

文章编号: 1004-4140 (2004) 01-0001-06

可视化人体的整体坐标系统^{*}

陈惟昌, 陈志华, 赵天德, 王自强
(中日友好临床医学研究所, 中国北京 100029)

摘要: 可视人数据集是人体解剖结构的基础信息数据集。为了确定人体结构在三维空间中的准确定位以及在不同个体之间便于比较, 文中提出和建立了可视化人体的整体坐标系统。以通过耻骨联合上缘中点的水平横切面为标准原点平面, 将人体分为上、下部: 上部包括头, 颈、胸、腹、上臂、前臂等重要部位; 下部包括骨盆、下肢和手。人体的整体坐标系可以确定人体重要结构的每一个体元的空间绝对坐标及相对坐标, 在图像的分割、匹配、重建中起重要作用。通过坐标系统的变换, 人体整体坐标系统可以方便地应用于临床的定位定量诊断, 手术导航, 放射定位治疗以及人体运动功能等领域的研究。

关键词: 可视化人体计划; 坐标系统; 人体分部; 图像分割; 耻骨联合; 体元

中图分类号: TP 391.41 文献标识码: A

Universal Coordinate System of Visual Human Body

CHEN Wei-chang, CHEN Zhi-hua, ZHAO Tian-de, WANG Zi-qiang
(China Japan Friendship Institute of Medical Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract: The visual human data set is the fundamental data set for anatomical information of the human body. In order to locate the human structure in 3-dimensional space precisely and to compare the data set among different individuals conveniently, we suggested and created a universal coordinate system of the human body in which the pubic symphysis horizontal plane was determined as the universal standard original zero plane. The human body can be subdivided into two portions by the original plane. The upper portion includes the head, neck, thorax, abdomen, arm and forearm. While the lower portion includes: the pelvis, lower extremity and hand. The human universal coordinate system can provide a standard geometrical frame for the comparison among different individual data set of the visual human and the precise localization for every voxel in the important structure of the human body. The human universal coordinate system can also be used in the segmentation, matching and reconstruction of images by the coordinate transformation and is of great use in clinical diagnosis, navigation operation, radiation therapy, locomotive function and the human engineering researches.

Key words: Visual Human Project (VHP); coordinate system; division of human body; image segmentation; pubic symphysis; voxel.

数字化可视人体是将大量人体连续断面数据信息在计算机内整合成人体的三维立体结构图像。可视人体数据集是人体仿真研究的解剖学平台, 为临床的疾病诊断和治疗以及人体

*收稿日期: 2003-10-29。本研究得到国家自然科学基金项目(60171040)资助。

运动机能和人体工程的研究提供精确的量化模型。美国提出的可视人计划 (Visible Human Project, VHP) 已于 1994 年和 1995 年获得一男一女两组断面图像数据集^[1]。继美国 VHP 之后, 韩国亦提出“可视韩国人计划 (Visible Korean Human, VKH)^[2]”, 并于 2001 年报道一例男性的断面图像数据集^[2]。目前, 中国在上海、重庆、广州三地已报道了 6 例人体断面图像数据集 (男、女各 3 例)^[3,4]。但目前, 国际上尚缺乏统一的可视化人体的整体坐标系统。每个可视人数据集, 都只是单个个体的数据集, 如何将这些数据集通过空间变换进行配准, 以实现标准数据集与个体数据集的对应映射, 就必须建立“可视化人体的整体坐标系统”^[5]。参照 Talairach 脑图谱的空间思路, 以典型解剖结构为标志, 选择坐标轴和坐标面以建立全身的坐标系统作为参考基准, 再根据具体需要建立局部结构 (头、颈、胸、腹、盆、上肢、下肢) 及局部器官 (脑、心、肺、肝、肾等) 的局部坐标系统。通过坐标系统的变换以及人体结构的复杂变换和变形以实现图像数据的精确配准, 以满足临床诊断、治疗和人体工程实际应用的需要。

1 人体整体坐标系的确定

1.1 人体的体位: 人体体位分为标准体位与非标准体位两大类。标准体位分为直立体位和仰卧位两种; 非标准体位包括坐位, 蹲位, 侧卧位, 俯卧位及动作体位等多种。这里主要讨论两种标准体位。

1.1.1 直立体位: 又称标准解剖体位。人体自然直立, 双足紧靠, 足尖并合向前, 双上肢自然下垂, 前臂呈旋后位, 手心向前, 头直立, 双眼向前平视。

1.1.2 仰卧体位: 即临床影像检查体位。人体自然仰卧于水平台面上, 枕头高与肩齐, 眼耳线与平台垂直。双上肢自然伸直, 紧贴躯干, 前臂呈旋前旋后中立位, 拇指朝上。双足跟并合, 双足呈自然外翻位。

