

**Oversigt over indhold for
Nuklearmedicin (modul 10-16)**

Modul 10: Intern dosimetri

Indhold:

Standard Human Phantoms.
MIRD.
Dosimetri ved radionuklid-terapi.

Forslag til litteratur:

IAEA: “Dosimetry for Radiopharmaceutical Therapy”, IAEA 2024. Link:
<https://www.iaea.org/publications/15002/dosimetry-for-radiopharmaceutical-therapy>

ICRP Publication 53, “Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals”, ICRP, 1987

ICRP Publication 53, Addendum 5, 6, 7, “Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals”, (2001)

ICRP Publication 80, “Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals”, 1997

M.G. Stabin, “Fundamentals of nuclear medicine dosimetry”, Springer, 2008.

H.N. Wagner, “Principles of Nuclear Medicine”, Saunders W.B. Co., 1995

E.M. Smith, “A Schema for Absorbed Dose Calculations for Biological Distributed Radionuclides”, MIRD Pamphlet no.1, 1968

M.G. Stabin, “MIRDOSE: Personal Computer Software for Internal Dose Assessment in Nuclear Medicine”, J.Nucl.Med., vol.37, no.3, side 538-546, 1996.
<https://jnm.snmjournals.org/content/jnumed/37/3/538.full.pdf>

M. G. Stabin, “OLINDA/EXM: The Second-Generation Personal Computer Software for Internal Dose Assessment in Nuclear Medicine”, Journal of Nuclear Medicine Vol. 46 No. 6 1023-1027, 2005. <https://jnm.snmjournals.org/content/46/6/1023>

P.B. Zanzonico. “Internal Radionuclide Radiation Dosimetry: A Review of Basic Concepts and Recent Developments”, Journal of Nuclear Medicine, vol. 41, no. 2, pp. 197-308, 2000. <https://jnm.snmjournals.org/content/jnumed/41/2/297.full.pdf>

Forslag til praksis/klinisk:

Beregninger med OLINDA program eller tilsvarende program.

Forslag til kursus:

”Biomedicinsk isotopteknik”, ved Århus Universitet.
”Kursus i radioaktive isotoper og ioniserende stråling” ved Københavns Universitet
”Radionuclide Therapy – Dosimetry”, EANM kursus

Varighed: 1 måned.

Modul 11: Fremstilling af radioaktive lægemidler

Indhold:

Tc-99 generatoren.
Rb-82 generator.
Ga-68 generator.
Produktion af PET-isotoper med cyklotron.
Valg af syntesevej.
Automatisering.
Kvalitetskontrol med HPLC, GC og spektroskopi.
Diagnostisk betydning af radiokemisk renhed og specifik aktivitet.
Principper for sterilt arbejde.
Kendskab til GMP/GLP-regler.

Forslag til litteratur:

H.N. Wagner, "Principles of Nuclear Medicine", Saunders W.B. Co. (1995)
S. R. Cherry et al, "Physics in Nuclear medicine", Saunders, 2012
G. B. Saha, "Fundamentals of Nuclear Pharmacy", Springer, 2018
Loch'h, Mazière, Comar. "A new generator for ionic gallium-68". J Nucl Med (1980) 21:171-173. <https://jnm.snmjournals.org/content/jnumed/21/2/171.full.pdf>
Y. Yano et al.: "A precision flow-controlled Rb-82 generator for bolus or constant-infusion studies of the heart and brain", J. Nuc. Medicine 22, 1006 (1981). <https://jnm.snmjournals.org/content/jnumed/22/11/1006.full.pdf>

Forslag til praksis/klinisk:

Produktion af udvalgte sporstoffer.
Besøg i nuklear medicinsk afdeling med egen radiokemiproduktion.

Forslag til kursus:

Varighed: 1 måned.

Modul 12: Apparaturlære

Indhold:

- Opbygning og funktion af forskellige detektortyper.
- Dosiskalibrator.
- Opbygning og funktion af gammakamera, SPECT og PET-scanner.
- Gammataæller.
- Procedurer for vedligeholdelse og kvalitetskontrol.

