

バーチャルスライドを用いた病理組織診断学教育用 Learning Management System の構築と評価

野坂 大喜*[§] 三浦 富智* 葛西 宏介* 中野 学*

中村 敏也* 高見 秀樹* 佐藤 達資*

【要 旨】 バーチャルスライドシステムを用いて病理組織診断学教育用の LMS の構築を行い、従来教育との比較のための実証試験を通してバーチャルスライドでの実習評価を実施した。顕微鏡とバーチャルスライドそれぞれの観察方法での満足度を調査した結果、顕微鏡観察に比較してバーチャルスライドでの観察はきわめて高い満足度が得られた。実証試験と評価から、バーチャルスライドシステム導入については肯定的な意見が多数を占めたが、デジタル画像表示上の技術的課題も指摘されており、今後は機能面での改良が必要である。本評価結果から、病理組織診断学教育実習でのバーチャルスライドシステムの利用は十分なパフォーマンスを示し、高い満足度が得られたといえる。バーチャルスライドシステムは LMS システム等の教育用システムとの連携もシームレスに行うことが可能であり、今後の臨床検査技師教育において有用であると考えられる。

【キーワード】 バーチャルスライド、病理組織診断、Learning Management System

はじめに

病理診断においては HE 標本や特殊染色を主とした形態観察が従来教育での主たる教育内容であったが、診断および治療方針の決定上、免疫組織化学染色や *In situ* hybridization (ISH) による標本が必要となることも多い。特に近年、Trastuzumab 療法を代表とする新たな分子標的型治療や、ISH による Human papilloma virus (HPV) の検出など分子生物学的手法を用いた診断の進展とともに、各種がん取り扱い規約の改正や新 WHO 分類による新たな病理組織学分類への改訂もなされ、病理診断の守備範囲は形態学的な診断評価から分子生物学的診断評価まで大きく広がつつある。そのため、臨床検査技師教育においても HE 標本や特殊染色標本の作製技術についての

教育のみならず、免疫組織化学染色や分子生物学的診断技術の教育や、これらの技術を用いて作製した各種標本を判定する診断技術についての教育も必要に迫られている。しかしながら、標本作製にあたっては ① 1 ブロックから薄切可能な標本枚数の制限、② 免疫組織化学染色や ISH を学生人数分を行うための試薬コスト、③ 経過に伴う標本の劣化と破損などの課題が存在している。

このような問題を解決するための手段として、病理標本を高倍率で全面スキャン可能な技術としてバーチャルスライド技術が研究され^{1)~3)}、バーチャルスライド作製システムが実用化に至っており、遠隔病理診断や遠隔カンファレンスなどに活用されている。そこで本研究では、バーチャルスライドシステムを用いて病理組織診断学教育用の Learning Management System (LMS) の構築を行い、

*弘前大学大学院 保健学研究科医療生命科学領域病態解析科学分野 [§] hnozaka@cc.hirosaki-u.ac.jp

従来教育との比較のための実証試験を通してバーチャルスライドでの実習評価を実施した。

I. システム概要

1. システム構成

バーチャルスライドの撮影には、弘前大学大学院保健学研究科において共同研究開発を行ったバーチャルスライドシステム Toco (CLARO. INC) を使用し、撮影したバーチャルスライド画像は 3TB のストレージを有するバーチャルスライドファイルサーバーに保存した。バーチャルスライドに連携させる LMS システムには、オープンソース型 SCORM 2004 対応 LMS である Attain3 (SATT 社) を用い、Web 型会議システムには、Face Conference5 (クレオ社) を使用した。LMS と Web 型会議システムにはバーチャルスライドを閲覧するためのソフトウェアとして、ActiveX 型バーチャルスライド閲覧ビューア iViewer (CLARO. INC) を組み込み、各システムには目的

とするバーチャルスライド画像が保管されているバーチャルスライドファイルサーバーまでの経路情報をビューアソフトウェアに与えることで閲覧できるようにし、システム間での独立性を高めることで、システム改修時の相互依存性による影響を低減させた。

2. ネットワーク環境

図 1 にネットワーク概念図を示す。バーチャルスライドシステム、バーチャルスライドファイルサーバー、LMS、Web 型会議システムは、Gigabit Ether network である弘前大学キャンパス情報ネットワーク上に構築し、弘前大学総合情報処理センターと各研究科のサテライトルーム、また無線 LAN による学生持ち込み PC から Web 閲覧可能とした。サテライトルーム端末仕様は、CPU: Intel Celeron D 2.8GHz、メモリ: 512MB、HDD: 80GB と 17 インチモニターであり、100 Mbps にてネットワークに接続した。