1.2 坐标轴及坐标面的确定

1.2.1 先定正中矢状面: 按直立体位前方自额顶中点, 沿鼻尖, 鼻唇沟中线, 颈前中线, 胸骨柄上缘中点, 胸骨剑突中点, 肱, 耻骨联合上缘中点至会阴中点, 后方沿矢状缝, 过枕外隆凸中点, 循脊柱棘突中点线, 髂骨中嵴, 尾骨尖至会阴中点。正中矢状面称为 YZ 平面, 将人体分为左、右两半部。

1.2.2 正中垂直轴 (Z 轴): 在正中矢状面内, 联结额顶中点与会阴中点的线, 定为正中垂直轴即 Z 轴。在仰卧位时, Z 轴与水平台面平行。

1.2.3 正中冠状面 (XZ 平面): 过 Z 轴作平面与 YZ 平面垂直, 即正中冠状面 (XZ 平面)。正中冠状面或正中额状面将人体分为前、后两部分。

1.2.4 原点横切面 (XY 平面或 Z₀ 平面): 通过耻骨联合上缘的中点作平面与 Z 轴垂直, 即原点横切面 (XY 平面或 Z₀ 平面), 见图 1。此平面与 Z 轴的交点定为可视人整体坐标系的原点 O (0, 0, 0)。原点横切面将人体分为上、下两部分。与 Z₀ 平面平行的横切面总称为轴切面, 是 CT, MRI 及 PET, fMRI 等成像装置的重要成像平面。

1.2.5 人体整体坐标轴 (Universal coordinate axes of human body) 如下:

- a) X 轴—即正中横轴, 为 XZ 平面与 XY 平面的交线, 方向为自右向左, 即右负左正;
- b) Y 轴—即正中矢状轴, 为 XY 平面与 YZ 平面的交线, 方向为自后向前, 即后负前正;
- c) Z 轴—即正中垂直轴, 为 XZ 平面与 YZ 平面的交线, 方向为自下向上, 即下负上正。

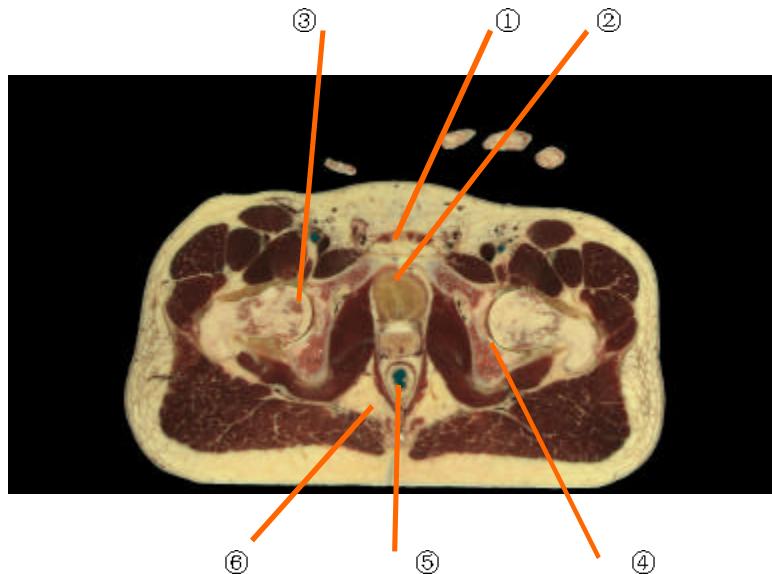


图1 耻骨联合中点上缘平面: ①耻骨联合 ②膀胱 ③股骨头 ④髋臼 ⑤直肠 ⑥坐骨直肠窝

1.2.6 取耻骨联合平面作为原点 Z_0 平面的优点:

- a) 耻骨联合在直立位或仰卧位时, 位置相对固定;
- b) 耻骨联合上缘位于体表, 定位容易, 标志明显;
- c) 该点接近人体身长的几何中点。自 Z_0 平面向上至颅顶点, 约比身长的 50% 略少; 而自 Z_0 平面向下至足跟, 约比身长的 50% 略多;
- d) 人体的重要结构及器官, 绝大部分都位于耻骨联合平面的上部, 包括头、颈、胸、腹、上臂、前臂等重要部位; 人体下部只包括骨盆、下肢和手。

