

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

BIOCHIMICA DELLA SEGNALEZIONE CELLULARE

BIOCHEMISTRY OF INTRACELLULAR SIGNALING

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	CdS	Biologia Cellulare Molecolare e Ricerca Biomedica
Codice	8068483	Canale	Unico
CFU	6	Lingua	Italiano

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Fabio Ciccarone

CODOCENTE

N/A

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano	OBIETTIVI FORMATIVI L'insegnamento si propone di approfondire i meccanismi biochimici che regolano le funzioni cellulari e le risposte della cellula a stimoli intracellulari ed extracellulari, sviluppando tematiche avanzate che integrano e ampliano le conoscenze acquisite nei corsi di Biochimica della laurea triennale. Particolare attenzione sarà dedicata ai processi di segnalazione cellulare, alla regolazione delle attività metaboliche e alle basi molecolari dei principali processi biologici coinvolti nel mantenimento dell'omeostasi cellulare. CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE Consolidamento e ampliamento delle conoscenze biochimiche di base, con acquisizione di una comprensione approfondita dei meccanismi molecolari che regolano la risposta cellulare a segnali intra- ed extracellulari. Capacità di comprendere il ruolo delle principali vie di segnalazione e dei processi di regolazione metabolica nel controllo delle funzioni cellulari. CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE Capacità di applicare le conoscenze acquisite all'analisi e all'interpretazione di problematiche biologiche complesse, correlando processi biochimici e funzioni cellulari. Capacità di utilizzare i concetti appresi per comprendere fenomeni fisiologici e patologici descritti nella letteratura scientifica del settore. AUTONOMIA DI GIUDIZIO
----------	---



	Capacità di valutare criticamente informazioni e risultati riportati nella letteratura biochimica e biologico-molecolare, formulando giudizi autonomi e coerenti sulla loro rilevanza e sul loro significato biologico. ABILITÀ COMUNICATIVE Capacità di esporre e discutere in modo chiaro e rigoroso i concetti biochimici trattati durante il corso, utilizzando una terminologia scientifica appropriata e comunicando efficacemente informazioni, idee e interpretazioni nell'ambito della biochimica e della biologia molecolare. CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO Sviluppo di capacità di apprendimento autonome che consentano l'approfondimento indipendente di argomenti avanzati della biochimica e il continuo aggiornamento delle conoscenze attraverso la consultazione della letteratura scientifica e di altre fonti specialistiche.
English	LEARNING OUTCOMES <i>The course aims to provide an advanced understanding of the biochemical mechanisms regulating cellular functions and cellular responses to intracellular and extracellular stimuli, addressing topics that expand upon and complement the knowledge acquired in undergraduate Biochemistry courses. Particular attention will be devoted to cellular signalling processes, the regulation of metabolic activities, and the molecular basis of the major biological processes involved in the maintenance of cellular homeostasis.</i> KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING <i>Consolidation and expansion of fundamental biochemical knowledge, leading to an advanced understanding of the molecular mechanisms that regulate cellular responses to intra- and extracellular signals. Ability to understand the role of major signalling pathways and metabolic regulatory processes in controlling cellular functions.</i> APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING <i>Ability to apply the acquired knowledge to the analysis and interpretation of complex biological phenomena, relating biochemical processes to cellular functions. Ability to use the concepts learned to understand physiological and pathological mechanisms described in the scientific literature.</i> MAKING JUDGEMENTS <i>Ability to critically evaluate information and findings reported in the biochemical and molecular biology literature, formulating independent and scientifically sound judgements regarding their relevance and biological significance.</i> COMMUNICATION SKILLS

	<i>Ability to clearly and accurately explain and discuss the biochemical concepts covered in the course, using appropriate scientific terminology and effectively communicating information, ideas, and interpretations in the fields of biochemistry and molecular biology.</i> LEARNING SKILLS: <i>Development of autonomous learning skills enabling the independent study of advanced topics in biochemistry and the continuous updating of knowledge through the consultation of scientific literature and other specialized sources.</i>
--	--

PREREQUISITI

Italiano	Corso di Biochimica (livello laurea triennale)
<i>English</i>	<i>Biochemistry Course (Bachelor of Science programmes)</i>

