# รายการอ้างอิง


ภาษาไทย

กัลยา วานิชย์บัญชา. **การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย SPSS for Windows**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร :จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

จิราภรณ์ โตเจริญชัย และภาวนา ภูสุวรรณ. **เทคโนโลยีทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์พีเอลิฟวิ่ง, 2539.

ชัยยุทธ ชวลิตนิธิกุล และคณะ. **การควบคุมฝุ่นแร่ในสถานประกอบการ**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน กรมแรงงาน กระทรวงมหาดไทย, 2532.

นิภา ศรีไพโรจน์. **สถิตินอนพาราเมตริก**. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม,2528.

บัญญัติ ปริชญานนท์. การอภิปรายเรื่องปัญหาโรคจากเหมืองเขาศูนย์ ซิลิโคซิส. **เวชปฏิบัติบันทึก** เล่มที่ 1 ตอนที่ 5(2520): 388-418.

บุญเทียม คงศักดิ์ตระกูล และยุวดี วงษ์กระจ่าง. **ระบบทางเดินหายใจ**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพ: ภาควิชาสรีรวิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2536.

ปวีณา มีประดิษฐ์. **ผลของการออกกำลังกายที่มีต่อสมรรถภาพการทำงานของปอด**. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต สาขาวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, 2539.

พูนเกษม เจริญพันธุ์ และสุมาลี เกียรติบุญศรี. **การดูแลรักษาโรคระบบหายใจในผู้ใหญ่**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์อักษรสมัย, 2535.

แรงงาน,กรม. **รวมกฎหมายความปลอดภัยในการทำงานและสิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมความปลอดภัยและอนามัยในการทำงาน(ประเทศไทย) กระทรวงมหาดไทย, 2536.

เลียงชัย ลิ้มล้อมวงศ์. **ปอดและการหายใจ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เรือนแก้ว, 2538.

สาธารณสุข,กระทรวง. **รายงานการสอบสวนโรคซิลิโคซิสในโรงงานแห่งหนึ่ง จังหวัดสมุทรปราการ**. กรุงเทพมหานคร: กองระบาดวิทยา สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสมุทรปราการ, 2538.

สาธารณสุข,กระทรวง. **โรคพิษแอสเบสตอสและโรคปอดอักเสบจากฝุ่นในอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อมกับการป้องกัน**. กรุงเทพมหานคร: สมาคมแพทย์อาชีวเวชศาสตร์และสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2535.

สว่าง แสงหิรัญวัฒนา. **โรคปอดจากการทำงาน**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โฮลิสติกพับลิชชิ่ง, 2537.

สว่าง แสงหิรัญวัฒนา และคนอื่นๆ. สถานะของคนงานซิลิโคซิสไทยในปัจจุบัน. **รามาธิบดีเวชสาร** ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 (เมษายน-มิถุนายน 2537) : 133-135.

สุภรี สุวรรณจูฑะ, บรรณาธิการ. **การดูแลและบำบัดโรคทางระบบหายใจ**. กรุงเทพ: สำนักพิมพ์สินประสิทธิ์, 2525.

อนามัย,กรม. **การตรวจหาปริมาณซิลิกาอิสระ**. กรุงเทพมหานคร: ฝ่ายวิเคราะห์และพัฒนากองอาชีวอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2536. (อัดสำเนา)

อนามัย, กรม. **ปัญหาทางอาชีวอนามัยในประเทศไทย พ.ศ. 2531**. กรุงเทพมหานคร: กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2531.

อนามัย, กรม. **ปัญหาทางอาชีวอนามัยในประเทศไทย พ.ศ. 2532**. กรุงเทพมหานคร: กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2532.

อนามัย, กรม. **ปัญหาทางอาชีวอนามัยในประเทศไทย พ.ศ. 2534 เล่ม 2**. กรุงเทพมหานคร: กรมอนามัย. กระทรวงสาธารณสุข, 2534.

อนามัย, กรม. **ผลการเฝ้าคุมโรคซิลิโคซิสในโรงงานกลุ่มเสี่ยง**. กรุงเทพมหานคร: กองอาชีวอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2536. (อัดสำเนา)

อรรถ นานา. **เอกสารประกอบการสอนการทดสอบสมรรถภาพปอด**. คณะแพทย์ศาสตร์ศิริราชพยาบาลมหาวิทยาลัยมหิดล, 2537. (อัดสำเนา)

ภาษาอังกฤษ

Aekplakorn,W., Partinawin,L. and Panngong,A. Silicosis in brick manufacturing factory. **Rama Med J** 18(1995): 247-252.

ASTM. Standard practice for health requirements relating to occupationalexposure to quartz dust, E 1132, 1993: 627-639.

Aungkasuvapala,N., Juengprasert,W. and Obhasi,N. Silicosis and pulmonary tuberculosis in stone-grinding factories in saraburi,Thailand. **J Med Assoc Thai** 78(1995): 662-669.

Catherine,H. and Skinner,W. **Asbestos and other fibrous meterials**. Newyork: Oxford University,1988:108-114.

Gellert,A.R., Winter,RJD.,Langford,J.A. and Rudd,R.M. Bronchoalveolar lavage and clearance of Tc-99m DTPA in asbestosis. **Thorax** 39(1984): 709.

Iler,R.K. **The chemistry of silica**. New York: Wiley-Interscience Publication,1979: 769-782.

Jones,J.G., Minty,B.D. and Royton,D. The Physiology of leaky lungs. **Br.J.Anaesth.** 54(1982) :705-721.

Mason,G.R., Uszler,J.M., Effros,R.M. and Reid,E. Rapidly Reversible Alterations of Pulmonary Epithelial Permeability Induced by Smoking. **Chest** 83 (1983): 6-11.

National Institute of Occupational Safety. **Manual of analytical methods**. Vol.1.Cincinnati, OH: 1984: 15-28.

National Institute of Occupational Safety. **Method 7601 for Silica**, Crystalline Visible Absorption Spectrophotometry. 4 th ed. Cincinnati,OH:1994.

Patty,F.A.,ed. **Industrial Hygiene and toxicology**. Vol.1. 2 nd.rev.ed. New york: Interscience publishers,1958: 367-397.

Plog,B.A. ,ed. **Fundamentals of industrial hygiene**. 4 th ed. Illinois: National Safety Council, 1995: 123-130.

Saenghirunvattana,S., Charoenpan,P. and Vongvivat,K. A Computer program for calculation and interprelation of pulmunary function tests in thais. **Rama Med J** 13(1990): 132-135.

Saenghirunvattana,S., Charoenpan,P. and Vongvivat,K. Accelerated lung function loss in silicotic patients. **Rama Med J** 17(1994): 126-129.

Saenghirunvattana,S., Charoenpan,P. and Vongvivat,K. Accelerated lung function loss in silicotic patients. **Chest** 6(1995): A711.

Sundram,F.X. and Lee,S.T. Radionuclide lung scanning in the management of respiratory burn. **Annal of the Academy of Medicine** 21(1992): 630-634.

Susskind,H. and Rom,W.,N. Lung inflammation in coal miners assessed by uptake of 67 Ga-citrate and clearance of inhaled 99mTc- labeled diethylenetriamine pentaacetate. **American Review of RespiratoryDisease** 146(1992): 47-52.

Wall,H.,V.D., Murray,I.,P.C, Jones,P.D.,Mackey,D.,W.J., Walker,B.M. and Monaghan,P. Optimising technetium 99M diethylene triamine penta-acetate lung clearance in patients with the acquired immunodeficency syndrome.**European Journal of Nuclear Medicine** 18(1991): 235-240.

Wells,A.U., Hansell,D.M., Harrison,N.K., Lawrence,R., Black,C.M. and Bois,R.M.,du. Clearance of inhaled Tc-99m DTPA predicts the clinical course of fibrosing alveolitis.**Eur Respir J**. 6(1993): 797-802.

# ภาคผนวก

**ภาคผนวก ก.**

1.เลขที่ ☐☐☐

แบบสอบถาม 1-3

**ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป**

ชื่อ.....

นามสกุล.....

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้.....

.....โทรศัพท์.....

ชื่อโรงงาน.....ทำงานแผนก.....

หน้าที่ที่ทำอยู่.....

สำหรับเจ้าหน้าที่กรอก

2. เพศ 2.1 ( )ชาย 2.2 ( )หญิง ☐ 4

3. อายุ.....ปี ☐☐ 5-6

4. น้ำหนัก.....กิโลกรัม ☐☐ 7-8

5. ส่วนสูง.....เซนติเมตร ☐☐☐ 9-11

6. บริเวณบ้านพัก

6.1 ( ) อยู่ในบริเวณโรงงาน 6.2 ( ) อยู่นอกโรงงาน ☐ 12

7. ท่านออกกำลังกายบ้างหรือไม่

7.1 ( ) ไม่ ☐ 13

7.2 ( ) ออกกำลังกาย สม่ำเสมอทุกวัน

7.3 ( ) ออกกำลังกาย อย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง

7.4 ( ) ออกกำลังกาย นานๆครั้ง

8. มีคนในครอบครัวของท่านเป็นโรคภูมิแพ้หรือไม่ ☐ 14

8.1 ( ) มี 8.2 ( ) ไม่มี

**ส่วนที่ 2 ประวัติการสูบบุหรี่**

9. ปัจจุบันท่านสูบบุหรี่หรือไม่

9.1 ( ) สูบ 9.2 ( ) ไม่สูบ (ข้ามไปทำข้อ 13 . ) ☐ 15

10. นิสัยการสูบบุหรี่ของท่านเป็นอย่างไร

10.1 ( ) สูบทุกวัน ประมาณ.....มวนต่อวัน ☐ 16

10.2 ( ) สูบเฉพาะเวลาดื่มสุราหรือเข้าสังคม

10.3 ( ) อื่นๆ อธิบาย.....