2 人体坐标长度的绝对单位和相对单位

2.1 人体坐标长度的绝对单位为毫米 (mm): 例如身高 171cm, 即写作 1710.000 (mm), 和机械作图相似, mm 单位有时可以省略不写。小数点后第三位为微米 (μm)。

2.2 人体坐标长度的相对单位: 为了人体分段的方便, 以及在不同个体之间进行比较, 选取身长为坐标长度的相对单位, 定为 100%, 例如: 颅顶的 Z 相对值为 +49%, 足跟的 Z 相对值为 -51%。

3 人体的相对坐标分部

人体以 Z_0 原点平面分为上、下两部, 上部约占身长的 49%, 下部约占身长的 51%。人体的上、下两部又各分为 10 部, 见图 2。

3.1 人体的上部: 人体的上部又以身长的 5% 为单位再分为 10 部, 即 U_1 至 U_{10} 部。其中上部身长 25% 的分界面, 亦即 U_5 与 U_6 部的分界面位于胸骨与第 3 肋上缘的交点平面, 相当于通过心脏上缘的平面。而 U_{10} 部位于最上端, 长度一般小于身长的 5% (约为 4%), U_{10} 的长短可因个体的不同而略有差异。人体的 U_1 至 U_{10} 部的位置及结构, 叙述如下。

3.1.1 U_1 部, 又称盆腹部 (Pelvic abdominal portion): 主要包括大骨盆的腹腔部分。 U_1 部的 Z 坐标为 0% 至 5%, U_1 的上界平面 (+5%) 与髂前上棘中点连线及骶骨岬同高, U_1 部主要脏器有盲肠, 阑尾, 回肠末段, 乙状结肠, 直肠上端等。

3.1.2 U_2 部, 又称下腹部 (Lower abdominal portion): U_2 部的 Z 坐标为 +5% 至 +10%, U_2 的上界平面平第 4 腰椎横突中点连线。 U_2 部的主要脏器有升结肠下段, 降结肠下段, 回肠, 腹主动脉分叉部, 下腔静脉分叉部, 输尿管等。

3.1.3 U_3 部, 又称中腹部 (Middle abdominal portion): U_3 部的 Z 坐标为 +10% 至 +15%, U_3 的上界平面平第一腰椎横突根部下缘的联线。 U_3 部的主要脏器有胃体部及幽门部, 胰, 十二指肠, 空肠, 升结肠, 横结肠, 降结肠, 肾, 肝与脾的下端, 腹主动脉, 下腔静脉等。

3.1.4 U_4 部, 又称胸腹部 (Thoracic abdominal portion): U_4 部的 Z 坐标为 +15 至 +20%, U_4 部的上界平面平胸剑关节的上缘。 U_4 部的主要脏器有: 肝脏, 胆囊, 脾, 胃底部, 肾上腺, 腹主动脉和下腔静脉的上段及其分支, 以及肺的下部等。

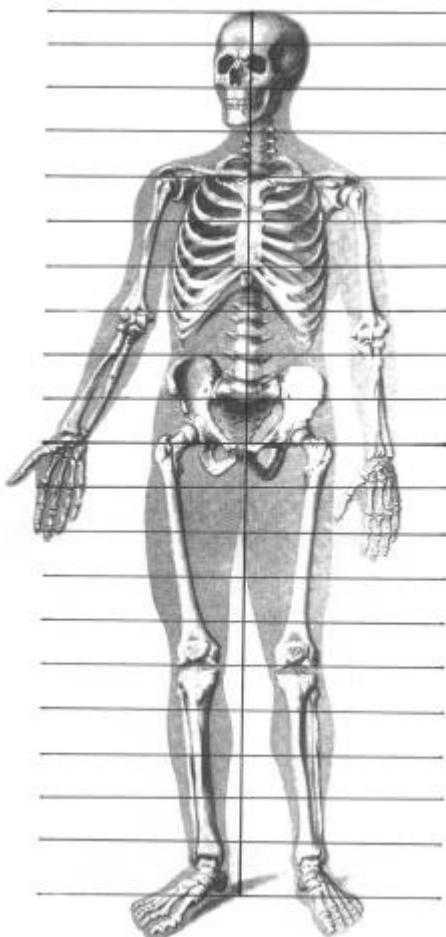


图 2. 人体沿垂直轴的分部

3.1.5 U_5 部, 又称中胸部 (Middle thoracic portion): U_5 部的 Z 坐标为 +20% 至 +25%。 U_5 部的上界平面平第 3 胸肋关节的上缘。 U_5 部的主要脏器有: 心, 肺的中部, 食管, 支气管, 胸主动脉, 纵隔等。

