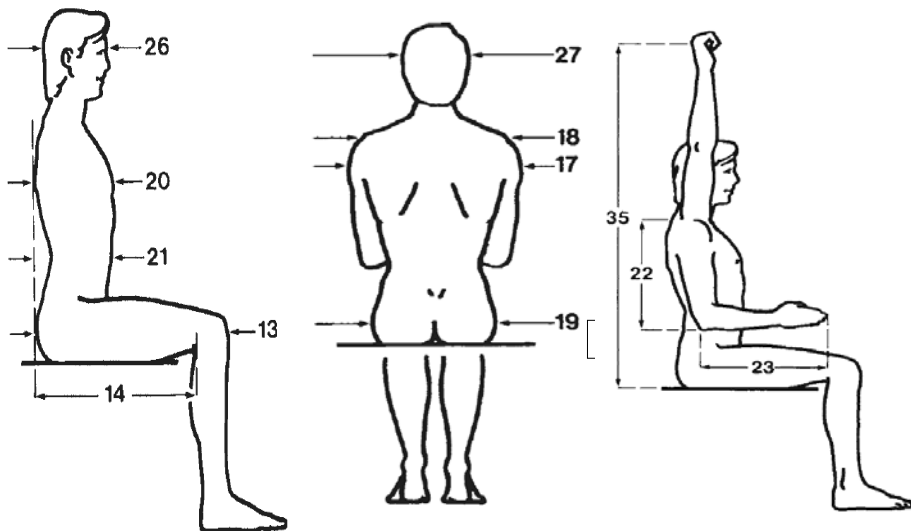
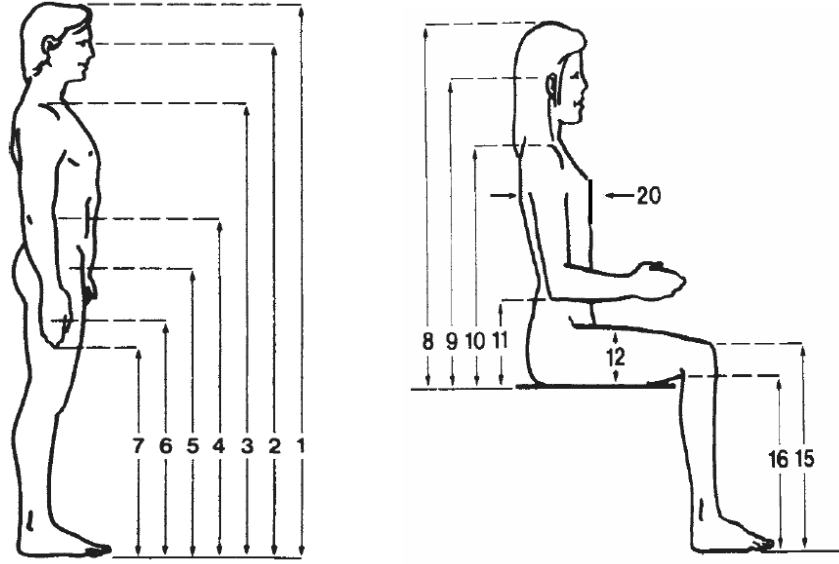
وضعیت نشسته استاندارد