| | สำหรับเจ้าหน้าที่กรอก |
|---|---|
| 11. ในขณะที่สูบบุหรี่ ท่านอัดควันหรือไม่ | |
| 11.1 ( ) ใช่ทุกครั้งที่สูบบุหรี่ | |
| 11.2 ( ) เป็นบางครั้งเท่านั้น | ☐ 17 |
| 11.3 ( ) ไม่ใช่ | |
| 12. ระยะเวลาตั้งแต่ท่านเริ่มสูบบุหรี่จนถึงปัจจุบันนานเท่าไร | ☐☐ 18-19 |
| ระยะเวลา.....ปี | |
| 13. ถ้าปัจจุบันท่านไม่ได้สูบบุหรี่ แต่ก่อนท่านเคยสูบบุหรี่หรือไม่ | ☐ 20 |
| 13.1 ( )เคยสูบ เคยสูบวันละ.....มวน | ☐☐ 21-22 |
| สูบเป็นเวลานาน.....ปี | ☐☐ 23-24 |
| เลิกสูบตั้งแต่เดือน.....พ.ศ..... | ☐☐☐☐ |
| เลิกเป็นเวลานาน.....ปี. | ☐☐ 29-30 |
| 13.2 ( )ไม่เคย | |
| **ส่วนที่ 3 ประวัติการทำงาน** | |
| 14. ท่านเริ่มทำงานที่โรงงานนี้จนถึงปัจจุบันเป็นระยะเวลา.....ปี | ☐☐ 31-32 |
| 15. ก่อนที่จะมาทำงานที่นี้ท่านเคยประกอบอาชีพอื่นหรือไม่ | |
| 15.1 ( ) เคย ระบุอาชีพ.....ระยะเวลา.....ปี | ☐ 33 |
| 15.2 ( ) ไม่เคย | ☐☐ 34-35 |
| 16. ถ้าท่านมีประสบการณ์ในการทำงานเกี่ยวข้องกับฝุ่นจงระบุ | |
| 16.1 ( ) เหมืองถ่านหิน | ☐ 36 |
| 16.2 ( ) เหมืองชนิดอื่น ระบุ..... | |
| 16.3 ( ) โรงงานระเบิดหิน โม่หิน บดหิน | |
| 16.4 ( ) โรงงานกลึงโลหะ | |
| 16.5 ( ) โรงงานทำเครื่องปั้นดินเผา ภาชนะเซรามิก | |
| 16.6 ( ) โรงงานที่ใช้ปาน ปอ ด้าย เป็นวัตถุดิบ | |
| 16.7 ( ) แอสเบสตอส | |
| 16.8 ( ) โรงงานผลิตแก้ว | |
| 16.9 ( ) โรงงานผลิตอิฐ | |
| 17. ท่านเคยมีประสบการณ์ในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี | |
| หรือแก๊สที่ก่อให้เกิดการระคายเคืองหรือไม่ | ☐ 37 |
| 17.1 ( ) เคย ระบุ..... | |
| 17.2 ( ) ไม่เคย | |

18. ขณะปฏิบัติงานท่านสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันฝุ่นหรือไม่

18.1 ( )ไม่ใส่

18.2 ( )ใส่ สม่ำเสมอ

18.3 ( )ใส่ ไม่สม่ำเสมอ

สำหรับเจ้าหน้าที่กรอก

☐38

**ส่วนที่ 4 ประวัติการเจ็บป่วยในอดีต**

19. ท่านเคยเป็นโรคต่างๆเหล่านี้หรือไม่ ☐39

19.1 ( )ได้รับบาดเจ็บ หรือการผ่าตัดในช่องอก

19.2 ( )โรคหัวใจ

19.3 ( )ปอดบวม

19.4 ( )เยื่อหุ้มปอดอักเสบ

19.5 ( )วัณโรคปอด

19.6( )โรคภูมิแพ้

19.7 ( )โรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆระบุ.....

19.8 ( )ไม่เคยเป็น

**ส่วนที่ 5 ข้อมูลเกี่ยวกับอาการ**

อาการไอ

20. ปัจจุบันในวันที่อากาศเย็น ท่านมักจะไอบ่อยๆ ใช่หรือไม่

20.1 ( ) ใช่ 20.2 ( ) ไม่ใช่ (ข้ามไปทำข้อ 22 ) ☐40

21. ท่านมักจะไอบ่อยๆ ในเวลาใดบ้าง

21.1 ( ) เมื่อตื่นนอนในตอนเช้า

21.2 ( ) ช่วงเวลากลางวัน

21.3 ( ) ช่วงเวลากลางคืน

21.4 ( ) เวลาอื่นๆ อธิบาย..... ☐ 41

22. เท่าที่จำได้ในปีหนึ่งๆ ท่านเคยไอบ่อยๆ ตลอดทั้งวันเป็น ระยะเวลาติดต่อกันบ้างหรือไม่ ☐42

22.1 ( ) เคย ระบุระยะเวลาที่ไอติดต่อกัน..... ☐☐43-44

22.2 ( ) ไม่เคย

อาการมีเสมหะ

สำหรับเจ้าหน้าที่กรอก

23. ปัจจุบันในวันที่อากาศเย็น ท่านมักจะมีเสมหะใช่หรือไม่

23.1 ( ) ใช่ 23.2 ( ) ไม่ใช่ (ข้ามไปทำข้อ 25 ) ☐ 45

24. ท่านมักจะมีเสมหะในเวลาใดบ้าง

24.1 ( ) เมื่อตื่นนอนในตอนเช้า ☐ 46

24.2 ( ) ช่วงเวลากลางวัน

24.3 ( ) ช่วงเวลากลางคืน

24.4 ( ) เวลาอื่นๆ อธิบาย.....

25. เท่าที่จำได้ในปีหนึ่งๆ ท่านเคยมีเสมหะบ่อยๆ ตลอดทั้งวัน เป็นระยะเวลาติดต่อกันบ้างหรือไม่

25.1 ( ) เคย ระยะเวลาที่มีติดต่อกัน..... ☐ 47

25.2 ( ) ไม่เคย ☐☐ 48-49

อาการแน่นหน้าอก

26. ท่านเคยมีอาการแน่นหน้าอก หรือหายใจลำบากบ้างหรือไม่

26.1 ( ) เคย 26.2 ( ) ไม่เคย ☐ 50

อาการหายใจขัด

27. ปัจจุบันในขณะที่ท่านกำลังเดินเร็วๆ บนพื้นราบธรรมดาหรือเดินขึ้นที่สูงเพียงเล็กน้อย ท่านเคยรู้สึกหายใจขัด ไม่สะดวกหรือไม่ บ้างหรือไม่

27.1 ( ) เคย 27.2 ( ) ไม่เคย ☐ 51

28. ปัจจุบันในขณะที่ท่านกำลังเดินอย่างธรรมดาพร้อมกับคนอื่นๆบนพื้นราบ ท่านรู้สึกหายใจขัดหรือไม่

28.1 ( ) เคย 28.2 ( ) ไม่เคย ☐ 52

อาการหลอดลมอักเสบ

29. ท่านเคยเป็นโรคหลอดลมอักเสบบ้างหรือไม่

29.1 ( ) เคย 29.2 ( ) ไม่เคย 29.3 ( ) ไม่ทราบ ☐ 53

ใครบอกว่าท่านเป็นโรคนี้

( ) แพทย์ ( ) คนอื่นๆ ระบุ..... ☐ 54

30. ปัจจุบันท่านยังเป็นโรคนี้อยู่หรือเปล่า

30.1 ( ) เป็น 30.2 ( ) ไม่เป็น ☐ 55

สำหรับเจ้าหน้าที่กรอก

31. เท่าที่จำได้ในช่วงระยะเวลา 3 ปี ที่ผ่านมาท่านเคยมีอาการไอ และมีเสมหะตลอดทั้งวันเป็นระยะเวลาติดต่อกันบ้างหรือไม่ ☐ 56

31.1 ( ) เคย ระบุระยะเวลาที่มีติดต่อกัน..... ☐☐ 57-58

31.2 ( ) ไม่เคย

อาการหอบหืด

32. ท่านเคยมีอาการหอบหืดบ้างหรือไม่

32.1 ( ) เคย 32.2 ( ) ไม่เคย ( ข้ามไปทำข้อ 34) ☐ 59

33. ท่านมักจะมีอาการหอบหืดเมื่อใดบ้าง

33.1 ( ) เมื่อได้รับหรือสัมผัสกับฝุ่นละอองต่างๆ ☐ 60

33.2 ( ) เมื่ออากาศเปลี่ยนแปลง

33.3 ( ) อื่นๆ อธิบาย.....

ท่านเคยได้รับการรักษาในอาการต่างๆ ข้างล่างนี้จากแพทย์บ้างหรือไม่

| | | | |
|---|---|---|---|
| 34. ไอ | 34.1 ( ) เคย | 34.2 ( ) ไม่เคย | ☐ 61 |
| 35. เสมหะ | 35.1 ( ) เคย | 35.2 ( ) ไม่เคย | ☐ 62 |
| 36. หายใจขัด | 36.1 ( ) เคย | 36.2 ( ) ไม่เคย | ☐ 63 |
| 37. หอบหืด | 37.1 ( ) เคย | 37.2 ( ) ไม่เคย | ☐ 64 |

38. นอกจากอาการต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วนี้ ท่านมีโรคประจำตัว ( โรคที่เป็นเรื้อรังเป็นๆ หายๆ มากว่า 1 ปี) หรือโรคที่แพทย์บอกว่าเป็นบ้างหรือไม่ ☐ 65

38.1 ( ) มี เป็นโรค.....

