

## 医療研修講演

2. 優れた臨床検査技師をいかに育成するか  
— 臨床検査技師教育を振り返って —

高木 康\*

[Key Words] 臨床検査(病理)学、臨床検査技師、検査専門医-検査技師協働、臨床検査技師国家試験

## はじめに

優秀な人材の育成はいつの世もまたこの世界でも必要不可欠である。優れた臨床検査技師の育成は、医療・診療のなかに占める割合が日々大きくなっている臨床検査領域であるので、なおさら重要であり、時代の要求でもある。本稿では、医学部卒業と同時に臨床検査・臨床病理の世界に足を踏み入れた筆者の半生を振り返って、臨床検査技師育成の変遷と今後の期待について述べることにする。

## I. 臨床病理学教室での研修

1976年に昭和大学医学部を卒業すると同時に同大学医学部臨床病理学教室(当時)に大学院生として入局した。医学部の臨床教室・診療科は、教育、研究と診療が3つの大きな柱であるが、臨床病理学教室は、臨床検査部と協働して臨床検査による診療支援を行う診療科であるというのが恩師石井 暢教授(現 名誉教授)の口癖であった。そして、臨床検査による診療支援を行うためには、検査管理、検査室管理と臨床検査技師育成が必要であるとお考えから、臨床病理教室員と臨床検査

部技師が協働して検査業務を行うことを実践していた。当時在籍していた6名の医局員は、それぞれが各検査室の担任医師として、臨床検査技師と一緒に検査業務を行っていた。まず、入局後3~6ヵ月間は臨床化学検査室、血液検査室、血清検査室など8つの検査室を順番にローテートし、検査技師と一緒に同じ日常業務をこなし、検査そのものの本質を見極めるとともに、臨床検査技師との親交を深めた。筆者は最初に血清検査室、続いて血液検査室、そして臨床化学検査室、細菌検査室とローテートし、血清検査室では血清分離・不活化、梅毒検査、ASO 価測定などの技師と同じ日常業務を行った。

1970年代後半から80年にかけては、臨床検査件数は等比級数的に増加した時代('70年には69万件が'75年には115万件、'80年は245万件、'85年には447万件、そして'90年には670万件)であり、急増する検査に対応するために毎年10名近くの臨床検査技師が入職して、新しく導入された検査、臨床各科から提出される多数の検体を検査・処理していた。分析装置を適正に使用し、適正な検査を行うことが検査精度を向上させ、適正な診断支援を行うためには、新入技師も含めた検

\*昭和大学医学部医学教育学 ytakagi@med.showa-u.ac.jp

査技師に適切な教育を行い、実務に精通した優れた検査技師を育成する必要がある。

検査技師の教育では、検査の専門的な知識を修得する必要がある。これに関しては、先輩医師から知識の伝達が役立った。筆者は他の大学医学部内科での研修を希望して、退職することが決まっていた前任医師から、血液検査の基本である塗抹標本での細胞観察の細かな注意点を検査医師でなければ表現できない言葉でアドバイスされた。いわく、「単球とリンパ球の違いは、リンパ球の細胞質はセロハンのような透明な青色であるのに対して単球は濁っていて透けていない青色である。核は、単球ではごつごつして竹箒で掃いたような感じであるのに、リンパ球では座敷箒で掃いたような感じで、リンパ球が羊かんであるのに対して単球は雷おこしのような感じがするでしょう」と標本を見ながら解説していただいた。この金言は新入検査技師ばかりでなく学生を教育する上でも貴重な財産となった。

先輩専門医からの助言・金言を咀嚼しながら、日々の患者標本をディスカッション顕微鏡で検査技師と一緒に観察しながら知識を吸収し、適切な細胞同定ができる細胞判読力を身につけた。また、週1回、新谷和夫非常勤講師(関東通信病院；現NTT 関東)が骨髄像の診断を行っていたので、検査技師と同席し、事前に筆者が記録した所見と違いがあればそのことについて質問し、詳しく解説していただいた。こうして短時間のうちに血液標本を判読する能力を身につけて、日々の血液業務を行った。筆者は良き先輩医師と優れた実践能力をもつ検査技師から知識を吸収することで臨床病理(検査)専門医の道を歩むことができた。当時は検査医師と技師が明日の臨床検査のためにともに手を取り合っ、切磋琢磨して、より良き未来のために頑張ろうとの意気に燃えていた。

