

ონკოლოგია

ადრონული თერაპია: უპირატესობა სხივური თერაპიის ტრადიციულ მეთოდებთან შედარებით და სპეციფიკა საქართველოსთვის

კახა ნურალიძე

nuralidze@gmail.com

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ქუთაისი, საქართველო  
თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი  
თბილისის ცენტრალური საავადმყოფო  
თბილისი, საქართველო

ვაჟა აგლაძე

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ქუთაისი, საქართველო  
თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი  
თბილისი, საქართველო

ხატია მოსელიანი

ქუთაისის უნივერსიტეტი  
ქუთაისი, საქართველო

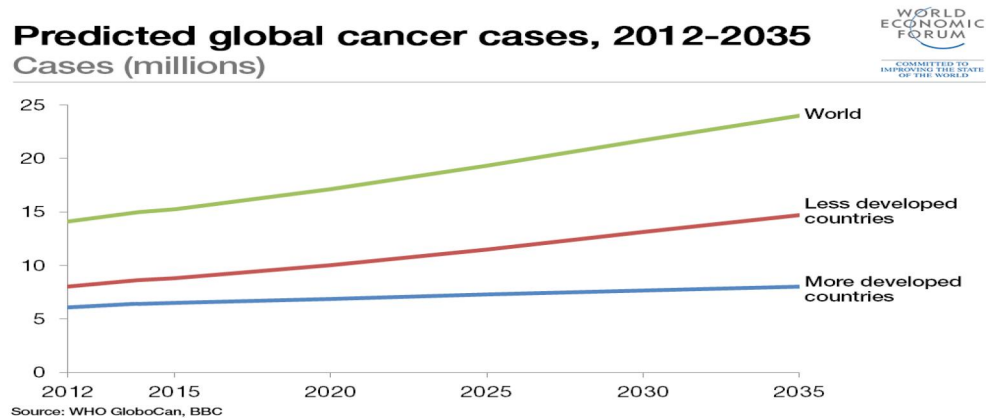
პროტონული თერაპია აჩქარებული მაიონიზებული ნაწილაკების, მოცემულ შემთხვევაში აჩქარებული პროტონების ნაკადის ზემოქმედება დასხივებად სინსივრეზე. შედარებით დიდი მასის გამო პროტონული ნაკადი განივად მხოლოდ უმნიშვნელოდ იფანტება ქსოვილებში, სხივი შეიძლება უშუალოდ სიმსივნეზე მივმართოთ ისე, რომ გარშემო ჯანმრთელი ქსოვილები არ დავაზიანოთ. პრაქტიკულად მთელი რადიაციული დოზა გამოიყოფა სიმსივნურ ქსოვილში და არ აზიანებს ირგვლივ მდებარე ჯანსაღ ქსოვილებს. ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ბავშვების მკურნალობისას, როცა ჭარბი რადიაციული დოზებით ხანგრძლივი დასხივება მეორადი სიმსივნეების წარმოშობას უწყობს ხელს. პროტონული თერაპია შეუცვლელია სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი ორგანოების, მაგ.: ქალაფუძის, მხედველობის ნერვის, ნაწლავის მიმდებარე სიმსივნეების მკურნალობისას. ადრონული თერაპიის მეორე უპირატესობა სხივურ თერაპიასთან შედარებით მისი მაღალი ეფექტურობაა. მკურნალობის ეფექტურობა 80-90%-ია, მთელი კურსი 1-10 სეანსისგან შედგება. შედარებისთვის, მსგავსი ეფექტის მისაღწევად სხივური თერაპიის 30-40 სეანსია საჭირო.

### კ. ნურალიძე, ვ. აგლაძე, ს. მოსელიანი

**საკვანძო სიტყვები:** პროტონული თერაპია, ადრონული თერაპია, სხივური თერაპია, კიბო, მეორადი სიმსივნე, პროტონული სკალპელი, ფანქრის სხივი.

**შესავალი:** სტატიის მიზანი და პრობლემის აქტუალობა. ჯანდაცვის სფეროს ძირითად ამოცანას წარმოადგენს მრავალრიცხოვანი ჯანსაღი ადამიანური რესურსის არსებობის უზრუნველყოფა ქვეყანაში. ამ მიზნის მიღწევა შეუძლებელია მხოლოდ უახლესი სამედიცინო მიმართულებების შექმნით; ასევე აუცილებელია შესაბამისი სამედიცინო კადრების მომზადება და უწყვეტი აკადემიური განათლების თანამედროვე სისტემის შექმნა ქვეყანაში. მოცემული სტატია ემსახურება ორივე მიზანს.

ონკოლოგიურ დაავადებათა რაოდენობის ყოველწლიური ზრდა წარმოადგენს ყველაზე მნიშვნელოვან გამოწვევას მსოფლიოს სამედიცინო საზოგადოებისთვის (იხ. გრაფიკი 1):



**გრაფიკი 1. ონკოლოგიური დაავადებების ზრდის დინამიკა 2012-2035 წწ. პერიოდში (WHO, 2020).**

როგორც ვხედავთ, მსოფლიოს ჯანდაცვის ორგანიზაციის სტატისტიკური მონაცემები და მათი მოსალოდნელი დინამიკა, რბილად რომ ვთქვათ, არ არის დამაიდებელი. ონკოლოგიური დაავადებების სწრაფი და საშიში სტატისტიკური ზრდა სახეზეა, განსაკუთრებით ნაკლებად განვითარებული ქვეყნების მოსახლეობის ხარჯზე.