Forslag til litteratur:

- S. Webb, "The Physics of Medical Imaging", CRC Press, 2012
- S. R. Cherry et al, "Physics in Nuclear medicine", Saunders, 2012
- G. C. Hart, A. H. Smith, "Quality Standards in Nuclear Medicine", Institute of Physical Sciences in Medicine, Report no.65, 1992
- Magdy M et al., "Basic Science of PET Imaging", Springer 2017
- Glaudemans et al "Quality in Nuclear Medicine", Springer, 2017
- "Performance measurements of gamma cameras", NEMA NU-1, 2012
- "Performance Measurements of Positron Emission Tomographs", NEMA NU-2, 2018
- Wiki-bog om kvalitetskontrol af gammakameraer:
https://da.wikibooks.org/wiki/Kvalitetskontroller_for_gammakameraer

Forslag til praksis/klinisk:

- Deltagelse i indkøb, installation, modtagekontrol, indkøring, reparation og justering af apparatur til nuklearmedicinske undersøgelser.
- Udarbejdelse af lokale procedure for kvalitetskontrol.
- Besøg i anden afdeling for at opnå bredt kendskab til apparatur og metoder.

Forslag til kursus:

- "Biomedicinsk isotopteknik", ved Århus Universitet.
- "Kursus i radioaktive isotoper og ioniserende stråling" ved Københavns Universitet.

Varighed: 2 måneder

Modul 13: Biokinetik

Indhold:

Compartment-modeller.
Beregning af perfusion og metabolisme.
Forsinkelse og dispersion.
Ekstraktion (Renkin-Crone).
Metabolisering i organer og blod.
Receptorkinetik.
Renografi.

Forslag til litteratur:

J.H. Henriksen, S. Fuglsang, H.B.W. Larsen, ”Basal indikator teknik” (2011)
H.N. Wagner, “Principles of Nuclear Medicine”, Saunders W.B. Co. (1995)
S. R. Cherry et al, “Physics in Nuclear medicine”, Saunders, 2012
RS Lawson, “Application of mathematical methods in dynamic nuclear medicine studies “,
Phys. Med. Biol. 44 (1999) R57–R98
Zaidi H. “Tracer Kinetic Modeling in Nuclear Medicine: Theory and Applications”. In:
Zaidi H. (eds) “Quantitative Analysis in Nuclear Medicine Imaging”. Springer, Boston, MA
(2006). Link: https://doi.org/10.1007/0-387-25444-7_12 . Kan også hentes her:
<https://www.researchgate.net/publication/226393519>

Forslag til praksis/klinisk:

Deltagelse i udvikling og implementering af programmer til fysiologiske analyser af eksperimentelle data.

Forslag til kursus:

PET Pharmacokinetics Course (gentages hvert 1-2 år ved forskellige institutioner).

Varighed: 2 måneder.

Modul 14: Bearbejdning af billeddata

Indhold:

Algoritmer til billedrekonstruktion (FBP og iterativ).
Korrektion for comptonspredning og attenuation.
Effekt af time-of-flight (TOF-PET) og resolution recovery / point spread function.
Egenskaber ved forskellige filtre (gauss, median, etc.).
Partial volume effekten.
Segmentering og billedfusion.
Visualisering.

Forslag til litteratur:

B. Bendriem, D.W. Townsend, "The Theory and Practice of 3D PET", Kluwer (1998).
M. Gelfand, S. Thomas, "Effective Use of Computers in Nuclear Medicine", McGraw-Hill Book Company (1998).
A.P. Dhawan, "Medical imaging analysis", Wiley-IEEE Press 2003
Ranschaert et al. "Artificial Intelligence in Medical Imaging", Springer 2019
Zaidi H, "Quantitative Analysis in Nuclear Medicine Imaging", Springer, 2006
P.P. Bruyant, "Analytic and Iterative Reconstruction Algorithms in SPECT", J. Nucl. Med. 43 (2002), 1343-1358. <https://jnm.snmjournals.org/content/43/10/1343>
B.F. Hutton, "Recent advances in iterative reconstruction for clinical SPECT/PET and CT", Acta Oncologica 50 (2011), 851-858. <https://doi.org/10.3109/0284186X.2011.580001>
Adams MC, Turkington TG, Wilson JM, Wong TZ. A systematic review of the factors affecting accuracy of SUV measurements. AJR Am J Roentgenol. 2010 Aug;195(2):310-20. <https://doi.org/10.2214/AJR.10.4923>
Basu S et al. "Quantitative Techniques in PET-CT Imaging" Current Medical Imaging Reviews, Volume 7, Number 3, 2011, pp. 216-233(18). <https://doi.org/10.2174/157340511796411186>
Alessio AM, Stearns CW, Tong S, Ross SG, Kohlmyer S, Ganin A, Kinahan PE. Application and evaluation of a measured spatially variant system model for PET image reconstruction. IEEE Trans Med Imaging. 2010 Mar;29(3):938-49. <https://doi.org/10.1109/TMI.2010.2040188>

Forslag til praksis/klinisk:

Kvalitetssikring af software til rekonstruktion og behandling af billeddata.

Forslag til kursus:

Varighed: 1½ måneder.

Modul 15: Kliniske problemstillinger

Indhold:

Patofysiologi og –anatomi.

Forskellige sporstoffer og deres egenskaber.

Optimering af protokoller (f.eks. billedkvalitet versus dosimetri).

Overvejelser om håndtering af ulykker m.v. som involverer radioaktivitet, herunder beregning/estimering af stråledosis til kontaminerede personer.

Forslag til litteratur:

H.N. Wagner, "Principles of Nuclear Medicine", Saunders W.B. Co. (1995)

G. B. Saha, "Fundamentals of Nuclear Pharmacy", Springer, 2018

P. F. Sharp, H. G. Gemmell og A. D. Murray, "Practical Nuclear Medicine", Springer 2005

H. Sinzinger, P. Aiginger, I. Neumann, E. Havlik, "Radiation alarm at an airport after radioiodine therapy", Nucl Med Commun. 26 (2005), 67-68

C.W. Miller, R.C. Whitcomb, A. Ansari, C. McCurley, A. Guinn, F. Tucker. "The Roles of Medical Health Physicist in a Medical Radiation Emergency", Health Physics 93, Suppl. 3 (2007), S187-S190. <https://doi.org/10.1097/01.HP.0000281180.96259.a8>

Nagataki S et al. "A review of the Fukushima nuclear reactor accident: radiation effects on the thyroid and strategies for prevention" Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes. Oct;21(5):384-93, 2014. <https://doi.org/10.1097/MED.0000000000000098>

J.W. Runge, B.R. Buddemeier, "Explosions and Radioactive Material – A Primer for Responders", Prehospital Care 13 (2009), 407-419.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10903120902935371>

Forslag til praksis/klinisk:

Deltagelse i praktisk gennemførelse af undersøgelser, herunder patientplacering og fiksering.

Deltagelse i udvikling af nye kliniske undersøgelser og behandlinger. Deltagelse i billedkonference.

Forslag til kursus:

A-kurser i klinisk fysiologi og nuklearmedicin

Varighed: 1 måned.

Modul 16: Afsluttende projekt

Indhold:

Rapport udarbejdet over valgfrit emne.

Projektet skal have et sådant fagligt niveau, at det vil kunne publiceres i et internationalt, fagfællebedømt (peer-reviewed) tidsskrift. Jf. bekendtgørelsen for specialuddannelse til hospitalsfysiker er det op til Uddannelsesrådet at vurdere den faglige kvalitet af projekter, som ikke er publicerede.

Det er Uddannelsesrådets politik at faglig kvalitet ikke nødvendigvis forudsætter den nyhedsværdi, som normalt er kravet for at få en artikel publiceret, men der opfordres til at vælge projekter, som efterfølgende vil kunne publiceres - samt at publicere dem.

