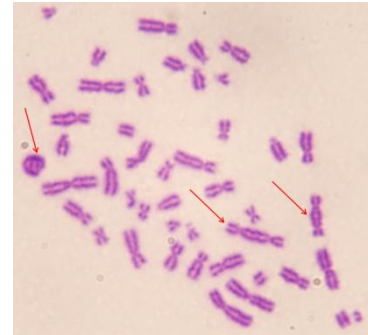


Biodozimetria

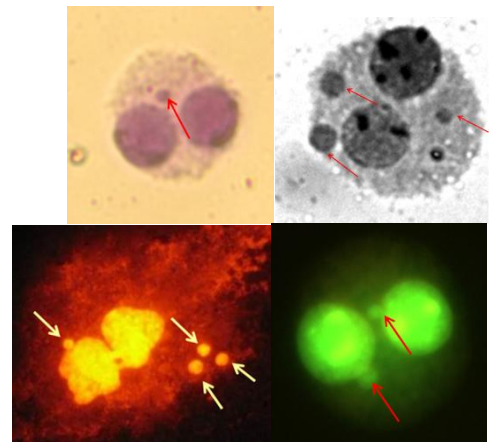
Összhangban az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról szóló 16/2000. (VI. 8.) EüM rendeletben megfogalmazottakkal az osztály az országban egyedüli laboratóriumként túl-expozíció gyanúja esetén biodozimetriai vizsgálatot végez, és megbecsüli az elszenvedett sugárdózist.

Két vizsgálatot végzünk rutinszerűen perifériás vérből: a dicentrikus kromoszóma tesztet és a mikronukleusz tesztet. Ezek mellett sugárspecifikus gének génexpressziós vizsgálata, illetve γ H2AX teszt szintén a vizsgálati paneleink közé tartozik.

A dicentrikus kromoszóma assay a biodozimetriai vizsgálatok „gold standard”-je a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség ajánlása szerint. Perifériás limfociták metafázisos kromoszómáit vizsgálva a sugárhatásra specifikusan a két (vagy több) centroméra-befűződést tartalmazó kromoszómák és centrikus gyűrűk ezrelékes arányából következtetünk a sugárdózisra.

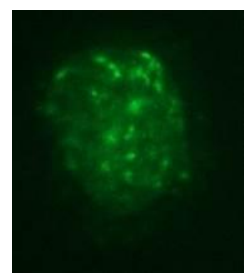


A mikronukleusz assay során a sejtosztódás végén kialakuló két sejtmagon kívül a perifériás limfociták citoplazmájában megjelenő, károsodott DNS tartalommal rendelkező apró sejtmag-szerű képződmények ezrelékes arányából szintén meg lehet becsülni az elnyelt dózist. A mikronukleuszok keletkezése nem sugárspecifikus jelenség, egyéb genotoxikus ágensekre és különféle betegségek során is megjelennek.



A génexpressziós vizsgálatokat kvantitatív PCR (polimeráz láncreakció) módszerrel végezzük, sugárspecifikus gének expressziójának növekedését vizsgálva.

A H2Ax hiszton a DNS szál kettős töréseinek következtében foszforilálódik – ezen formája fluoreszcens festékkel jelölt antitesttel kimutathatóvá válik. A jelölt γ H2Ax fókuszok száma arányos az elnyelt dózissal, ezek megjelenését vizsgáljuk fluoreszcens mikroszkóppal



Módszertani összemérések

1. Rendszeresen részt veszünk nemzetközi biodozimetriai hálózatok munkájában és ezen belül éves gyakoriságú nemzetközi összemérésekben. (*RENEB: Running the European Network of Biological and retrospect-* <https://www.reneb.net/>)

- 2021-ben a Bundeswehr Institute of Radiobiology (BSF; Németország, München) munkatársai szervezésében 27 ország 46 intézményében 86 biodozimetriai csoport munkájának összemérése zajlott le. Nyolc biodozimetriai módszer (dicentrikus kromoszóma assay, mikronukleusz assay, génexpressziós vizsgálatok és γ H2Ax hiszton foszforiláció vizsgálata, állandó transzlokációs assay, korai kromoszóma kondenzációk vizsgálata, elektron paramágneses rezonancia és optikailag stimulált vagy termolumineszcencia vizsgálatok) segítségével került sor erre az összemérésre, amelyek közül csoportunk tagjai négy módszerrel (dicentrikus kromoszóma assay, mikronukleusz assay, génexpressziós vizsgálatok és γ H2Ax hiszton foszforiláció vizsgálata) vettek részt.