რეალურად, დღეს ჩვენ დაუცველნი ვართ ბავშვთა ონკოლოგიაში (Rombi ... 2013: 578-584), ქონდრომის, ქონდროსარკომის, ტვინის ღეროს,

გულის, ხერხემლის, ცხვირ-ხახის, თვალბუდის, მხედველობის ნერვის სიმსივნეების დროს (Van der Laan ... 2013: 561-569).

სხივური თერაპიის არსებული სახეები პრაქტიკულად არაეფექტურია პატარა ზომის და რთული ფორმის (შეზნექილი ან ჩაღრმავებული) პათოლოგიური უბნების არსებობისას. კრიტიკული რადიომგრძობლობის მქონე ორგანოებთან და სტრუქტურებთან ახლომდებარე სიმსივნური წარმონაქმნების დასხივების შესაძლებლობა ასევე ძალიან შეზღუდულია. ადრონული ანუ პროტონული თერაპიის უპირატესობა სხივური თერაპიის აქამდე არსებულ ტრადიციულ მეთოდებთან, კერძოდ გამა-გამოსხივებასთან შედარებით, ასე გამოიყურება:

**ფოტონური სხივი, გამა-გამოსხივება:**

- ეფექტურობის დიაპაზონი 6 სმ-მდე; მკურნალობის კურსი საჭიროებს 30-40 სეანსს
- დაბალი ბიოლოგიური ეფექტურობა, ნაკლები რადიაციული დარტყმა
- გამჭოლი მოქმედება სხივის მთელ გაყოლებაზე, გზაზე მდებარე ჯანსაღი ქსოვილების გარდაუვალი დაზიანებით
- შედარებით დაბალი პრეციზიულობა
- სხივი გამჭოლად გადის სხეულში რენტგენული გამოსახულების მსგავსად
- უძლურია რიგი სიმსივნეების წინააღმდეგ, შეზღუდულია ბავშვთა ონკოლოგიის მხრივ
- აქვს გვერდითი მოვლენები, რიგ შემთხვევებში წარმოადგენს საფრთხეს სიცოცხლისთვის
- ახასიათებს მეტი გართულება და მეტი ტოქსიური ეფექტი

**პროტონის სხივი:**

- ეფექტურობის დიაპაზონი 4-დან 30 სმ-მდე; მკურნალობის კურსი საჭიროებს სეანსების ნახევარს
- მაღალი ბიოლოგიური ეფექტურობა, ბევრად მეტი რადიაციული დარტყმა
- სიმსივნური ქსოვილის სრული ლიკვიდაცია ირგვლივ მდებარე ჯანსაღი ქსოვილების დაზიანების გარეშე
- შედარებით მაღალი პრეციზიულობა
- სხივი არ გადის გამჭოლად სხეულში, „ფეთქდება“ ზუსტად დაგეგმილი ტრექტორიის ბოლო წერტილში

### კ. ნურალიძე, ვ. აგლაძე, ხ. მოსელიანი

---

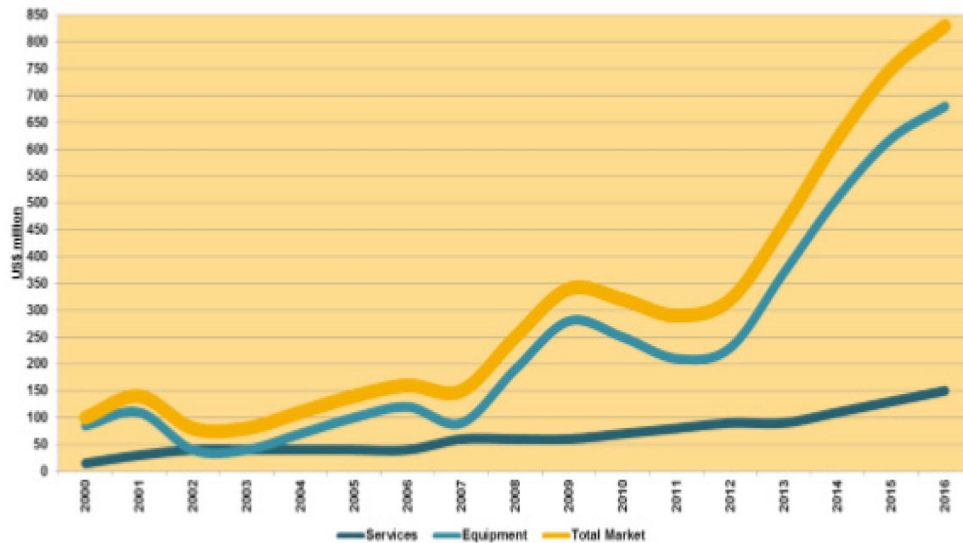
- უალტერნატივო ბავშვთა ონკოლოგიაში, ქონდრომების, ქონდროსარკომების, თვალბუდის, ტვინის ღეროს, თავ-კისრის კიბოების დროს
- აქვს ბევრად ნაკლები გვერდითი მოვლენები
- ახასიათებს ნაკლები გართულება და ნაკლები ტოქსიური ეფექტი