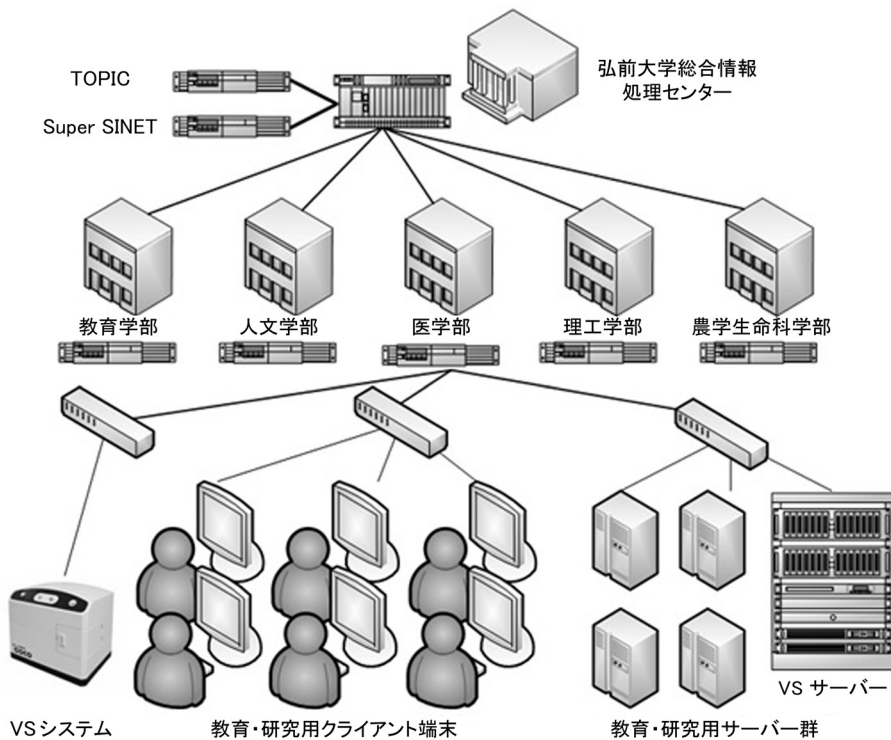


図 1 ネットワーク概念図

II. 対象と評価方法

2. 方法

1. 対象

弘前大学医学部保健学科検査技術科学専攻 2 年 学生 40 名を対象とした。

検査技術科学専攻 2 年次に開講される人体病理学実習において、従来の顕微鏡観察による標本観察実習に加え、バーチャルスライドシステムを用いた標本観察実習を行った。実施期間は、平成 19

標本観察についてのアンケート調査

Q1 総合的にそれぞれの観察方法の満足度を選択してください

	劣 ←	→ 優
VS	1・2・3・4・5	
顕微鏡	1・2・3・4・5	

Q2 VSでの標本観察について、よかったと思う項目を選択してください(複数選択可)

顕微鏡との比較項目	VSだけの項目
<input type="checkbox"/> 観察しやすい <input type="checkbox"/> ステージ操作・倍率変更操作が簡単 <input type="checkbox"/> 長時間観察しても目が疲れない <input type="checkbox"/> スケッチしやすい <input type="checkbox"/> 視野が広い	<input type="checkbox"/> 見やすい倍率を自由選択できる <input type="checkbox"/> ガラス標本を割ることがないので安心 <input type="checkbox"/> 顕微鏡画像を撮影する必要がない(画面を保存できる) <input type="checkbox"/> 観察のための機能が豊富(大きさを測れるなど) <input type="checkbox"/> HE標本と特殊染色を同じ画面で同時観察(複数表示)できる <input type="checkbox"/> 顕微鏡酔いがない <input type="checkbox"/> 教員からの指導や複数人での観察・ディスカッションが容易 <input type="checkbox"/> マーキングで指示されているので要点がわかりやすい <input type="checkbox"/> デジタルデータなので、コピーして自宅でも勉強できる <input type="checkbox"/> その他

良かったと思うことを記入してください ↓

Q3 VSでの標本観察について、改善が必要と思う項目を選択してください(複数選択可)