- 2019-ben a RENE/ EURADOS összevont nemzetközi összemérés megszervezésére négy különböző intézmény (LUND/Svédország, BSF/Németország, IRSN/Franciaország és PHE/Nagy Britannia) munkatársai szervezésében került sor. Ennek során Biodozimetria csoportunk tagjai három módszer (dicentrikus kromoszóma assay, mikronukleusz assay valamint a génexpressziós vizsgálatok) összemérésében vettek részt.

- 2019-től kezdődően a mikronukleusz esszé akridine-orange-os festékkel való kiértékelését is alkalmazzuk és ezzel a módszerrel minden évben részt veszünk a Gent-i egyetem Orvosi és Egészségügyi karának (*Faculty of Medicine and Health Sciences, Ghent University, Gent, Belgium*) éves akkreditációs eljárásához szükséges nemzetközi összemérésben.

- 2017-ben a franciaországi Sugárvédelmi és Nukleáris Biztonsági Intézet (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), Franciaország, Párizs) munkatársai szervezésében a mikronukleusz assay módszertani összemérésében vettünk részt.

- 2015-ben a Stockholmi egyetem (Stockholm University, Centre for Radiation Protection Research, Department of Molecular Biosciences, The Wenner-Gren Institute, Stockholm, Svédország) munkatársainak a szervezésében egy sugárzással kapcsolatos tömegszerencsétlenség esetére való felkészülés/tréning gyakorlaton vettünk részt, ahol alkalmunk adódott begyakorolni mind a koordináló labor, mind a segítségnyújtó labor feladatait.

2. Belföldi felkérésre automata mikronukleusz számláló rendszer beállításában és validálásában vettünk részt a Budapesti Műszaki Egyetemmél kollaborációban.

Nemzetközi és hazai összemérésekből született kollaborációs közlemények listája:

1. Port M, Barquinero JF, Endesfelder D, Moquet J, Oestreicher U, Terzoudi G, Trompier F, Vral A, Abe Y, Ainsbury L, Alkebsi L, Amundson SA, Badie C, Baeyens A, Balajee AS, Balázs K, Barnard S, Bassinet C, Beaton-Green LA, Beinke C, Bobyk L, Brochard P, Brzoska K, Bucher M, Ciesielski B, Cuceu C, Discher M, D Oca MC, Domínguez I, Doucha-Senf S, Dumitrescu A, Duy PN, Finot F, Garty G, Ghandhi SA, Gregoire E, Goh VST, Güçlü I, Hadjiiska L, Hargitai R, Hristova R, Ishii K, Kis E, Juniewicz M, Kriehuber R, Lacombe J, Lee Y, Lopez Riego M, Lumniczky K, Mai TT, Maltar-Strmečki N, Marrale M, Martinez JS, Marciniak A, Maznyk N, McKeever SWS, Meher PK, Milanova M, Miura T, Monteiro Gil O, Montoro A, Moreno Domene M, Mroziak A, Nakayama R, O'Brien G, Oskamp D, Ostheim P, Pajic J, Pastor N, Patrono C, Pujol-Canadell M, Prieto Rodriguez MJ, Repin M, Romanyukha A, Rößler U, Sabatier L, Sakai A, Scherthan H, Schüle S, Seong KM, Sevriukova O, Sholom S, Sommer S, Suto Y, Sypko T, Szatmári T, Takahashi-Sugai M, Takebayashi K, Testa A, Testard I, Tichy A, Triantopoulou S, Tsuyama N, Unverricht-Yeboah M, Valente M, Van Hoey O, Wilkins RC, Wojcik A, Wojewodzka M, Younghyun L, Zafiropoulos D, Abend M. :RENEB Inter-Laboratory Comparison 2021: Inter-Assay Comparison of Eight Dosimetry Assays. *Radiat Res.* 2023 Jun 1;199(6):535-555. doi: 10.1667/RADE-22-00207.1.PMID: 37310880 Free PMC article.
2. Abend M, Amundson SA, Badie C, Brzoska K, Kriehuber R, Lacombe J, Lopez-Riego M, Lumniczky K, Endesfelder D, O'Brien G, Doucha-Senf S, Ghandhi SA, Hargitai R, Kis E, Lundholm L, Oskamp D, Ostheim P, Schüle S, Schwanke D, Shuryak I, Siebenwith C, Unverricht-Yeboah M, Wojcik A, Yang J, Zenhausern F, Port M: RENEb Inter-Laboratory Comparison 2021: The Gene Expression Assay. *Radiat Res.* 2023 Jun 1;199(6):598-615. doi: 10.1667/RADE-22-00206.1.PMID: 37057982
3. Moquet J, Ainsbury E, Balázs K, Barnard S, Hristova R, Lumniczky K, Port M, Roessler U, Scherthan H, Staynova A, Szatmári T, Wojewodzka M, Abend M: RENEb Inter-Laboratory Comparison 2021: The Gamma-H2AX Foci Assay. *Radiat Res.* 2023 Jun 1;199(6):591-597. doi: 10.1667/RADE-22-00205.1.PMID: 37057975
4. Endesfelder D, Oestreicher U, Bucher M, Beinke C, Siebenwirth C, Ainsbury E, Moquet J, Gruel G, Gregoire E, Martinez JS, Vral A, Baeyens A, Valente M, Montoro A, Terzoudi G, Triantopoulou S, Pantelias A, Monteiro Gil O, Prieto MJ, Domene MM, Zafiropoulos D, Barquinero JF, Pujol-Canadell M, Lumniczky K, Hargitai R, Kis E, Testa A, Patrono C, Sommer S, Hristova R, Kostova N, Atanasova M, Sevriukova O, Domínguez I, Pastor N, Güçlü I, Pajic J, Sabatier L, Brochard P, Tichy A, Milanova M, Finot F, Cuceu Petrenci C, Wilkins RC, Beaton-Green LA, Seong KM, Lee Y, Lee YH, Balajee AS, Maznyk N, Sypko T, Pham ND, Tran TM, Miura T, Suto Y, Akiyamam M, Tsuyama N, Abe Y, Goh VST, Chua CEL, Abend M, Port M: RENEb Inter-Laboratory Comparison 2021: The Dicentric Chromosome Assay. *Radiat Res.* 2023 Jun 1;199(6):556-570. doi: 10.1667/RADE-22-00202.1.
5. M Abend, SA Amundson, C Badie, K Brzoska, R Hargitai, R Kriehuber, S Schüle, E Kis, S A Ghandhi, K Lumniczky, S R Morton, G O'Brien, D Oskamp, P Ostheim, C Siebenwirth, I Shuryak, T Szatmári, M Unverricht-Yeboah, E Ainsbury, C Bassinet, U Kulka, U Oestreicher, Y Ristic, F Trompier, A Wojcik, L Waldner, M Port: Inter-laboratory comparison of gene expression biodosimetry for protracted radiation exposures as part of the RENEb and EURADOS WG10 2019 exercise *Sci Rep.* 2021 May 7;11(1):9756. doi: 10.1038/s41598-021-88403-4.
6. Gregoire E, Barquinero JF, Gruel G, Benadjaoud M, Martinez JS, Beinke C, Balajee A, Beukes P, Blakely WF, Dominguez I, Pham ND, Monteiro Gil O, Güçlü I, Guogyte K, Hadjidekova SP, Hadjidekova V, Hande P, Jang S, Lumniczky K, Meschini R, Milic M, Montoro A, Moquet J, Moreno M, Norton FN, Oestreicher U, Pajic J, Sabatier L, Sommer S, Testa A, Terzoudi G, Valente M, Venkatachalam P, Vral A, Wilkins RC, Wojcik A, Zafiropoulos D, Kulka U. RENEb Inter-Laboratory

Comparison 2017: limits and pitfalls of ILCs. *Int J Radiat Biol.* 2021 May 10:1-52. doi: 10.1080/09553002.2021.