შესაბამისად, სხივურ თერაპიაში აუცილებელი გახდა ახალი, ბევრად უფრო ეფექტური მიმართულების შექმნა (Curran ... 2011: 1452–1460). სწორედ ასეთ მიმართულებას წარმოადგენს ადრონული (პროტონული) თერაპია. იგი სხივური თერაპიის ყველაზე თანამედროვე სახეობაა, რომლის დროსაც ავთვისებიანი წარმონაქმნების დასასხივებლად ტრადიციული ფოტონების ნაცვლად გამოიყენება დადებითად დამუხტული ნაწილაკების, მათ შორის პროტონების სხივი. ამ მძიმე ნაწილაკებს აქვთ თვისება, რადიაციის დოზა განავრცონ უშუალოდ და მხოლოდ სამიზნე სიმსივნის ქსოვილზე, რაც პრაქტიკულად არ აზიანებს სიმსივნის ირგვლივ მდებარე ჯანსაღ ქსოვილს. ის ყველაზე ეფექტური და ნაკლებტოქსიურია პაციენტისთვის. საინტერესოა, რომ ამ დარგის განვითარების პროცესი არ დაწყებულა 21-ე საუკუნეში. შესაბამისად, საინტერესოა რამდენიმე ფაქტი ადრონული (პროტონული) თერაპიის განვითარების ისტორიიდან:

- იდეა პროტონების მედიცინაში გამოყენების შესახებ გამოთქვა ფიზიკოსმა რობერტ უილსონმა 1946 წელს.
- 1950 წელს აშშ-ში, ბირთვული ფიზიკის სამეცნიერო-კვლევით ცენტრში, განხორციელდა პროტონული რადიაციით პაციენტების მკურნალობის პირველი მცდელობები; მაგრამ მაშინ ამაჩქარებლების ენერჯია არ აღმოჩნდა საკმარისი იმისთვის, რომ პროტონების კონას სხეულის სიღრმეში შეეღწია.
- 1970-იან წლებში მძლავრი კომპიუტერული სისტემების და უფრო სრულყოფილი ამაჩქარებლების შექმნამ შესაძლებელი გახადა პროტონული თერაპიის გამოყენება სამკურნალო პრაქტიკაში.
- 1990 წელს პირველი კლინიკური პროტონული თერაპიის ცენტრი აშშ-ში.

უკანასკნელ ხანებამდე პროტონული თერაპიის საყოველთაო გავრცელებას ხელს უშლიდა მისი სიძვირე. ყოველი ახალი ცენტის მოწყობისათვის საჭირო იყო 120 მლნ. აშშ დოლარზე მეტი ინვესტიცია. უკანასკნელი ათწლეულის სამეცნიერო-პრაქტიკულმა მიღწევებმა

მნიშვნელოვნად გააიფარა ეს ტექნოლოგია და საშუალება მისცა წამყვან მწარმოებლებს, შემოეთავაზებინათ პროტონული თერაპიის ტექნოლოგიის ეკონომ-ვარიანტები, რომელთა ღირებულება იწყება 20-22 მლნ. ევროდან (მშენებლობის ხარჯების გარეშე) და კლინიკური შედეგების თვალსაზრისით არაფრით ჩამოუვარდებიან ზემოთ ნახსენებ თავდაპირველ „ძვირ“ ტექნოლოგიებს. ამ გარღვევამ მკვეთრად გაზარდა პროტონული თერაპიის ცენტრების მიმდინარე პროექტების რაოდენობა. ასე მაგალითად, თუკი დღეისათვის მსოფლიოში მოქმედებს პროტონული თერაპიის მხოლოდ 149 ცენტრი 357 პროტონ-რუმით, 2030 წლისთვის ეს მონაცემები იქნება მინიმუმ 6-ჯერ მეტი (თუ ვიმსჯელებთ მოცემული მომენტისთვის მიმდინარე კონტრაქტების მონაცემებით და შესაბამისად, ხარჯების ტოტალური და უპრეცედენტო ზრდის დინამიკით – იხ. გრაფიკი 2):



გრაფიკი 2. მსოფლიოში ინვესტიციების ზრდის დინამიკა პროტონული მედიცინის მიმართულებით 2000-2016 წწ. პერიოდში (World Economic Forum, 2020).

შესაბამისად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ მედიცინის არც ერთი სფერო არ ვითარდება ისეთი სისწრაფით, როგორც პროტონული თერაპია.

### კ. ნურალიძე, ვ. აგლაძე, ხ. მოსელიანი

---

ჩვენი დასკვნის სტატისტიკურ დადასტურებას წარმოადგენს ის ფაქტი, რომ ყოველ 5 მლნ. მოსახლეზე ვლინდება 10 000 ახალი ონკოლოგიური შემთხვევა წელიწადში, რომელიც ერთხელ მაინც საჭიროებს პროტონულ თერაპიას. ეს ნიშნავს იმას, რომ პლანეტის მოსახლეობის სრული მოცვისათვის საჭიროა ათასობით ასეთი ტიპის სამკურნალო დაწესებულება.