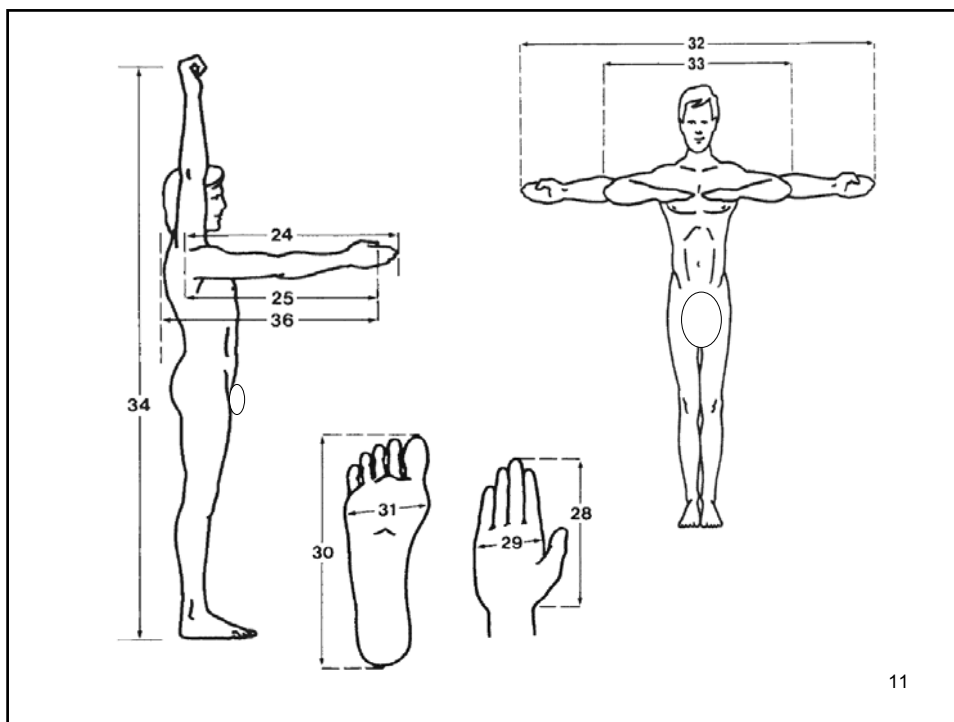


فرد که به طور مستقیم و کشیده بر روی یک سطح افقی نشسته، بدن خود را تا حداکثر ارتفاع بالا می کشد و مستقیم به جلو نگاه می کند. شانه در وضعیت آزاد است، بازوها به طور عمودی آویزان و ساعد در حالت افقی قرار می گیرد. ارتفاع سطح نشستگاه طوری تنظیم می شود که رانها در حالت افقی و ساقها به حالت عمودی قرار گیرند

8

ابعاد آنټروپومټري اسټاټيکي





11

انواع ابعاد

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| ارتفاع شانہ | 1- ارتفاع (Height) |
| پهنای شانہ | 2- پهنا (Breadth) |
| عمق سینه | 3- عمق (Depth) |
| طول اندام فوقانی | 4- طول یا درازا (Length) |
| حد دسترسی دست در حالت نشسته | 5- حدود دسترسی (reaches) |
| محیط انگشتها | 6- محیط ها (Circumferences) |
| انحنای چانه | 7- انحناها (Curvatures) |
| برآمدگی بینی | 8- برجستگی ها (Prominences) |
| فاصله نوک انگشتان دست راست و چپ | 9- فواصل (Distances) |

12

تصحیح ابعاد

- در اندازه هایی که کلاه تاثیر گذار است مانند طول قد باید:
برای کلاه معمولی 25 میلیمتر
برای کلاه ایمنی 35 میلی متر اضافه شود
- در اندازه هایی که کفش تاثیر گذار است مانند ارتفاع شانه باید:
برای مردان 25 میلی متر
برای کفش زنان 45 میلی متر اضافه شود
- در اندازه هایی که لباس تاثیر گذار است مانند پهناي شانه باید:
برای لباس منزل 10 میلی متر
برای لباس سنگین 40 میلی متر اضافه شود

13

آنتروپومتری دینامیکی

اطلاعات آنتروپومتری عملکردی شامل اندازه هایی است که تحت شرایط عمل اندازه گیری می شوند.
منظور از شرایط عمل حالتی است که به فرد آزادی داده می شود تا برای انجام کار وضعیت طبیعی به خود بگیرد.

- حد دسترسی حداکثر در حالت نشسته
- ارتفاع بدن در حالت زانو زده
- ارتفاع بدن در حالت خمش تنه
- موارد استفاده از داده های آنتروپومتری عملکردی:
 - طراحی کابین خلبان و کابین جرتفیل
 - طراحی فضای داخل اتومبیل
 - تعیین محل قرارگیری پانل های کنترل در صنایع
 - تعیین فضاهای دسترسی بر روی میز های کار

14

میدان عمل مفاصل

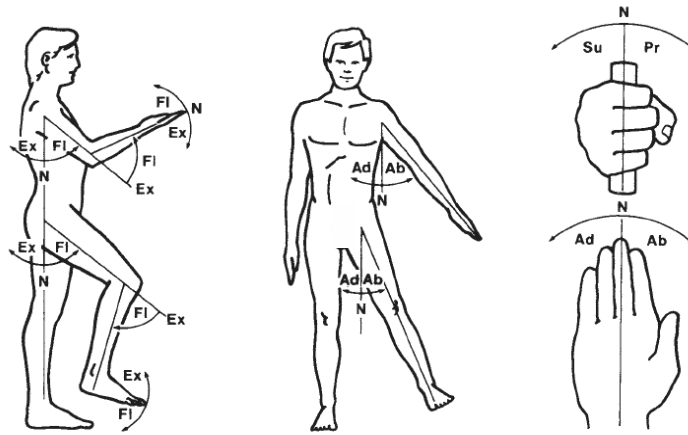
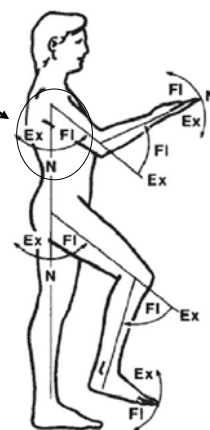


Figure 3.9 Terms used in the description of movements and joint ranges as given in Table 3.9. Fl=flexion; Ex=extension; Ab=abduction; Ad=adduction; Su=supination; Pr=pronation; N=neutral position.