7. Endesfelder D, Oestreicher U, Kulka U, Ainsbury EA, Moquet J, Barnard S, Gregoire E, Martinez JS, Trompier F, Ristic Y, Woda C, Waldner L, Beinke C, Vral A, Barquinero JF, Hernandez A, Sommer S, Lumniczky K, Hargitai R, Montoro A, Milic M, Monteiro Gil O, Valente M, Bobyk L, Sevriukova O, Sabatier L, Prieto MJ, Moreno Domene M, Testa A, Patrono C, Terzoudi G, Triantopoulou S, Histova R, Wojcik A. RENE/ EURADOS field exercise 2019: robust dose estimation under outdoor conditions based on the dicentric chromosome assay. *Int J Radiat Biol.* 2021;97(9):1181-1198. doi: 10.1080/09553002.2021.1941380.
8. Tímea Hülber, Zsuzsa S. Kocsis, Enikő Kis, Géza Sáfrány & Csilla Pesznyák (2020) A scanning and image processing system with integrated design for automated micronucleus scoring, *International Journal of Radiation Biology*, DOI: [10.1080/09553002.2020.1722863](https://doi.org/10.1080/09553002.2020.1722863)
9. Hülber, Tímea, Kis, Enikő, Zsuzsa Kocsis, S., Sáfrány, Géza, Pesznyák, Csilla [P286] *Study on semi-automatically evaluated micronucleus frequency changes in patients with prostate adenocarcinoma undergoing low and high dose rate brachytherapy PHYSICA MEDICA-EUROPEAN JOURNAL OF MEDICAL PHYSICS* 52 : Suppl. 1 p. 182 , 1 p. (2018)
10. Kis Enikő: Magyar részvétel az európai biodozimetriai hálózat (RENEB) kialakításában *HADMÉRNÖK*, XIII: 3, pp. 119-135 (2018)
11. Kulka U, Abend M, Ainsbury E, Badie C, Barquinero JF, Barrios L, Beinke C, Bortolin E, Cucu A, De Amicis A, Domínguez I, Fattibene P, Frøvig AM, Gregoire E, Guogyte K, Hadjidekova V, Jaworska A, Kriehuber R, Lindholm C, Lloyd D, Lumniczky K, Lyng F, Meschini R, Mörtl S, Della Monaca S, Monteiro Gil O, Montoro A, Moquet J, Moreno M, Oestreicher U, Palitti F, Pantelias G, Patrono C, Piqueret-Stephan L, Port M, Prieto MJ, Quintens R, Ricoul M, Romm H, Roy L, Sáfrány G, Sabatier L, Sebastià N, Sommer S, Terzoudi G, Testa A, Thierens H, Turai I, Trompier F, Valente M, Vaz P, Voisin P, Vral A, Woda C, Zafiroopoulos D, Wojcik A. RENE - Running the European Network of biological dosimetry and physical retrospective dosimetry. *International Journal of Radiation Biology.* 2017 93:2-14.
12. Ainsbury E, Badie C, Barnard S, Manning G, Moquet J, Abend M, Antunes AC, Barrios L, Bassinet C, Beinke C, Bortolin E, Bossin L, Bricknell C, Brzoska K, Buraczewska I, Castaño CH, Čemusová Z, Christiansson M, Cordero SM, Cosler G, Monaca SD, Desangles F, Discher M, Dominguez I, Doucha-Senf S, Eakins J, Fattibene P, Filippi S, Frenzel M, Georgieva D, Gregoire E, Guogyte K, Hadjidekova V, Hadjiiska L, Hristova R, Karakosta M, Kis E, Kriehuber R, Lee J, Lloyd D, Lumniczky K, Lyng F, Macaeva E, Majewski M, Vanda Martins S, McKeever SW, Meade A, Medipally D, Meschini R, M'kacher R, Gil OM, Montero A, Moreno M, Noditi M, Oestreicher U, Oskamp D, Palitti F, Palma V, Pantelias G, Pateux J, Patrono C, Pepe G, Port M, Prieto MJ, Quattrini MC, Quintens R, Ricoul M, Roy L, Sabatier L, Sebastià N, Sholom S, Sommer S, Staynova A, Strunz S, Terzoudi G, Testa A, Trompier F, Valente M, Hoey OV, Veronese I, Wojcik A, Woda C. Integration of new biological and physical retrospective dosimetry methods into EU emergency response plans - joint RENE and EURADOS inter-laboratory comparisons. *International Journal of Radiation Biology.* 2017 Jan;93(1):99-109.
13. Oestreicher U, Samaga D, Ainsbury E, Antunes AC, Baeyens A, Barrios L, Beinke C, Beukes P, Blakely WF, Cucu A, De Amicis A, Depuydt J, De Sanctis S, Di Giorgio M, Dobos K, Dominguez I, Duy PN, Espinoza ME, Flegal FN, Figel M, Garcia O, Monteiro Gil O, Gregoire E, Guerrero-Carbajal C, Güçlü İ, Hadjidekova V, Hande P, Kulka U, Lemon J, Lindholm C, Lista F, Lumniczky K, Martinez-Lopez W, Maznyk N, Meschini R, M'kacher R, Montoro A, Moquet J, Moreno M, Noditi M, Pajic J, Radl A, Ricoul M, Romm H, Roy L, Sabatier L, Sebastià N, Slabbert J, Sommer S, Stuck Oliveira M, Subramanian U, Suto Y, Que T, Testa A, Terzoudi G, Vral A, Wilkins R, Yanti L, Zafiroopoulos D, Wojcik A. RENE intercomparisons applying the conventional Dicentric Chromosome Assay (DCA). *International Journal of Radiation Biology.* 2017 93:20-29.
14. Elizabeth Ainsbury, Christophe Badie, Stephen Barnard, Grainne Manning, Jayne Moquet, Michael Abend, Ana Catarina Antunes, Leonard Barrios, Celine Bassinet, Christina Beinke, Emanuela Bortolin,