სხივური თერაპიის ტრადიციულ მეთოდებთან შედარებით ადრონულ თერაპიას ახასიათებს გაცილებით მაღალი პრეციზიულობა (მიზანში ზუსტი მოხვედრა) ირგვლივ მდებარე ჯანმრთელი ქსოვილების და ორგანოების დაზიანების გარეშე. ანუ, თუკი სხივურ ამაჩქარებელს ახასიათებს გამჭოლი მოქმედება სხივის მთელ გაყოლებაზე, მათ შორის სხივის გზაზე შემხვედრი ჯანსაღი ქსოვილების დაზიანებაც, პროტონული დასხივების დროს ხდება მხოლოდ სიმსივნური ქსოვილის ლიკვიდაცია ირგვლივ მდებარე ჯანსაღი ქსოვილების დაზიანების გარეშე. კლინიკურ პრაქტიკაში აღნიშნული უპირატესობა გამოიხატება 2 ასპექტით:

1. პროტონული თერაპია საშუალებას გვაძლევს საჭიროების შემთხვევაში უფრო მეტი რადიაციული დარტყმა მივაყენოთ სიმსივნურ ქსოვილს, ვიდრე სხივური ამაჩქარებლის შემთხვევაში.

2. მთელი რიგი სიმსივნეების დროს (მაგალითად, თვალბუდის ან ტვინის ღეროს სიმსივნეები, ნებისმიერი სიმსივნური პროცესი ბავშვებში) პროტონული თერაპია გვევლინება მკურნალობის უალტერნატივო საშუალებად.

დღესდღეობით პროტონული თერაპიის უპირატესობები და სამკურნალო შესაძლებლობები საყოველთაოდაა აღიარებული და დისკუსიას არ ექვემდებარება.

აშშ-სა და დასავლეთ ევროპის ონკოლოგთა საზოგადოებების მიერ შემუშავებული გაიდლაინების (სტანდარტების) შესაბამისად ყველა პედიატრული (ბავშვთა ასაკის) სიმსივნე დღეს უკვე იგზავნება მხოლოდ პროტონულ თერაპიაზე. აქ პრიორიტეტი პირველ რიგში ჩვენს მომავალ თაობაზე ზრუნვაა, რაც თანხებით და ციფრებით არ იზომება. კერძოდ, პროტონული მედიცინა პირდაპირი ჩვენება და უალტერნატივო დასხივების მეთოდია ბავშვებში, განსაკუთრებით აგრესიული კიბოების დროს (Rombi ... 2013: 578-584); ნებისმიერი სხვა სხივი ან მეთოდი, მაგალითად გამა-გამოსხივება, აფერხებს ბავშვის ზრდა-განვითარებას, იწვევს მეორადი კიბოების გაჩენას დასხივების მაღალი დოზების გამო, გადის გამჭოლად ორგანიზმში და აზიანებს ჯანსაღ ქსოვილებსაც,

შეუდარებლად მაღალია ენდოგენური ინტოქსიკაციის მაჩვენებლები, რაც ხშირ შემთხვევაში სასიცოცხლო ორგანოების უკმარისობის მიზეზი შეიძლება გახდეს. იგივე შეიძლება ითქვას თვალისა და თვალბუდის, ასევე ზოგიერთი სხვა ლოკალიზაციის სიმსივნეზე. თვალის და თვალბუდის კიბოების დროს, მაგალითად ქორიოიდული ავთვისებიანი მელანომის მკურნალობისას პროტონული თერაპია უდავო უპირატესობით გამოირჩევა და მკურნალობის ერთადერთი მეთოდია. მანამდე ამ დაავადების მკურნალობის ერთადერთი გზა თვალის ამოღება იყო, ამჯერად კი აღნიშნული სიმსივნის მორჩენა დაზიანების გარეშე გახდება შესაძლებელი. რაც შეეხება ისეთ ფართოდ გავრცელებულ სიმსივნეებს, როგორცაა პროსტატის, საშვილოსნოს, ფილტვის, ღვიძლის, პანკრეასის, თავის და ზურგის ტვინის და სხვა მოცულობით წარმონაქმნებს, დღეისათვის ექვს არ იწვევს მათი პროტონული თერაპიის მეთოდიკით მკურნალობის უპირატესობა სხივურ ამაჩქარებლებთან შედარებით. პროტონული თერაპიის ცენტრებში ამ ლოკალიზაციის სიმსივნეების მკურნალობა შეზღუდულია მხოლოდ ამ დაწესებულებების შედარებით მცირე გამტარუნარიანობის გამო. შესაბამისად, პროტონული თერაპიის ცენტრების რაოდენობის გეომეტრიული პროგრესიით ზრდა გამოიწვევს ონკოლოგიურ პაციენტთა კონტიგენტის ტოტალურ „გადაბარებას“ ამ ცენტრებში.

**I. მკურნალობის ჩვენებები და არსი:** პროტონული თერაპიის ჩვენებებია:

– თავისა და კისრის კიბოები, პროსტატის, ფილტვების, შუასაყრის, ფარისებრი ჯირკვლის, სარძევე ჯირკვლის, ძვლების და სახსრების, ღვიძლის, კუჭის, პანკრეასის, ნაღვლის ბუშტის, საყლაპავის, შარდის ბუშტის, თირკმელის, თირკმელზედა ჯირკვლის, კანის და რბილი ქსოვილების კიბოები, ლიმფომები, სარკომები, ბავშვთა ონკოლოგია.

– პროტონული თერაპია არ საჭიროებს ქირურგიულ ჩარევას, რის გამოც მკურნალობის ეს მეთოდი იდეალურია არაოპერაბელური სიმსივნეების შემთხვევაში.