## II. 検査室での勉強会、教室の研究

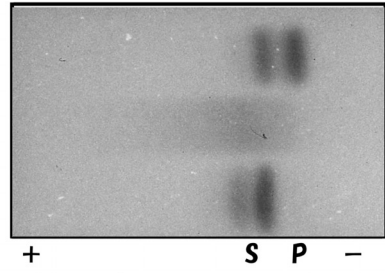
1970～80年代は臨床検査の黎明期であり、新しい検査技術が開発され、それが検査に応用され始めた時期であり、さらには多くの検査が開発された時期でもあった。特に自動分析装置の開発は、

血球算定検査から臨床生化学検査、さらには血清・免疫検査、微生物検査へと広がっていき、しかも文字通り日進月歩、毎日新しい分析装置が開発・上市されたとも言えた時代であった。新技術を搭載した自動分析装置が続々と日常検査へ導入されたため、検査技師は分析装置の構造や特徴に精通する必要がある。また、適切に検査を行うための分析装置を選択して、診断支援のための検査に応用する能力も必要となり、これには検査医師と技師が一緒に勉強しなければならない時代であった。

研究は医学部の教室としては大きな柱であり、石井教授のご専門が臨床化学であったことから臨床酵素に関しては我が国トップランナーの研究機関の1つであり、診断支援のための臨床酵素の有用性と酵素の基礎的研究を行った。当時、検査室で検出される特異的な酵素として免疫グロブリン結合酵素があり、これについては物理化学的性状、臨床的意義など深く研究した。免疫グロブリン結合酵素は、1964年 Wilding がアミラーゼが高分子化(マクロアミラーゼ)することで尿中への排泄が障害されるために血中アミラーゼ活性が異常高値、尿中アミラーゼ活性が低値の乖離が起こることを報告したことに始まる。我が国では電気泳動によるアミラーゼアイソザイム分析がルーチン検査して行われており、図1に示すようにマクロアミラーゼはブロードなバンドとして観察される。マクロアミラーゼの簡単な検出方法は、薄層クロマトグラフィでアルブミンより低分子側に認められる通常サイズのアミラーゼの他に、IgG と IgM の間に高分子アミラーゼ活性を検出することで証明できる。さらには免疫学的検索によりアミラーゼと免疫グロブリンの結合を証明することで高分子化のメカニズムを知ることができる。この現象はアミラーゼばかりでなく他の酵素でも認められ、石井教室の研究の中心であった CK でも同様な現象が確認され、我が国の第一例として発表した。CK にはこの免疫グロブリン結合 CK の他にミトコンドリア CK が高分子であり、この鑑別方法として異なる測定温度での活性値から求める活性化エネルギーを用いる方法があり、反応曲線や詳細

○血液検査		○生化学検査	
・赤血球数	332万/μL	・総蛋白	6.8g/dL
・血色素量	10.5g/dL	・A/G	1.0
・ヘマトクリット	31.7%	・AST	32U/L
・白血球数	5,900/μL	・ALT	14U/L
・血小板数	32.0万/μL	・LDH	426U/L
○尿検査		・ALP	265U/L
・比重	1.024	・アミラーゼ	1,170U/L
・pH	6.0	・BUN	15.2mg/dL
・蛋白	—	・クレアチン	1.0mg/dL
・糖	—	・Ccr	98.5mL/min
・ウロビリノゲン	±		
・アミラーゼ	120U/L		