15

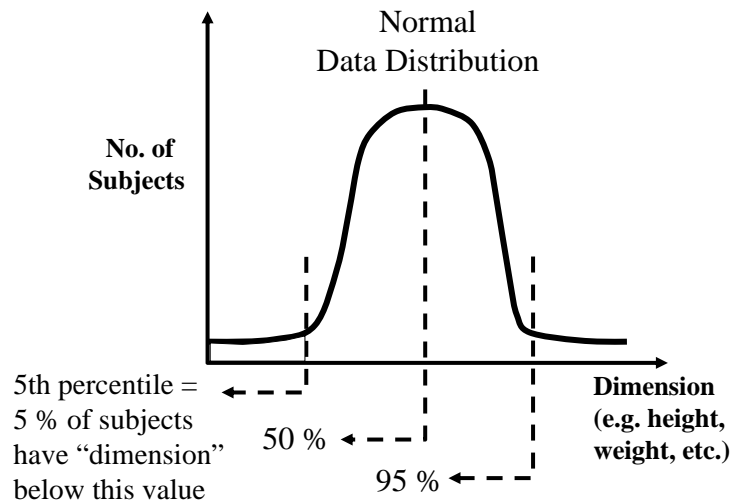
Table 3.9 Joint ranges (degrees).

Joint	5th %ile	50th %ile	95th %ile	SD
1. Shoulder flexion	168	188	208	12
2. Shoulder extension	38	61	84	14
3. Shoulder abduction ^a	106	134	162	17
4. Shoulder adduction	33	48	63	9
5. Shoulder medial rotation	61	97	133	22
6. Shoulder lateral rotation	13	34	55	13
7. Elbow flexion	126	142	159	10
8. Pronation ^b	37	77	117	24
9. Supination ^c	77	113	149	22
10. Wrist flexion	70	90	110	12
11. Wrist extension	78	99	120	13
12. Wrist abduction (radial deviation)	12	27	42	9
13. Wrist adduction (ulnar deviation)	35	47	59	7
14. Hip flexion ^d	92	113	134	13
15. Hip abduction	33	53	73	12
16. Hip adduction	11	31	51	12
17. Knee flexion	109	125	142	10
18. Ankle flexion (plantar flexion)	18	38	58	12
19. Ankle extension (dorsiflexion)	23	35	47	7



16

توزیع ابعاد آنتروپومتریک



17

صدکها Percentiles

ابعاد آنتروپومتریک به صورت صدک ها بیان می شوند.
صدکهای رایج : پنجم، پنجاهم و نود و پنجم
فرمول محاسبه صدکها

$$p = X + k S$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

18

Percentile Values with their k factors

Below Mean		Above Mean	
Percentile	Factor k	Percentile	Factor k
1	- 2.33	55	0.13
5	- 1.64	60	0.25
10	- 1.28	80	0.84
15	- 1.04	85	1.04
20	- 0.84	90	1.28
40	- 0.25	95	1.64
50	0	99.999	4.26

19

مثال

□ در صورتیکه میانگین قد مردان انگلیسی (در محدوده سنی 19 تا 65 سال) 1740 و انحراف معیار آن 70 میلیمتر باشد، مقدار این بعد را برای صدک پنجم و نودوپنجم محاسبه نمایید.

$$5^{\text{th}} \text{ \%ile} = X + K S = 1740 + (-1.64 \times 70) = 1625$$

$$95^{\text{th}} \text{ \%ile} = X + K S = 1740 + (1.64 \times 70) = 1855$$

Table 2.3 Anthropometric estimates for British adults aged 19–65 years (all dimensions in mm, except for body weight, given in kg).

Dimension	Men				Women			
	5th %ile	50th %ile	95th %ile	SD	5th %ile	50th %ile	95th %ile	SD
1. Stature	1625	1740	1855	70	1505	1610	1710	62

20

RASH – Rapid Anthropometrics Scaled For Height

Pheasant (1986) recommended the use of the RASH technique to estimate the body dimensions of populations whose anthropometry is unknown. The technique requires data on the stature of the target population. These data are normally available from medical records.

RASH estimates are made by calculating scaling factors for the anthropometric variables of interest using data from a known population and then applying these scaling factors to the height data in the target population. Suppose we want to estimate the sitting height of Chilean bus drivers, but have no data on the anthropometry of the Chilean population – where do we begin?

1. Obtain data on the stature of the drivers from medical records and calculate the mean and standard deviation stature (all data are in cm.):
 $\bar{x} = 166$ s.d. = 5.5
2. Obtain data on the mean and standard deviation stature and sitting heights of a similar group of people assuming that body proportions will be similar. We will use data for Brazilian males:
Stature $\bar{x} = 170$ s.d. = 6.6 Sitting height $\bar{x} = 88$ s.d. = 3.5
3. Calculate scaling ratios for the mean and standard deviation stature:
SR(mean sitting height) = $88/170 = 0.518$
SR(s.d. sitting height) = $3.5/6.6 = 0.53$
4. Multiply the mean and s.d. stature of the Chilean bus drivers by the scaling ratios:
Estimated mean sitting height = $166 \times 0.518 = 86$
Estimated s.d. sitting height = $5.5 \times 0.53 = 2.92$
5. Calculate 5th percentile sitting height by subtracting 1.64 standard deviations from the estimated mean sitting height:
Estimated 5th percentile sitting height of Chilean bus drivers
= $86 - (1.64 \times 2.92) = 81.2$
6. Calculate 95th percentile sitting height by adding 1.64 standard deviations to the estimated mean sitting height:
Estimated 95th percentile sitting height of Chilean bus drivers
= $86 + (1.64 \times 2.92) = 90.8$