– კიბოს უჯრედების განადგურების მაღალი სიზუსტე და ამავე დროს ჯანმრთელი ქსოვილებისა და ორგანოების არდაზიანება წარმოაჩენს პროტონულ თერაპიას, როგორც მკურნალობის შეუცვლელ მეთოდს ისეთი ურთულესი შემთხვევების დროს, როდესაც სიმსივნე მდებარეობს კრიტიკულად ახლოს ისეთ სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვან ორგანოებთან, როგორცაა თავის ტვინი, გული, ხერხემალი.

### კ. ნურალიძე, ვ. აგლაძე, ხ. მოსელიანი

---

– კლინიკურად დადასტურებულია, რომ პროტონული თერაპია გვაძლევს შესანიშნავ შედეგებს მკვრივი, მკაფიო საზღვრების მქონე სიმსივნეების დასხივებისას, ანუ, როდესაც კიბო არ ვრცელდება სხეულის სხვა ნაწილებზე.

– ჯანმრთელი ქსოვილებისა და ორგანოების არდაზიანება, ასევე გვერდითი მოვლენების არქონა – პროტონულ თერაპიას წარმოგვიჩინს, როგორც ყველაზე მისაღებ მკურნალობის მეთოდს ბავშვებში.

პროტონული თერაპიის დროს ე. წ. „ფანქრის მსგავსი“, იგივე „პროტონული სკალპელით“ სკანირების ტექნოლოგია მიიღწევა მკურნალობის დაგეგმარების ძალიან რთული სისტემებით, მათ შორის მრავალრიცხოვანი ელექტრომაგნიტებით, რომლებიც მიმართავენ წვრილ პროტონულ სხივს სათანადო მიმართულებით და სამიზნე წარმონაქმნს ფენა-ფენა „ადებენ“ რადიაციის ახალ-ახალ დოზებს. პროტონების „წვეტიანი, ფანქრისებრი“ კონა გადაადგილდება ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ღერძების გასწვრივ და როგორც ფანქრის წვერი, „შტრიხავს“, „აფერადებს“ მთელ სიმსივნეს გარშემო მყოფი ჯანსაღი ქსოვილების ან ორგანოების დაზიანების გარეშე. ამ მოძრაობის პროცესში სხივის მოძრაობა მოდულირდება, მაქსიმალურად დასაშვები ინტენსივობის რადიაცია ზუსტად მიეწოდება მხოლოდ კიბოს უჯრედებს (Sejpal ... 2011: 3004–3013). „ფანქრისებრი“ სკანირება ძალიან ეფექტურია ისეთი ურთულესი ონკოპათოლოგიების შემთხვევაში, როგორცაა პროსტატის, თავის ტვინის, თვალის სიმსივნეები, ბავშვთა ონკოლოგია. მოდულირებული ინტენსივობის პროტონული თერაპია ყველაზე წარმატებულად უზრუნველყოფს პროტონების მძლავრი და ზეზუსტი დოზის მიწოდებას რთული, შეზნექილი და ჩაღრმავებული ფორმის სიმსივნეებში, განსაკუთრებით, თუ ისინი მდებარეობენ თავის ტვინში, ქლაფუძეში, კისრის მიდამოში, მაგისტრალურ სისხლძარღვებთან ან ხერხემალთან ახლოს. აღსანიშნავია, რომ ასეთი რთული შემთხვევების სხივური თერაპიის დროს მეორადი სიმსივნეების წარმოქმნის ალბათობა პროტონის შემთხვევაში ძალზე მინიმალურია (Zhang ... 2014: 84–88). მაგალითად, მედულობლასტომის გამო კრანიოსპინალური დასხივებისას რადიონდუცირებული სიმსივნეების წარმოქმნის ალბათობა პროტონული თერაპიის შემთხვევაში არ აღემატება 2%-ს, მაშინ როდესაც 3D-კონფორმული სხივური თერაპიის შემთხვევაში ეს მაჩვენებელი 20%-ია (Fukumitsu ... 2012: 704-711).



აღნიშნულის მიზეზი გახლავთ ამ უკანასკნელის შემთხვევაში 50–ჯერ მეტი სხივური დატვირთვა ორგანიზმზე, ვიდრე პროტონული თერაპიის დროს (!).

**II. მიღებული შედეგები: პროტონული ცენტრის გამტარუნარიანობა და მკურნალობის ღირებულება საქართველოში.** ბუნებრივია, რომ პროტონული თერაპიით მკურნალობა სხივური ამაჩქარებლით მკურნალობაზე უფრო ძვირი ჯდება, თუმცა აშშ-სა და დასავლეთ ევროპის ქვეყნებში ეს სხვაობა დრამატული არ არის. შესაბამისად, პროტონულ თერაპიას აფინანსებს ყველა ძირითადი სადაზღვევო პროგრამა (Medicare, Medicaid და სხვა). სადაზღვევო კომპანიები, მათ შორის სახელმწიფო პროტექტორატის ქვეშ მყოფებიც, უპირობოდ აღიარებენ ავადმყოფთა უფლებას, ისარგებლონ განკურნების და სიცოცხლის გახანგრძლივების საუკეთესო მეთოდით (Truong ... 2009: 1297-1308). აშშ-ში მკურნალობის ღირებულება იწყება 18-19 000 დოლარიდან, ხოლო ევროპაში - 17 000 ევროდან (პრალა, ჩეხეთი) და ზოგ შემთხვევაში აღწევს 75 000 ევრომდე (მიუნხენი, გერმანია). ჩვენმა გუნდმა 1 წლის განმავლობაში ჩაატარა ნაყოფიერი სამუშაო აშშ-ს კომპანია „ვარიანის“ ცენტრალურ ოფისში, საქართველოში პროტონული თერაპიის ღირებულების დადგენის და სხვა სამედიცინო თუ ლოჯისტიკური დეტალების კონკრეტიზაციის მიზნით. შედეგი ასეთია: ჩვენს ქვეყანაში მკურნალობის ნავარაუდები საშუალო ღირებულება იქნება 11 000 ევროს ექვივალენტი – იხ ცხრილი 1.:

ცხრილი 1. პროტონული თერაპიის მთლიანი კურსის საშუალო ღირებულება საქართველოში ("Varian", USA, 2021)

ა. ნურალიძე, ვ. აგლაძე, ს. მოსელიანი

Georgia Business Case								
			Reimbursement Growth Years 1-5 only. Subsequent years show no annual growth.					
			2%					
	Descriptor	Billable Quantity	Estimated Per Unit Rate	Year 1 Estimated Per Course Charges	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5-10
<b>PRE SIMULATION SERVICES</b>	Hospital outpt clinic visit	1	N/A	€ 100				
<b>SIMULATION AND DOSIMETRY SERVICES</b>	Set radiation therapy field	1	N/A	€ 300				
	Radiation treatment aid(s)	1	N/A	€ 300				
	3-d radiotherapy plan	1	N/A	€ 1,000				
	Radiation treatment aid(s)	1	N/A	€ 300				
<b>BASIC COURSE OF CARE</b>				<b>€ 2,000</b>				
	Proton trmt simple w/o comp	0	N/A	€ -				
<b>DAILY TREATMENT DELIVERY</b>	Proton trmt simple w/comp, intermediate or complex	15	N/A	€ 8,500				
	Radiation physics consult	4	N/A	€ 500				
<b>FEE TOTAL</b>				<b>€ 9,000</b>				

ცბრილი 2. პროტონული თერაპიის აქტუალური ონკოლოგიური მიმართულებები საქართველოში და საგურნალო სენსების შესაბამისი რაოდენობა ("Varian", USA, 2021)

Utilizations Data	Projected							# of fractions per treatment	Patient Mix
	Year 1 2021	Year 2 2022	Year 3 2023	Year 4 2024	Year 5 2025	Year 6 2026	Year 7 2027		
Annual # of Radiation Therapy Patients	0	275	300	350	400	400	450		
Treatment Course Type									
Pediatric AVM-CNS (25 fxs)	0	41	45	53	60	60	68	15.0%	0
Non-Pediatric Brain/CNS (30 fxs)	0	41	45	53	60	60	68	15.0%	0
Respiratory System (25 fxs)	0	41	45	53	60	60	68	15.0%	0
Digestive System (25 fxs)	0	28	30	35	40	40	45	10.0%	0
Endocrine System (30 fxs)	0	14	15	18	20	20	23	5.0%	0
Urinary System (15 fxs)	0	11	12	14	16	16	18	4.0%	0
Orbit (15 fxs)	0	0	0	0	0	0	0	0.0%	0
Head and Neck (30 fxs)	0	41	45	53	60	60	68	15.0%	0
GN (30 fxs)	0	17	18	21	24	24	27	6.0%	0
Prostate (28 fxs)	0	28	30	35	40	40	45	10.0%	0
Soft Tissue (20 fxs)	0	0	0	0	0	0	0	0.0%	0
Lymphoma (20 fxs)	0	14	15	18	20	20	23	5.0%	0
Bone and Joint (20 fxs)	0	0	0	0	0	0	0	0.0%	0
<b>Weighted ave fraction per patient</b>	<b>0</b>	<b>275</b>	<b>300</b>	<b>350</b>	<b>400</b>	<b>400</b>	<b>450</b>	<b>100.0%</b>	<b>26.7</b>

### კ. ნურალიძე, ვ. აგლაძე, ხ. მოსელიანი

---

ზემოაღნიშნული მონაცემების მიხედვით, პროტონული ცენტრი ერთცვლიანი სამუშაო რეჟიმით შეძლებს გაატაროს 450 პაციენტი წელიწადში, ხოლო თუ გვექნება 2 ცვლა, მაშინ გაატარდება 600 პაციენტი. ამ მიზნის მისაღწევად, თავის მხრივ, საჭიროა მეტი მაღალკვალიფიცირებული სპეციალისტი მედიცინის და სამედიცინო ფიზიკის რამდენიმე სრულიად ახალი მიმართულებით.

#### III. პროექტის განხორციელების საბოლოო შედეგები:

- ქვეყანა მიიღებს ევროპული სტანდარტის ონკოლოგიურ სამსახურს.
- საქართველოს თითოეულ მოქალაქეს საჭიროების შემთხვევაში ექნება თანამედროვე სამედიცინო ონკო- სერვისებისადმი დაუბრკოლებელი წვდომა.
- შემცირდება და ევროპულ მაჩვენებლებამდე დავა სიკვდილიანობა კიბოს დროს.
- გაიზრდება მოსახლეობის სიცოცხლის ხანგრძლივობა.
- მძლავრი ბიძგი მიეცემა სამედიცინო და ფიზიკის მეცნიერებების განვითარებას.
- მკვეთრად გაიზრდება მოსახლეობის კმაყოფილება ჯანდაცვის სისტემის საქმიანობით.
- ჩადგება რა ონკოლოგიის დონით მოწინავე ევროპული ქვეყნების რიგში, გაიზრდება საქართველოს საერთაშორისო იმიჯი.