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

Italiano	1. Principi di segnalazione cellulare e regolazione post-traduzionale (4 ore) Principi generali della comunicazione cellulare. Tipologie di segnali extracellulari e modalità di trasduzione del segnale. Recettori di membrana e intracellulari. Organizzazione e integrazione delle reti di segnalazione cellulare. Meccanismi di amplificazione e terminazione del segnale. Principali modificazioni post-traduzionali delle proteine coinvolte nella regolazione delle funzioni cellulari, con particolare riferimento a fosforilazione, acetilazione, metilazione, ubiquitinazione, sumoilazione. 2. Specie reattive dell'ossigeno: produzione, ruolo fisiologico e danno alle macromolecole (4 ore) Definizione e classificazione delle specie reattive dell'ossigeno (ROS). Produzione dei radicali liberi e loro ruolo nei processi fisiologici. Stress ossidativo e alterazioni dell'omeostasi redox. Principali bersagli molecolari del danno ossidativo: lipidi, proteine e acidi nucleici. Conseguenze cellulari e patologiche dell'eccessiva produzione di ROS. 3. Segnalazione redox e fonti cellulari di specie reattive dell'ossigeno (6 ore) Concetti fondamentali della segnalazione redox. Meccanismi di trasduzione del segnale regolati dallo stato ossido-riduttivo cellulare. Principali sorgenti intracellulari di ROS, con particolare riferimento alla catena di trasporto degli elettroni mitocondriali, alla famiglia delle NADPH ossidasi, del citocromo p450 e alla mieloperossidasi. Ruolo della compartimentalizzazione cellulare nella generazione e nell'azione delle specie reattive. 4. Sistemi antiossidanti enzimatici (8 ore) Principali meccanismi cellulari di difesa contro lo stress ossidativo. Struttura, funzione e regolazione delle superossido dismutasi, della catalasi, delle glutatione perossidasi, delle perossiredossine e dei sistemi riduttivi cellulari (TRX/TRXR; GRX/GSH/GR). Integrazione dei diversi sistemi enzimatici nel mantenimento dell'omeostasi redox. 5. Antiossidanti non enzimatici (2 ore)
-----------------	---

	Sistemi antiossidanti a basso peso molecolare. Struttura, biosintesi e funzione del glutatione. Antiossidanti introdotti con la dieta e loro ruolo nella protezione cellulare, con particolare riferimento alle vitamine C ed E e ad altri micronutrienti coinvolti nei processi redox. 6. Produzione e metabolismo dell'ossido nitrico (2 ore) Biosintesi dell'ossido nitrico attraverso le isoforme della nitric oxide sintasi. Funzioni fisiologiche dell'ossido nitrico come molecola segnale. Interazioni tra metabolismo dell'ossido nitrico e specie reattive dell'ossigeno. Nitrazione e nitrosilazione.. 7. Selenio e metalli di transizione nella regolazione dei processi cellulari (10 ore) Ruolo biologico del selenio e delle selenoproteine nel controllo dell'omeostasi redox. Metabolismo e funzioni di ferro, rame e zinco. Meccanismi di trasporto, immagazzinamento e regolazione cellulare dei metalli di transizione. Ruolo di tali elementi nella catalisi enzimatica, nella segnalazione cellulare e nei processi ossidativi. Alterazioni dell'omeostasi dei metalli e loro implicazioni patologiche. 8. Morte cellulare regolata dipendente dai metalli: ferroptosi e cuproptosi (4 ore) Meccanismi molecolari della ferroptosi e della cuproptosi. Ruolo del metabolismo del ferro, della perossidazione lipidica e dell'omeostasi del rame nella regolazione della sopravvivenza cellulare. Significato fisiopatologico di queste forme di morte cellulare e potenziali implicazioni terapeutiche. 9. Vie di segnalazione redox-dipendenti coinvolte nella risposta cellulare (4 ore) Principali recettori nucleari e fattori di trascrizione coinvolti nella regolazione dell'espressione genica in risposta a stress ossidativo e ipossia. Meccanismi di controllo trascrizionale e integrazione tra segnalazione cellulare, metabolismo e adattamento cellulare. 10. Sensori energetici e metabolici nella regolazione della funzione cellulare (4 ore) Meccanismi di rilevazione dello stato energetico e nutrizionale della cellula. Struttura, funzione e regolazione dei principali sensori metabolici, con particolare riferimento alle vie AMPK e mTOR. Ruolo delle reti di segnalazione metabolica nel coordinamento della crescita cellulare, del metabolismo, dell'autofagia e delle risposte adattative a condizioni di stress. Totale: 48 ore.
English	1. <i>Principles of Cell Signaling and Post-Translational Regulation (4 hours)</i> <i>General principles of cellular communication. Types of extracellular signals and mechanisms of signal transduction. Membrane and intracellular receptors. Organization and integration of cellular signaling networks. Mechanisms of signal amplification and termination. Major post-translational modifications of proteins involved in the regulation of cellular functions, with particular emphasis on phosphorylation, acetylation, methylation, ubiquitination, and SUMOylation.</i> 2. <i>Reactive Oxygen Species: Production, Physiological Role, and Oxidative Macromolecular Damage (4 hours)</i> <i>Definition and classification of reactive oxygen species (ROS). Production of free radicals and their role in physiological processes. Oxidative stress and alterations of redox homeostasis. Main molecular targets of oxidative damage: lipids, proteins, and nucleic acids. Cellular and pathological consequences of excessive ROS production.</i> 3. <i>Redox Signaling and Cellular Sources of Reactive Oxygen Species (6 hours)</i>