Use of the technique is best limited to body dimensions that depend on the length of bones – sitting eye height, popliteal height – and is not recommended to estimate circumferential dimensions such as girth or measures, such as hip breadth, that also depend on the distribution of adipose tissue in the body.

21

روشهای اندازه گیری ابعاد آنترپومتریکی

1- روش اندازه گیری فواصل خطی

اندازه گیری طول قد و پهنای شانه از ابزارهای ساده مانند متر ساده، آنترپومتر، کولیس استفاده می شود.

2- روشهای عکاسی

برای بدست آوردن داده های آنترپومتریکی دینامیکی مناسب هستند.

الف) روش شبکه های زمینه ای (background grid)

فرد در پشت یک صفحه مشبکی که اندازه مش آنها معین می باشد قرار می گیرد. پس از تهیه تصویر در وضعیتهای مختلف، ابعاد از روی تصویر مشخص می گردند.

ب) روش عکاسی چند جهته

این سیستم ترکیبی از آئینه های ثابت، نور و دوربین می باشد. آینه ها به گونه ای تنظیم شده اند که چهار نمای کامل بدن (جلو، عقب، بغل، بالای سر) از شخص ایستاده به دوربین منعکس شده و پس از تهیه تصویر مشخصات مورد نیاز در یک لحظه بدست می آید.

3- روش اندازه گیری سه بعدی

22

ابزارهاي اندازه گيري اطلاعات آنترپومتریکی



شکل ۵۸-۷- وسیله اندازه گیری ابعاد بدن (آنترپومتر)