#### ლიტერატურა

- Bradley, JD., Paulus, R., Komaki, R., et al. 2011. "A randomized phase III comparison of standard-dose (60 Gy) versus high-dose (74 Gy) conformal chemoradiotherapy +/- cetuximab for stage IIIA/IIIB nonsmall cell lung cancer: preliminary findings on radiation dose in RTOG 0617" [abstract] // *Miami Beach, FL: 53rd Annual Meeting of the American Society for Radiation Oncology.*
- Curran, WJ Jr., Paulus, R., Langer, CJ., et al. 2011. "Sequential vs. concurrent chemoradiation for stage III non-small cell lung cancer: randomized phase III trial RTOG 9410" // *J Natl Cancer Inst.* Vol. 103 (19). 2011:1452–1460.
- Cox, JD., 2012. "Are the results of RTOG 0617 mysterious?" // *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* Vol. 82(3). 2012: 1042–1044.
- Coen, JJ., Bae, K., Zietman, AL., et al. 2011. "Acute and late toxicity after dose

- escalation to 82 GyE using conformal proton radiation for localized prostate cancer: initial report of American College of Radiology Phase II study 03-12” // *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. Vol. 81. 2011: 1005–1009.
- Chung, C.S., et al. 2013. “Incidence of second malignancies among patients treated with proton versus photon radiation” // *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys*. Vol. 87. 2013: 46–52.
- Fukumitsu, N., Okumura, T., Mizumoto, M., et al. 2012. “Outcome of T4 (International Union Against Cancer Staging System, 7th edition) or recurrent nasal cavity and paranasal sinus carcinoma treated with proton beam” // *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. Vol. 83. 2012: 704-711.
- King, CR., Brooks, JD., Gill, H., Presti, JC Jr. 2012. “Long-term outcomes from a prospective trial of stereotactic body radiotherapy for low-risk prostate cancer” // *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. Vol. 82(2). 2012: 877–882.
- McDonald, MW., Linton, OR., Shah, MV. 2013. “Proton therapy for reirradiation of progressive or recurrent chordoma” // *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. Vol. 87. 2013:1107-1114.
- Okano, S., Tahara, M., Zenda, S., et al. 2012. “Induction chemotherapy with docetaxel, cisplatin and S-1 followed by proton beam therapy concurrent with cisplatin in patients with T4b nasal and sinonasal malignancies” // *Jpn J Clin Oncol*. Vol. 42. 2012:691-696.
- Resto, VA., Chan, AW., Deschler, DG., et al. 2008. “Extent of surgery in the management of locally advanced sinonasal malignancies” // *Head Neck*. Vol. 30. 2008: 222-229.
- Rombi, B., Ares, C., Hug EB., et al. 2013. “Spot-scanning proton radiation therapy for pediatric chordoma and chondrosarcoma: Clinical outcome of 26 patients treated at Paul Scherrer Institute” // *Int J Radiat Oncol*. Vol. 86. 2013: 578-584.
- Sejpal, S., Komaki, R., Tsao, A., et al. 2011. “Early Findings on Toxicity of Proton Beam Therapy with Concurrent Chemotherapy in Non-small Cell Lung Cancer” // *Cancer*. Vol. 117. 2011: 3004–3013.
- Truong, MT., Kamat, UR., Liebsch, NJ., et al. 2009. “Proton radiation therapy for primary sphenoid sinus malignancies: Treatment outcome and prognostic factors” // *Head Neck*. Vol. 31. 2009: 1297-1308.
- Van de Water, TA., Lomax, AJ., Bijl, HP., et al. 2011. “Potential benefits of scanned intensity-modulated proton therapy versus advanced photon therapy with regard to sparing of the salivary glands in oropharyngeal cancer” // *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. Vol. 79. 2011: 1216-1224.

- Van de Water, TA., Lomax, AJ., Bijl, HP., et al. 2012. "Using a reduced spot size for intensity-modulated proton therapy potentially improves salivary gland-sparing in oropharyngeal cancer" // *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. Vol. 82. 2012: e313-e319.
- Van der Laan, HP., van de Water, TA., van Herpt, HE., et al. 2013. "The potential of intensity-modulated proton radiotherapy to reduce swallowing dysfunction in the treatment of head and neck cancer: A planning comparative study" // *Acta Oncol*. Vol. 52. 2013: 561-569.
- Van de Water, TA., Lomax, AJ., Bijl, HP., et al. 2011. "Potential benefits of scanned intensity-modulated proton therapy versus advanced photon therapy with regard to sparing of the salivary glands in oropharyngeal cancer" // *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. Vol. 79. 2011: 1216-1224.
- Zenda, S., Kohno, R., Kawashima, M., et al. 2011. "Proton beam therapy for unresectable malignancies of the nasal cavity and paranasal sinuses" // *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. Vol. 81. 2011: 1473-1478.
- Zhang, R., et al. 2014. "A comparative study on the risks of radiogenic second cancers and cardiac mortality in a set of pediatric medulloblastoma patients treated with photon or proton craniospinal irradiation" // *Radiother. Oncol*. Vol. 113. 2014: 84-88.

