

Didaktische Analyse nach Klafki: Immunchemische Messverfahren, HF Biomedizinische Analytik

Gegenwartsbedeutung

Die im Themenbereich «Immunchemische Messverfahren» abgedeckten analytischen Messverfahren haben eine grosse Relevanz für die Praktika, welche in der Ausbildung «Biomedizinische Analytik» durchgeführt werden. Biomedizinische Analytiker*innen untersuchen in ihrer Tätigkeit verschiedene Flüssigkeiten, Zellen und Gewebe und liefern bereits in den Praktika wichtige Informationen zur Erkennung von Krankheiten an Ärzt*innen. Die Studierenden begegnen im klinischen Praktikum zum Beispiel regelmässig ELISA-basierten Infektionsserologien wie HIV- oder Hepatitis-Tests sowie RIA-basierten Hormonbestimmungen. Sie nutzen Immunfluoreszenz zur Diagnose von Autoimmunerkrankungen oder zum mikroskopischen Nachweis viraler Antigene in Zellkulturen. Immundiffusion kommt unter anderem bei der Identifikation von Impfstoff-Antigenen zum Einsatz, und mittels Western Blot werden Proteinnachweise zum Beispiel in der Virologie routinemässig angewandt.

Die Auseinandersetzung mit diesen verschiedenen Methoden in der Theorie und im Labor schult die Studierenden in methodischer Vielfalt und verfahrenstechnischer Flexibilität, was ihre Problemlösekompetenz stärkt. Darüber hinaus fördert das Verständnis über unterschiedliche Arten von immunchemischen Verfahren das metakognitive Verständnis experimenteller Designs.

Zukunftsbedeutung

Die Beherrschung von Messverfahren wie zum Beispiel ELISA, oder RIA und IRMA (Immunchemische Verfahren mit radioaktiven Tracern) bildet die Grundlage für hochkomplexe immunchemische Verfahren wie CLIA (chemilumineszentes Immunoassay) und Multiplex-Assays, die in modernen Forschungslabors eingesetzt werden. Kenntnisse in unterschiedlichen Mess- und Analyseverfahren bereiten auf unterschiedliche Spezialisierungen, zum Beispiel in Zellbiologie, Hämatologie oder Immuntherapie vor.

In klinischen Laboren, in welchen die Studierenden in Zukunft arbeiten werden, ist nicht nur der Nachweis von Antigenen zur Erkennung einer Krankheit unter Anderem mittels immunchemischer und Messverfahren von Bedeutung. Auch Routinekontrollen mit immunchemischen Messverfahren wie ELISA, EMIT und CEDIA sind unverzichtbar für Therapeutic Drug Monitoring, sowie Drogenscreenings.

Auch die Qualitätssicherung fällt in den Zuständigkeitsbereich von biomedizinischen Analytiker*innen. Dies erfordert die Fähigkeit, Standardkurven zu erzeugen und Fehler (z. B. Hook-Effekt bei IRMA und ELISA) zu erkennen und zu korrigieren, welche die Studierenden in diesem Themenbereich erlernen.

Die Vielfalt der Methoden, welche in diesem Themenbereich abgedeckt werden, fördert Teamarbeit anhand von Laborrotationen und Kleingruppenversuchen. Ausserdem werden die Studierenden in der Ergebnisdiskussion von Versuchen und Arbeiten in Kleingruppen oder im Plenum die Möglichkeit haben, ihre Kommunikationsfähigkeit zu verbessern. Auch die digitale Kompetenz der Studierenden wird anhand der Datenanalyse per Excel und anderen Softwares begünstigt.

Exemplarische Bedeutung des Inhalts

Immunchemische Messverfahren veranschaulichen das Prinzip der molekularen Erkennung von Antigenen durch hochspezifische Antigen-Antikörper-Interaktionen. Die Studierenden erwerben dabei grundlegende Kenntnisse zu Sensitivität und Sicherheit solcher Verfahren und setzen sich mit dem Prinzip der Signalverstärkung auseinander. Zudem lernen sie, Messergebnisse quantitativ auszuwerten, indem sie den Umgang mit Standardkurven einüben. Diese Inhalte bilden eine zentrale Grundlage für die praktische Tätigkeit im biomedizinischen Labor, wo alle genannten Prinzipien unmittelbar zur Anwendung kommen.