Lily Bossin, Clare Bricknell, Kamil Brzoska, Iwona Buraczewska, Carlos Huertas Castaño, Zina Čemusová, Maria Christiansson, Santiago Mateos Cordero, Guillaume Cosler, Sara Della Monaca, François Desangles, Michael Discher, Inmaculada Dominguez, Sven Doucha-Senf, Jon Eakins, Paola Fattibene, Silvia Filippi, Monika Frenzel, Dimka Georgieva, Eric Gregoire, Kamile Guogyte, Valeria Hadjidekova, Ljubomira Hadjiiska, Rositsa Hristova, Maria Karakosta, Enikő Kis, Ralf Kriehuber, Jungil Lee, David Lloyd, Katalin Lumniczky, Fiona Lyng, Ellina Macaeva, Matthaeus Majewski, S. Vanda Martins, Stephen W.S. McKeever, Aidan Meade, Dinesh Medipally, Roberta Meschini, Radhia M'kacher, Octávia Monteiro Gil, Alegria Montero, Mercedes Moreno, Mihaela Noditi, Ursula Oestreicher, Dominik Oskamp, Fabrizio Palitti, Valentina Palma, Gabriel Pantelias, Jerome Pateux, Clarice Patrono, Gaetano Pepe, Matthias Port, María Jesús Prieto, Maria Cristina Quattrini, Roel Quintens, Michelle Ricoul, Laurence Roy, Laure Sabatier, Natividad Sebastià, Sergey Sholom, Sylwester Sommer, Albená Staynova, Sonja Strunz, Georgia Terzoudi, Antonella Testa, François Trompier, Marco Valente, Olivier Van Hoey, Ivan Veronese, Andrzej Wojcik & Clemens Woda (2017) Integration of new biological and physical retrospective dosimetry methods into EU emergency response plans – joint RENEB and EURADOS inter-laboratory comparisons, *International Journal of Radiation Biology*, 93:1, 99-109, DOI: [10.1080/09553002.2016.1206233](https://doi.org/10.1080/09553002.2016.1206233)