アミラーゼザイモグラム



薄層ゲル濾過

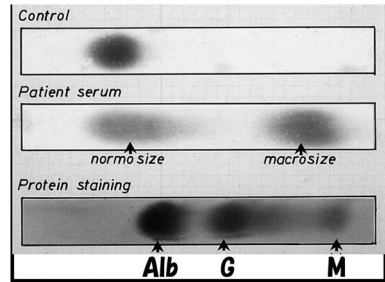
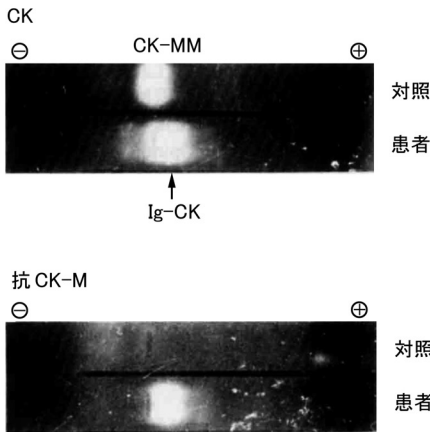


図1 マクロアミラーゼ

CK 結合免疫グロブリン



ミトコンドリア CK

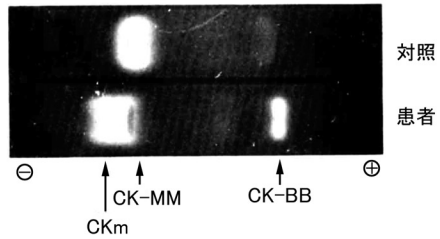


図2 マクロCKのザイモグラム —免疫阻害法での問題点—

な酵素反応を観察できる遠心方式の自動分析装置が日々の研究を後押ししてくれた。

CK-MB は心筋梗塞のゴールデン指標であり、活性阻害抗体を用いた迅速測定可能な免疫阻害法が最初に開発されたアイソザイムである。この抗

体は CK-M 活性を阻害するが、免疫グロブリン結合 CK やミトコンドリア CK は阻害しないため、偽高値となる。また、電気泳動ではこの CK-M 阻害抗体を用いると免疫グロブリン結合 CK とミトコンドリア CK は阻害されずに残存するため、

容易に検出できる(図2)。

CKをはじめとする心筋マーカーは、石井教室の研究課題の大きな柱であり、関連した多くの論文を発表して、“心筋マーカーは石井教室”とも言われ、新しい心筋マーカーや装置の開発時には治験の依頼が入り、検査医師と技師が協働して治験を行うとともに得られた成績での研究・発表を行った。CK-B活性の増加する病態、特に悪性腫瘍での腺癌の指標としての有用性、心筋梗塞診断のための迅速測定法としてのイムノクロマトグラフィ(IC)法の開発、IC法の定量法、さらにCK-MBのシングルアッセイからミオグロビン、トロポニンと組み合わせたコンビネーションアッセイ法の開発、など多くの研究成果を学会で発表を行った。これらの研究・論文では、実践的な検討・測定は検査技師が中心となっており、研究の道筋や展開の理論、論文作成は医師が行っていた。検査技師が発表を行う際には、スライド作成、発表のコツを伝授するとともに、想定質問とその回答を勉強し合った。

### III. 精度管理

臨床検査で重要なことは、検査成績の正確さと精密さを担保することである。正確さは「どれだけ

真値に近いか」であり、精密さは、「どれだけばらついているか」である。検査室では、この正確さと精密さを担保して、「真値で、ばらつきのない検査成績」を患者・医師に返却するために、精度管理を行っている。精度管理には内部精度管理と外部精度管理(調査)があり、内部精度管理により、「いつでも互換性のあるバラツキのない検査成績」を、外部精度管理(調査)により「どこの施設でも互換性ある真値に近い検査成績」を管理している。前者が精密性を、後者が正確性を管理しているとも換言できる。