3.1.6 U_6 部, 又称上胸部 (Upper thoracic portion) : U_6 部的 Z 坐标为 +25% 至 +30%。 U_6 部的上界平面平胸锁关节上缘。 U_6 部的主要脏器有: 肺的上部, 气管, 食管, 胸腺, 出入心的大血管, 主动脉弓等。

3.1.7 U_7 部, 又称肩颈部 (Humeral neck portion) : U_7 部的 Z 坐标为 +30% 至 +35%, U_7 部的上界平面平第 5 颈椎横突根部下缘, 约位于颈隆凸下缘的下方。 U_7 部的主要脏器有: 喉, 气管, 食管, 甲状腺, 臂丛, 颈部大血管, 迷走神经, 肩关节以及肺尖等。

3.1.8 U_8 部, 又称面颌部 (Facial maxillary portion) : U_8 部的 Z 坐标为 +35% 至 +40%。 U_8 部的上界平面平颧弓下缘平面, 位于鼻梨状孔的下缘水平。 U_8 部的主要脏器有: 口腔, 咽腔, 上下颌, 齿, 舌, 腭, 扁桃体, 唾液腺等。

3.1.9 U_9 部, 又称眶颅部 (Orbital cranial portion) : U_9 部的 Z 坐标为 +40% 至 +45%。 U_9 部的上界平面平额结节的下缘及枕外隆凸的上方。 U_9 部的主要脏器有: 眼眶, 眼球, 视神经, 脑下垂体, 鼻腔, 副鼻窦, 外耳, 中耳, 内耳, 脑干, 海马, 小脑等。

3.1.10 U_{10} 部, 又称颅顶部 (Cranial vertex portion) : U_{10} 部的 Z 坐标为 +45% 至 +49% (可能存在个体差异)。 U_{10} 部上界为颅的顶点, 主要脏器: 大脑半球, 脱髓体, 基底神经节, 间脑等。

3.2 人体的下部: 人体的下部又以身长的 5% 为单位再分为 10 部, 即 L_1 至 L_{10} 部。其中下部身长 -25% 的分界面, 相当于股骨髁与胫骨髁的交界面, 亦即膝关节水平。 L_{10} 是人体的最下端, 止于足跟下面, 其长度一般比身长的 5% 稍长, 约为 6%。 L_{10} 的长短可因个体的不同而略有差异。人体的 L_1 至 L_{10} 的位置及结构, 叙述如下。

3.2.1 L_1 部, 又称盆髋部 (Pelvic hip portion) : L_1 部的 Z 坐标为 0% 至 -5%。 L_1 的下界平面, 平小转子的下缘, L_1 部的主要脏器及结构有小骨盆的脏器, 包括直肠, 会阴部, 膀胱, 尿道, 男性的睾丸, 附睾, 前列腺, 阴茎; 女性的卵巢, 输卵管, 子宫, 阴道, 外生殖器以及股骨颈, 小转子, 大转子等。

3.2.2 L_2 部, 又称股骨干上部 (Upper femur portion) : L_2 部的 Z 坐标为 -5% 至 -10%。 L_2 部的主要结构为股骨干上 1/3, 相关的肌肉, 股动、静脉, 大隐静脉, 神经等。

3.2.3 L_3 部, 又称股骨干中部 (Middle femur portion) : L_3 部的 Z 坐标为 -10% 至 -15%。 L_3 部的主要结构为股骨干的中 1/3, 以及相关的肌肉, 神经, 血管等。

3.2.4 L_4 部, 又称股骨干下部 (Lower femur portion) : L_4 部的 Z 坐标为 -15% 至 -20%。 L_4 部的主要结构为股骨干的下 1/3 以及相关的肌肉, 神经, 血管等。

3.2.5 L_5 部, 又称股骨髁部 (Femoral condyle portion) : L_5 部的 Z 坐标为 -20% 至 -25%。 L_5 部的主要结构为股骨内、外髁, 腘骨, 胫动脉以及相关的肌肉, 神经, 血管等。

3.2.6 L_6 部, 又称胫骨髁部 (Tibial condyle portion) : L_6 部的 Z 坐标为 -25% 至 -30%。 L_6 部的下界平面平胫骨粗隆的下缘。 L_6 部主要结构为胫骨内、外髁, 半月板, 胫骨小头以及相关的肌肉, 血管, 神经等。