## Oncology

### Hadron therapy: advantage over traditional radiation therapy methods and its specificity for Georgia

**Kakha Nuralidze**

nuralidze@gmail.com

Akaki Tsereteli State University

Kutaisi, Georgia

Tbilisi State Medical University

Tbilisi Central Hospital

Tbilisi, Georgia

**Vaja Agladze**

Akaki Tsereteli State University

Kutaisi, Georgia

Tbilisi State Medical University

Tbilisi, Georgia

**Khatia Moseliani**

Kutaisi University

Kutaisi, Georgia

*Proton therapy is the impact of the flow of accelerated ionizing particles, in this case accelerated protons, on the irradiated tissue. Due to the relatively large mass, the proton flow is only slightly scattered across the tissues, the beam can be directed directly to the tumor without damaging the surrounding healthy tissues. Practically the entire radiation dose is released in the tumor tissue and does not damage the surrounding healthy tissues. This is especially important in the treatment of children, when long-term irradiation with excessive radiation doses contributes to the occurrence of secondary tumors. Proton therapy is indispensable in the treatment of tumors surrounding vital organs, such as the skull, optic nerve, and intestine. Another advantage of hadron therapy compared to radiation therapy is its high efficiency. Treatment efficiency is 80-90%, the whole course consists of 1-10 sessions. For comparison, 30-40 sessions of radiation therapy are needed to achieve a similar effect.*

**Keywords:** Proton therapy, Hadron therapy, Radiation therapy, Pediatric oncology, Cancer, Secondary tumor, Proton scalpel, Pencil beam.

Proton therapy is the most effective and modern method of treatment for cancer. Radiation therapy, compared to the conventional methods is much more

targeted without damaging the surrounding healthy tissue and organs. That is, if the radiation beam accelerator is characterized by cross-cutting action along the whole, including damaging healthy tissue on the way, in case of the proton irradiation there occurs only liquidation of the cancerous tissue without damaging the surrounding healthy ones. In clinical practice the advantage is expressed by 2 ways: 1. Proton therapy allows us to do more radiation attack to the tumor tissue, if necessary, than in case of radiation accelerator. 2. In case of a range of tumors, (E.g., eye socket or brain stem tumors, or any process of tumor among the children) proton therapy acts as an irreplaceable means of treatment.

Currently, proton therapy, and the benefits of healing abilities are broadly recognized, and is not a subject to discussion.

Until recently, the spread of proton therapy was prevented by its high cost. More than 120 million USD investment was necessary to equip each new center. The latest ten-year scientific and practical achievements significantly reduced the price of the technology and has allowed manufacturers to offer an economy option for the proton therapy technology. The cost begins from 20-22 million euro (without the cost of construction), and in terms of the clinical results these new technologies are not worse than above mentioned original “expensive” technologies. This blowout has dramatically increased the number of ongoing proton therapy center projects. For example, if in the world today operate just 65 proton therapy centers, in 2015-2016 years more than 70 contracts were signed for the construction of new centers thanks to the cost-effective achievements. By 2021, the proton centers will exceed 300. Therefore, we can conclude that there is no field of medicine that is evolving at such a rate as proton therapy. The statistical confirmation of our conclusion is the fact that 10 000 new cancer cases occur per 5 million citizens, that needs proton therapy at least once a year. This means that thousands of identical hospitals are needed to cover the planet’s population.

**Application fields.** According to the guidelines (standards) of the United States and the Western Europe Oncology Society, all Pediatrics (children) are dispatched only to the proton cancer therapy. The same can be said about the eye and eye socket, as well as some other localizations of the tumor. With regard to common tumors, such as the prostate, cervix, lung, liver, pancreas, brain and spinal cord, as well as other pieces of formations, there is currently no doubt that proton therapy treatment is much more advantageous than beam accelerators. Because of the small volume throughput of this institutions, the localization of



tumors is limited in the proton therapy centers. Accordingly, the geometric growth of the number of proton therapeutic centers will lead to the “total displacement” of oncologic patients in these centers.

**Cost of treatment.** Naturally, the treatment of proton therapy is more expensive than beam accelerator treatment, but in the United States and the countries of Western Europe, this difference is not dramatic. Accordingly, proton therapy is funded by all major insurance programs (Medicare, Medicaid, and others). Insurance companies, including the ones that are under protection of the state, certainly recognize the patients’ right to have access to life-saving and life prolonging treatment with a better methodology. Treatment in the United States costs 18-19,000 dollars, while in Europe reaches - 17,000 euros (Prague, Czech Republic) and 75,000 euros in Munich and Germany. In Georgia, as expected, the cost of treatment will be 11,000 euros equivalent.

**The results of the project implementation:**

- The country will be equipped with European standards Medical services.
- Georgian citizens will have the unobstructed access to the modern medical services when needed.
- The deathrate caused by the cancer will be decreased to European index.
- The population lifetime will be increased.
- The powerful stimulus will be given to develop the medical and physic sciences.
- The population satisfaction towards the government will be increased.
- The international image of Georgia will be increased after being included in the list of progressive countries with Medical level.