	<i>Fundamental concepts of redox signaling. Signal transduction mechanisms regulated by the cellular redox state. Major intracellular sources of ROS, with particular emphasis on the mitochondrial electron transport chain, the NADPH oxidase family, cytochrome P450 enzymes, and myeloperoxidase. Role of cellular compartmentalization in the generation and action of reactive species.</i> 4. Enzymatic Antioxidant Systems (8 hours) <i>Major cellular defense mechanisms against oxidative stress. Structure, function, and regulation of superoxide dismutases, catalase, glutathione peroxidases, peroxiredoxins, and cellular reducing systems (TRX/TRXR; GRX/GSH/GR). Integration of different enzymatic systems in the maintenance of redox homeostasis.</i> 5. Non-Enzymatic Antioxidants (2 hours) <i>Low-molecular-weight antioxidant systems. Structure, biosynthesis, and function of glutathione. Dietary antioxidants and their role in cellular protection, with particular emphasis on vitamins C and E and other micronutrients involved in redox processes.</i> 6. Nitric Oxide Production and Metabolism (2 hours) <i>Biosynthesis of nitric oxide through nitric oxide synthase (NOS) isoforms. Physiological functions of nitric oxide as a signaling molecule. Interactions between nitric oxide metabolism and reactive oxygen species. Nitration and nitrosylation processes.</i> 7. Selenium and Transition Metals in the Regulation of Cellular Processes (10 hours) <i>Biological role of selenium and selenoproteins in the control of redox homeostasis. Metabolism and functions of iron, copper, and zinc. Mechanisms of transport, storage, and cellular regulation of transition metals. Role of these elements in enzymatic catalysis, cellular signaling, and oxidative processes. Alterations in metal homeostasis and their pathological implications.</i> 8. Metal-Dependent Regulated Cell Death: Ferroptosis and Cuproptosis (4 hours) <i>Molecular mechanisms of ferroptosis and cuproptosis. Role of iron metabolism, lipid peroxidation, and copper homeostasis in the regulation of cell survival. Pathophysiological significance of these forms of regulated cell death and their potential therapeutic implications.</i> 9. Redox-Dependent Signaling Pathways Involved in Cellular Responses (4 hours) <i>Major nuclear receptors and transcription factors involved in the regulation of gene expression in response to oxidative stress and hypoxia. Mechanisms of transcriptional control and integration between cellular signaling, metabolism, and cellular adaptation.</i> 10. Energy and Metabolic Sensors in the Regulation of Cellular Function (4 hours) <i>Mechanisms for sensing the cellular energy and nutritional state. Structure, function, and regulation of the major metabolic sensors, with particular emphasis on the AMPK and mTOR pathways. Role of metabolic signaling networks in coordinating cell growth, metabolism, autophagy, and adaptive responses to stress conditions.</i> Total: 48 hours.
--	--

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Italiano	Materiale didattico forniti dai docenti come file pdf scaricabili.
----------	--

	Bibliografia di riferimento: "Free Radicals in Biology and Medicine" – Halliwell e Gutteridge "I principi di biochimica di Lehninger" – Nelson e Cox (oppure qualsiasi libro di biochimica equivalente come contenuto).
English	<i>Teaching materials provided by the instructors in the form of downloadable PDF files.</i> <i>Recommended references:</i> <i>"Free Radicals in Biology and Medicine" – Halliwell and Gutteridge</i> <i>"Lehninger Principles of Biochemistry" – Nelson and Cox (or any equivalent biochemistry textbook covering the same content).</i>

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

☒ In presenza ☐ A distanza

Italiano	Lezioni frontali in aula
English	Classroom lessons

MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☒ frequenza facoltativa

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

Italiano	Frequenza fortemente consigliata.
English	Course attendance strongly recommended.