顕微鏡との比較項目	VSだけの項目
<input type="checkbox"/> 観察し難い <input type="checkbox"/> ステージ操作・倍率変更操作が難しい <input type="checkbox"/> モニター観察の方が目が疲れる <input type="checkbox"/> スケッチし難い	<input type="checkbox"/> 表示のレスポンスが悪い <input type="checkbox"/> コンデンサー機能がないので、観察し難い <input type="checkbox"/> ピントをずらしながらの立体的な観察ができない <input type="checkbox"/> 画質が足りない <input type="checkbox"/> 色調が調整できない <input type="checkbox"/> 解像度が足りない <input type="checkbox"/> マウスやキーボードでは操作がし難い <input type="checkbox"/> その他観察のためのソフトウェア機能が不足→自由記載へ

どのようなソフトウェア機能があつたら便利ですか？自由にご記入ください。 ↓

Q4 顕微鏡観察において顕微鏡に不便さを感じる点がありますか？

Q5 その他ご意見がありましたらご記入ください。(感想でもOKです)

図 2 標本観察についてのアンケート調査質問事項

年 10 月から平成 20 年 2 月であり、期間中に計 15 回の実習を行い、20 症例について H・E 染色標本と特殊染色標本のバーチャルスライド化を行い提示した。なおバーチャルスライドに含まれる情報は、個人情報保護を目的として、組織像とルーペ像のみとし、データには一切の個人情報を含んでいないことを十分に確認した上で、実習に供している。

実習終了後、標本閲覧の操作性、表示速度などのバーチャルスライドの技術的側面においてはポイントによる評価を、理解度などの教育効果面においてはポイントおよび自由記載の併記による評価をアンケート調査した。

アンケート調査項目を図 2 に示す。アンケー

トは対象者に対し、本研究の目的説明ならびに得られた結果の公表、目的外利用の利用制限についての説明を行い、同意を得て匿名式によって行った。また観察方法の満足度調査においては Mann・Whitney の U 検定により統計学的検定を行った。

III. 結 果

図 3 に実習状況を示す。バーチャルスライドシステム(図 3-A)で撮影したバーチャルスライド画像(図 3-B)を学生が PC モニター上で観察(図 3-C、D)した後に、標本観察についてのアンケート調査を行った。結果を図 4~6 に示す。総合的に観察方法の満足度を調査した結果、従来の顕微