Um diese Inhalte zu erlernen, ist Vorwissen der Immunologie, wie zum Beispiel der Aufbau von Antikörpern, Epitop--Paratop--Bindungen, sowie Kreuzreaktivität, nötig. Dieses haben die Studierenden im ersten Theorieblock des ersten Ausbildungsjahres erlernt. Ausserdem ist ein Grundwissen der Chemie unverzichtbar, um immunchemische Messmethoden zu verstehen. Dazu gehört unter anderem ein Verständnis der Enzymkinetik (Michaelis-Menten---Verhalten), sowie von Farbreaktionen. Auch grundlegende Kenntnisse der Physik und Biophysik helfen beim Verständnis von Prozessen und Prinzipien, wie zum Beispiel Fluoreszenz und Diffusion.

Struktur des Inhalts

Der Inhalt des Themenbereichs wird folgendermassen strukturiert:

1. **Theoretische Grundlagen:** Antigen-Antikörper, Nachweissysteme (enzymatisch, fluoreszent, radioaktiv)
2. **Verfahren mit direkter Antigen-Antikörper-Reaktion:** Immunfluoreszenz (IF), Immundiffusion, Immunfixation, Western Blot
3. **Verfahren mit radioaktiven Tracern:** RIA vs. IRMA (Konkurrenz vs. Sandwich Assays)
4. **Verfahren mit nicht-radioaktiven Tracern:** ELISA-Varianten (direkt, indirekt, Sandwich, kompetitiv), MEIA, EMIT, CEDIA, FPIA, FACS
5. **Datenanalyse:** Optische Dichte (OD)-Messung, Standardkurven, Regressionsanalyse, Qualitätskontrolle, Fehlererkennung, Störfaktoren

Im Unterricht der Themenbereiche 1-3 wird zuerst die Theorie jeder Messmethode erlernt, gefolgt von Versuchen im Labor. Die Auswertung der praktischen Anwendung im Labor dient der Veranschaulichung der Ursache--Wirkung--Beziehungen zwischen Probenvorbereitung, Inkubationszeiten, Waschschritten und Messergebnissen. Einzelne Verfahren lassen sich in den Laborversuchen kombinieren, um die Vernetztheit der Methoden im Laboralltag zu verdeutlichen.

Zugänglichkeit und Ergiebigkeit des Inhalts

Zur Veranschaulichung der Lerninhalte können verschiedene didaktische Mittel zum Einsatz kommen. Eine Live-Demonstration unterschiedlicher Methoden ist in diesem Themenbereich sinnvoll. Zum Beispiel kann so der charakteristische Farbwechsel bei der Substratumwandlung im ELISA gezeigt werden. Ergänzend dazu können interaktive Simulationstools genutzt werden, um den Workflow unterschiedlicher immunchemischer Messmethoden abzubilden und eine gezielte Fehleranalyse zu betreiben. Fallbeispiele aus der Praxis, wie die HIV-Bestätigung mittels Western Blot oder die Myelom-Diagnostik durch Immunfixation, vertiefen das Verständnis für die klinische Relevanz der Methoden.

Nach Abschluss des Moduls sollen die Studierenden in der Lage sein, eigenständig alle behandelten immunchemischen Verfahren durchzuführen. Sie sollen Messdaten validieren, Standardkurven erstellen und potenzielle Messfehler erkennen sowie interpretieren können.

Zur Festigung des Gelernten können nach jedem theoretischen Themenmodul Online-Quizzes angeboten werden. Aufgaben, in denen reale Messdaten analysiert und Fehlerquellen identifiziert werden, können die Theorieinputs ausserdem ergänzen. Der Fokus soll dabei auch auf dem Transfer des Gelernten auf neue Fragestellungen liegen. Auch die Laborlektionen dienen der Festigung der in der Theorie gelernten Inhalte. Im Rahmen einer Laborrotation in Kleingruppen kann jede Gruppe ein spezifisches Verfahren durchführen und anschliessend die Ergebnisse und Erfahrungen den anderen Gruppen vorstellen.