38.2 ( ) ไม่มี

39. ท่านคิดว่าท่านเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจที่มีสาเหตุเนื่องจากฝุ่นปีละกี่ครั้ง ☐ 66

39.1 ( ) ไม่เคย

39.2 ( ) น้อยกว่า 5 ครั้ง

39.3 ( ) 5 ถึง 12 ครั้ง

39.4 ( ) มากกว่า 12 ครั้ง

40. ในแต่ละครั้งที่ท่านเจ็บป่วยเนื่องจากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น ท่านต้องเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาประมาณครั้งละเท่าใด(บาท)

.....บาท

41.ท่านคิดว่าท่านจะยอมเสียค่าใช้จ่ายเท่าใดเพื่อที่จะสามารถป้องกันไม่ให้เกิดการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจเนื่องจากฝุ่น(บาท)ต่อปี

.....บาท

☐☐☐☐☐ 67-71

☐☐☐☐☐ 72-76

**ส่วนที่ 6 ผลการตรวจ**

42. ผลการตรวจสมรรถภาพปอด

FEV1.....%

FVC.....%

FEV1/ FVC.....%

MMEF.....%

43. ผลการตรวจภาพรังสีปอด

☐☐/ ☐☐

☐☐

44. ผลการตรวจด้วย Gamma Camera

## ภาคผนวก ข.

## การวิเคราะห์ร้อยละของซิลิกาในห้องปฏิบัติการ

วิธีของ National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH Method 7601)

**สารเคมี (Reagents)**

1.น้ำกลั่นที่ไม่มีซิลิกา บรรจุในภาชนะโพลีเอทธิลีน

2. Nitric acid, conc. ($HNO_3$)

3. Perchloric acid, conc. ($HCLO_4$)

4. กรดกัดแก้ว Hydrofluoric acid,48% (HF)

5. Orthophosphoric acid, 85% ($H_3PO_4$)

6. กรดเกลือ Hydrochloric acid (HCL) 1:10 หรือ 10% ในน้ำกลั่น

7. กรดกำมะถัน Sulfuric acid, 10 N.($H_2SO_4$)

ค่อยๆ เติม $H_2SO_4$ 555 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่นประมาณ 1.3 ลิตร บรรจุอยู่ในขวดรูปกรวยทนความร้อน (แช่อยู่ในน้ำเย็น) ทำให้เย็น เติมน้ำกลั่นให้ครบ 2 ลิตร

8. Boric acid solution,5%

ชั่ง Boric acid 200 กรัม ละลายด้วยน้ำอุ่น 4 ลิตร ทำให้เย็น นำไปกรองผ่านกระดาษกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร กรองใช้ระบบสูญญากาศ เก็บไว้ในภาชนะโพลีเอทธิลีน

9. Molybdate reagent.

ละลาย ammonium molybdate tetrahydrate 50 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ 400 มิลลิลิตร ค่อยๆ เติม $H_2SO_4$ อย่างช้าๆ 50 มิลลิลิตร ทำให้เย็น เติมน้ำให้ปริมาตรครบ 500 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดพลาสติกระวังไม่ให้ถูกแสง

10. Reducing solution.

10.1 ละลาย sodium bisulfite 9 กรัม ในน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร

10.2 ละลาย anhydrous sodium sulfite 0.7 กรัม และ 1-amino-2-naphthol-4-sulfonic acid 0.15 กรัม ในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร

นำสารละลายใน 10.1 และ 10.2 มารวมกัน เติมน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร ใช้ได้นานประมาณ 1 เดือนถ้าเก็บไว้ในตู้เย็น

11. Silica stock standard, 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ละลายตวอร์ซ 250 มิลลิลิตร ใน 48% HF จำนวน 10 มิลลิลิตร ทำให้ปริมาตรครบ 500 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นเก็บไว้ในภาชนะโพลีเอทธิลีน

**เครื่องมือ (Equipment)**

1. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ความยาวคลื่นที่ 420 และ 820 นาโนเมตร พร้อมกับ cuvettes ขนาด 1 เซนติเมตร
2. ชุดกรองสาร ประกอบด้วยกระดาษกรอง MCE ( Mixed Cellulose Ester )ขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร , filter funnel , including membrane mount และขวดรูปกรวย
3. เครื่องดูดอากาศระบบสูญญากาศ
4. นาฬิกาจับเวลา
5. อ่างน้ำ ควบคุมอุณหภูมิที่ 40$^{0}$C
6. เตาความร้อน (Hotplate) มีอุณหภูมิที่ผิวหน้า 150 $^{0}$C
7. beakers ชนิดพลาสติก ขนาด 125 มิลลิลิตร
8. กระบอกตวง หรือ ปิเปตขนาด 10 และ 20, 25 มิลลิลิตร
9. กระบอกตวง หรือ ปิเปต ชนิดโพลีเอทธิลีน ขนาด 5 มิลลิลิตร และขนาด 100 มิลลิลิตร
10. Buret ชนิดโพลีโพรไพลีน ขนาด 10 มิลลิลิตร
11. beakers ชนิดแก้ว ขนาด 100 มิลลิลิตร และขนาด 1 ลิตร
12. แท่งคนพลาสติก
13. แผ่นพลาสติกโพลีเอทธิลีน
14. ขวดโพลีเอทธิลีน สำหรับใส่น้ำกลั่น, boric acid และ สารละลายมาตรฐาน

**การเตรียมตัวอย่าง (Sample preparation)**

1. นำกระดาษกรองที่ต้องการวิเคราะห์ %$SiO_2$ ใส่ Beaker เติม conc.$HNO_3$ 3-4 มิลลิลิตร,ตั้งบนเตาความร้อนจนควันสีน้ำตาลหมดลง เติม conc.$HNO_3$ 2 มิลลิลิตร เผาให้แห้งจนเป็นเถ้าสีขาว (ถ้าเป็นกระดาษกรอง PVC ให้เติม conc.$HCLO_4$ 2 มิลลิลิตรและให้ความร้อน)
2. เติม 85% $H_3PO_4$ 25 มิลลิลิตร
3. ให้ความร้อน 240 $^{0}$C เป็นเวลา 8 นาที แกว่งภาชนะประมาณ 1 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำอุ่น (60-70 $^{0}$C) ประมาณ 125 มิลลิลิตร คนให้ผสมกันดี
4. กรองสารละลายในข้อ 3. ผ่านกระดาษกรองขนาด 47 มิลลิเมตร ล้างด้วย 1:10 HCL
5. นำกระดาษกรองในข้อ 4. ใส่ beaker พลาสติกขนาด 150 มิลลิลิตร เติม 48% HF 0.5 มิลลิลิตร บนผิวกระดาษกรอง ปิดปากภาชนะด้วยแผ่นโพลีเอทธิลีน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

**การวัด Spectrophotometer**

6. เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร
7. เติม boric acid solution 50 มิลลิลิตร คนให้ผสมกัน ปิดปากภาชนะด้วยแผ่นพลาสติก
8. ให้ความร้อนแก่สารตัวอย่างในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 40 $^0$C เป็นเวลา 10 นาที
9. เติม molybdate reagent 4 มิลลิลิตร คนทิ้งจังหวะการเติมให้เหมาะสม
   หลังจากเติม molybdate reagent 20 นาที เติม 10 N. $H_2SO_4$ 20 มิลลิลิตร คนตลอดเวลา
10. สังเกตสีของสารละลาย
   ก. ถ้าสารละลายมีสีเหลือง ให้นำไปวัดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ 420 นาโนเมตร ภายใน 2 นาที หลังจากเติมกรด เทียบกับน้ำกลั่น
   ข. ถ้าไม่มีสี ทิ้งไว้ 2-5 นาที เติม reducing solution 1 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 20 นาที วัดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ 820 นาโนเมตร
11. บันทึกค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง(Sample) และสารเปรียบเทียบ(Blank) เทียบกับสารมาตราฐาน(Standard)

**การเตรียมสารละลายมาตรฐาน**

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน ในช่วงของ silico-molybdate

ก. เติม silica stock standard 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จำนวน 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มิลลิลิตร ลงในภาชนะพลาสติกใบที่ 0,1,2,3,4,5 และ 6 ตามลำดับ เติมน้ำกลั่นจำนวน 25, 24, 23, 22, 21, 20, 19 มิลลิลิตร ตามลำดับ จะได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เท่ากันทุกใบ โดยมีซิลิกาความเข้มข้น 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 มิลลิกรัม ตามลำดับ

ข. นำไปวิเคราะห์พร้อมสารตัวอย่าง และสารเปรียบเทียบ เริ่มทำต่อในข้อ 7 ไปจนถึง 10.ก

ค. สร้างกราฟระหว่าง การดูดกลืนแสง (absorbance)กับ $SiO_2$(มิลลิกรัม)

2. เตรียมสารละลายมาตรฐาน ในช่วง molybdenum blue range

pipet silica stock standard 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จำนวน 4 มิลลิลิตร ในขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร จะได้ silica standard ที่มีความเข้มข้น 0.02 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร หรือ 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

ก. pipet silica ความเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จำนวน 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มิลลิลิตร ลงในภาชนะพลาสติกใบที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ เติมน้ำกลั่นจำนวน 25, 24, 23, 22, 20, 19 มิลลิลิตร ตามลำดับ จะได้ ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120 ไมโครกรัม ตามลำดับ

ข. นำไปวิเคราะห์ ในข้อ 7 จนถึงข้อ 10.ข

ค. สร้างกราฟระหว่าง การดูดกลืนแสง (absorbance) กับ $SiO_2$(ไมโครกรัม)

**การคำนวณ**

$SiO_2$ (ไมโครกรัม) = $SiO_2$ Sample(ไมโครกรัม) - $SiO_2$ Blank(ไมโครกรัม)

$$\% SiO_2 = \frac{\text{conc.}SiO_2 \text{ (ไมโครกรัม)}}{\text{น้ำหนักฝุ่น (ไมโครกรัม)}} \times 100$$