Det er muligt at få en udtalelse om projektet fra Uddannelsesrådet, før projektet påbegyndes.

Forslag til litteratur:

B. Gustavii. "How to write and illustrate a scientific paper", Cambridge University Press 2003.

N.W. Goodman & M.B. Edwards. "Medical writing: a prescription for clarity", Cambridge University Press 2006.

M.A. Kliewer. "Writing It UP: A Step-by-Step Guide to Publication for Beginning Investigators", Journal of Nuclear Medicine Technology 34, p. 53-59, 2006.

[https://doi.org/10.1016/S0820-5930\(09\)60208-5](https://doi.org/10.1016/S0820-5930(09)60208-5)

Varighed: 3 måneder.

Den årlige indstilling til "Ung fysiker-prisen" sker på baggrund af publicerede projekter fra hospitalsfysikere som har afsluttet uddannelsen inden for de seneste 3 år. Se mere om prisen på hjemmesiden: <https://dsmf.org/dsmf/ung-fysiker-pris/>

Hvis projektet fås som merit for en allerede publiceret artikel (med den studerende som førsteforfatter), så angiv venligst én artikel – eller fremhæv én artikel, hvis der angives flere. Kriterierne for merit findes på hjemmesiden, se <https://dsmf.org/hospitalsfysik/uddannelsen/>

Redigeringshistorik

- **18. oktober 2024**

Modul 10: Tilføjet bog fra IAEA til litteraturforslag.

- **14. marts 2023**

Modul 12: Tilføjet wiki-bog om kvalitetskontrol af gammakamera til litteraturforslag.

Modul 16: Tilføjet beskrivelse af ”Ung fysiker-prisen” og ønske om angivelse af én artikel, hvis projektet godkendes som merit for allerede publiceret artikel.

- **15. oktober 2021**

Modul 10: Tilføjet artikel til litteraturforslag.

Modul 13: Tilføjet artikel til litteraturforslag.

Modul 14: TOF-PET og resolution recovery / point spread function føjet til indhold.

- **17. april 2019:**

Patientkommunikationsmodulet er flyttet til ”Fælles moduler”

Som en konsekvens heraf er nummereringen i forhold til tidligere version ændret så modul 9-15 i tidligere versioner nu hedder 10-16.

Modul 10: Tilføjet ”Kursus i radioaktive isotoper og ioniserende stråling”

Modul 11: Litteratur er opdateret.

Modul 12: Litteratur er opdateret og kurset og ”Kursus i radioaktive isotoper og ioniserende stråling” tilføjet.

Modul 13: Litteratur er opdateret.

Modul 14: Litteratur er opdateret. Kurset “Medical computing” European School of Medical Physics (<http://www.esi-archamps.eu/Thematic-Schools/ESMP>), er slettet.

Modul 15: Litteratur er opdateret.

Modul 16: Litteratur er opdateret.

- **17. marts 2015:**

Modul 10: Rb-82 generator og Ga-68 generator tilføjet til indhold. Desuden tilføjet forslag til

litteratur om disse generatorer.

Modul 12: Tilføjet ”Basal indikator teknik” til litteraturforslag.

Modul 13: Tilføjet flere nye artikler om rekonstruktionsalgoritmer.

Modul 13: Nyt link til European School of Medical Physics.

Modul 14: Tilføjet emne ”Overvejelser om håndtering af ulykker m.v. som involverer radioaktivitet”, samt tre artikler om hhv. patienter og lufthavnsscannere, forventninger til medicinsk fysiker i radioaktiv nødsituation, samt scenarie-artikel om en ”beskidt bombe”. Desuden tilføjet ”beregning/estimering af stråledosis til kontaminerede personer” til indhold.

Modul 15: Teksten til projektets indhold er tilpasset den nyeste bekendtgørelse og har desuden fået tilføjet en bemærkning om forhåndsudtalelse før projektstart. Artikel om artikelskrivning tilføjet.

- **20. december 2011:**

Modul 12: Der er tilføjet et forslag til kursus.