1970年代はこの精度管理の概念が検査室に導入された時期であり、検査室全体でこの勉強を行った。内部精度管理には、管理試料を用いる方法と患者データを用いる方法とがあり、日常検査では、 $\bar{x}$ -R(-Rs)管理図法(図3)が用いられている。この管理図法で大切なことは、①毎日、リアルタイムに記載すること、②不都合(アウト、シフト、トレンド)があった場合にはリアルタイムに対応すること、そして、③対応したことは管理図上に記載すること、であり、検査技師は各自で行っている検査に関して日々の業務として管理図作成を行い、過去・現在・未来と時間軸での互換性のある検査成績を患者・医師に返却すべく、努

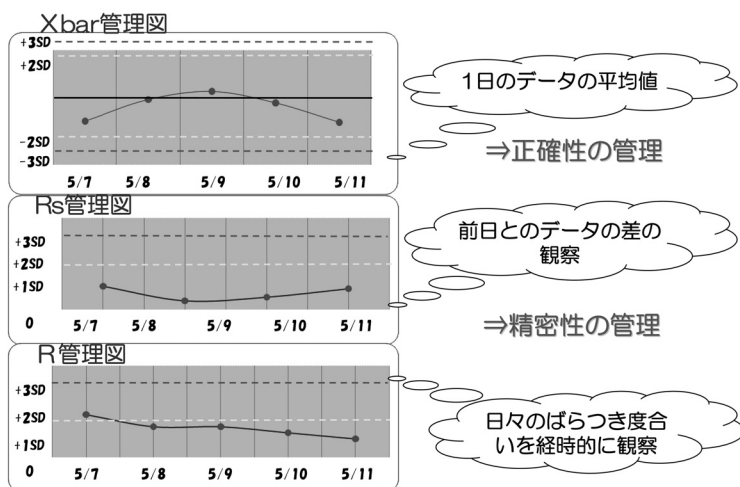


図3 内部精度管理( $\bar{x}$ -Rs-R 管理図法)

表 我が国で実施されている主要外部精度管理

調査機関	参加数	項目数	回数	評点方式	備考
日本医師会	3,161	46	1	評点	補正共通 CV、コンセンサス CV
日本臨床検査技師会	3,484	31(化学のみ)	1	なし	許容測定 CV#
日本衛生検査所協会	273	41	1	評点	補正共通 CV、コンセンサス CV
自治体	自治体毎	自治体毎	1?	自治体毎	
日本総合健診医学会	約 350	23	4	A~E	
全国労働衛生団体連合会	359	19	1	評点	許容誤差
アイソトープ協会	約 160	42	1	評点	補正共通 CV?
糖尿病学会	約 200	HbA1c	1	なし	
CAP (College of American Pathologist)	約 100	カテゴリー別	1~3	評点	SDI

# 厚労省「体外診断用医薬品の承認申請上の取扱について」別表に記載

力していた。また、この精度管理法のために検査室でプール血清を作製し、これを利用した。検査部全員で日頃からプールしてある血清を冷凍庫から取り出して、濾過機にかけて、小分けする一連の操作を行い、実践での精度管理を学んだ。

外部精度管理は、測定室の全国レベルでの位置を確認することであり、1つは測定値の施設間互換性の確認、もう1つは使用している測定法が全国レベルと合致しているか、自施設の測定法が全国の他の施設と異なっている場合には適切な測定法への移行を行うことである。現在、我が国で行われている外部精度管理は表に示すごとくであり、日本医師会、日本臨床検査技師会で行われている調査が 3,000 施設を超えて、多くの施設での外部精度管理に参加している。この外部精度管理での重要な点は、外れ値(他施設と乖離している検査値)の場合には必ずその原因を検討することであり、成績が返却された時に各検査室検査医師と技師が徹底的な討論を行った。これにより、精度管理の本質を理解するとともにその手法と解釈に精通した検査技師を育成することができた。そして、調査時の  $\bar{x}$ -R 管理図の成績を見直し、調査試料を凍結保存しておいて再検査して報告値の確認もこれらの検討会・勉強会の議論での改善策であった。CAP(College of American Pathologist)調査は年に 6 回行われており、石井教授から Youden プロットで検査値の傾向を推測する手段を学んだ。