นำค่า $\%SiO_2$ ของตัวอย่าง มาเข้าสูตรเพื่อหาค่ามาตรฐาน

หาค่ามาตรฐานจากสูตร

$$\text{PEL for respirable crystalline silica (quartz)} = \frac{10 \text{ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร}}{\% SiO_2 + 2}$$

หาค่าปริมาณฝุ่นจากสูตร

$$\text{ปริมาณฝุ่น (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)} = \frac{\text{น้ำหนักฝุ่น (ไมโครกรัม)}}{\text{ปริมาตรอากาศ(ปรับเทียบแล้ว) (ลิตร)}}$$

ปริมาตรอากาศ (ลิตร) = อัตราไหลมาตรฐาน (ลิตรต่อนาที) × เวลา(นาที)

$$\text{อัตราไหลมาตรฐาน} = Qs \times \frac{Ps}{Ts} \left( \frac{Tstd}{Pstd} \right)$$

Qs = อัตราไหลของเครื่อง (ลิตรต่อนาที)

Ps = ความดัน(มิลลิเมตรปรอท) ณ.จุดที่เก็บตัวอย่าง

Ts = อุณหภูมิ( K ) ณ.จุดที่เก็บตัวอย่าง

Pstd = ความดันมาตรฐานที่ 760 มิลลิเมตรปรอท

Tstd = อุณหภูมิมาตรฐานที่ 298 K

นำค่ามาตรฐานเปรียบเทียบกับปริมาณฝุ่นโดย

ปริมาณฝุ่น - ค่ามาตรฐาน = ค่าเกินมาตรฐาน

## ภาคผนวก ค.
## ฟิสิกส์เบื้องต้นทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์

### โครงสร้างอะตอม

อะตอมเป็นส่วนประกอบที่เล็กที่สุดของสสาร อะตอมประกอบด้วย นิวเคลียสและกลุ่มของอิเลคตรอนที่วิ่งอยู่รอบๆนิวเคลียส นิวเคลียสประกอบด้วยนิวตรอนและโปรตอน ซึ่งรวมเรียกว่า นิวคลีออน ทั้งนิวตรอนและโปรตอนมีมวลเท่ากัน ในขณะที่มวลของอิเลคตรอนน้อยกว่าประมาณ 1835 เท่า นิวตรอนไม่มีประจุไฟฟ้าส่วนโปรตอนมีประจุ +1 และอิเลคตรอนมีประจุเป็น -1 ดังนั้นถ้าอะตอมใดที่มีจำนวนอิเลคตรอนครบสมบูรณ์จะมีคุณสมบัติเป็นกลาง

อิเลคตรอนวิ่งรอบนิวเคลียสที่ระดับพลังงานต่างๆที่เรียกว่า วงโคจร แต่ละอิเลคตรอนจะวิ่งอยู่ในระดับพลังงานใดขึ้นกับปริมาณพลังงานของอิเลคตรอนนั้น อิเลคตรอนในวงโคจรชั้นในสุดจะมีแรงดึงดูดสูงสุดเนื่องจากอยู่ใกล้นิวเคลียสมากที่สุด ขณะที่อิเลคตรอนในวงโคจรชั้นนอกจะถูกดึงดูดไว้อย่างหลวมๆ ทำให้อิเลคตรอนในวงโคจรนี้หลุดออกจากอะตอมได้ง่ายทำให้การเกิดกระบวนการที่เรียกว่า ionization เป็นผลทำให้อะตอมเปลี่ยนสถานะภาพจากเดิมเป็นกลาง กลายเป็นประจุบวกเนื่องจากสูญเสียอิเลคตรอน สัญลักษณ์ของอะตอมเขียนได้ดังนี้

$${}^{A}_{Z}X$$

โดย X คือ สัญลักษณ์ของธาตุ

A คือ มวลอะตอม ( Mass number )

Z คือ เลขอะตอม ( Atomic number )

นิวเคลียสกับอิเลคตรอนในวงโคจรรวมเรียกว่า นิวไคลด์ จะมีอยู่ประมาณ 1500 นิวไคลด์ ซึ่งส่วนมากอยู่ในสภาวะไม่เสถียรโดยปล่อยพลังงานหรือ subatomic particles ออกมาเพื่อทำให้อะตอมอยู่ในสภาวะเสถียร การที่อะตอมอยู่ในสภาวะไม่เสถียรเป็นกระบวนการพื้นฐานของการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี นิวไคลด์ที่มีคุณสมบัติเป็นสารกัมมันตรังสีเรียกว่า ราดิโอนิวไคลด์ (Radionuclides) หรือ สารกัมมันตรังสี (Radioactivity)

สารกัมมันตรังสีหรือราดิโอนิวไคลด์จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. ประเภทที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เนื่องจากภายในอะตอม อนุภาคต่างๆจะมีการเคลื่อนไหวด้วยอัตราที่คงที่ ซึ่งการเคลื่อนไหวภายในนี้ทำให้เกิดการชนกันระหว่างนิวคลีออนและเกิดการถ่ายเทพลังงานไปสู่นิวคลีออนอื่นๆ การถ่ายเทพลังงานบางครั้งทำให้นิวคลีออนมีพลังงานมากกว่าพลังงานยึดเหนี่ยว ทำให้อนุภาคหลุดออกจากนิวเคลียสทำให้จำนวนโปรตอนและนิวตรอนลดลงเพื่อรักษาสภาวะเสถียร

2. ประเภทที่มนุษย์ผลิตขึ้น ราดิโอนิวไคลด์ที่ผลิตขึ้นจะเหมือนกับสารกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ การผลิตทำโดย นำเอานิวไคลด์ที่อยู่ในสภาวะเสถียรมา bombard ด้วยอนุภาคที่มีพลังงานสูงเช่น นิวตรอน โปรตอน ดิวเทอรอน หรืออนุภาคอัลฟา ซึ่งอนุภาคเหล่านี้จะถูกดูดกลืนเข้าไปในนิวเคลียสของสารเป้าหมายและทำให้อัตราส่วนของโปรตอนและนิวตรอนเปลี่ยนไป พลังงานยึดเหนี่ยวในนิวเคลียสเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นผลให้อนุภาคหลุดออกมาเกิดเป็นสารกัมมันตรังสี

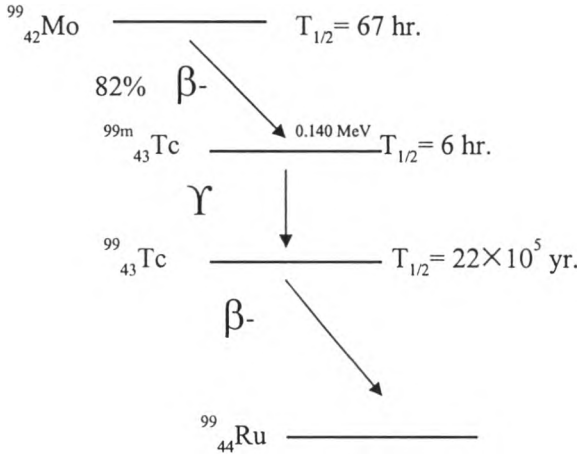
Isomeric transition เป็นสภาวะที่สารกัมมันตรังสีเปลี่ยนจาก nuclear isomer หนึ่งไปเป็นอีก isomer หนึ่งที่มีพลังงานต่ำกว่า โดยสภาวะนี้เกิดในกระบวนการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี เช่น molybdenum-99 ( $^{99}Mo$ ) สลายตัวให้ทั้งอนุภาคเบตาและรังสีแกมมาและกลายเป็น technetium-99m ( $^{99m}Tc$) เมื่อ $^{99}Mo$ ปล่อยอนุภาคเบตาและ neutrino จะกลายเป็น $^{99m}Tc$ ซึ่งนิวเคลียสของ $^{99m}Tc$ นี้จะอยู่ในสภาวะที่ไม่เสถียร โดยเป็นสภาวะกึ่งเสถียร ซึ่งจะใช้สัญลักษณ์ “m” แทน ดังสมการ

$$^{A}_{Z}M \longrightarrow {}^{A}_{Z}M + \gamma$$

$$^{99m}_{43}Tc \longrightarrow {}^{99}_{43}Tc + \gamma$$

**แผนผังการสลายตัว ( Schematics of Radioactive Decay )**

$^{99}Mo$ จะปล่อยอนุภาคเบตาออกมาและกลายเป็น $^{99m}Tc$(82%) ต่อจากนั้น $^{99m}Tc$ให้รังสีแกมมาพลังงาน 140 MeV ออกมา และเปลี่ยนสภาวะกลับเป็น $^{99}Tc$ และสุดท้ายกลายเป็น $^{99}Ru$ ซึ่งเป็นธาตุที่อยู่ในสภาวะเสถียร




$^{99m}_{43}Tc$ เป็นไอโซโทปกับ $^{99}_{43}Tc$

ไอโซโทป (Isotopes) เป็นรูปแบบหนึ่งของธาตุเดียวกันที่มีเลขอะตอมเท่ากัน มวลอะตอมต่างกันแต่มีคุณสมบัติทางเคมีเหมือนกัน ไอโซโทปมีทั้งสภาวะเสถียรและไม่เสถียร ธาตุเดียวกันมีได้หลายไอโซโทปที่อยู่ในสภาวะไม่เสถียรและมีคุณสมบัติทางกัมมันตรังสีไม่เหมือนกัน เช่น ไอโซโทปของธาตุไฮโดรเจนและธาตุเทคนีเซียม