15. Julie Depuydt, Ans Baeyens, Stephen Barnard, Christina Beinke, Anett Benedek, Philip Beukes, Iwona Buraczewska, Firouz Darroudi, Stefania De Sanctis, Inmaculada Dominguez, Octávia Monteiro Gil, Valeria Hadjidekova, Enikő Kis, Ulrike Kulka, Florigio Lista, Katalin Lumniczky, Radhia M'kacher, Jayne Moquet, Doina Obreja, Ursula Oestreicher, Jelena Pajic, Nuria Pastor, Ljubomira Popova, Elisa Regalbuto, Michelle Ricoul, Laure Sabatier, Jacobus Slabbert, Sylwester Sommer, Antonella Testa, Hubert Thierens, Andrzej Wojcik & Anne Vral (2017) RENEB intercomparison exercises analyzing micronuclei (Cytokinesis-block Micronucleus Assay), *International Journal of Radiation Biology*, 93:1, 36-47, DOI: [10.1080/09553002.2016.1206231](https://doi.org/10.1080/09553002.2016.1206231)
16. Beata Brzozowska, Elizabeth Ainsbury, Annelot Baert, Lindsay Beaton-Green, Leonardo Barrios, Joan Francesc Barquinero, Celine Bassinet, Christina Beinke, Anett Benedek, Philip Beukes, Emanuela Bortolin, Iwona Buraczewska, Christopher Burbidge, Andrea De Amicis, Cinzia De Angelis, Sara Della Monaca, Julie Depuydt, Stefania De Sanctis, Katalin Dobos, Mercedes Moreno Domene, Inmaculada Domínguez, Eva Facco, Paola Fattibene, Monika Frenzel, Octávia Monteiro Gil, Géraldine Gonon, Eric Gregoire, Gaëtan Gruel, Valeria Hadjidekova, Vasiliki I. Hatzí, Rositsa Hristova, Alicja Jaworska, Enikő Kis, Maria Kowalska, Ulrike Kulka, Florigio Lista, Katalin Lumniczky, Wilner Martínez-López, Roberta Meschini, Simone Moertl, Jayne Moquet, Mihaela Noditi, Ursula Oestreicher, Manuel Luis Orta Vázquez, Valentina Palma, Gabriel Pantelias, Alegria Montoro Pastor, Clarice Patrono, Laure Piqueret-Stephan, Maria Cristina Quattrini, Elisa Regalbuto, Michelle Ricoul, Sandrine Roch-Lefevre, Laurence Roy, Laure Sabatier, Lucia Sarchiapone, Natividad Sebastià, Sylwester Sommer, Mingzhu Sun, Yumiko Suto, Georgia Terzoudi, François Trompier, Anne Vral, Ruth Wilkins, Demetre Zafiropoulos, Albrecht Wieser, Clemens Woda & Andrzej Wojcik (2017) RENEB accident simulation exercise, *International Journal of Radiation Biology*, 93:1, 75-80, DOI: [10.1080/09553002.2016.1206230](https://doi.org/10.1080/09553002.2016.1206230)
17. Kulka U, Ainsbury L, Atkinson M, Barnard S, Smith R, Barquinero JF, Barrios L, Bassinet C, Beinke C, Cucu A, Darroudi F, Fattibene P, Bortolin E, Monaca SD, Gil O, Gregoire E, Hadjidekova V, Haghdoost S, Hatzí V, Hempel W, Herranz R, Jaworska A, Lindholm C, Lumniczky K, M'kacher R, Mörtl S, Montoro A, Moquet J, Moreno M, Noditi M, Ogbazghi A, Oestreicher U, Palitti F, Pantelias G, Popescu I, Prieto MJ, Roch-Lefevre S, Roessler U, Romm H, Rothkamm K, Sabatier L, Sebastià N, Sommer S, Terzoudi G, Testa A, Thierens H, Trompier F, Turai I, Vandevoorde C, Vaz P, Voisin P, Vral A, Ugletveit F, Wieser A, Woda C, Wojcik A. Realising the European Network of Biodosimetry: RENEB-status quo. *Radiat Prot Dosimetry*. 2014 Sep 9. pii: ncu266.