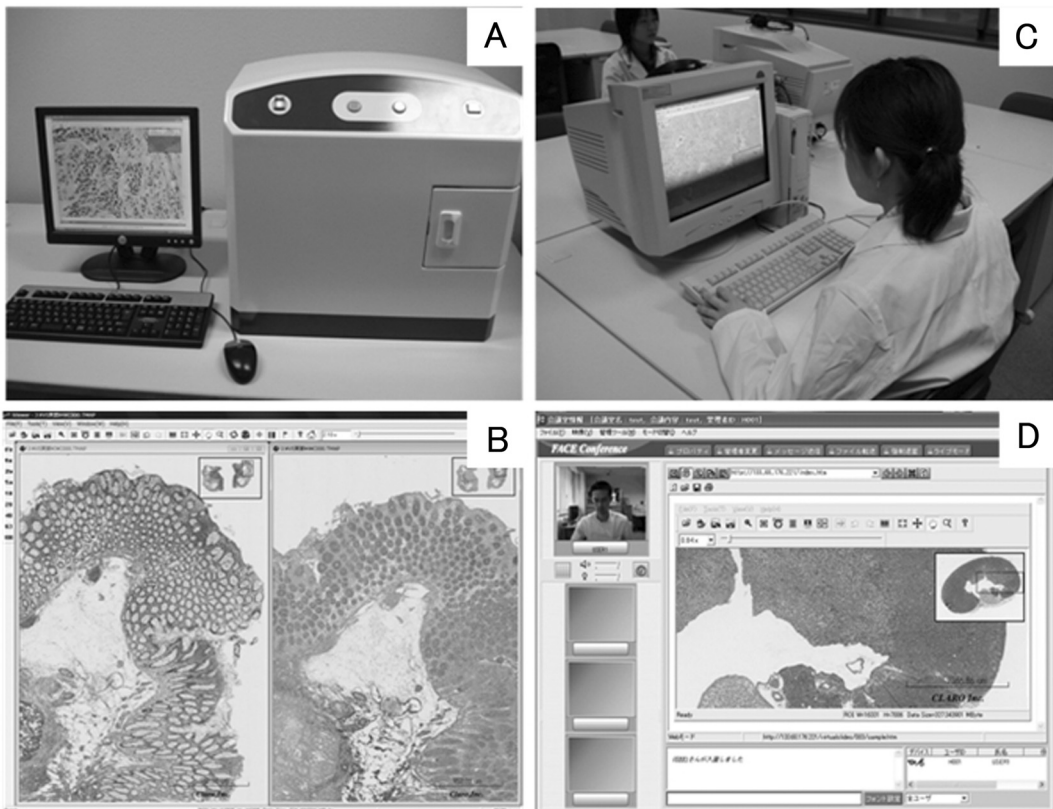


図3 バーチャルスライド観察実習

A: バーチャルスライド撮影。B: バーチャルスライドビューアによる画像表示(HE 染色と EVG 染色のシンクロ表示)。C: 学生によるバーチャルスライド観察。D: Web 会議システムとのリンクによる双方向授業。

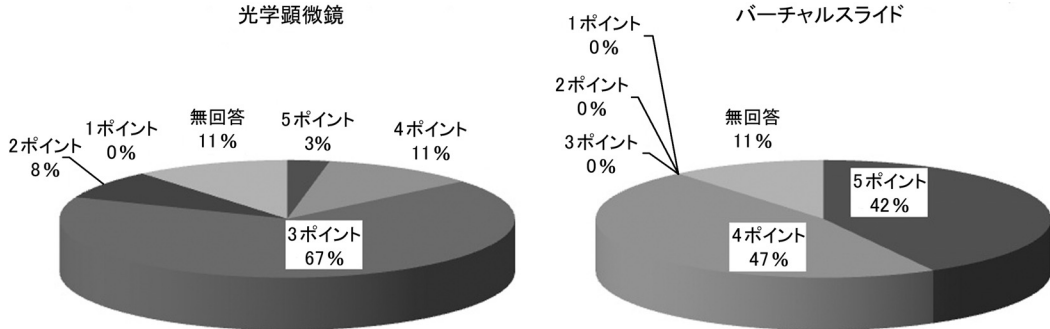


図4 顕微鏡とバーチャルスライドでの標本観察についての満足度評価結果

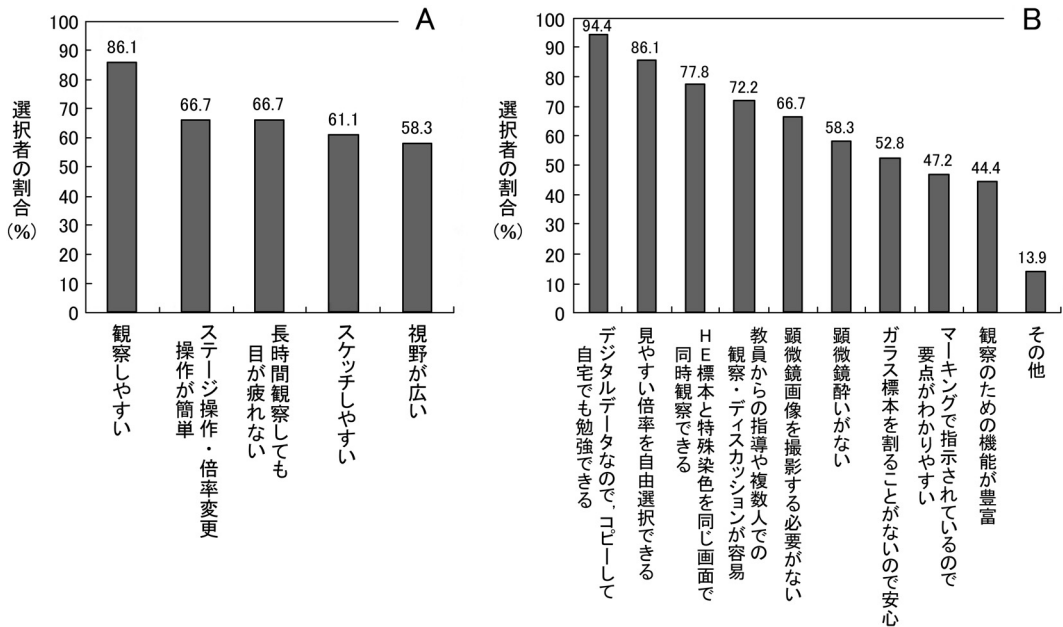


図5 パーチャルスライドでの標本観察についてよかったと思う項目調査結果

鏡観察は満足度が平均 3.1 ポイントであったのに対し、バーチャルスライドシステムを用いた観察では、平均 4.5 ポイントであり、1.4 ポイント差で大きくバーチャルスライドシステムでの観察に満足度が得られている結果(図4)となり、有意差検定の結果 $p < 0.01$ の有意水準で差が認められた。