Physical half-life ($T_{1/2}$) หมายถึงระยะเวลาที่ทำให้จำนวนของอะตอมลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของจำนวนอะตอมที่จุดเริ่มต้นในการสลายตัว อัตราการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีแต่ละชนิดจะคงที่ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิหรือสิ่งแวดล้อม และสารกัมมันตรังสีแต่ละตัวจะมีอัตราการสลายตัวไม่เท่ากัน สัดส่วนของจำนวนอะตอมที่เหลืออยู่หลังจากการสลายตัวต่อหน่วยเวลานี้เรียกว่า decay constant ($\lambda$)

Biological half-life ($T_b$) หมายถึงเวลาที่ร่างกายขับสารกัมมันตรังสีออกจากร่างกายเป็นจำนวนครึ่งหนึ่งของปริมาณทั้งหมดที่เข้าไปในร่างกาย ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกขับออกทางปัสสาวะ ลมหายใจออก และเหงื่อ ค่า biological half-life จะมีบทบาทสำคัญในการคำนวณหาอันตรายที่ได้รับจากการได้รับสารกัมมันตรังสีเข้าไปภายในร่างกายและตกค้างอยู่ซึ่งทำให้เกิดผลทางชีวภาพ

Average half-life ($T_{avg}$) หมายถึง อายุเฉลี่ย สามารถคำนวณได้จาก

$$T_{avg} = 1.44 \times T_{1/2}$$

ในการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีจะแสดงถึงการสลายตัวทางกายภาพแต่ไม่ได้แสดงถึงการสลายตัวทางชีววิทยา ( biological radioactive decay)ดังนั้น decay constant ที่เป็นผลรวมระหว่าง physical และ biological เรียกว่า effective decay constant

หน่วย (Unit) ปริมาณสารกัมมันตรังสีจะแสดงเป็นจำนวนของอะตอมที่ปล่อยออกมาต่อหน่วยเวลา มี 2 หน่วยคือ คูรี (curie: Ci) และ เบคเคอเรล (bequerel:Bq) โดยที่กำหนดให้สารกัมมันตรังสีสลายตัวให้อะตอมออกมา $3.7 \times 10^{10}$ disintegrations per second (dps)

ตารางที่ ค.1 แสดงหน่วยนับวัดสารกัมมันตรังสี

| หน่วย | Disintegration per second(dps) | Bequerels(Bq) |
|---|---|---|
| Curie (Ci) | $3.7 \times 10^{10}$ | 37 GBq |
| Millicurie (mCi) | $3.7 \times 10^{7}$ | 37 MBq |
| Microcurie ( $\mu$Ci) | $3.7 \times 10^{4}$ | 37 KBq |
| Nanocurie (nCi) | $3.7 \times 10$ | 37 Bq |

หัววัดรังสีมี 2 ประเภท

1.Gas-filled detectors หัววัดรังสีชนิดนี้ที่นิยมใช้ในงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์ได้แก่ radionuclide dose calibrators ซึ่งใช้วัด activity ของสารกัมมันตรังสี

2.Scintillation detectors แบ่งออกเป็น Liquid scintillation detector และ Crtstal detector

Anger Scintillation Camera หรือ แกมมา คาเมร่า (Gamma Camera)

เป็นเครื่องถ่ายภาพแบบ 2 มิติ ซึ่งนิยมใช้กันมากในปัจจุบัน มีส่วนประกอบและหลักการทำงานดังรูปที่ เมื่อรังสีแกมมาจากแหล่งกำเนิดรังสีหรือผู้ป่วยผ่าน collimator เข้าไปตกกระทบกับผลึก Nal(Tl) จะเกิดปฏิกิริยาเรืองแสงเกิดขึ้นในผลึกโดยมีขอบเขตของการเรืองแสงเหมือนกับการกระจายของสารกัมมันตรังสีในผู้ป่วย แสงที่เกิดขึ้นจะผ่านไปที่หลอด PM ที่เรียงรายอยู่ด้านหลังผลึก โดยที่มีวงจรอิเลคทรอนิกส์ที่เรียก position logic circuils คำนวณหาตำแหน่งของการเรืองแสงที่เกิดขึ้นในผลึก สัญญานที่ได้จะถูกคัดเลือกในวงจร pulse height analyzer และนำไปแสดงผลบนจอภาพ (cathode ray tube:CRT) ภาพที่แสดงจะมีตำแหน่งและรูปร่างสอดคล้องกับการกระจายของสารกัมมันตรังสีในผู้ป่วย

เครื่องแกมมา คาเมร่า ประกอบด้วยหัววัดรังสีที่ประกอบด้วยผลึก Nal(Tl) หนาประมาณ 0.95-1.25 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 30-50 เซนติเมตร การที่เครื่องแกมมา คาเมร่า มีผลึกขนาดบางเนื่องจากให้ spatial resolution และรายละเอียดของภาพดีกว่าถึงแม้จะมีประสิทธิภาพของการนับวัดลดลงก็ตาม ด้านหน้าผลึกจะมี collimator ซึ่งทำด้วยแผ่นตะกั่วหนาประมาณ 0.5-2 นิ้ว มีลักษณะเป็นรูเล็กเรียงต่อกัน สำหรับทำหน้าที่ยอมให้รังสีที่ผ่านเข้ามาในรูเท่านั้นที่จะเข้ามาทำปฏิกิริยากับผลึกได้ นอกนั้นจะถูกดูดกลืนไว้ในผนังกั้นระหว่างรู (septum) หมด

Collimator มีหลายชนิดแล้วแต่ละจุดประสงค์ของการถ่ายภาพแต่ที่ใช้ทั่วไปจะเป็นชนิด parallel hole collimator โดยลักษณะของรูจะเรียงขนานกันและตั้งฉากกับผิวหน้าของผลึก ขนาดของภาพที่ได้จะเหมือนกับขนาดของวัตถุ

หลอด PM จะวางเรียงรายโดยประกบติดกับด้านหลังของผลึกด้วย grease หรือซิลิโคนเหลว ในปัจจุบันเครื่องแกมมา คาเมร่า จะมีหลอด PM ประมาณ 50-60 หลอด ลักษณะด้านหน้าของหลอด PM อาจเป็นรูปวงกลม สี่เหลี่ยม หรือหกเหลี่ยม(เป็นแบบที่ดีที่สุด) แต่ละหลอด PM จะมีวงจรอิเลคทรอนิกส์ในการวิเคราะห์สัญญาณเชื่อมต่ออยู่ ได้แก่ preamplifier, pulse height analyzer , autotuning และ pulse pileup rejection เป็นต้น เพื่อทำให้การบิดเบี้ยวของสัญญาณที่เกิดจากสายเคเบิลมีน้อยที่สุด ผลึก Nal(Tl) และ หลอดPM พร้อมทั้งวงจรอิเลคทรอนิกส์จะบรรจุรวมกันอยู่ในหัววัดรังสีซึ่งทำด้วยวัสดุป้องกันแสงและรังสีรั่วเข้าไป

เมื่อมีการเรืองแสงเกิดขึ้นที่ผลึก NaI(Tl) หลอด PM แต่ละหลอดที่ได้รับโฟตอนแสงจะทำการขยายสัญญาณ ซึ่งสัญญาณที่ได้จากหลอด PM แต่ละหลอดจะไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นกับตำแหน่งของหลอด PM ว่าหลอดใดจะอยู่ใกล้ตำแหน่งที่รังสีมาตกกระทบมากที่สุด หลอดนั้นจะให้สัญญาณที่มีความสูงมากที่สุด (เป็นสัดส่วนกับจำนวนโฟตอนที่ได้รับ) สัญญาณที่ได้จะถูกวิเคราะห์หาตำแหน่งของการเรืองแสงโดยวงจร position logic circuit ดังนั้นแต่ละสัญญาณที่ผ่านวงจรนี้ออกมาจะมีสัญญาณ X ที่บอกตำแหน่งในแนวแกน X และสัญญาณ Y บอกถึงตำแหน่งในแนวแกน Y นอกจากนี้จะมีสัญญาณ Z ที่เป็นสัญญาณที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานของรังสีที่เข้ามา ซึ่งสัญญาณ Z นี้จะถูกส่งไปวิเคราะห์ยังส่วนคัดเลือกสัญญาณ

สัญญาณ Z ที่ได้จะผ่านเข้าไปยังส่วนคัดเลือกสัญญาณ pulse height analyzer โดยในปัจจุบันบนแผงควบคุมของเครื่องจะมีปุ่มกดให้เลือกค่าพลังงานของสารกัมมันตรังสีชนิดต่างๆ พร้อมทั้งแสดง energy spectrum ผู้ใช้สามารถกำหนดขอบเขตของพลังงานที่จะนำมาถ่ายภาพโดยที่พยายามจะตัดส่วนที่มาจาก scatter radiation ให้มากที่สุด นั่นคือ กำหนด window ให้แคบที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความสม่ำเสมอของภาพเป็นหลัก ซึ่งในปัจจุบันจะใช้ window ประมาณ 10%-15% เมื่อคัดเลือกสัญญาณเรียบร้อยแล้ว สัญญาณจะถูกส่งไปแสดงยังจอแสดงภาพ (monitor) โดยมีสัญญาณ X และ Y เป็นสัญญาณกำหนดตำแหน่ง

คุณภาพของภาพถ่ายทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์มีความสำคัญต่อการวินิจฉัยโรค โดยในที่นี้จะกล่าวถึงเรื่องของ Noise

Noise หมายถึง การแปรปรวนของการนับวัดหรือสิ่งรบกวนที่ทำให้คุณภาพของภาพถ่ายลดลง การที่สารกัมมันตรังสีสลายตัวให้รังสีแกมมาแบบ random ทำให้ไม่ทราบจำนวนรังสีแกมมาที่แน่นอน ดังนั้นค่าที่วัดได้จะเป็นค่านับวัดเฉลี่ย ความน่าเชื่อถือของค่านับวัดจะขึ้นกับจำนวนค่านับวัดสะสมหรือเวลาที่จะทำให้ได้จำนวนค่านับวัดสะสมเพียงพอเพื่อขจัด noise ที่เข้ามารบกวนการนับวัด