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

☐ Prova scritta ☒ Prova orale ☐ Prova di laboratorio ☐ Prova pratica
☐ Valutazione in itinere ☐ Valutazione di progetto ☐ Valutazione di tirocinio

COMPOSIZIONE DELLA COMMISSIONE VALUTATRICE

Fabio Ciccarone, Maria Rosa Ciriolo, Andera Battistoni
--

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Italiano	La verifica dell'apprendimento si svolgerà mediante una prova orale, finalizzata ad accertare il livello di conoscenza e comprensione degli argomenti trattati durante il corso, nonché la capacità di analisi critica, integrazione e rielaborazione autonoma dei contenuti. Durante il
----------	--

	colloquio sarà inoltre richiesta la rappresentazione e la discussione di meccanismi enzimatici, processi molecolari e strutture biochimiche rilevanti ai fini della disciplina. Criteri di valutazione La valutazione sarà espressa secondo la seguente scala: Non idoneo/a: Conoscenze gravemente lacunose o frammentarie, presenza di errori concettuali rilevanti e insufficiente comprensione degli argomenti trattati. Capacità limitate di analisi, sintesi e collegamento tra i diversi contenuti disciplinari. Linguaggio scientifico inadeguato o impreciso. 18–21: Conoscenza dei contenuti fondamentali della disciplina e comprensione degli aspetti essenziali degli argomenti trattati. Capacità espositiva e utilizzo della terminologia scientifica complessivamente adeguati, sebbene con limitata autonomia di elaborazione critica. 22–25: Buona conoscenza dei concetti fondamentali della disciplina e capacità di stabilire collegamenti tra i principali temi del corso. Esposizione chiara e coerente, con utilizzo appropriato del linguaggio scientifico e discreta capacità di elaborazione personale. 26–29: Conoscenza ampia, completa e ben organizzata degli argomenti trattati. Capacità di applicare e rielaborare autonomamente le conoscenze acquisite, dimostrando solide competenze logico-argomentative e analitiche. Esposizione fluida e rigorosa, con uso corretto e preciso della terminologia specialistica. 30–30 e lode: Conoscenza approfondita e critica dei contenuti della disciplina, accompagnata da una piena padronanza dei concetti e delle loro interrelazioni. Capacità di applicare le conoscenze a problemi complessi, di estenderle a contesti nuovi e di formulare valutazioni autonome e criticamente fondate. Esposizione particolarmente efficace, rigorosa e scientificamente accurata, caratterizzata da eccellente proprietà di linguaggio e da riferimenti culturali e bibliografici aggiornati.
English	<i>Assessment will be carried out through an oral examination designed to evaluate the level of knowledge and understanding of the topics covered during the course, as well as the ability to critically analyze, integrate, and independently elaborate on the course content. During the examination, candidates may also be required to describe and discuss relevant enzymatic mechanisms, molecular processes, and biochemical structures.</i> <i>Grading Criteria</i> <i>Assessment will be based on the following grading scale:</i> <i>Fail: Knowledge is seriously inadequate, fragmented, or affected by significant conceptual errors. Understanding of the course topics is insufficient, and the ability to analyze, synthesize, and establish connections among different subject areas is limited. Scientific terminology is inappropriate or imprecise.</i> <i>18–21: Adequate knowledge of the fundamental contents of the discipline and understanding of the essential aspects of the topics covered. Communication skills and use of scientific terminology are generally appropriate, although critical thinking and independent elaboration remain limited.</i> <i>22–25: Good knowledge of the fundamental concepts of the discipline and ability to establish connections among the main topics covered in the course. Clear and coherent presentation,</i>

	<i>appropriate use of scientific terminology, and a satisfactory capacity for independent reasoning.</i> <i>26–29: Broad, comprehensive, and well-organized knowledge of the course topics. Ability to apply and independently elaborate acquired knowledge, demonstrating strong analytical and logical reasoning skills. Presentation is fluent, rigorous, and supported by accurate and appropriate use of specialized terminology.</i> <i>30–30 cum laude (with honors): Thorough and critical understanding of the course content, with complete mastery of the concepts and their interrelationships. Ability to apply knowledge to complex problems, extend it to novel contexts, and formulate well-founded independent judgments. Presentation is exceptionally effective, rigorous, and scientifically accurate, characterized by excellent command of disciplinary language and by the use of extensive and up-to-date scientific knowledge and references.</i>
--	---