次にバーチャルスライドでの標本観察についてよかったと思う項目の調査では、86%の学生が顕微鏡に比較して観察しやすいという評価をし、他の4項目についても半数以上が顕微鏡に比較して

良いと評価した(図5-A)。また、バーチャルスライドシステムの機能的特長として最も評価が高かった項目は、「デジタルデータなのでコピーして自宅でも学習できる」であり90%以上の学生が支持した。任意倍率での観察やHE標本と特殊染色標本の同時比較観察(図3-B)についても約8割の学生が機能が良く評価しており、デジタル画像の特性を生かしたシンプルな観察機能において高い評価を得る傾向が認められた(図5-B)。

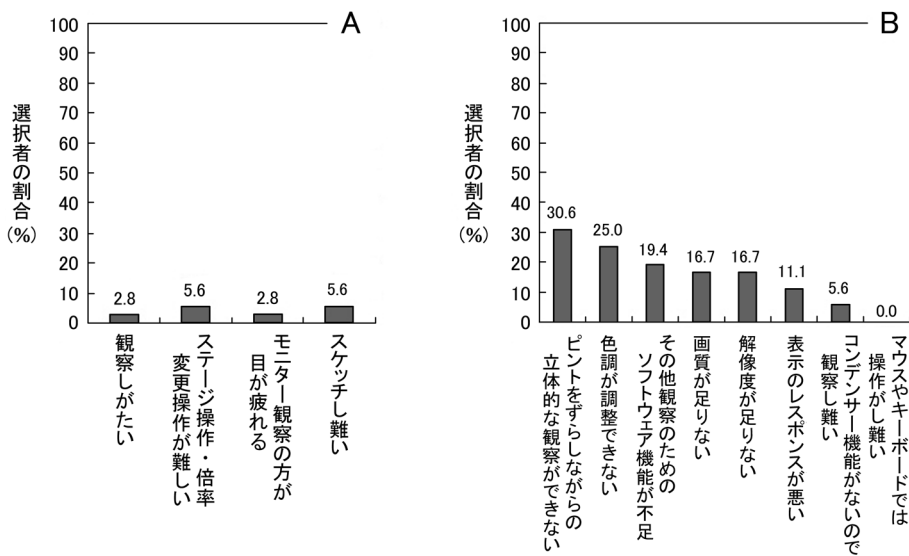


図6 バーチャルスライドでの標本観察について改善が必要と思う項目調査結果

一方、改善が必要とされる点については、顕微鏡と比較した場合においては、改善が必要と認められる回答はほぼなかった(図6-A)が、「ピントをずらしながらの立体的な観察ができない」ことや「色調が調整できない」ことについて2割から3割の学生が改善を必要と回答し、バーチャルスライド画像の課題が何点かあげられた(図6-B)。

顕微鏡観察において顕微鏡にどのような不便さを感じているかの質問についての自由記載では、標本の劣化や顕微鏡レンズの劣化など設備面での指摘が多く見受けられた。その他の自由意見記載では、顕微鏡の方が色がよいという意見やバーチャルスライドシステムでの実習観察を強く勧める意見とがあったが、バーチャルスライドの導入に対しての否定的な意見は認められなかった。

IV. 考 察

今回の病理組織診断学教育におけるバーチャルスライドの評価から、病理組織診断学教育においてE-Learningは有効な教育手法の一つであると考えられる。既に欧米においても同様の試みが行われており^{4)~6)}、院内LANを利用したバーチャルスライドカンファランスも行われている。本実証試験とその評価からはバーチャルスライドシス

テム導入についての否定的な意見はなかったものの、デジタル画像表示上の技術的課題として「ピントをずらしながらの立体的な観察ができない」ことや「色調が調整できない」こと、「画質・解像度不足」が指摘されており、今後システムにおいてカメラの高精度化によるハードウェアの改良とビューアソフトウェアの高機能化が必要である。