Noise ในระบบนับวัด

ดังที่กล่าวแล้วว่าจำนวนรังสีแกมมาที่ปล่อยออกมาต่อหน่วยเวลานั้นเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและจำนวนค่านับวัดที่ได้จะไม่เท่ากัน ถึงแม้ว่าใช้เวลาในการนับวัดเท่ากันก็ตาม ดังนั้นจากการที่จำนวนรังสีแกมมาที่ได้จากการสลายตัวแบบเป็น Poisson distribution ข้อผิดพลาดของการนับวัด (standard deviation หรือ standard error:$\sigma$ ) จะได้จาก

$$\sigma = \sqrt{N}$$

โดยที่ N คือจำนวนรังสีแกมมาที่วัดได้(count)

ถ้าค่านับวัดเฉลี่ย = 100 โดย $\sigma$ จะมีค่าเท่ากับ $\sqrt{100}$ =10 ดังนั้นค่านับวัดที่ได้มีข้อผิดพลาด ±10 counts จาก Poisson distribution ด้วยความเชื่อมั่น 68% (1 $\sigma$ ) ค่านับวัดที่ได้แต่ละครั้งจะตกอยู่ในช่วง 90-100 count หรืออีกนัยหนึ่งถ้าทำการวัดสารกัมมันตรังสีที่ให้รังสีแกมมาออกมา 100 count เป็นจำนวน 100 ครั้งซึ่งในการวัดจำนวน 68 ครั้งจะได้ค่านับวัดมีค่าระหว่าง 90-110 counts ส่วนอีก 32 ครั้งจะมีค่านับวัดในช่วงอื่น สรุปได้ว่าถ้าทำการนับวัดและได้ค่านับวัดเท่ากับ 100 countsผู้ทำการนับวัดจะมีความเชื่อมั่นว่าถ้าทำการวัดจำนวน 68 ครั้ง ค่า countที่ได้จะมีค่าระหว่าง 90-110 counts นั่นคือ 100±10 counts นั่นเอง แต่ถ้าต้องการความเชื่อมั่น 95% ค่านับวัดที่ได้จะมีค่าระหว่างค่านับวัดเฉลี่ย±2$\sigma$ ซึ่งเท่ากับ 100± 20 counts นั่นคือค่านับวัดที่ได้จะมีค่าระหว่าง 80-120 countsแต่ถ้าใช้ความเชื่อมั่น 99% จะได้ค่านับวัดมีค่าระหว่างค่านับวัดเฉลี่ย ±3$\sigma$ ซึ่งเท่ากับ 100 ±30 นั่นคือค่านับวัดมีค่าระหว่าง 70-130 counts จะเห็นได้ว่าค่านับวัดมากขึ้นเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดจะน้อยลง (ดังตารางที่ ค.2 ) ซึ่งเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดหาได้จาก $\sigma \times 100$ หรือ $\sqrt{N} \times \quad 100$

ในงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์โดยปกติจะให้มีข้อผิดพลาดจากการนับวัด ±2% นั่นคือค่านับวัดที่ใช้ควรมีค่าอย่างน้อยเท่ากับ 10,000 counts

ตารางที่ ค.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า counts กับเปอร์เซ็นต์ผิดพลาด

| จำนวนค่า count | 68% | เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด |
|---|---|---|
| 100 | ±10 | ±10.0 |
| 10,000 | ±100 | ±1.0 |
| 100,000 | ±317 | ±0.3 |

**ภาคผนวก ง.**

**การอ่านภาพถ่ายรังสีทรวงอก ตามมาตรฐาน ILO 1980**

ตารางแสดงรายละเอียดการลงบันทึกข้อมูลจากภาพถ่ายรังสีทรวงอก

ที่มา : สว่าง แสงหิรัญวัฒนา , 2537

| | รหัส | นิยาม |
|---|---|---|
| คุณภาพของฟิลม์ | 1<br>2<br>3<br>4 | ดี<br>ยอมรับได้เห็นลักษณะรอยโรค เพื่อที่แบ่งแยกลักษณะของภาพได้<br>คุณภาพไม่ดี แต่ก็ยังพอแบ่งแยกลักษณะของรอยโรคได้<br>ยอมรับไม่ได้ ไม่สามารถแบ่งแยกลักษณะของรอยโรคจากภาพรังสีนั้น |
| ความผิดปกติของเนื้อปอด<br>รอยปื้นเล็ก(small opacity)<br>ความหนาแน่น(Profusion)<br><br>Category 1<br>Category 2<br>Category 3 | 0/- 0/0 0/1<br>1/0 1/1 1/2<br>2/1 2/2 2/3<br>3/2 3/3 3/+ | Profusion หมายถึงจำนวนของรอยปื้นเล็กๆ ที่กลม (round)และเป็นเส้นไม่เรียบ(irregular) ต่อ 1 หน่วยพื้นที่ของปอดเมื่อเทียบกับภาพถ่ายรังสีทรวงอกที่ปกติ<br><br>0 คือ ไม่มีรอยปื้นเล็กๆ หรือหนาแน่นน้อยกว่า 1<br>1 คือ มีรอยปื้นเล็กๆ อยู่แต่จำนวนไม่มาก และยังเห็นรอยเส้นปกติ(normal marking)<br>2 คือ รอยปื้นเล็กๆ มีจำนวนมากขึ้น และมองเห็นรอยเส้นปกติ (normal marking)ไม่ชัด มีบางส่วนมองไม่เห็น<br>3 คือ มีรอยปื้นเล็กๆ จำนวนมาก จนมองไม่เห็นรอยเส้นปกติ(normal marking) |
| ขอบเขต | RU RM RL<br>LU LM LL | โดยแบ่งตำแหน่งรอยโรคว่าอยู่ข้างขวา(R) หรือข้างซ้าย (L)และแต่ละข้างจะถูกแบ่งย่อยเป็นส่วนบน(U) ส่วนกลาง(M) และส่วนล่าง(L) |

| | รหัส | นิยาม |
|---|---|---|
| รูปร่างและขนาด<br>กลม(round) | p/p q/q r/r | p คือ รอยโรครูปร่างกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง ไม่เกิน 1.5 มม<br>q คือ รอยโรคที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 1.5-3 มม.<br>r คือ รอยโรคที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 3-10 มม. |
| เส้นไม่เรียบ(irregular) | s/s t/t u/u | s คือ รอยโรคที่เป็นเส้นไม่เรียบ และมีความกว้าง ไม่เกิน 1.5 มม.<br>t คือ รอยโรคที่เป็นเส้นไม่เรียบ และมีความกว้าง อยู่ระหว่าง 1.5-3 มม<br>u คือ รอยโรคที่เป็นเส้นไม่เรียบ และมีความกว้าง อยู่ระหว่าง 3-10 มม. |
| ผสม | p/s p/t p/u p/q p/r<br>q/s q/t q/u q/q q/r<br>r/s r/t r/u r/q r/r<br>s/p s/q s/r s/t s/u<br>t/p t/q t/r t/s t/u<br>u/p u/q u/r u/s /t | โดยจะบันทึกลักษณะปื้นที่มีความหนาแน่นมากที่สุดก่อนตามด้วยลักษณะปื้นที่มีความหนาแน่นรองลงมา |
| รอยปื้นใหญ่(large opacity) | A B C | A หมายถึง ปื้นที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 10-50 มม.หรือปื้นขนาด 10 มม. หลายปื้นที่รวมกันแล้วยังไม่เกิน 50 มม.<br>B รอยปื้นอันเดียวหรือหลายอัน ซึ่งมากกว่า แต่รวมกันแล้วยังไม่มากกว่าพื้นที่ของปอดกลีบบนขวา<br>C รอยปื้นอันเดียวหรือหลายอัน ซึ่งรวมกันแล้วมากกว่าพื้นที่ปอดกลีบบนขวา |
| ความผิดปกติของเยื่อหุ้มปอด<br>ผนังทรวงอก เยื่อหุ้มปอดหนา(chest wall)<br>ตำแหน่ง | R L | ระบุเยื่อหุ้มปอดหนาขึ้น ข้างขวา หรือข้างซ้าย ของปอด |

| | รหัส | นิยาม |
|---|---|---|
| ความกว้าง | a b c | a หมายถึง เยื่อหุ้มปอดที่หนาตัวขึ้น โดยวัดจากด้านข้างผนังทรวงอกเข้ามาถึงส่วนที่เป็นเงาทึบ และวัดส่วนที่กว้างที่สุดและมี ความกว้างประมาณ 5 มม.<br>b หมายถึง เยื่อหุ้มปอดที่หนาตัวขึ้น และมีความกว้างที่สุดระหว่าง 5-10 มม.<br>c หมายถึง เยื่อหุ้มปอดที่หนาตัวขึ้น และมีความกว้างที่สุดมากกว่า 10 มม. |
| การมองด้านตรง(face on) | | Y(มี) N(ไม่มี) ถ้ามีฝ้าทึบถ้าเทียบกับปอดอีกข้าง โดย bronchovascular marking ไม่เห็นเหมือนเดิม แสดงว่ามีเยื่อปอดหนาขึ้น บ่อยครั้งไม่สามารถวัดความกว้างจากด้านข้างได้ แต่ถ้าเห็นด้านข้างหนาตัวขึ้นก็ให้วัด a, b, c ไปด้วย |
| เยื่อหุ้มปอดหนาบริเวณกะบังลม | มี(Y) ไม่มี(N)<br>ขวา(R)<br>ซ้าย(L) | |
| เยื่อหุ้มปอดหนาบริเวณ costophrenic angle | มี(Y) ไม่มี(N)<br>ขวา(R) ซ้าย(L) | |
| เยื่อหุ้มปอดมีแคลเซียมเกาะติดอยู่<br>ตำแหน่ง<br>ผนังทรวงอก<br>กะบังลม<br>ที่อื่น เช่นเยื่อหุ้มหัวใจ เมดิแอสตินั่ม | <br><br>ขวา(R) ซ้าย(L)<br>ขวา(R) ซ้าย(L)<br>ขวา(R) ซ้าย(L) | |
| ขอบเขต | 1 2 3 | 1 หมายถึง เยื่อหุ้มปอดที่มีแคลเซียมเกาะอยู่มีความกว้างรวมไม่เกิน 20 มม.<br>2 หมายถึง เยื่อหุ้มปอดที่มีแคลเซียมเกาะอยู่มีความกว้างรวมระหว่าง 20-100 มม.<br>3 หมายถึง เยื่อหุ้มปอดที่มีแคลเซียมเกาะอยู่มีความกว้างรวมมากกว่า 100 มม. |