Anthropometer



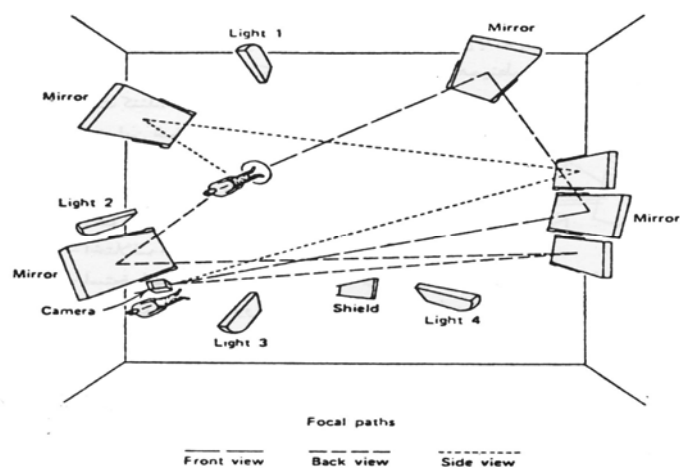
Chest Caliper



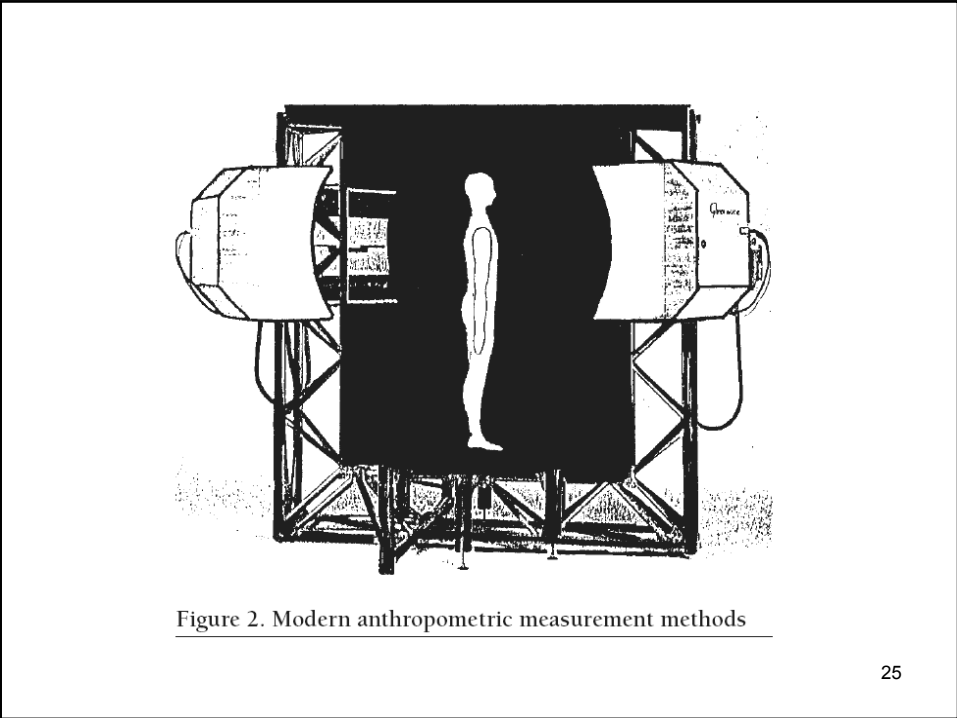
Anthropometric Tape

23

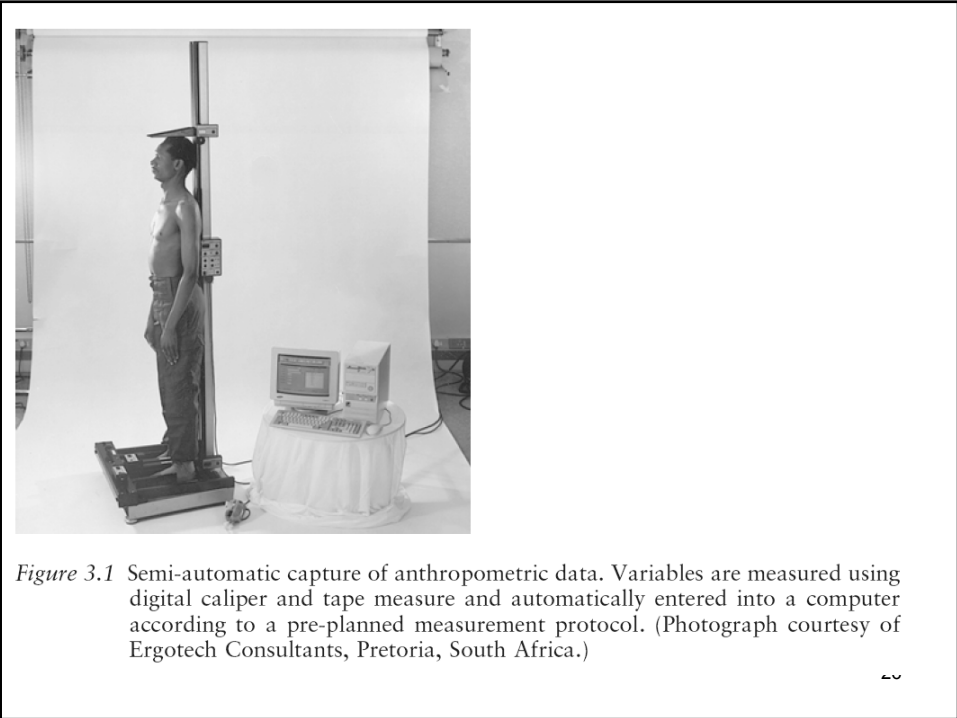
روش عکاسی چند جهته



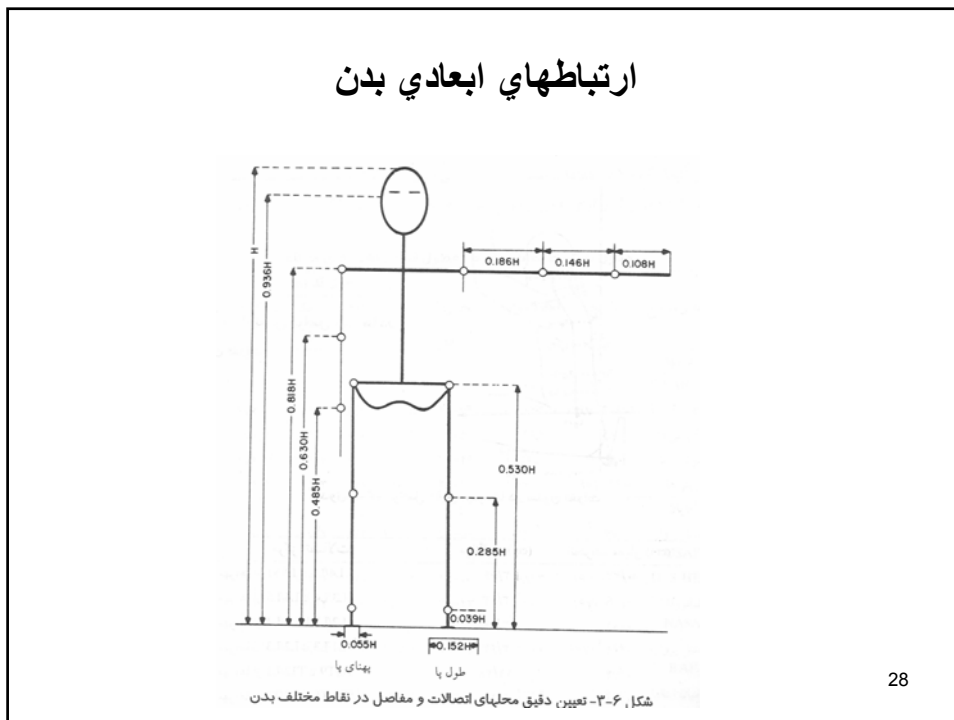
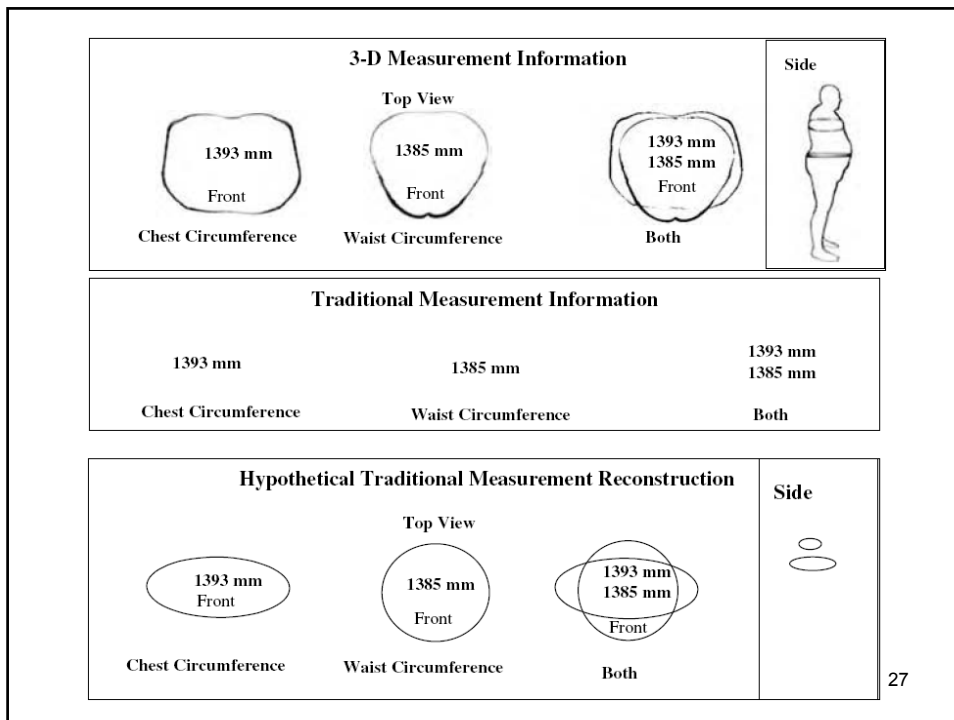
24



25



26

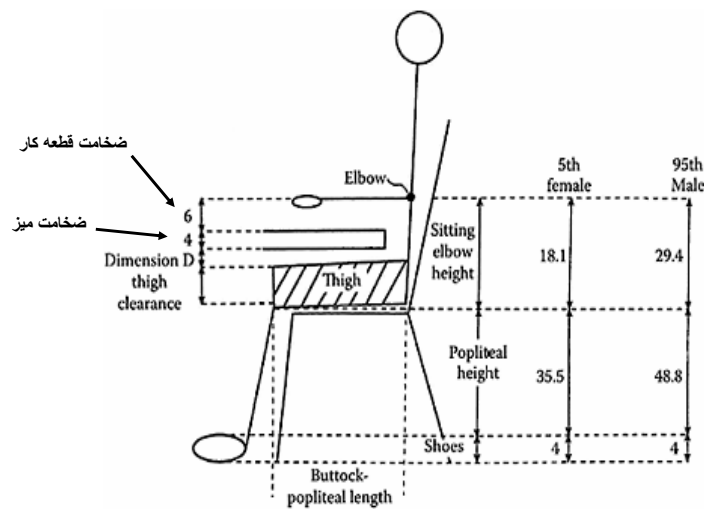


استفاده از داده های آنتروپومتریکی در طراحی ایستگاههای کار

روند طراحی:

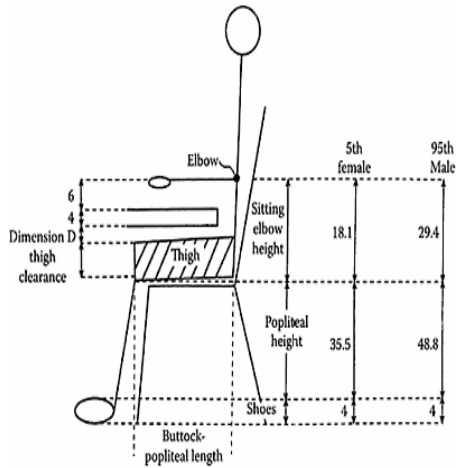
- 1 – جمعیت استفاده کننده را مشخص کنید. آیا از داده های موجود می توان برای جمعیت مورد نظر استفاده کرد؟ در غیر این صورت بانک اطلاعاتی را برای جمعیت مورد نظر فراهم نمائید.
- 2- گستره ای از صدکها را تعیین کنید.
- طراحی را برای جنسی انجام دهید که در اکثریت هستند (مردان یا زنان)
- در صورت مساوی بودن تعداد افراد دو جنس صدک پنجم زنان و نودوپنجم مردان را در نظر بگیرید.
- 3- ابعاد دسترسی را بر پایه صدک پنجم و اندازه فضاها را اضافی را بر پایه صدک نودوپنجم تعیین کنید.
- 4- ابعاد آنتروپومتریکی ضروری را برای طراحی ایستگاه کار تعیین نمائید.²⁹