なお、これら内部精度管理・外部精度管理調査での費用を最近算出する機会があり、検査費用(材料費など)の約 15%程度にも及ぶことを確認した。したがって、我々は日々の精度管理の結果を日常検査に反映し、施設内時間的な互換性と施設間互換性の確保のために有効利用すべく努力が必要である。

#### IV. 臨床検査技師教育機関、 検査室での学生教育

1980年に開校された昭和医療技術専門学校(当時は学院)は石井教授が開校に尽力されたこともあり、開校と同時に非常勤講師として「精度管理学」と「免疫・血清学」を担当した。医学生の実習は手伝っていたが、学生への講義は初めてであり、効率的に学生が習得できる教材と講義方法を考えた。この結果、図 4 に示すようなサブノートを教材とし、双方向的な講義とすることにした。サブノートは左側に本文を、右側に図表と国家試験問題を記載し、見開きで比較することで関連付けて理解できるようにした。国家試験の内容を知ること、どのようなことを最低限記憶する必要があるかを効率的に整理することが可能である。講義中は、講義の領域の知識ばかりでなく、他の領域例えば臨床化学や血液学などの知識を学生に問い、整理することで各領域は「臨床検査」として密接に連携・関連していることを理解してもら

**免疫血液学・移植免疫学**

免疫血液学  
血液学的疾患や血液学を免疫学的立場から研究する学問を“免疫血液学 (Immunohematology)”という。

A. 輸血の免疫学

I. 血液型

1. 抗体の由来による分類

- 1) 正常同種抗体による分類  
ABO式血液型
- 2) 免疫異種抗体による分類  
MN式、Rh式、P式
- 3) 免疫同種抗体による分類  
Rh式

註：現在は〇〇式の式は削除して、ABO血液型、Rh血液型としているが、講義では〇〇式とする。

2. 血液型システム  
赤血球型抗原のエピトープは、糖鎖あるいは蛋白質に担われている。  
蛋白分解酵素に対する感受性・抵抗性の検討  
糖鎖抗原：糖脂質、糖蛋白  
蛋白質抗原：特異的な蛋白

- ① I型：細胞質側の末梢性蛋白
- ② II型：脂質二重層に部分的に組み込まれている
- ③ III型：単一の膜貫通領域を有する構造蛋白
- ④ IV型：複数の膜貫通領域を有する構造蛋白
- ⑤ V型：脂質をアンカーとする膜に結合している蛋白

II. ABO式血液型(Landsteiner,1900)

正常同種抗体(凝集素)と赤血球との反応による区別

1) ABO式血液型抗原と抗体

二大原則

- ・自己の赤血球がもつ型抗原(凝集原)に対応する正常同種凝集素は血清中に存在しない
- ・自己の赤血球が持っていない型抗原に対応する正常同種凝集素は血清中に存在する

表1 赤血球型システムと抗原物質

血液型システム		抗原物質
糖鎖抗原系	ABO	糖脂質、Jcド3、Jcド4.5
	Ii	糖脂質、Jcド3、Jcド4.5
	Lewis	糖脂質
	P	糖脂質
タンパク質抗原系	Rh	32~34kDaタンパク質
	MN	グリコフォリンA
	Ss	グリコフォリンB
	Duffy	35~55kDa糖タンパク質
	Kell	93kDa糖タンパク質
	Cromer	GPIアンカー型タンパク質

表2 ABO式血液型抗原と抗体

血液型	抗原(赤血球)	抗体(血清)	出現頻度
A	A	抗B	40%
B	B	抗A	20%
AB	A,B	なし	10%
O	なし	抗A,抗B	30%

問1 正常抗体の抗A抗体、抗B抗体はどれに含まれるか(80前)

1. IgA 2. IgD 3. IgE  
4. IgG 5. IgM

問2 ABO式血液型について誤っているのはどれか(84-S)

a. 型物質はヒト赤血球にしか存在しない  
b. A型の日本人の約20%がA2型である  
c. ある種の細菌やウイルスにはA型あるいはB型物質がある  
d. 老人の抗A、抗B凝集素の力価はいくらか低いことが多い  
e. ボンベイ(Bombay)型はO型の変種である