| | รหัส | นิยาม |
|---|---|---|
| รอยโรคอื่นๆ | ax | การรวมตัวของปื้นเล็กๆ |
| | bu | ถุงลมโป่งผิดปกติ(bullae) |
| | ca | มะเร็งของปอด หรือเยื่อหุ้มปอด |
| | cn | ปื้นเล็กๆ ที่มีแคลเซียมเกาะอยู่ |
| | co | หัวใจมีขนาด หรือรูปร่างผิดปกติ |
| | cp | หัวใจข้างขวาโต(cor pulmonale) |
| | cv | โพรงอากาศ(cavity) |
| | di | การบิดเบี้ยวของอวัยวะในทรวงอก |
| | ef | น้ำในโพรงเยื่อหุ้มปอด(effusion) |
| | em | ถุงลมโป่งพอง(emphysema) |
| | es | แคลเซียมเกาะเป็นรูปเปลือกไข่(egg shell calcification) ที่ต่อมน้ำเหลืองขั้วปอด หรือ เมดิแอสตินั่ม |
| | fr | กระดูกซี่โครงหัก(fractured rib) |
| | hi | ต่อมน้ำเหลืองบริเวณขั้วปอด หรือ เมดิแอสตินั่มโต |
| | ho | ปอดโป่งพองเป็นลักษณะรังผึ้ง(honeycomb) |
| | id | เห็นกระบังลมไม่ชัดเจน(ill-defined diaphragm) |
| | ih | เห็นขอบเขตหัวใจไม่ชัดเจน(ill-defined heart outline) |
| | kl | มีเส้นเคอรี่(kerley line) |
| | od | มีความผิดปกติที่สำคัญอื่นๆ |
| | pi | เยื่อหุ้มปอดหนาบริเวณเมดิแอสตินั่ม หรือฟิชเช่อร์ ระหว่างส่วนของปอด(interiobar fissure) |
| | px | ลมในโพรงเยื่อหุ้มปอด |
| | rp | โรคปอดจากการทำงานร่วมกับรูมาตอยด์ (rheumatoid pneumoconiosis) |
| | tb | วัณโรค(tuberculosis) |

หมายเหตุ มี(Y) ไม่มี(N) เป็นส่วนที่จะบันทึกเพิ่มเติม โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีลักษณะรอยโรคที่ทำให้คิดถึงโรคอื่นๆ ที่ไม่ใช่โรคจากการทำงาน และถ้าคุณภาพของฟิลม์ไม่ดี ก็ควรจะบันทึกไว้ด้วย

## ภาคผนวก จ.

## เกณฑ์การวินิจฉัยโรคซิลิโคซิส

1. มีประวัติการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสฝุ่นซิลิกาอย่างชัดเจนและต่อเนื่องเป็นเวลาอย่างน้อย 5 ปี ตัวอย่างเช่น

-อุตสาหกรรมเหมืองสกัดหินแร่ต่างๆ

-วิศวกรรมด้านโยธาที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างด้วยหิน

-อุตสาหกรรมทำแก้ว เซรามิค ครก

-อุตสาหกรรมทำอิฐ กระเบื้องทนไฟ ฉนวนทนความร้อน

-อุตสาหกรรมยิงทราย ระเบิดหิน แต่งหิน ขัดหิน ขัดหม้อ

-อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำซีเมนต์

-อุตสาหกรรมโลหะและอโลหะ

2. มีความผิดปกติของภาพถ่ายรังสีทรวงอก โดยใช้ฟิลม์ขนาดมาตรฐาน พบลักษณะที่เข้าได้กับโรคซิลิโคซิสโดยอาศัยเกณฑ์มาตรฐานของ ILO (International Classification of Radiographs of Pneumoconiosis 1980) ตั้งแต่ 1/1 ขึ้นไปเช่น อาจจะเห็นเป็น small round nodular lesion และหรือ fibrosis กระจายไปทั่วปอดโดยเฉพาะที่ปอดส่วนบน ปอดส่วนล่าง หรืออาจจะมีหินปูนมาจับรอบๆ hilar node เป็นต้น

3. มีผลการวินิจฉัยทางพยาธิวิทยาของเนื้อปอดเข้าได้กับโรคซิลิโคซิส และหรือข้อมูลทางระบาดวิทยาสนับสนุนการวินิจฉัย

การวินิจฉัยโรคซิลิโคซิสต้องใช้ข้อมูล 2 ใน 3

## การประเมินค่าความเสื่อมของระบบการหายใจ

คำนิยาม ความเสื่อม ( impairment ) หมายถึงการสูญเสียสมรรถภาพการทำงานของปอดอันเกิดจากพยาธิสภาพในปอดซึ่งอาจจะผิดปกติเป็นการถาวรหรือชั่วคราว อาจคงที่หรือไม่คงที่ในขณะที่ทำการตรวจก็ได้ความเสื่อมดังกล่าวจะมีระดับความรุนแรงต่างกันไป

การประเมินค่าความเสื่อมของระบบการหายใจนั้นขั้นต้นจะต้องให้การวินิจฉัยโรคให้ถูกต้องเสียก่อนและผู้ป่วยควรได้รับการรักษามาแล้วอย่างเต็มที่ จากนั้นจึงจะประเมินความรุนแรงของความเสื่อมหลังสิ้นสุดการรักษาแล้วดังนี้

1.การสัมภาษณ์ประวัติและการตรวจร่างกาย

การซักประวัติและตรวจร่างกายของผู้ป่วยอย่างละเอียด โดยเฉพาะอาการและการแสดงที่เกี่ยวโยงกับระบบการหายใจรวมทั้งระบบอื่นที่เกี่ยวข้อง เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่าการประเมินความรุนแรงของความเสื่อมจะต้องอาศัยข้อมูลจากการตรวจทางสรีวิทยา อย่างไรก็ดีข้อมูลที่ได้จากการซักประวัติและตรวจร่างกายยังมีความจำเป็นโดยนำมาใช้เป็นข้อมูลเสริม

2. ภาพรังสีทรวงอก

ภาพรังสีทรวงอกขนาดมาตรฐานในท่า PA (Postero-Anterior) เป็นที่ยอมรับกันว่าความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำงานและความผิดปกติจากภาพรังสีทรวงอกนั้นมีไม่มาก นอกจากนี้ภาพรังสีทรวงอกยังไม่มีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของโรคของหลอดลม เช่น โรคหอบหืดจากการประกอบอาชีพ ดังนั้นภาพรังสีทรวงอกจึงเป็นเพียงองค์ประกอบหนึ่งเท่านั้นในการประเมินค่าความเสื่อม

3. การตรวจสมรรถภาพการทำงานของปอดด้วยเครื่อง Spirometer

การตรวจสมรรถภาพการทำงานของปอดเกี่ยวกับการหายใจ (ventilatory function) จะต้องใช้ spirometer ชนิดมาตรฐาน และจะต้องทำการตรวจอย่างน้อย 2 วิธีคือ

3.1 วัดปริมาตรความจุของปอด (forced vital capacity) หน่วยเป็นลิตร

3.2 วัดปริมาตรของอากาศที่สามารถหายใจออกได้เต็มที่ใน 1 วินาที (forced expiratory volume in one second, $FEV_1$) หน่วยเป็นลิตร

ผลของสมรรถภาพการทำงานของปอดเกี่ยวกับการหายใจที่วัดได้ทั้งสองวิธีนี้ควรใช้หน่วยเป็นลิตรและต้องเปรียบเทียบกับค่าปกติโดยคิดเป็นร้อยละของค่าปกติ โดยใช้สมการของ Lam หรือ Crapo หรือ Knudson หรือค่าปกติในคนไทยโดยใช้อายุ เพศ น้ำหนักและส่วนสูงของผู้ป่วยเป็นหลัก

4. การตรวจทางห้องปฏิบัติการอื่นๆ ตามความจำเป็น เช่น

4.1 การตรวจ complete blood count

4.2 การบันทึกคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

4.3 การตรวจวัดสมรรถภาพการทำงานของปอดอย่างอื่นเช่น arterial blood gases analysis, diffusion capacity, 6-minute exercise test

วิธีคำนวณการสูญเสียสมรรถภาพของระบบการหายใจที่เกิดจากโรคปอดจากการประกอบอาชีพเกี่ยวกับฝุ่นละอองสารอนินทรีย์หรือฝุ่นแร่ คิดการสูญเสียเป็นร้อยละของทั้งร่างกายโดยมีหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

ระดับที่ 1 มีการสูญเสียสมรรถภาพการทำงานของระบบการหายใจอย่างถาวร ร้อยละ 1-9 ของทั้งร่างกาย ซึ่งประกอบด้วย