در شکل زیر فضاي مورد نیاز برای ران ها (D) را محاسبه نمائید



30

فضاي مورد نیاز برای ران ها (D)



$$D_{5th-F} = 18.1 - 6 - 4 = 8.1 \text{ cm } (-2.5)$$

$$D_{95th-M} = 29.4 - 6 - 4 = 19.4 \text{ cm } (1.7)$$

صدک پنجم ضخامت ران :

10.6 cm

صدک نودونهم ضخامت ران :

17.7 cm

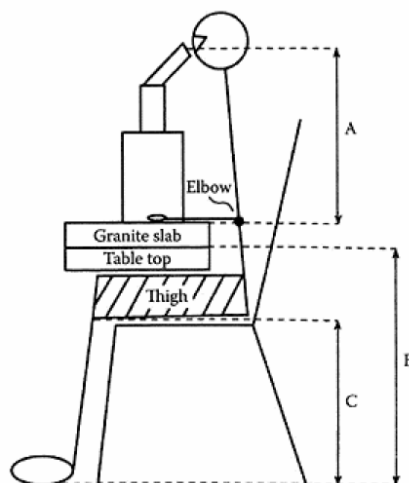
گستره قابل تنظیم ارتفاع میز کار:

$$(35.5 + 4) + (18.1 - 6) = 51.6$$

$$(48.8 + 4) + (29.4 - 6) = 75.9$$

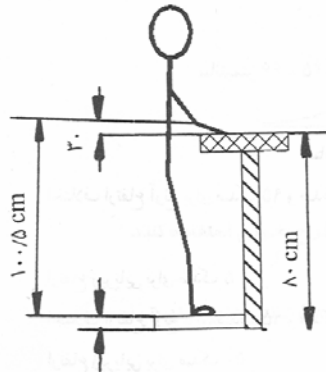
31

در شکل زیر مقادیر A و B و C را بدست بیاورید



32

سؤال ۳- چنانچه ارتفاع میزی برای کار ایستاده از نوع سنگین ۸۰ سانتیمتر باشد، ارتفاع زیرپایی مناسب برای صیدک ۵۰ خانمها در شرایطی که افراد مذکور دارای کفش با میانگین ضخامت پاشنه ۴ سانتیمتر باشد را بدست آورید:



میانگین ۳۰ سانتیمتر پایین‌تر از سطح آرنج (۲۰-۴۰ سانتیمتر)
 ارتفاع سطح کار خانمها $100/5 - 30 = 70/5$
 ارتفاع سطح کار خانمها با پاشنه $70/5 + 4 = 74/5$ cm
 ارتفاع زیرپایی مورد نظر $80 - 74/5 = 5/5$ cm

33

Combining Anthropometric Data Sets

$$m_{\text{sum}} = m_X + m_y$$

$$S_{\text{sum}} = [S_x^2 + S_y^2 + 2(r \times S_x \times S_y)]^{1/2}$$

$$m_{\text{diff}} = m_X - m_y$$

$$S_{\text{diff}} = [S_x^2 + S_y^2 - 2(r \times S_x \times S_y)]^{1/2}$$

34

مثال

What is the 95p shoulder-to-fingertip length (Arm Length)?

- mean lower arm = 442.9 mm with a standard deviation of 23.4 mm.
- mean upper arm = 335.8 mm with a standard deviation of 17.4 mm.
- coefficient of correlation (r) = 0.4
- k = 1.64

$$m = m_{LA} + m_{UA} = 442.9 + 335.8 = 778.7 \text{ mm}$$

$$S = \{23.4^2 + 17.4^2 + 2 \times 0.4 \times 23.4 \times 17.4\}^{1/2} \text{ mm}$$

$$S = 34.6 \text{ mm}$$

$$AL_{95} = 778.7 \text{ mm} + 1.64 \times 34.6 \text{ mm} = 835.7 \text{ mm}$$

35

محاسبه جمعیت استفاده کننده

با استفاده از جدول Z و داده های در دسترس می توان جمعیتی را که به راحتی از یک وسیله استفاده خواهند کرد، مشخص کرد.