1. a,b 2. a,e 3. b,c 4. c,d 5. d,e

問3 誤っているのはどれか(92)

1. Diego抗体はすべて輸血や妊娠によって生じた免疫抗体である
2. Kidd抗体は免疫抗体である
3. Lewis抗体は自然抗体で力価も低い
4. D(Rho)抗体は自然抗体である
5. M抗体は自然抗体として正常人の血清中にもときにみられる

図4 講義用サブノート

うようにした。

また、大学病院検査室として検査技師学校学生の臨地実習教育も行った。この臨地実習は技師教育の上で極めて重要であり、学校での机上の知識だけでは現場の臨床検査を知ることはできない。検査現場で行われている検査業務を体験し、学校・医育機関では経験できない実際の患者検体を検査・経験することで、臨床検査を深く知ることができる。このため、学生には、検査項目に関するコピー的なレポートを書く必要はなく、自分で経験した内容を書きとめておき(ログブック)、文献や自分で調べた内容を付記して自分だけの経験ノート(ポートフォリオ)を作成するように指導した。さらに、経験してうまくいったこと、うまくいかなかったことを記載し、どうしてそうなったかを自分で考える(省察)ことが検査技師となった時に大切であることも指導した。

この臨地実習は学生のためばかりでなく、指導技師の成長のためにも必要である。「教えるには2~3倍の内容の知識が必要である(Teaching is

learning twice or third.)」ことはよく言われることであり、深く広い知識が必要となるため指導する前に自学自習する必要がある。また、実習の評価を行うためには、実技試験ばかりでなく、筆記試験の作成をする必要もある。このため、指導技師は標準的な実技内容を把握して自ら実践する能力と、筆記試験問題作成のための基礎知識、設問内容についての詳細な知識が必要となる。学生教育は指導技師、現場の技師にとっても有益な学習現場である。

## V. 臨床検査専門技師教育

卒後の検査専門技師教育は、チーム医療のなかでの臨床検査専門職として活躍する上で重要である。日本臨床検査(病理)同学院で行っている二級臨床検査士試験、一級臨床検査士試験、緊急臨床検査士(旧一般臨床検査士)試験には試験委員(委員長)として関与した。検査士資格試験は1954年に臨床検査技師(衛生検査技師)の資格を持たない検査技師の能力を確保する(身分保障も含めて)た

めに設立されたが、これら臨床検査士は専門領域での知識と技術を修得しており、現在、医療の中心課題となっているチーム医療への第一歩となる資格でもある。

臨床検査技師にとって重要なことは検査データの読み方であり、これは病態に関連したものばかりでなく、測定法に関連したもの、サンプリングに関連したもの、など多岐に亘っている。特に測定法に関連するピットフォールは重要で、抗凝固剤のEDTA塩に起因した偽性血小板減少症、イオン選択電極でのハロゲン族イオンによる偽高カリウム血症など医師が検査成績を誤解釈する危険がある項目であり、検査の専門職としては必ず身につけておかなければならない知識である。

二級臨床検査士、緊急臨床検査士の試験では、合格者が後輩の技師受験生に手取り足取りで実技を教示するとともに、筆記試験問題についても既出問題を中心に要点を教示する体制を構築した。先輩検査技師が後輩の受験生に教えるシステムは検査室全体が一丸となる上で重要であり、受験テクニックばかりでなく出題課題の要点を要領よく学習できることから優れており、検査室全体の質の向上にも繋がっていた。

一級臨床検査士は熟練した検査技術を身につけ、検査に関する知識も医師と同等あるいはそれ以上の知識を身につけた検査技師である。極めて深く、しかも広い知識と技能は、自分の検査室だけでは修得不可能であり、研修可能な施設での研修が必要である。このような場合には指導医師が適切な施設と指導医師を紹介し、受験技師が十分な技能と知識を修得できる環境を整備する必要がある。このためには、検査専門医師や検査室の専門領域を知り、日々の親交を深めることが必要である。当時は意気に燃える検査医師が多く、多くの指導医師・検査室が纏まっていたように感じるのは私だけの印象なのだろうか。この纏まりが臨床検査の飛躍的な発展の原動力となっていたと実感している。