バーチャルスライドシステムについてはLMSの特性上、必要条件を満たしたネットワーク環境が整備可能であれば、時間や場所を問わずに臨床検査技師教育を行うことが可能である。そのため、学内における活用以外にも、遠隔地の社会人学生教育や診断基準の統一化などへの応用化も期待できる。特に地方医療機関では都市部と比較すると卒後のリカレント教育機会の確保の面において難しい状況にあることから、医学教育におけるE-Learning導入が必要とされている。ネットワーク環境の必要十分条件としては、今回の実証試験においてネットワーク制御を行ってバーチャルスライドのTATを測定したところ、TATが1秒以内を示すには5Mbps以上の帯域が必要であった。よって、5Mbps以上の帯域幅を確保可能なネットワーク環境の整備とネットワーク資源の割り当て方法についても導入時の検討課題の一つであり、

ギガビットネットワーク化やネットワークトラフィックの分散化、サーバーの負荷の分散化等、システム全体を考慮した上での設計が必要である。

バーチャルスライドシステムについては病理分野での実用化から数年しか経過しておらず、機能面においては必ずしもユーザーのニーズを満たす完成度の高いシステムまで成熟してはいないが、今後も病理学分野における電子化は進展すると考えられ、既に画像解析による定量化や Tissue Micro Array などでの自動化が積極的に研究開発^{7)~10)}されている。今後のハードウェアとソフトウェアの改良を待ち、細胞診標本観察や血液塗抹標本観察などの実習においてもバーチャルスライドの有用性を評価していく予定であり、また LMS システムとの連携による有効活用性を検討するため自己学習用コンテンツの開発を行い、さらなる評価を行う予定である。

V. 結 語

バーチャルスライドシステムは機能面において一部不足している機能も見受けられるものの、病理組織診断学教育実習においては十分なパフォーマンスを示し、高い満足度が得られた。LMS システム等の教育用システムとの連携もシームレスに行うことが可能であり、今後の臨床検査技師教育において有用であると考えられる。

文 献

- 1) 中村眞一, 菅井 有, 及川守康, 野坂大喜, 高松輝賢. Telepathology-Virtual Slideを用いたTelepathology. 病理と臨床 2006; 24(4): 373-8.
- 2) 野坂大喜, 風間梨江, 村松 篤, 三浦富智, 佐藤達資, 中村眞一. バーチャルスライド連携型遠隔病理診断支援システムの開発と実証評価. 医療情報学 2006; 26(Suppl.): 468-71.
- 3) 野坂大喜, 三浦富智, 佐藤達資, 中村敏也, 石川孝, 風間梨江, 他. バーチャルスライドシステムによる病理スライドサーベイランスシステムの開発. 医療情報学 2005; 25(Suppl.): 285-8.
- 4) Becker JH. Virtual microscopes in podiatric medical education. J Am Podiatr Med Assoc 2006; 96(6): 518-24.
- 5) Kumar RK, Velan GM, Korell SO, Kandara M, Dee FR, Wakefield D. Virtual microscopy for learning and assessment in pathology. J Pathol 2004; 204(5): 613-8.
- 6) Helin H, Lundin M, Lundin J, Martikainen P, Tammela T, Helin H, et al. Web-based virtual microscopy in teaching and standardizing Gleason grading. Hum Pathol 2005; 36(4): 381-6.
- 7) Sabelle M, Teodorovic I, Oosterhuis JW, Riegman PH, Passioukov A, Lejeune S, et al. Virtual microscopy in virtual tumor banking. Adv Exp Med Biol 2006; 587: 75-86.
- 8) Clarke GM, Peressotti C, Mawdsley GE, Yaffe MJ. Design and characterization of a digital image acquisition system for whole-specimen breast histopathology. Phys Med Biol 2006; 51(20): 5089-103.
- 9) Nohle DG, Hackman BA, Ayers LW. The tissue micro-array data exchange specification: a web based experience browsing imported data. BMC Med Inform Decis Mak 2005; 5: 25.
- 10) Bloom K, Harrington D. Enhanced accuracy and reliability of HER-2/neu immunohistochemical scoring using digital microscopy. Am J Clin Pathol 2004; 121(5): 620-30.