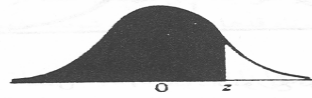
مثال: اگر برای افراد کارگاهی که دارای میانگین قد 177 سانتی متر و انحراف معیار 7 باشند، دری با ارتفاع 180 سانتی متر طراحی شود چند درصد از این افراد به راحتی می توانند از آن استفاده نمایند؟

$$Z = (X - \mu) / \sigma$$

$$Z = (180 - 177) / 7 = 0.43$$

سطح زیر منحنی در فاصله 0 تا 0.43 برابر با 16.64% خواهد شد پس (50+16.64) یعنی 66.64% افراد به راحتی از آن استفاده خواهند کرد.

36



z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.0000	.0040	.0080	.0120	.0160	.0199	.0239	.0279	.0319	.0359
0.1	.0398	.0438	.0478	.0517	.0557	.0596	.0636	.0675	.0714	.0753
0.2	.0793	.0832	.0871	.0910	.0948	.0987	.1026	.1064	.1103	.1141
0.3	.1179	.1217	.1255	.1293	.1331	.1368	.1406	.1443	.1480	.1517
0.4	.1554	.1591	.1628	.1664	.1700	.1736	.1772	.1808	.1844	.1879
0.5	.1915	.1950	.1985	.2019	.2054	.2088	.2123	.2157	.2190	.2224
0.6	.2257	.2291	.2324	.2357	.2389	.2422	.2454	.2486	.2517	.2549
0.7	.2580	.2611	.2642	.2673	.2704	.2734	.2764	.2794	.2823	.2852
0.8	.2881	.2910	.2939	.2967	.2995	.3023	.3051	.3078	.3106	.3133
0.9	.3159	.3186	.3212	.3238	.3264	.3289	.3315	.3340	.3365	.3389
1.0	.3413	.3438	.3461	.3485	.3508	.3531	.3554	.3577	.3599	.3621
1.1	.3643	.3665	.3686	.3708	.3729	.3749	.3770	.3790	.3810	.3830
1.2	.3849	.3869	.3888	.3907	.3926	.3944	.3962	.3980	.3997	.4015
1.3	.4032	.4049	.4066	.4082	.4099	.4115	.4131	.4147	.4162	.4177
1.4	.4192	.4207	.4222	.4236	.4251	.4265	.4279	.4292	.4306	.4319
1.5	.4332	.4345	.4357	.4370	.4382	.4394	.4406	.4418	.4429	.4441
1.6	.4452	.4463	.4474	.4484	.4495	.4505	.4515	.4525	.4535	.4545
1.7	.4554	.4564	.4573	.4582	.4591	.4599	.4608	.4616	.4625	.4633
1.8	.4641	.4649	.4656	.4664	.4671	.4678	.4686	.4693	.4699	.4706
1.9	.4713	.4719	.4726	.4732	.4738	.4744	.4750	.4756	.4761	.4767
2.0	.4772	.4778	.4783	.4788	.4793	.4798	.4803	.4808	.4812	.4817
2.1	.4821	.4826	.4830	.4834	.4838	.4842	.4846	.4850	.4854	.4857
2.2	.4861	.4864	.4868	.4871	.4875	.4878	.4881	.4884	.4887	.4890
2.3	.4893	.4896	.4898	.4901	.4904	.4906	.4909	.4911	.4913	.4916
2.4	.4918	.4920	.4922	.4925	.4927	.4929	.4931	.4932	.4934	.4936
2.5	.4938	.4940	.4941	.4943	.4945	.4946	.4948	.4949	.4951	.4952
2.6	.4953	.4955	.4956	.4957	.4959	.4960	.4961	.4962	.4963	.4964
2.7	.4965	.4966	.4967	.4968	.4969	.4970	.4971	.4972	.4973	.4974
2.8	.4974	.4975	.4976	.4977	.4977	.4978	.4979	.4979	.4980	.4981
2.9	.4981	.4982	.4982	.4983	.4984	.4984	.4985	.4985	.4986	.4986
3.0	.4987	.4987	.4987	.4988	.4988	.4989	.4989	.4989	.4990	.4990

مجموعه برای ۳، ۵، ۶ و ۷ احتمالات به ترتیب عبارتند از ۰.۰۳۹۹۹۹۷، ۰.۰۳۹۹۹۹۹۹۹۹ و ۰.۰۳۹۹۹۹۹۹۹۹۹.

مثال

اگر میانگین حد دسترسی عمودی در بالای سر افراد محیط کاری 206 سانتی متر (انحراف معیار 8 سانتی متر) باشد و اهرمی در فاصله 212 سانتی متری نصب شود، چند درصد افراد می توانند به راحتی از آن استفاده نمایند؟ اگر محل اهرم به فاصله 195 سانتی متری آورده شود تعداد این افراد به چند درصد خواهد رسید؟

$$Z = (212-206)/8 = 0.75$$

$$\text{سطح زیر منحنی} = 27.34\%$$

$$100 - (50 + 27.34) = 22.66\%$$

$$Z = (195-206)/8 = 1.37$$

$$\text{سطح زیر منحنی} = 41.47\%$$

$$50 + 41.47 = 91.47\%$$