## VI. 臨床検査技師国家試験

臨床検査技師国家試験のレベルは「臨床検査技

師として第一歩を踏み出すのに必要な最低限の知識」であり、臨床検査の現場に必要な専門的知識は問わないことになっている。個々の内容については、国家試験出題基準(ガイドライン)が設定されており、平成15年版が最初に作成され、以後23年版、そして昨今平成27年版が公表された。筆者は平成23年版の委員長を拝命して、ガイドラインの充実に関与した。できるだけ分かり易い表現とすること、技師としての基本的内容とすることに考慮した。

筆者は、1993～1999年と2003～2009年の2回臨床検査技師国家試験の出題委員(2007～2009年は委員長)として国家試験のいくつかの改善に参画した。国家試験は「臨床検査技師として第一歩を踏み出すのに必要な最低限の知識」であり、臨床検査の現場に特化した問題とすること、医師国家試験で導入されていた連問形式問題の導入と臨床問題によりTaxonomyを上げること、新技術・領域の設問を試行することなどである。そして、これらの導入に際しては臨床検査技師養成学校・医療機関のカリキュラムの現状把握が重要であることから試験委員として加わった養成学校教員から現状・現場の教育情報を入手し、参考とした。適切な国家試験とするには教育現場の養成学校・医療機関教員の参加が是非にも必要である。

## VII. 臨床検査技師とは

検査技師教育にとって、社会が望む臨床検査技師像を探ることがまず必要である。医師の場合にはプライマリケアを含む良質な医療を提供できる医師が必要とされ、卒後臨床研修の充実・必修化が導入された。そして、このためには、卒前の参加型臨床実習の実践が重要となり、全国共通のモデル・コア・カリキュラムが設定され、問題解決型教育が導入された。また、看護師は患者の看護・介護を行う看護師が社会ニーズであることから、看護中心の教育内容・カリキュラムへと変更された。

チーム医療の一員としての臨床検査技師として、①臨床検査専門職として適切な検査の施行、②臨床検査専門職としての患者への説明、③検査診

断支援、④ 検査における経済効率の向上への寄与、などが考えられるが、これらは医師・看護師などの医療従事者が望む検査技師像であり、社会のニーズについてははっきりしていない。

しかし、臨床検査専門職として適切な臨床検査の施行は最重要事項であり、このための卒前の臨床実習の充実(徹底的な現場主義による検査現場での臨床検査技術の修得)やコア・カリキュラム(検査操作だけに必要な)の設定、臨床検査専門職としての患者への対応やコミュニケーションスキルの修得などは必要不可欠である。

臨床検査は実学であり、臨床検査の現場での教育が必要である。医学部学生は、初期臨床研修医→専修医研修→生涯研修のステップにより、卒前からの参加型実習、患者を対象とする教育に移行している。検査技師教育で、臨地実習時間を短縮する方向にある育成学校・医育機関のカリキ

ュラムはこれら社会のニーズから外れているのではないか。全国レベルでのコア・カリキュラムの設定と臨床実習環境の整備が、患者に認知される臨床検査の専門職たる検査技師の育成にとっての今後の課題と考える。

#### おわりに

臨床検査の医療での重要性は医療関係者ばかりでなく、一般市民も周知しているところであるが、臨床検査技師の周知はいまだ道半ばである。社会が期待する素晴らしい臨床検査技師の育成こそが検査技師の周知には必要であり、養成学校・医育機関はその第一歩たる学生教育を担っていることを深く認識して、今後の技師教育に努めてほしい。そして、基礎力をしっかり教育された技師が専門技師としてさらに飛躍して、市民の健康増進に寄与してほしい。