3.2.7 L_7 部, 又称胫骨干上部 (Upper tibial portion) : L_7 部的 Z 坐标为 -30% 至 -35%。 L_7 部的主要结构为胫骨干及腓骨的上 1/3, 骨间膜以及相关的肌肉, 血管, 神经等。

3.2.8 L_8 部, 又称胫骨干中部 (Middle tibial portion) : L_8 部的 Z 坐标为 -35% 至 -40%。 L_8 部的主要结构为胫骨干及腓骨的中 1/3, 骨间膜以及相关的肌肉, 血管, 神经等。

3.2.9 L_9 部, 又称胫骨干下部 (Lower tibial portion) : L_9 部的 Z 坐标为 -40% 至 -45%。 L_9 部的主要结构为胫骨干及腓骨的下 1/3, 骨间膜以及相关的肌肉, 血管, 神经等。

3.2.10 L_{10} 部, 又称踝足部 (Pedal ankle portion): L_{10} 部位于人体最下端, 其 Z 坐标为 -45% 至 -51%。 L_{10} 部的下界为足跟下缘。 L_{10} 部的主要结构为内、外踝, 踝关节, 足骨, 足关节以及相关的肌肉, 神经, 血管等。

3.3 人体上肢的分部: Z_0 平面平腕关节, 向上与 U_1 , U_2 , U_3 同高部为前臂, U_3 部与 U_4 部的分界平面平肘关节。再向上与 U_4 , U_5 , U_6 同高部为上臂, 肩峰平 U_6 上界。手在 Z_0 平面以下, 与 L_1 、 L_2 部位相对应。

3.4 人体分部与器官及结构的关系: 综上所述, 根据切面的器官和结构, 可以推知人体分部的节段, 反之, 亦可确定重要器官在人体分部的位置。例如, 心脏在 U_5 部, 肝在 U_4 部, 肺在 U_4 、 U_5 、 U_6 部等。

4 整体坐标系和局部坐标系之间的变换公式

整体坐标系 (XYZ) 的三根坐标轴为 OX, OY, OZ。设有一局部坐标系 ($x' y' z'$), 其原点为 o' (x'_0 , y'_0 , z'_0), 其三根坐标轴为 $o' x'$, $o' y'$, $o' z'$ 。设此三坐标轴的方向余弦分别为, $o' x'$: l_1 , m_1 , n_1 ; $o' y'$: l_2 , m_2 , n_2 ; $o' z'$: l_3 , m_3 , n_3 。

则新的局部坐标系 ($x' y' z'$) 与整体坐标系 (XYZ) 的变换公式为:

$$X = l_1x' + l_2y' + l_3z' + x'_0; \quad Y = m_1x' + m_2y' + m_3z' + y'_0; \quad Z = n_1x' + n_2y' + n_3z' + z'_0$$

至于临床 CT, MRI, PET 及 SPECT 等成像装置的切层, 都是和 Z_0 平面平行以及和 Z 轴垂直的轴向切面, 只需将原点的 Z 值进行变换, 即可得相应的坐标值, 相对而言, 比较简单。

5 小结

本文提出以耻骨联合为零平面的人体整体坐标系统, 以此可对不同的数字可视人数据集加以规范和比较。预期人体整体坐标系统的建立, 将为可视人数据集的深入分析, 提供标准的统一的几何框架。

参考文献:

- [1]Spitzer VM, Whitlock DG. The Visible Human Dataset: the anatomical platform for human simulation[J]. Anat Rec. 1998, 253(2): 49~57.
- [2]Chung MS, Kim SY. Three Dimensional image and virtual dissection program of brain made of Korean cadaver[J]. Yonsei Med J. 2000, 41: 299~303.
- [3]钟世镇, 原林, 黄文华。数字化虚拟人为临床解剖学开拓研究新领域 [J]。中国临床解剖学杂志, 2002, 20(1): 3~4.
- [4]张绍祥, 刘正津, 谭立文, 等。首例中国数字化可视人体完成[J]。第三军医大学学报, 2002, 24(10): 1231~1232.
- [5]罗述谦。数字化虚拟人图像处理及设想[C]。“中国数字化虚拟人体研究的发展与应用”北京: 香山科学会议第 208 次学术讨论会文集, 2003, 18~22.

作者简介: 陈惟昌, (1932-), 男, 1955 年毕业于北京大学医学院医学系, 1983 年美国洛杉矶加州大学访问学者, 现任中日友好临床研究所研究员, 国家科技部 973 重大基础研究项目第二届咨询专家组专家, 从事生物医学工程的理论与临床研究;《CT 理论与应用研究》编辑委员会副主任。Email: cwc@niplab.net