1. ผู้ป่วยไม่มีอาการทางระบบการหายใจขณะพักแต่อาจมีอาการหอบเหนื่อยเกิดขึ้นเฉพาะขณะออกกำลังกายอย่างหนัก
2. ภาพถ่ายรังสีทรวงอกมักปกติ ในบางรายอาจพบเงาแผลเป็นหรือรอยโรคที่สงบแล้ว
3. ผลของการตรวจสมรรถภาพการทำงานของปอดเกี่ยวกับการหายใจหรือผลการตรวจสมรรถภาพการทำงานของปอดอื่นๆ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของค่าปกติ

ระดับที่ 2 มีการสูญเสียสมรรถภาพการทำงานของระบบหายใจอย่างถาวรร้อยละ 10-29 ของทั้งร่างกาย ซึ่งประกอบด้วย

1. ผู้ป่วยมักมีอาการเหนื่อยหอบเกิดขึ้นเมื่อออกแรง ส่วนใหญ่สามารถเดินบนที่ราบได้โดยไม่มีอาการผิดปกติ แต่จะมีอาการเหนื่อยหอบเกิดขึ้นเมื่อเดินบนที่ราบชันหรือเดินขึ้นบันได
2. ภาพถ่ายรังสีทรวงอกอาจปกติหรือผิดปกติก็ได้
3. ผลการตรวจสมรรถภาพการทำงานของปอดเกี่ยวกับการหายใจ เช่น FVC หรือผลการตรวจสมรรถภาพการทำงานของปอดอื่นๆ มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 60-79 ของค่าปกติ

ระดับที่ 3 มีการสูญเสียสมรรถภาพการทำงานของระบบการหายใจอย่างถาวร ร้อยละ 30-49 ของทั้งร่างกายซึ่งประกอบด้วย

1. อาการหอบเหนื่อยเกิดขั้นทุกครั้งที่ออกแรง ผู้ป่วยอาจเดินบนที่ราบได้ไกลถึง 1,600เมตร โดยไม่มีอาการหอบเหนื่อยเกิดขึ้น แต่ต้องเดินช้ากว่าคนปกติที่มีอายุใกล้เคียงกันและเพศเดียวกัน
2. ภาพถ่ายรังสีทรวงอกส่วนใหญ่มักผิดปกติ
3. ผลการตรวจสมรรถภาพการทำงานของปอดเกี่ยวกับการหายใจ เช่น FVC หรือผลการตรวจสมรรถภาพการทำงานของปอดอื่นๆ มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 51-59 ของค่าปกติ

ระดับที่ 4 มีการสูญเสียสมรรถภาพการทำงานของระบบการหายใจอย่างถาวรมากกว่าร้อยละ 50 ของทั้งร่างกาย ซึ่งประกอบด้วย

1. ผู้ป่วยหอบเหนื่อยตลอดเวลา หรือเมื่อออกแรงเพียงเล็กน้อย ในบางรายอาจเดินได้อย่างช้าๆ บนที่ราบระยะทางไม่เกิน 90 เมตร
2. ภาพถ่ายรังสีทรวงอกผิดปกติ
3. ผลการตรวจสมรรถภาพการทำงานของปอดเกี่ยวกับการหายใจ FVC หรือผลการตรวจสมรรถภาพการทำงานของปอดอื่นๆมีค่าเท่ากับร้อยละ 50ของค่าปกติหรือน้อยกว่านี้

## ภาคผนวก ฉ.

## ตารางการใช้ซิลิกาในอุตสาหกรรมและชนิดของซิลิกาที่ใช้

ที่มา : Patty,F.A.,ed. ,1958.

| Uses | Types |
|---|---|
| **Abrasives** | |
| In scouring and polishing soaps and powders | Quartz,quartzite,flint,chert,sandstone,sand, tripoli and diatomaceous earth; all in finely ground state |
| In sandpaper* | Quartz,quartzite,flint,sandstone and sand; coarsely ground and closely sized |
| In sand-blast work | Quartz,quartzite,sandstone and sand,crushed into sharp angular grains uniform in size |
| Metal buffing,burnishing and polishing | Ground tripoli and other forms of ground silica |
| For sawing and polishing marble, granite,etc. | Sharp,clean sand graded into various sizes |
| As whetstones,grindstones,buhrstones, pulpstones,oilstones,etc. | Massive sandstone from very fine- to moderately coarse-grained |
| Tube-mill lining | Chert,flint and quartzite in dense,solid blocks |
| Lithographers' graining sand | Medium to fine sand or rather coarsely ground silica and tripoli |
| Tube-mill grinding pebbles | Rounded flint pebbles |
| In tooth powder and pastes | Various forms of pure silica finely ground |
| Wood polishing and finishing | All form of silica ground to medium fineness |
| **Refractories** | |
| In making silica fire crick and other refractories | Fairly pure quartzite known as gannister;not less than 97 per cent SiO2 nor more than 0.40 per cent alkalies,tightly interlocking grains desired |

| Uses | Types |
|---|---|
| **Metallurgy** | |
| In making silicon, ferrosilicon and silicon alloys of other metals,such as copper | Moderately pure sand,massive crystalline quartz,sandstone,quartzite or chert |
| As a flux in smelting basic ores | Massive quartz and quartzite |
| Foundry-mold wash | Ground sandstone,quartz and tripoli |
| Foundry parting sand | Fine sand and ground tripoli |
| **Chemical industries** | |
| As a lining for acid towers | Massive quartz or quartzite |
| As a filtering medium | Massive diatomaceous earth and tripoli,sand, finely granular quartz or quartzite,finely ground tripoli,diatomaceous earth and other forms of silica |
| In the manufacture of sodium silicate | Pure pulverized quartz sand,pure tripoli and diatomaceous earth |
| In the manufacture of carborundum | Pure quartz sand |
| **Paint** | |
| As an inert extender | Finely ground crystalline quartz,quartzite and flint,also finely ground sandstone,sand and tripoli |
| **Mineral fillers** | |
| As a wood filler | Finely ground crystalline quartz,quartzite, flint,tripoli and other types of ground silica |
| In fertilizers | |
| In insecticides | Finely ground silica of all types |
| As a filler in rubber,hard rubber,pressed and molded goods,phonograph records,etc. | |
| In road asphalt surfacing mixtures | |

| Uses | Types |
|---|---|
| **Ceramics** | |
| In the pottery industry as an ingredient of bodies and glazes | Flint,tripoli and chert,and other amorphous silica preferred;also all other form of very pure silica,all finely ground |
| In the manufacture of ordinary glass | Pure quartz sand |
| In the manufacture of fused-quartz chemical apparatus,such as tubes,crucibles and dishes | Very pure massive quartz preferred |
| **Decorative materials** | |
| In the manufacture of gems,crystal balls, table tops,vases,statues,etc. | Rock crystal,amethyst,rose quartz,citrine quartz,smoky quartz,chrysoprase, agete, chalcedony,opal,onyx,sardonyx,jasper,etc. |
| **Insulation** | |
| Heat insulation for pipes,boilers,furnaces, kilns,etc. | Massive and ground diatomaceous earth |
| Sound insulation in walls,between floors, etc. | Massive and ground diatomaceous earth |
| **Structural materials** | |
| Sand-lime brick | Moderately pure,sharp,angular sand,preferably finer than 20-mesh,together with a small percentage of finely pulverized silica |
| **Optical quartz** | |
| For the manufacture of lenses and accessories for optical apparatus | Clear,colorless,flawless rock crystal or massive crystallized quartz |

* Many such papers use artificial abrasives today

## ภาคผนวก ช.

### การสุ่มจำนวนตัวอย่างในการการเก็บตัวอย่างอากาศ

ในการเก็บตัวอย่างอากาศแบบบุคคลที่ระดับการหายใจ ควรพิจารณาเลือกคนหรือกลุ่มคนที่มีความเสี่ยงมากที่สุด หรือสุ่มคนงานที่มีลักษณะการสัมผัสเหมือนๆกัน โดยอาศัยหลักทางสถิติของ National Institute of Occupational Safety and Health ดังตาราง ช.

ตาราง ช. จำนวนคนงานที่ต้องสุ่มเลือกจากแต่ละกลุ่มงาน โดยมีความเชื่อมั่น 90% ว่าคนงานที่สุ่มมานี้อย่างน้อยหนึ่งคนเป็นคนที่อยู่ในกลุ่ม 10% ที่สัมผัสฝุ่นมากที่สุดในสถานประกอบการนั้น

ที่มา : National Institute of Occupational Safety and Health , 1984

| จำนวนคนงาน ในกลุ่มงาน | จำนวนคนงาน ที่ต้องสุ่มเลือก | จำนวนคนงาน ในกลุ่มงาน | จ้านวนคนงาน ที่ต้องสุ่มเลือก |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 11-12 | 10 |
| 2 | 2 | 13-14 | 11 |
| 3 | 3 | 15-17 | 12 |
| 4 | 4 | 18-20 | 13 |
| 5 | 5 | 21-24 | 14 |
| 6 | 6 | 25-29 | 15 |
| 7 | 7 | 30-37 | 16 |
| 8 | 7 | 39-49 | 17 |
| 9 | 8 | 50 | 18 |
| 10 | 9 | $\alpha$ | 22 |

# ประวัติผู้เขียน

นางสาวภารดี โรจนะบุรานนท์ ภูมิลำเนาจังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาบัณฑิต วิชาเอกเคมี จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตบางเขน ในปีการศึกษา 2533 เคยทำงาน บริษัทเอส.จี.เอส.(ประเทศไทย)จำกัดเป็นเวลา 3 ปี และเข้าศึกษาต่อในระดับมหาบัณฑิตหลักสูตร สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2538